

# مثال بر قیات

خالد حنان یوسف زئی

جامعہ کامسیٹ، اسلام آباد  
khalidyousafzai@comsats.edu.pk

۲۰۲۲ء / جنوری



# فہرست عنوانات

دیباچہ

## میری پہلی کتاب کا دیباچہ

xii

xiii

۱	حابی ایکپیغائز	۱.۱
۱	حابی ایکپیغائز کے سرے یا پنے	۱.۱
۲	حابی ایکپیغائز کی بندی اور کارکردگی	۱.۲
۲	حابی ایکپیغائز کا مساوی دور یار یا خنی نوٹس	۱.۳
۷	داخلی سروں پر برابری دبارہ ستائے	۱.۳.۱
۸	داخلی سروں پر بر قی رو ضرر ہوتی ہے	۱.۳.۲
۸	داخلی مزاحمت کو لامدد و تصور کیا جاتا ہے	۱.۳.۳
۸	تفسری افسزاں کو لامدد و تصور کیا جاتا ہے	۱.۳.۴
۸	خوارجی مزاحمت کو ضرر اور ہم تصور کیا جاتا ہے	۱.۳.۵
۹	کامل حابی ایکپیغائز	۱.۴
۱۰	حابی ایکپیغائز کے ادوار	۱.۵
۱۳	منقی ایکپیغائز	۱.۵.۱
۲۶	مشیت ایکپیغائز	۱.۵.۲
۲۸	مسحکم کار	۱.۵.۳
۳۲	تفسری کار	۱.۵.۴
۳۳	تمکمل کار	۱.۵.۵
۳۵	جمع کار	۱.۵.۶
۳۷	منقی کار	۱.۵.۷
۳۸	جمع و منقی کار	۱.۵.۸
۴۲	آلاتی ایکپیغائز	۱.۵.۹
۵۲	حابی ایکپیغائز کا نقص پن	۱.۶
۵۲	حابی ایکپیغائز کا لبریز ہونا	۱.۶.۱
۵۲	حابی ایکپیغائز کی رفتار چال	۱.۶.۲

۵۵	عندی اشارے سے مٹا اشارے کا حصول	۱.۷
۵۷	۱.۱. یک سمت اندر وی داخلی اخراجی بر قی دباد کا سملہ	۱.۱
۶۰	۱.۲. داخلی بر قی روکا سملہ	۱.۲
۶۲	۱.۸ موائزہ کار	۱.۸
۶۷		
۸۳	کامل ڈیوڈ	۲.۱
۸۵	ڈیوڈ کے چند ادوار	۲.۲
۸۷	بدلتا دباد سے یک سمت دباد کا حصول (سمت کاری)	۲.۳
۸۷	۲.۳.۱ نصف لہر سمت کاری	۲.۳.۱
۹۰	۲.۳.۲ کمل لہر سمت کاری	۲.۳.۲
۹۲	چوتھی حاصل کار	۲.۴
۹۲	چھٹا اتار کار	۲.۵
۹۵	متنقی دباد	۲.۶
۹۷	۲.۶.۱ بر قی اتی شنجہ	۲.۶.۱
۹۹	بر قی اتی تراش	۲.۷
۱۰۰	حابی ایک پلینائز کی مدد سے ڈیوڈ کے کامل ادوار	۲.۸
۱۰۰	۲.۸.۱ کامل نصف لہر سمت کار	۲.۸.۱
۱۰۱	۲.۸.۲ کامل چوتھی حاصل کار	۲.۸.۲
۱۰۱	۲.۸.۳ کامل چھٹا اتار کار	۲.۸.۳
۱۰۱	۲.۸.۴ ڈیوڈ گار تھنچی ایک پلینائز	۲.۸.۴
۱۰۳	۲.۸.۵ ضرب کار	۲.۸.۵
۱۰۳	۲.۸.۶ کامل کمل لہر سمت کار	۲.۸.۶
۱۰۴	ڈیوڈ کے متنقی ادوار	۲.۹
۱۰۷	یک سمت رونخٹ بوجھ	۲.۱۰
۱۰۸	۲.۱۰.۱ گراف کا طریقہ	۲.۱۰.۱
۱۱۰	۲.۱۰.۲ دہرانے کا طریقہ	۲.۱۰.۲
۱۱۱	کار نیسی محمد اور ترسیم	۲.۱۱
۱۱۱	۲.۱۱.۱ محمد کی متنقی	۲.۱۱.۱
۱۱۱	۲.۱۱.۲ خط کا چھوٹا حصہ سیدھا تصور کیا جاتا ہے	۲.۱۱.۲
۱۱۲	۲.۱۱.۳ گراف سے قیمت حاصل کرنے کا عمل	۲.۱۱.۳
۱۱۲	۲.۱۲ باریک اشاراتی تجزیہ	۲.۱۲
۱۱۸	۲.۱۲.۱ بدلتا رو، خط بوجھ	۲.۱۲.۱
۱۲۲	۲.۱۲.۲ باریک اشاراتی مزاجت	۲.۱۲.۲
۱۲۳	۲.۱۲.۳ خط ماس سے باریک اشاراتی مزاجت کا حصول	۲.۱۲.۳
۱۲۳	طبیعتی شم موصول اشیاء	۲.۱۳
۱۲۷	متنقی قسم کا نیم موصول	۲.۱۴
۱۲۹	شبست قسم کا نیم موصول	۲.۱۵
۱۳۱	مال برداری	۲.۱۶
۱۳۲	۲.۱۶.۱ تفہون	۲.۱۶.۱

۱۳۲	بیساو	۲.۱۶.۲
۱۳۷	مثبت اور منفی اقسام کے نیم موصل مواد کاملاً پ	۲.۱۷
۱۴۰	الشامائیل ڈایوڈ	۲.۱۸
۱۴۲	الشامائیل ڈایوڈ بطور کپسیٹر	۲.۱۸.۱
۱۴۳	بے قابو صورت	۲.۱۹
۱۴۴	زینتر بر قی دبای بال مقابل درج حسارت	۲.۱۹.۱
۱۴۵	سیدھامائیل ڈایوڈ	۲.۲۰
۱۴۶	سیدھے مائل ڈایوڈ کی خصوصی کیسٹشن	۲.۲۰.۱
۱۴۷	ڈایوڈ کے دیگر اقسام	۲.۲۱
۱۴۸	شاکلی ڈایوڈ	۲.۲۱.۱
۱۴۹	وریکٹر ڈایوڈ	۲.۲۱.۲
۱۵۰	فونوفا ڈایوڈ یا شسی ڈایوڈ	۲.۲۱.۳
۱۵۱	نوئی ڈایوڈ	۲.۲۱.۴
۱۵۲	ضیائی دیستکار	۲.۲۱.۵
۱۵۳	ضیائی ذراائع ابلاغ	۲.۲۱.۶
۱۵۴	ڈایوڈ کے ریاضی نمونے	۲.۲۲
۱۵۵	سیدھے خطوط کا لیاضی نمونہ	۲.۲۲.۱
۱۵۶	کامل ڈایوڈ ریاضی نمونہ	۲.۲۲.۲
۱۵۷	ڈایوڈ کا پست تعدد بار یا اشاراتی ریاضی نمونہ	۲.۲۲.۳
۱۵۸	ڈایوڈ کا بلند تعدد بار یا اشاراتی ریاضی نمونہ	۲.۲۲.۴
۱۵۹	زینتر ڈایوڈ اور اس کا ریاضی نمونہ	۲.۲۳
۱۶۰	یک سمت اور بدلتے متغیرات کے حساب کی ملیحدگی	۲.۲۴
۱۶۱	وت انون مسرائج یہ طاقتار کار	۲.۲۵
۱۶۲	سپاٹس ریاضی نمونہ	۲.۲۶
۱۶۳	ثرانزسٹر (دوجو ٹرانزسٹر)	۳
۱۶۴	ثرانزسٹر کی ساخت اور اس کی بنیادی کارکردگی	۳.۱
۱۶۵	افنزاں دہ حال منفی- جمع- منفی npn ٹرانزسٹر کی کارکردگی	۳.۲
۱۶۶	غیر افنزاں دہ کردہ برقی دباؤ	۳.۳
۱۶۷	افنزاں دہ حال جمع- منفی- جمع ٹرانزسٹر کی کارکردگی	۳.۴
۱۶۸	$V_{EC}$ اور $V_{EB}$ کے $pnp$	۳.۴.۱
۱۶۹	نقطے کارکردگی اور یک سمت اور کا تخلیلی تحذیی	۳.۵
۱۷۰	افنزاں دہ ٹرانزسٹر کے یک سمت اور کا حل	۳.۵.۱
۱۷۱	غیر افنزاں دہ ٹرانزسٹر کے دور کا حل	۳.۵.۲
۱۷۲	منقطع ٹرانزسٹر کے دور کا حل	۳.۵.۳
۱۷۳	ڈار لسٹنگن جوڑی	۳.۶
۱۷۴	تعین ن نقطے سے نقطے کارکردگی کا اخراج	۳.۷
۱۷۵	تبدیلی $\beta$ سے لاحق مسائل استوار نے کا شرط	۳.۷.۱
۱۷۶	تبدیلی $V_{BE}$ سے نقطے کارکردگی کا سرکے جانا	۳.۷.۲

۲۲۵	نقطے کارکردگی سوارنے کے اسیاب	۳.۷.۳
۲۲۷	مزاحمت کا عکس	۳.۸
۲۳۲	ٹرانزسٹر کے خط	۳.۹
۲۳۳	$i_C - v_{BE}$ خط	۳.۹.۱
۲۳۴	$i_C - v_{CE}$ خط	۳.۹.۲
۲۳۸	یک سمت ادوار کا ترسمی تجزیہ	۳.۱۰
۲۳۸	یک سمت رو خط بوجھ	۳.۱۰.۱
۲۳۹	باریک اشارات	۳.۱۰.۲
۲۳۹	برقی دباؤ $V_{CC}$ اور مزاحمت $R_C$ کے نقطے کارکردگی پر اثرات	۳.۱۰.۳
۲۴۱	داخلی برقی روکے نقطے کارکردگی پر اثرات	۳.۱۰.۴
۲۴۲	حناجی اشارہ کے حدود	۳.۱۰.۵
۲۴۳	بدلت رو، خط بوجھ	۳.۱۰.۶
۲۵۳	ٹرانزسٹر ریاضی نمونہ برائے سچے اشارات	۳.۱۱
۲۵۳	اسبرز-مال ریاضی نمونہ	۳.۱۱.۱
۲۶۱	$pnp$ ٹرانزسٹر کا اسبرز-مال مائل	۳.۱۱.۲
۲۶۱	مال برداری ریاضی نمونہ	۳.۱۱.۳
۲۶۸	غشی کار	۳.۱۲
۲۷۲	باریک اشاراتی تجزیہ	۳.۱۳
۲۷۲	ترسمی تجزیہ	۳.۱۳.۱
۲۷۳	باریک اشاراتی داخلی مزاحمت $r_e$ اور $r_{be}$	۳.۱۳.۲
۲۷۵	خطیلی تجزیہ	۳.۱۳.۳
۲۸۳	پست تعدادی ٹرانزسٹر ریاضی نمونہ برائے باریک اشارات	۳.۱۴
۲۸۷	ٹی آریاضی نمونہ	۳.۱۴.۱
۲۸۸	پائے ریاضی نمونہ بھے حناجی مزاحمت $r_0$	۳.۱۴.۲
۲۸۹	یک سمت اور بدلت مقیرات کی علیحدگی	۳.۱۵
۲۹۳	باریک اشاراتی ادوار کا پائے ریاضی نمونے کی مدد سے حل	۳.۱۶
۳۱۳	زنجیری ضرب کا طریقہ	۳.۱۶.۱
۳۲۳	برقی بار، داخلی مزاحمت اور ایکلینیٹر کی افسنزاں	۳.۱۷
۳۲۶	زنجیری ایکلینیٹر	۳.۱۸
۳۲۲	ایکٹر مشترک، گلکٹر مشترک اور نیس مشترک ایکلینیٹر	۳.۱۹
۳۵۷	خطی لحاظ سے ایکلینیٹر کی درجہ بندی	۳.۲۰
۳۵۹	ٹرانزسٹر سے ڈائیوڈ کا حصول	۳.۲۱
۳۶۰	منبع برقی دباؤ	۳.۲۲
۳۶۲	ٹرانزسٹر لوگار تھمی ایکلینیٹر	۳.۲۳
۳۶۳	شاگی ٹرانزسٹر	۳.۲۴
۳۶۶	قوی ٹرانزسٹر	۳.۲۵
۳۶۶	فتا اور یکٹیٹنیٹر	۳.۲۶

۳۷۵	۲.۱	میدانی ٹرانزیستر
۳۷۵	۲.۱	$n$ ماسفیٹ کی ساخت (بڑھتا $n$ ماسفیٹ)
۳۷۸	۲.۲	$n$ ماسفیٹ کی بنیادی کارکردگی
۳۷۸	۲.۲.۱	گیٹ پر برقی دباؤ کی عدم موجودگی
۳۷۸	۲.۲.۲	گیٹ کے ذریعے برقی رو کے لئے راہ کی تیاری
۳۸۵	۲.۳	$n$ ماسفیٹ کی مساوات
۳۹۲	۲.۳.۱	فت بل برداشت برقی دباؤ
۳۹۲	۲.۳.۲	درجہ حرارت کے اثرات
۳۹۲	۲.۴	pMOSFET ماسفیٹ
۳۹۲	۲.۴.۱	غیرافناشندہ
۳۹۵	۲.۵	گھناتا $n$ ماسفیٹ
۳۹۶	۲.۵.۱	مقطع صورت
۳۹۶	۲.۵.۲	غیرافناشندہ
۳۹۷	۲.۵.۳	دیوچ
۳۹۷	۲.۵.۴	افناشندہ
۳۹۷	۲.۶	گھناتا p ماسفیٹ
۳۹۷	۲.۷	حبرڈواماسفیٹ CMOS
۳۹۸	۲.۸	ماسفیٹ کے یک سمت ادوار کا حل
۳۱۲	۲.۹	ماسفیٹ ایکپلینائز کا تر سیکنی تجزیہ
۳۱۷	۲.۱۰	ماسفیٹ ایکپلینائز کا تخلیلی تجزیہ
۳۱۷	۲.۱۰.۱	یک سمت تجزیہ
۳۱۷	۲.۱۰.۲	بدلتارو تجزیہ
۳۲۱	۲.۱۱	ماسفیٹ ریاضی نوٹ
۳۲۱	۲.۱۱.۱	خنارجی مزاجمت $\pi_0$
۳۲۲	۲.۱۱.۲	و سچ اشاراتی ماسفیٹ ریاضی نوٹ
۳۲۲	۲.۱۱.۳	باریکے اشاراتی ماسفیٹ $\pi$ ریاضی نوٹ
۳۲۵	۲.۱۱.۴	باریکے اشاراتی ماسفیٹ $\theta$ ریاضی نوٹ
۳۲۶	۲.۱۱.۵	یک سمت اور بدلتے متغیرات کی علیحدگی
۳۳۲	۲.۱۲	سیاس غنی کار
۳۳۷	۲.۱۳	جوڑدار فیٹ (JFET)
۳۳۰	۲.۱۳.۱	برقی دو بال مقابل برقی دباؤ
۳۳۱	۲.۱۳.۲	pJFET
۳۳۲	۲.۱۳.۳	باریکے اشاراتی ریاضی نوٹ
۳۳۷	۲.۱۴	محض ادوار میں ماسفیٹ کا قتل کارکردگی تحسین کرنے کے ادوار
۳۳۷	۲.۱۴.۱	منع مسئلہ برقی رو
۳۵۳	۲.۱۵	مزاجمت کے ٹکس
۳۵۶	۲.۱۶	تاج سورس (ڈرین مشترک ایکپلینائز)
۳۶۱	۲.۱۷	گیٹ مشترک ایکپلینائز
۳۶۳	۲.۱۸	زنجیری ایکپلینائز
۳۶۷	۲.۱۹	قوی ماسفیٹ

<p>۳۷۹ . . . . .</p> <p>۳۸۰ . . . . .</p> <p>۳۸۱ . . . . .</p> <p>۳۸۲ . . . . .</p> <p>۳۸۳ . . . . .</p> <p>۳۸۴ . . . . .</p> <p>۳۸۵ . . . . .</p> <p>۳۸۶ . . . . .</p> <p>۳۸۷ . . . . .</p> <p>۳۸۸ . . . . .</p> <p>۳۸۹ . . . . .</p> <p>۳۹۰ . . . . .</p> <p>۳۹۱ . . . . .</p> <p>۳۹۲ . . . . .</p> <p>۳۹۳ . . . . .</p> <p>۳۹۴ . . . . .</p> <p>۳۹۵ . . . . .</p> <p>۳۹۶ . . . . .</p> <p>۳۹۷ . . . . .</p> <p>۳۹۸ . . . . .</p> <p>۳۹۹ . . . . .</p> <p>۴۰۰ . . . . .</p> <p>۴۰۱ . . . . .</p> <p>۴۰۲ . . . . .</p> <p>۴۰۳ . . . . .</p> <p>۴۰۴ . . . . .</p> <p>۴۰۵ . . . . .</p> <p>۴۰۶ . . . . .</p> <p>۴۰۷ . . . . .</p> <p>۴۰۸ . . . . .</p> <p>۴۰۹ . . . . .</p> <p>۴۱۰ . . . . .</p> <p>۴۱۱ . . . . .</p> <p>۴۱۲ . . . . .</p> <p>۴۱۳ . . . . .</p> <p>۴۱۴ . . . . .</p> <p>۴۱۵ . . . . .</p> <p>۴۱۶ . . . . .</p> <p>۴۱۷ . . . . .</p> <p>۴۱۸ . . . . .</p> <p>۴۱۹ . . . . .</p> <p>۴۲۰ . . . . .</p> <p>۴۲۱ . . . . .</p> <p>۴۲۲ . . . . .</p> <p>۴۲۳ . . . . .</p> <p>۴۲۴ . . . . .</p> <p>۴۲۵ . . . . .</p> <p>۴۲۶ . . . . .</p> <p>۴۲۷ . . . . .</p> <p>۴۲۸ . . . . .</p> <p>۴۲۹ . . . . .</p> <p>۴۳۰ . . . . .</p> <p>۴۳۱ . . . . .</p> <p>۴۳۲ . . . . .</p> <p>۴۳۳ . . . . .</p> <p>۴۳۴ . . . . .</p> <p>۴۳۵ . . . . .</p> <p>۴۳۶ . . . . .</p> <p>۴۳۷ . . . . .</p> <p>۴۳۸ . . . . .</p> <p>۴۳۹ . . . . .</p> <p>۴۴۰ . . . . .</p> <p>۴۴۱ . . . . .</p> <p>۴۴۲ . . . . .</p> <p>۴۴۳ . . . . .</p> <p>۴۴۴ . . . . .</p> <p>۴۴۵ . . . . .</p> <p>۴۴۶ . . . . .</p> <p>۴۴۷ . . . . .</p> <p>۴۴۸ . . . . .</p> <p>۴۴۹ . . . . .</p> <p>۴۵۰ . . . . .</p> <p>۴۵۱ . . . . .</p> <p>۴۵۲ . . . . .</p> <p>۴۵۳ . . . . .</p> <p>۴۵۴ . . . . .</p> <p>۴۵۵ . . . . .</p> <p>۴۵۶ . . . . .</p> <p>۴۵۷ . . . . .</p> <p>۴۵۸ . . . . .</p> <p>۴۵۹ . . . . .</p> <p>۴۶۰ . . . . .</p> <p>۴۶۱ . . . . .</p> <p>۴۶۲ . . . . .</p> <p>۴۶۳ . . . . .</p> <p>۴۶۴ . . . . .</p> <p>۴۶۵ . . . . .</p> <p>۴۶۶ . . . . .</p> <p>۴۶۷ . . . . .</p> <p>۴۶۸ . . . . .</p> <p>۴۶۹ . . . . .</p> <p>۴۷۰ . . . . .</p> <p>۴۷۱ . . . . .</p> <p>۴۷۲ . . . . .</p> <p>۴۷۳ . . . . .</p> <p>۴۷۴ . . . . .</p> <p>۴۷۵ . . . . .</p> <p>۴۷۶ . . . . .</p> <p>۴۷۷ . . . . .</p> <p>۴۷۸ . . . . .</p> <p>۴۷۹ . . . . .</p> <p>۴۸۰ . . . . .</p> <p>۴۸۱ . . . . .</p> <p>۴۸۲ . . . . .</p> <p>۴۸۳ . . . . .</p> <p>۴۸۴ . . . . .</p> <p>۴۸۵ . . . . .</p> <p>۴۸۶ . . . . .</p> <p>۴۸۷ . . . . .</p> <p>۴۸۸ . . . . .</p> <p>۴۸۹ . . . . .</p> <p>۴۹۰ . . . . .</p> <p>۴۹۱ . . . . .</p> <p>۴۹۲ . . . . .</p> <p>۴۹۳ . . . . .</p> <p>۴۹۴ . . . . .</p> <p>۴۹۵ . . . . .</p> <p>۴۹۶ . . . . .</p> <p>۴۹۷ . . . . .</p> <p>۴۹۸ . . . . .</p> <p>۴۹۹ . . . . .</p> <p>۵۰۰ . . . . .</p> <p>۵۰۱ . . . . .</p> <p>۵۰۲ . . . . .</p> <p>۵۰۳ . . . . .</p> <p>۵۰۴ . . . . .</p> <p>۵۰۵ . . . . .</p> <p>۵۰۶ . . . . .</p> <p>۵۰۷ . . . . .</p> <p>۵۰۸ . . . . .</p> <p>۵۰۹ . . . . .</p> <p>۵۱۰ . . . . .</p> <p>۵۱۱ . . . . .</p> <p>۵۱۲ . . . . .</p> <p>۵۱۳ . . . . .</p> <p>۵۱۴ . . . . .</p> <p>۵۱۵ . . . . .</p> <p>۵۱۶ . . . . .</p> <p>۵۱۷ . . . . .</p> <p>۵۱۸ . . . . .</p> <p>۵۱۹ . . . . .</p> <p>۵۲۰ . . . . .</p> <p>۵۲۱ . . . . .</p> <p>۵۲۲ . . . . .</p> <p>۵۲۳ . . . . .</p> <p>۵۲۴ . . . . .</p> <p>۵۲۵ . . . . .</p> <p>۵۲۶ . . . . .</p> <p>۵۲۷ . . . . .</p> <p>۵۲۸ . . . . .</p> <p>۵۲۹ . . . . .</p> <p>۵۳۰ . . . . .</p> <p>۵۳۱ . . . . .</p> <p>۵۳۲ . . . . .</p> <p>۵۳۳ . . . . .</p> <p>۵۳۴ . . . . .</p> <p>۵۳۵ . . . . .</p> <p>۵۳۶ . . . . .</p> <p>۵۳۷ . . . . .</p> <p>۵۳۸ . . . . .</p> <p>۵۳۹ . . . . .</p> <p>۵۴۰ . . . . .</p> <p>۵۴۱ . . . . .</p> <p>۵۴۲ . . . . .</p> <p>۵۴۳ . . . . .</p> <p>۵۴۴ . . . . .</p> <p>۵۴۵ . . . . .</p> <p>۵۴۶ . . . . .</p> <p>۵۴۷ . . . . .</p> <p>۵۴۸ . . . . .</p> <p>۵۴۹ . . . . .</p> <p>۵۵۰ . . . . .</p> <p>۵۵۱ . . . . .</p> <p>۵۵۲ . . . . .</p> <p>۵۵۳ . . . . .</p>	<p>۵ تفسیقی ایک پلینائز</p> <p>۵.۱ دوجوڑا نز سر کا تفسیقی جوڑا . . . . .</p> <p>۵.۱.۱ تفسیقی اشارہ کی عدم موجودگی . . . . .</p> <p>۵.۱.۲ تفسیقی اشارہ موجود . . . . .</p> <p>۵.۲ باریکے داخنی تفسیقی اشارہ پر تفسیقی جوڑے کی بنیادی کارکردگی . . . . .</p> <p>۵.۳ و سق داخنی اشارہ پر تفسیقی جوڑے کی کارکردگی . . . . .</p> <p>۵.۴ باریکے اشارہ پر تفسیقی جوڑے کے کارکردگی پر تفسیلی غور . . . . .</p> <p>۵.۴.۱ باریکے اشارتی مساوات . . . . .</p> <p>۵.۴.۲ بر قی رو کا حصول بذریعہ نز سر یا ضمیمانی غونہ . . . . .</p> <p>۵.۴.۳ داخنی تفسیقی مزاجحت . . . . .</p> <p>۵.۴.۴ داخنی مشترک مزاجحت اور مشترک افسناش . . . . .</p> <p>۵.۵ غیر کامل تفسیقی جوڑے کا ناقص پن . . . . .</p> <p>۵.۵.۱ داخنی اخراجی بر قی دباؤ . . . . .</p> <p>۵.۵.۲ داخنی میلان بر قی رو اور اخراجی داخنی میلان بر قی رو . . . . .</p> <p>۵.۶ محلوٹ ادوار میں دوجوڑا نز سر کے مائل کرنے کے طریقے . . . . .</p> <p>۵.۷ یک سمت منبع بر قی رو . . . . .</p> <p>۵.۸ آئینہ بر قی رو . . . . .</p> <p>۵.۸.۱ متعدد یک سمت منبع رو . . . . .</p> <p>۵.۹ نز سر بوجھے لدار دوجوڑا نز سر کا تفسیقی ایک پلینائز . . . . .</p> <p>۵.۱۰ واپسی منبع بر قی رو . . . . .</p> <p>۵.۱۱ ولسن آئینہ . . . . .</p> <p>۵.۱۲ کلیکوڈ ایک پلینائز . . . . .</p> <p>۵.۱۳ ماسفیٹ کے تفسیقی جوڑے . . . . .</p> <p>۵.۱۴ داخنی اخراجی بر قی دباؤ . . . . .</p> <p>۵.۱۵ ماسفیٹ آئینہ بر قی رو . . . . .</p> <p>۵.۱۶ ۱.۱۵ منبع دباؤ کے اثرات سے آزاد منبع رو . . . . .</p> <p>۵.۱۷ ماسفیٹ کلیکوڈ تفسیقی ایک پلینائز . . . . .</p>
<p>۵۵۹ . . . . .</p> <p>۵۶۰ . . . . .</p> <p>۵۶۱ . . . . .</p> <p>۵۶۲ . . . . .</p> <p>۵۶۳ . . . . .</p> <p>۵۶۴ . . . . .</p> <p>۵۶۵ . . . . .</p> <p>۵۶۶ . . . . .</p> <p>۵۶۷ . . . . .</p> <p>۵۶۸ . . . . .</p> <p>۵۶۹ . . . . .</p> <p>۵۷۰ . . . . .</p> <p>۵۷۱ . . . . .</p> <p>۵۷۲ . . . . .</p> <p>۵۷۳ . . . . .</p> <p>۵۷۴ . . . . .</p> <p>۵۷۵ . . . . .</p> <p>۵۷۶ . . . . .</p> <p>۵۷۷ . . . . .</p> <p>۵۷۸ . . . . .</p> <p>۵۷۹ . . . . .</p> <p>۵۸۰ . . . . .</p> <p>۵۸۱ . . . . .</p> <p>۵۸۲ . . . . .</p> <p>۵۸۳ . . . . .</p> <p>۵۸۴ . . . . .</p> <p>۵۸۵ . . . . .</p> <p>۵۸۶ . . . . .</p> <p>۵۸۷ . . . . .</p> <p>۵۸۸ . . . . .</p> <p>۵۸۹ . . . . .</p> <p>۵۹۰ . . . . .</p> <p>۵۹۱ . . . . .</p> <p>۵۹۲ . . . . .</p> <p>۵۹۳ . . . . .</p> <p>۵۹۴ . . . . .</p> <p>۵۹۵ . . . . .</p> <p>۵۹۶ . . . . .</p> <p>۵۹۷ . . . . .</p> <p>۵۹۸ . . . . .</p> <p>۵۹۹ . . . . .</p> <p>۶۰۰ . . . . .</p>	<p>۲ ایک پلینائز کا تعدادی رد عمل اور فلشن</p> <p>۲.۱ پست تحدیدی رد عمل . . . . .</p> <p>۲.۲ بیس سرے پر کپیسٹر <math>C_B</math> . . . . .</p> <p>۲.۳ لیٹر سرے پر کپیسٹر <math>C_E</math> . . . . .</p> <p>۲.۴ کلکشن سرے پر کپیسٹر <math>C_C</math> . . . . .</p> <p>۲.۵ بوجھوٹ . . . . .</p> <p>۲.۶ بیس اور کلکشن بیس روئی کپیسٹر . . . . .</p> <p>۲.۷ بیس اور لیٹر بیس روئی کپیسٹر وں کا مجموعی اثر . . . . .</p> <p>۲.۸ بیس، لیٹر اور کلکشن بیس روئی کپیسٹر وں کا مجموعی اثر . . . . .</p> <p>۲.۹ پست اقطعی تحدید بذریعہ سورس کپیسٹر . . . . .</p> <p>۲.۱۰ مسئلہ ملر . . . . .</p>

۲۰۵	بلند تعدادی رو عمل	۴.۱۱
۲۰۵	بلند تعدادی پائے $\pi$ ریاضی نوٹس	۴.۱۱.۱
۲۰۷	مشترکہ بینہ شر بلند نقطی تعداد	۴.۱۱.۲
۲۱۲	مشترکہ تیس بلند نقطی تعداد	۴.۱۱.۳
۲۱۳	T کا تجربہ با تجھیں	۴.۱۱.۴
۲۱۴	برقی بوجھ کے موجودگی میں بلند تعدادی رو عمل	۴.۱۱.۵
۲۲۲	مشترکہ سورس مانیفیٹ ایپلیکیشن کا بلند تعدادی رو عمل	۴.۱۱.۶
۲۲۵	مشترکہ لکھنور ایپلیکیشن کا بلند تعدادی رو عمل	۴.۱۲
۲۳۰	مشترکہ تیس ایپلیکیشن کا بلند نقطی تعداد	۴.۱۳
۲۳۵	لکھنؤ ایپلیکیشن	۴.۱۴
۲۳۶	فلشریا چھانی	۴.۱۵
۲۳۶	بڑوست فلش (چھانی)	۴.۱۶
۲۵۳	بڑوست فلش کارڈر	۴.۱۷
۲۶۵	۷ واپسی ادوار	
۲۶۶	ایپلیکیشن کی جماعت بندی	۷.۱
۲۶۶	برقی دباو ایپلیکیشن	۷.۱.۱
۲۶۸	برقی رو ایپلیکیشن	۷.۱.۲
۲۷۰	موصل نہ ایپلیکیشن	۷.۱.۳
۲۷۱	مزاحمت نہ ایپلیکیشن	۷.۱.۴
۲۷۲	واپسی اشارہ	۷.۲
۲۷۳	بنیادی کارکردگی	۷.۳
۲۷۴	افزائشی دائرہ	۷.۳.۱
۲۷۷	بنیادی مفروضے	۷.۳.۲
۲۷۸	واپسی ایپلیکیشن کی خوبیاں	۷.۳.۳
۲۷۸	مستحکم افزائش	۷.۴.۱
۲۸۱	تعدادی بگاڑ	۷.۴.۲
۲۸۲	دانہ کارکردگی کے پی میں وسعت	۷.۴.۳
۲۸۳	داخلی مزاحمت	۷.۵
۲۸۳	واپسی برقی دباو ایپلیکیشن کا دا خلی مزاحمت	۷.۵.۱
۲۸۵	واپسی برقی رو ایپلیکیشن کا دا خلی مزاحمت	۷.۵.۲
۲۸۸	واپسی موصل نہ ایپلیکیشن کا دا خلی مزاحمت	۷.۵.۳
۲۸۹	واپسی مزاحمت نہ ایپلیکیشن کا دا خلی مزاحمت	۷.۵.۴
۲۹۱	خوارجی مزاحمت	۷.۶
۲۹۲	واپسی برقی دباو ایپلیکیشن کا خوارجی مزاحمت	۷.۶.۱
۲۹۳	واپسی برقی رو ایپلیکیشن کا خوارجی مزاحمت	۷.۶.۲
۲۹۵	واپسی موصل نہ ایپلیکیشن کا خوارجی مزاحمت	۷.۶.۳
۲۹۶	واپسی مزاحمت نہ ایپلیکیشن کا خوارجی مزاحمت	۷.۶.۴
۲۹۸	واپسی ایپلیکیشن کے جماعت بندی کی مثالیں	۷.۷

۷۹۸	۱.۷.۷	وائیکی بر قی دباؤ ایکلیپسیٹر
۷۰۰	۱.۷.۲	وائیکی مزاحمت نہ ایکلیپسیٹر
۷۰۱	۱.۷.۳	وائیکی موصل نہ ایکلیپسیٹر
۷۰۳	۱.۷.۴	وائیکی بر قی رو ایکلیپسیٹر
۷۰۵	۱.۷.۵	وائیکی مزاحمت نہ ایکلیپسیٹر
۷۰۸	۱.۷.۸	وائیکی ایکلیپسیٹر کا تفصیلی تجزیہ
۷۰۹	۱.۷.۹	وائیکی بر قی دباؤ ایکلیپسیٹر
۷۱۱	۱.۷.۱۰	وائیکی بر قی دباؤ ز خبیری ایکلیپسیٹر

۷۱۷	۸	مر ترش
۷۱۹	۸.۱	مر ترش کی تخلیق
۷۲۱	۸.۲	مزاحمت-کپیستر RC مر ترش
۷۲۸	۸.۳	وانن مر ترش
۷۳۰	۸.۴	$nJFET$ پر مبنی امالہ-کپیستر LC ہم مر ترش
۷۳۳	۸.۳.۱	خود-مائل دور
۷۳۳	۸.۵	ٹرانزستر ہم مر ترش
۷۳۷	۸.۶	عسوی مر ترش
۷۴۰	۸.۷	ہارٹے اور کالپن مر ترش
۷۴۵	۸.۷.۱	فتلی مر ترش

اشاریہ

# دیباچہ

برقی آلات اور عددي ادوار کے بعد مسائل برقيات میری تیسرا کتاب ہے۔ یہ کتاب بھی اس اميد کے ساتھ لکھی گئی ہے کہ یہ ایک دن برقی انجینئرنگ کی نصابی کتاب کے طور پر پڑھائی جائے گی۔ اميد کی جاتی ہے کہ اب بھی طلب و طالبات اس سے استفادہ کر سکیں گے۔ اس کتاب میں تقریباً 503 اشکال اور 174 حل شدہ مثال دئے گئے ہیں۔ اس کے علاوہ مثناں کے لئے 175 سوالات بیچ جوابات بھی دیے گئے ہیں۔

یہ کتاب Ubuntu استعمال کرتے ہوئے XeLatex میں تکمیل دی گئی۔ یہ کتاب خط جیل نری نستیق میں لکھی گئی ہے۔ پرانے حبات کے خط Octave EDA کی مدد سے بنایا گیا ہے۔ کئی ادوار پر GnuCap کی مدد سے غور کیا گی۔ میں ان سافٹ ویر لکھنے والوں کا دل سے شکر گزار ہوں۔ میں طلب و طالبات سے گزارش کرتا ہوں کہ وہ آگے بڑھیں اور اس قسم کے سافٹ ویر لکھیں یا ان کا ترجمہ علاطائی زبانوں میں کریں۔ اس کتاب کی تکمیل میں ہر موڑ پر کئی کتابیوں کا ہمارا لیا گیا۔ ان میں مندرجہ ذیل کا ذکر ضروری ہے۔

- Electronic Circuits by Schilling-Belove
- Integrated Electronics by Millman-Halkias
- Microelectronic Circuits by Sedra-Smith

جبکہ اردو اصطلاحات چنے میں درج ذیل لفظ سے استفادہ کیا گیا۔

- <http://www.urduenglishdictionary.org>
- <http://www.nlpd.gov.pk/lughat/>

میں یہاں ان تمام خواتین و حضرات کا شکریہ ادا کرنا چاہتا ہوں جب نہوں نے اس کتاب کو مکمل کرنے میں میری مدد کی، بالخصوص کامیش میں میرے ساتھی ڈاکٹر عبدالحسن مجتہد جب نہوں نے کتاب کی شکل نکھاری اور میرے شاگرد سید زین عباس، حافظہ مسیم اسلام، حسراحتان اور سخیہ شوکتے جب نہوں نے اس کتاب کی درستگی میں مدد کی۔

اس کتاب کو پہلی مرتبہ بطور نصابی کتاب جن طلباء و طالبات نے پڑھا ان کے نام طلحہ اہد، عبد اللہ رضا، عاشش رباب، سمیا الرحمن، صحیح صادق، فیصل پر دین، جبراں شیر اور شاہزادیب علی ہیں۔ انہوں نے کتاب کو درست کرنے میں میری مدد کی جس کا میں شکر گزار ہوں۔

آپ سے گزارش ہے کہ اس کتاب کو زیادہ طلب و طلبات تک پہنچائیں اور کتاب میں غلطیوں کی نشاندہی میسرے برقراری پتے [khalidyousafzai@comsats.edu.pk](mailto:khalidyousafzai@comsats.edu.pk) پر کریں۔ میسری تمام کتابوں کی مکمل XeLaTeX معلومات

<https://www.github.com/khalidyousafzai>

سے حاصل کی جس میں آپ کی مکمل اختیار کے ساتھ استعمال کر سکتے ہیں۔

خالد حنان پوسٹری  
نومبر 2014ء

# میری پہلی کتاب کا دیباچہ

گزشتہ چند برسوں سے حکومت پاکستان اعلیٰ تعلیم کی طرف توجہ دے رہی ہے جس سے ملک کی تاریخ میں پہلی مرتب اعلیٰ تعلیمی اداروں میں تحقیق کا جان پیدا ہوا ہے۔ امید کی جاتی ہے کہ یہ سالمہ جباری رہے گا۔ پاکستان میں اعلیٰ تعلیم کا نظم انگریزی زبان میں رائج ہے۔ دنیا میں تحقیق کام کا میشور حصہ انگریزی زبان میں ہی چھپتا ہے۔ انگریزی زبان میں ہر موضوع پر اقصاد کتابیں پائی جاتی ہیں جن سے طلب و طالبات استفادہ کرتے ہیں۔

ہمارے ملک میں طلب و طالبات کی ایک بہت بڑی تعداد بینیادی تعلیم اردو زبان میں حاصل کرتی ہے۔ ان کے لئے انگریزی زبان میں موجود مواد سے استفادہ کرنا تو ایک طرف، انگریزی زبان از خود ایک رکاوٹ کے طور پر ان کے سامنے آتی ہے۔ یہ طلب و طالبات ذہین ہونے کے باوجود آگے بڑھنے اور قوم و ملک کی بھروسہ پر خدمت کرنے کے قابل نہیں رہتے۔ ایسے طلب و طالبات کو اردو زبان میں نصاب کی اچھی کتابیں درکار ہیں۔ ہم نے تو ہی سطح پر ایسا کرنے کی کوئی حناطنصرخاہ کوشش نہیں کی۔

میں برسوں تک اس صورت حال کی وجہ سے پریشانی کا شکار رہا۔ کچھ کرنے کی نیت رکھنے کے باوجود کچھ نہ کر سکتا تھا۔ میرے لئے اردو میں ایک صفحہ بھی لکھنا ممکن نہ تھا۔ آخر کار ایک دن میں نے اپنی اس کمزوری کو کتاب سے لکھنے کا جواز بنانے سے انکار کر دیا اور یوں یہ کتاب وجود میں آئی۔

یہ کتاب اردو زبان میں تعلیم حاصل کرنے والے طلب و طالبات کے لئے نہایت آسان اردو میں لکھی گئی ہے۔ کوشش کی گئی ہے کہ اسکول کی سطح پر نصاب میں استعمال ہونے والے علمیکی الفاظ ہی استعمال کئے جائیں۔ جہاں ایسے الفاظ موجود نہ تھے وہاں روز مرہ میں استعمال ہونے والے الفاظ پڑنے گئے۔ علمیکی الفاظ کی چنانی کے وقت اس بات کا دہان رکھا گیا کہ ان کا استعمال دیگر مضامین میں بھی ممکن ہو۔

کتاب میں یہیں الاقوای نظام اکائی استعمال کی گئی ہے۔ انہی مختیرات کی علامتیں وہی رکھی گئی ہیں جو موجودہ نظام تعلیم کی نصابی کتابوں میں رائج ہیں۔ یوں اردو میں لکھی اس کتاب اور انگریزی میں اسی مضمون پر لکھی کتاب پڑھنے والے طلب و طالبات کو ساتھ کام کرنے میں دشواری نہیں ہوگی۔

امید کی جاتی ہے کہ یہ کتاب ایک دن حناعت اردو زبان میں انجنیئرنگ کی نصابی کتاب کے طور پر استعمال کی جائے گی۔ اردو زبان میں برقراری انجنیئرنگ کی مکمل نصاب کی طرف یہ پہلا فاتمہ ہے۔

اس کتاب کے پڑھنے والوں سے گزارش کی جاتی ہے کہ اسے زیادہ سے زیادہ طلب و طالبات تک پہنچانے میں مدد دیں اور انہیں جہاں اس کتاب میں عملی نظر آئے وہ اس کی نشاندہی میری ای۔ میں پر کریں۔ میں ان کا نہایت شکر گزار ہوں گا۔

اس کتاب میں تمام غلطیاں مجھ سے ہی سرد ہوئی ہیں البتہ انہیں درست کرنے میں بہت لوگوں کا ہاتھ ہے۔ میں ان سب کا شکریہ ادا کرتا ہوں۔ یہ سلسلہ ابھی حباری ہے اور مکمل ہونے پر ان حضرات کے تاثرات یہاں شامل کئے جائیں گے۔  
میں یہاں کامیٹ یونورسٹی اور ہائراجوج کیشن کمیشن کا شکریہ ادا کرنا چاہتا ہوں جن کی وجہ سے ایسی سرگرمیاں ممکن ہوئیں۔

حنالہ حنان یوسفزی  
28 اکتوبر 2011

## علامات

اس کتاب میں یہن الاقوای نظم اکائی SI استعمال کیا گیا ہے۔ یوں میز، کلوگرام اور سینکنڈ کے علاوہ دو لٹر، انکپسیٹ، اوہم اور دو لٹر کو جوں کا توں استعمال کیا جائے گا۔ برقی دباء، برقی رو اور ان کی مخصوص خصلتیں اب اگر کرانے کی حاضر مختلف علماتیں استعمال کی جاتی ہیں۔ ان علامتوں کو، جن سے بخوبی واقف ہونا ضروری ہے، یہاں پیش کرتے ہیں۔

**معنی یکے سمت برقی دباء**  $V_{DD}, V_{CC}, V_{EE}, V_{BB}$

**یکے سمت برقی دباء اور برقی رو** (اشارہ موجود یا عدم موجود)  $V_{BE}, V_{CE}, I_D, I_C$

**نقط کار کردگی پر یکے سمت برقی دباء اور برقی رو** (اشارہ عدم موجود)  $V_{CEQ}, I_{CQ}$

**$v_d, v_{be}, i_d, i_c, i_e$  بدلتا اشارہ (اوسمی قیمت صفر)**

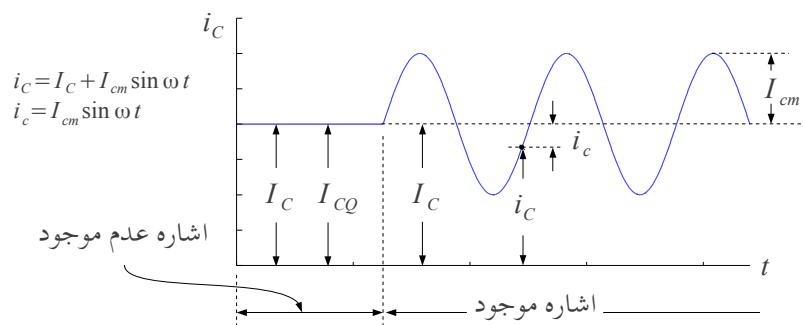
**$I_d, I_c, I_e, I_b$  سائنسی برقی رو کی موثر قیمت (rms)**

**$V_{dm}, V_{cem}, I_{dm}, I_{cm}$  اشارے کی چٹی**

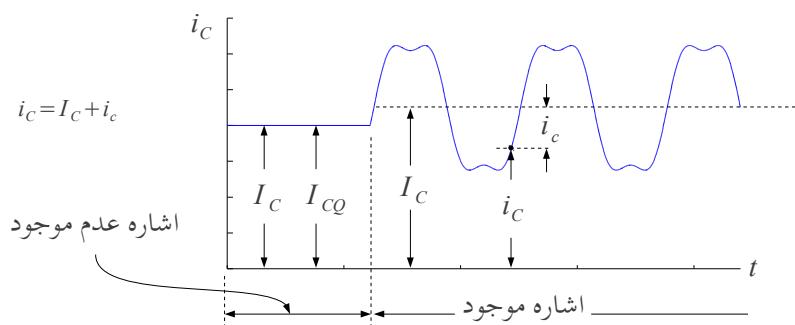
**$v_D, v_{BE}, v_{CE}, v_{BC}$  لحاظی برقی دباء**

**$i_D, i_C, i_E, i_B$  لحاظی برقی رو**

ان کی مزید وضاحتے شکل ۱.۰۰۲ میں کی گئی ہے۔



شکل ۱.۰: سانس اشاره



شکل ۲.۰: غیرسانس اشاره

---

### اصطلاحات

---

voltage	برقی دباد
current	برقی رو
resistance	<b>برقی مسازهت</b>
capacitor	برق گیس (کپیسٹر)
inductor	اماله گیس
impedance	برقی رکاوٹ
voltage source	منبع برقی دباد
current source	منبع برقی رو
dependent voltage source	تائج منبع برقی دباد
independent voltage source	غاییر تائج منبع برقی دباد
OPAMP	حسابی ایکلینیکر
difference pair	تفصیری جوڑا
signal	اشارہ
signal generator	منبع اشارہ
frequency	تعدد
BJT transistor	دوجوڈڑ انزسٹر
diode	ڈائیوڈ
mosfet	مافیٹ
AM signal	جیٹھے سوار اشارہ

---



## باب ا

### حابی ایمپلیفائر

ٹرانزسٹر کی انجینئرنگ میں ناتبلیفین اور حیرت انگیز ترقی ہوئی ہے۔ شروع میں الگ الگ ٹرانزسٹر استعمال کر کے ایک ایک ادوار بنائے جاتے تھے۔ بعد میں سیکان کی پتسری<sup>۱</sup> پر ایکے زیادہ ٹرانزسٹر بنانے کا رجحان پیدا ہوا۔ اس طرح مخلوط ادوار وجود میں آئے۔ ایک سرعائشی میز رقبہ کی سیکان پتسری<sup>۲</sup> پر اربوں ٹرانزسٹر بنانا مسکن ہوا اور دیکھتے ہی دیکھتے ایک ایک ادوار بنائے اشیاء زندگی کے ہر شعبے پر چھا گئیں۔

اس کتاب میں ایک ایک پر زہ جبات کی کارکردگی اور ان کے استعمال سے ایک ادوار بنانے پر غور کی جائے گا۔ پہلے باب میں حاملہ ایمپلیفائر<sup>۳</sup> پر غور کیا جائے گا۔ حابی ایمپلیفائر درحقیقت کئی ٹرانزسٹر پر مبنی ایک نہایت مقبول مخلوط دور ہے جس کا استعمال، بر قی پر زہ جبات مثلاً مزاحمت، کپیڑ و عنیہ کی طرح، نہایت آسان ہے۔ حابی ایمپلیفائر کی اندرونی ساخت پر اس کتاب میں آگے جبار ایک مکمل باب ہے۔

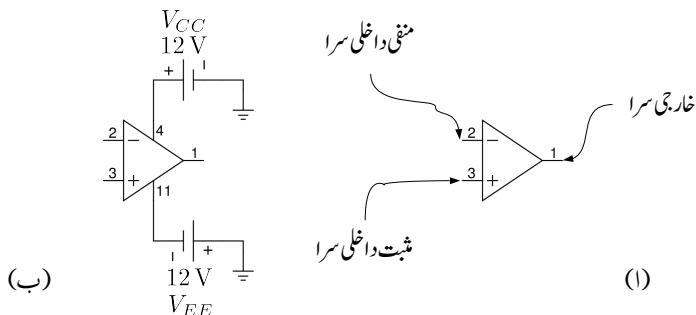
#### ۱.۱ حابی ایمپلیفائر کے سرے یا پنی

حابی ایمپلیفائر کی علامت شکل ۱.۱ الف میں دکھائی گئی ہے۔ حابی ایمپلیفائر کے عتموماً تین سرے ہوتے ہیں جن میں سے دو اس کے داخلی اور ایک خارجی سراہوتا ہے۔ یوں شکل۔ الف میں ایک نمبر پنی<sup>۴</sup> اس کا خارجی سرہے جبکہ دو اور تین نمبر پنیے اس کے داخلی سرے ہیں۔ شکل ب میں حابی ایمپلیفائر کی علامت میں دو سزید طاقت کے سرے بھی دکھائے گئے ہیں جو حابی ایمپلیفائر کو بر قی طاقت مہیا کرنے کی حاطر استعمال ہوتے ہیں۔ حابی ایمپلیفائر اسی وقت کام کر سکتا ہے جب اس طاقت کے پیوں پر درکار بر قی طاقت مہیا کی

transistor<sup>۱</sup>  
silicon chip<sup>۲</sup>  
integrated chip (IC)<sup>۳</sup>

ہائیڈروجن اور آکسیجن کے ملائپے سے پانی O<sub>2</sub> بناتے۔ اسی طرح سیکان اور آکسیجن کے ملائپے سے SiO<sub>2</sub> یعنی ریست یا مٹی منتی ہے  
operational amplifier<sup>۴</sup> (OPAMP)<sup>۵</sup>

پنیں کو نمبر کرنے کا طریقہ جلد بتایا جائے گا



شکل ۱.۱: حسابی ایمپلیفیائز کی علامت

جائز۔ شکل ۱.۱ ب میں چار نمبر سر اثبات بر قی طاقت کا سر اے ہے لہذا اس پر مثبت بر قی دباؤ مہیا کی گئی ہے جبکہ گیارہ نمبر سر ام فی طاقت کا سر اے ہے لہذا اس پر مخفی بر قی دباؤ مہیا کی گئی ہے۔ حسابی ایمپلیفیائز ان مہیا کروہ بر قی دباؤ سے بر قی طاقت مصال کرتا ہے۔ رواۃ طور پر مثبت بر قی دباؤ کو  $V_{CC}$  اور مخفی بر قی دباؤ کو  $V_{EE}$  پکارا جاتا ہے۔ یوں شکل میں  $V_{CC} = 12\text{ V}$  اور  $V_{EE} = -12\text{ V}$  ہیں۔ حسابی ایمپلیفیائز کو عموماً شکل ۱.۱ اف کی علامت سے ظاہر کرتے ہوئے طاقت پیوں کو نہیں دکھایا جاتا۔

مثبت بر قی دباؤ اور مخفی بر قی دباؤ عموماً منفی بر قی دباؤ سے مہیا کیا جاتا ہے۔ اس تاب میں اس آد کو منفی بر قی دباؤ،

بر قی دباؤ کو منفی، یا طاقت کو منفی پکارا جائے گا۔

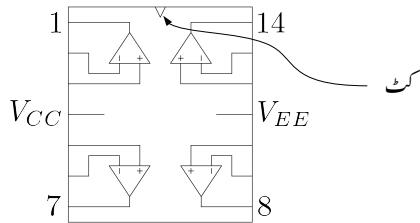
صنعت کار ایک یا ایک سے زیادہ تعداد میں حسابی ایمپلیفیائز پلاٹک کی ڈبیا میں بند کرتے ہیں۔ شکل ۱.۲ میں ایک ہی ڈبیا میں چار حسابی ایمپلیفیائز کھائے گئے ہیں۔ ڈبیا میں بند تمام حسابی ایمپلیفیائز کے  $V_{CC}$  میں جوڑ کر چار نمبر پنیا پر جبکہ تمام  $V_{EE}$  کو آپس میں جوڑ کر گیارہ نمبر پنیا پر پہنچایا گیا ہے۔ ڈبیا پر باریکے کٹ لگایا جاتا ہے۔ اس کٹ سے گھٹڑی کی الٹ سمت گھومتے ہوئے پنیوں کو نمبر کیا جاتا ہے۔ شکل ۱.۱ میں حسابی ایمپلیفیائز کے پنیوں پر لکھے گئے نمبر ڈبیا کے پنیوں کو ظاہر کرتے ہیں۔

## ۱.۲ حسابی ایمپلیفیائز کی بنیادی کارکردگی

حسابی ایمپلیفیائز کی بنیادی کارکردگی کچھ یوں ہے۔ اگر حسابی ایمپلیفیائز کے دو داخلي سروں کے مابین تفریقی بر قی اشارہ  $v_d$  مہیا کیا جائے تو یہ حنارتی سرے پر  $v_d$  کو  $A_d$  کو گستاخ کر حنارت کرے گا، لیکن حنارتی اشارہ  $v_o$  اور داخلي اشارہ  $v_d$  کا تعلق مندرجہ ذیل ہے

$$(1.1) \quad v_o = A_d \times v_d$$

voltage source<sup>۴</sup>  
power supply<sup>۵</sup>  
differential voltage signal<sup>۶</sup>



شکل ۱.۲: حسابی ایمپلیفائر کی ڈیزاین

جہاں

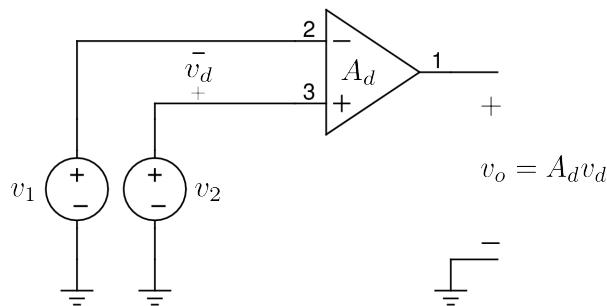
$$(1.2) \quad v_d = v_2 - v_1$$

کے برابر ہے۔ شکل ۱.۳ میں اس حقیقت کو دکھایا گیا ہے۔  $A_d$  کو ایمپلیفائر کا ترقہ بر قہ دباؤ کہ افزاں<sup>۱۰</sup> یا بر قہ دباؤ کہ ترقہ افزاں<sup>۱۱</sup> کہتے ہیں۔ یوں حسابی ایمپلیفائر کو ترقہ ایمپلیفائر<sup>۱۲</sup> بھی کہتے ہیں۔ مساوات ۱.۱ میں آگرداختی اشارہ کو دگستانی کر دیا جائے تو حسارتی اشارہ بھی دگستا ہو جائے گا۔ یوں حسابی ایمپلیفائر کی کارکردگی خلی<sup>۱۳</sup> انواعیت کی ہے۔ یہاں اس بات کا ذکر کرنا ضروری ہے کہ حسابی ایمپلیفائر کے حسارتی اشارہ  $v_o$  کی قیمت کی صورت میثت بر قہ دباؤ  $V_{CC}$  سے زیادہ یا منفی بر قہ دباؤ  $V_{EE}$  سے کم نہیں ہو سکتی۔ حقیقت میں  $v_o$  کی زیادہ سے زیادہ ممکن حد  $V_{CC}$  سے، ۱ تا ۳ ولٹ کم ہوتا ہے۔ اسی طرح  $v_o$  کی کم ممکن حد  $V_{EE}$  سے، ۱ تا ۳ ولٹ زیادہ ہوتا ہے۔ یعنی

$$(1.3) \quad (V_{EE} + \Delta_-) < v_o < (V_{CC} - \Delta_+)$$

اس مساوات میں  $\Delta_+$  اور  $\Delta_-$  ایکے تین ولٹ کو ظاہر کرتے ہیں۔ اس کتاب میں جس تکمیل کہاں جائے ہم  $\Delta_+$  اور  $\Delta_-$  کی قیمت صصر کریں گے۔ یوں  $v_o$  میثت بر قہ دباؤ  $V_{CC}$  سے لے کر منفی بر قہ دباؤ  $V_{EE}$  تک کی قیمت اختیار کر سکتا ہے۔ حصہ ۱.۶.۱ میں اس عمل پر تذکرہ کیا جائے گا۔ اگر حسابی ایمپلیفائر کو مہیا ترقہ اشارہ  $v_d$  کی قیمت اتنی ہو کہ مساوات ۱.۱ سے حاصل  $v_o$  کی قیمت مساوات ۱.۳ میں دیے ہوئے تجھباز کر کے تو اس صورت میں حسابی ایمپلیفائر مساوات ۱.۱ پر پورا نہیں اترے گا جبکہ اس کی  $v_o$  مساوات ۱.۳ میں دیے ہوئے تجھباز کر کے اندر ہی رہے گی۔ اس صورت میں میثت جناب بڑھتے ہوئے  $v_o$  کی قیمت  $(V_{CC} - \Delta_+)$  تک پہنچ کر کے جائے گی یا پھر متی جناب بگھٹھے ہوئے  $v_o$  کی قیمت  $(V_{CC} - \Delta_-)$  تک پہنچ کر کے جائے گی۔ اس صورت میں  $|A_d|$  کو مزید بڑھانے سے  $v_o$  کی قیمت پر کوئی اثر نہیں ہوتا۔ اس صورت میں حسابی ایمپلیفائر کی کارکردگی غیر خلی ہو گی اور اس کو حسابی ایمپلیفائر کا لمبڑا<sup>۱۴</sup> ہونا کہتے ہیں۔

differential voltage gain<sup>۱۵</sup>  
difference amplifier<sup>۱۶</sup>  
linear relation<sup>۱۷</sup>  
saturation<sup>۱۸</sup>



شکل ۳.۱: حسابی ایمپلیفیٹر کی کارکردگی

مثال ۱.۱: ایک حسابی ایمپلیفیٹر جس کی ترقی افزائش بر قہ دباؤ  $A_d$  کی قیمت  $\frac{V}{V} = 100000$  ہے کو اس کے داخلی سروں پر مندرجہ ذیل بر قہ دباؤ ہمیکے جاتے ہیں۔

$$v_2 = 10 \mu V \text{ اور } v_1 = 0 V \quad .1$$

$$v_2 = 0 V \text{ اور } v_1 = 10 \mu V \quad .2$$

$$v_2 = 2.00005 V \text{ اور } v_1 = 2.00003 V \quad .3$$

$$v_2 = 2.0005 V \text{ اور } v_1 = 2.0003 V \quad .4$$

$$v_2 = 2.03 V \text{ اور } v_1 = 2.05 V \quad .5$$

$$v_2 = 2.03 V \text{ اور } v_1 = 2.03 V \quad .6$$

$v_0$  ہونے کی صورت میں حسابی ایمپلیفیٹر کی  $v_0 = A_d \times v_d$  جبکہ  $V_{EE} = -12 V$  اور  $V_{CC} = 12 V$  دریافت کریں۔

حل: جب تک  $v_0$  مساوات ۱.۳ میں دیے گئے اندود کے اندر رہے، حسابی ایمپلیفیٹر داخلي بر قہ دباؤ کو ایک سرتیہ بڑھا کر حنارج کرے گا۔ یوں

$$\begin{aligned} v_0 &= A_d \times v_d \\ &= A_d \times (v_2 - v_1) \\ &= 100000 \times (10 \times 10^{-6} - 0) \\ &= 1 V \end{aligned} \quad .1$$

$$\begin{aligned}
 v_0 &= A_d \times v_d \\
 &= A_d \times (v_2 - v_1) \\
 &= 100000 \times (0 - 10 \times 10^{-6}) \\
 &= -1 \text{ V}
 \end{aligned} \quad .2$$

$$\begin{aligned}
 v_0 &= A_d \times v_d \\
 &= A_d \times (v_2 - v_1) \\
 &= 100000 \times (2.00005 - 2.00003) \\
 &= 2 \text{ V}
 \end{aligned} \quad .3$$

$$\begin{aligned}
 v_0 &= A_d \times v_d \\
 &= A_d \times (v_2 - v_1) \\
 &= 100000 \times (2.0005 - 2.0003) \\
 &= 20 \text{ V}
 \end{aligned} \quad .4$$

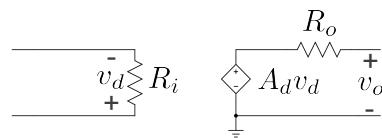
چوتھے صورت میں  $v_0$  کی قیمت مساوات ۱.۳ میں دیے ہدود سے تجاوز کر گئی جو کہ ناممکن صورت حال ہے۔ لہذا اس جواب کو رد کیا جاتا ہے۔ اس صورت میں حسابی ایکلینیکر کی کوشش ہو گی کہ  $v_0$  کی قیمت یہیں وولٹ ہو لیکن حسابی ایکلینیکر ایس کے عہدے کو نکھاری اس کے خارجی اشارے کی قیمت  $V_{CC}$  کی قیمت سے زیادہ نہیں ہو سکتی۔ لہذا  $\Delta_+ = \Delta_- = 0$  لیتے ہوئے اس صورت میں  $v_0$  زیادہ ممکن بر قی دباؤ کے باہر ہو گائیں  $+12V$  =  $v_0$  ہو گا۔ حقیقت میں  $v_0$  کی زیادہ سے زیادہ ممکنہ قیمت  $V_{CC}$  سے ایک یادووولٹ کم ہوتی ہے۔ حسابی ایکلینیکر بنانے والے یہ معلومات فراہم کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned}
 v_0 &= A_d \times v_d \\
 &= A_d \times (v_2 - v_1) \\
 &= 100000 \times (2.03 - 2.05) \\
 &= -2000 \text{ V}
 \end{aligned} \quad .5$$

یہاں  $v_0$  کی قیمت مساوات ۱.۳ میں دیے ہدود سے تجاوز کر گئی جو کہ ناممکن صورت حال ہے۔ اس صورت میں  $v_0$  کی قیمت  $V_{EE}$  سے مدد زیادہ قیمت اختیار کرے گی۔  $\Delta_+ = \Delta_- = 0$  لیتے ہوئے اس صورت  $v_0 = -12 \text{ V}$  ہو گی۔

$$\begin{aligned}
 v_0 &= A_d \times v_d \\
 &= A_d \times (v_2 - v_1) \\
 &= 100000 \times (2.03 - 2.03) \\
 &= 0 \text{ V}
 \end{aligned} \quad .6$$

یہاں آپ نے دیکھا کہ دونوں داخلی سروں پر ابر بر قی دباؤ مہیا کرنے سے حسابی ایکلینیکر صفر وولٹ خارج کرتا ہے۔



شکل ۳.۲: حسابی ایمپلیفائز کامساوی دور (ریاضی نمون)

دونوں داخنی سروں پر برابر مہیا کردہ برقی دباؤ کو مشترکہ برقی دباؤ<sup>۱۴</sup> کہتے ہیں۔ حسابی ایمپلیفائز مشترکہ برقی دباؤ کو دار کرتا ہے۔ یہاں یہ سمتلا تا چلوں کے کسی بھی داخنی برقی دباؤ کو مشترکہ برقی دباؤ<sup>۱۵</sup>  $v_{CM}$  اور تفریقی برقی دباؤ<sup>۱۶</sup>  $v_d$  میں تقسیم کیا جاتا ہے۔ پانچویں حصہ میں  $V_1 = 2.05$  اور  $V_2 = 2.03$  کو یوں بیان کیا جاتا ہے کہ حسابی ایمپلیفائز کو  $V = 2.04 = \frac{2.05+2.03}{2}$  بطور مشترکہ برقی دباؤ فراہم کئے گئے جبکہ اسے  $V = 2.03 - 2.05 = -0.02$  بطور تفریقی برقی دباؤ مہیا کئے گئے۔

اس مشال میں آپ نے دیکھا کہ چند مائیکروولٹ<sup>۱۷</sup> برقی دباؤ کو حسابی ایمپلیفائز بڑھا کر ۷۰ mV کی حد میں لے آتا ہے۔ یہاں آپ کی وجہ پر کی حفاظت سمتلا چلوں کے انسانی اعصابی نظام ستر میلی ولٹ V<sup>۱۸</sup> کے لگے بھگا۔ برقی دباؤ پر کام کرتا ہے۔ یوں حسابی ایمپلیفائز استعمال کرتے ہوئے آپ اعصابی نظام کے کارکردگی پر تحقیق کر سکتے ہیں۔ اس مشال کے پہلے دھھوں میں آپ نے دیکھا کہ اگر داخنی برقی دباؤ کو حسابی ایمپلیفائز کے تبیث دائلی سرے<sup>۱۹</sup> پر مہیا کیا جائے تو اس سے حاصل خارجی برقی دباؤ کی علامت تبدیل نہیں ہوتی۔ یعنی اگر تبیث برقی دباؤ مہیا کی جائے تو تبیث برقی دباؤ خارج کی جاتی ہے۔ اس کے برعکس اگر برقی دباؤ کو حسابی ایمپلیفائز کے منفی دائلی سرے<sup>۲۰</sup> پر مہیا کی جائے تو منفی برقی دباؤ خارج کی جاتی ہے۔

### ۱.۳ حسابی ایمپلیفائز کامساوی دور یا ریاضی نمون

حسابی ایمپلیفائز کامساوی دور شکل ۱.۳ میں دکھایا گیا ہے۔ جیسا کہ شکل سے واضح ہے، داخنی جانب سے حسابی ایمپلیفائز بالکل ایک مزاحمت  $R_i$  کی طرح معلوم ہوتا ہے جبکہ خارجی جانب سے تابع منبع دباؤ، داخنی جانب مہیا اشارہ  $v_d$  کے تابع ہے۔

common mode voltage<sup>۱۷</sup>  
differential mode voltage<sup>۱۸</sup>  
 $\mu\text{V}^{۱۹}$   
non-inverting input<sup>۲۰</sup>  
inverting input<sup>۲۱</sup>  
اس شکل میں تفسیقی برقی دباؤ کا ثابت سرخپلی جانب ہے۔  
depended voltage source<sup>۲۲</sup>

حسابی ایکلینیکر کے صنعت کاروں کی کوشش ہوتی ہے کہ حسابی ایکلینیکر کے داخلی مراہم  $R_i$  کی قیمت زیادہ سے زیادہ جگہ خارجی مراہم  $R_o$  کی قیمت کم سے کم ہو۔ اسی طرح کوشش کی جاتی ہے کہ تفرقی افراٹھ برقی دباؤ  $A_d$  کی قیمت زیادہ سے زیادہ ہو۔ جدول ۱.۱ میں آپ کے اندازے کی اصطلاح ایک عام دستیاب حسابی ایکلینیکر کے ریاضی نمونے ۲۲ کے اجزاء دئے گئے ہیں۔ ان مقادروں کو مثال بناتے ہوئے شکل ۱.۲ پر غور کرتے ہیں۔

جدول ۱.۱: عام دستیاب حسابی ایکلینیکر کے ریاضی نمونے کی مقدارہ مقداریں

$10^{12} \Omega$	$R_i$
$100 \Omega$	$R_o$
$100\,000 \frac{\text{V}}{\text{V}}$	$A_d$

### ۱.۳.۱ داخلي سروں پر برابر برقی دباور ہتا ہے

حسابی ایکلینیکر کو عام طور پر خطي کارکردگی کے احاطے میں استعمال کیا جاتا ہے یعنی اسے استعمال کرتے ہوئے  $v_d$  کی قیمت اتنی رکھی جاتی ہے کہ  $v_0$  مساوات ۱.۳ میں دیے گئے حدود کے اندر رہے۔  $V_{CC} = 12 \text{ V}$  اور  $V_{EE} = -12 \text{ V}$  لیتے ہوئے  $v_0$  کی زیادہ سے زیادہ ممکنہ قیمت تقریباً  $12 \text{ V}$  اور کم سے کم ممکنہ قیمت تقریباً  $-12 \text{ V}$  ہے۔ جب  $v_0 = 12 \text{ V}$  ہو، اس وقت مساوات ۱.۱ کے تحت  $v_d = 120 \mu\text{V}$  ہوگا اور جب  $v_0 = -12 \text{ V}$  ہو اس وقت  $v_d = -120 \mu\text{V}$  ہوگا۔ یوں حسابی ایکلینیکر کو خطي خطے میں استعمال کرتے ہوئے  $|v_d| < 120 \mu\text{V}$  رہے گا۔ شکل ۱.۳ کو دیکھتے ہوئے اس بات کو پوچھیں کہ اسے کیا کہانے کر سکتے ہیں کہ

$$(1.3) \quad |v_d| = |v_2 - v_1| < 120 \mu\text{V}$$

رکھتے ہوئے حسابی ایکلینیکر خطي خطے میں رہتا ہے۔  $V_m = 120 \mu\text{V}$  اتنی کم برقی دباؤ ہے کہ اسے نظر انداز کیا جا سکتا ہے۔ ایسا کرنے کے حسابی ایکلینیکر پر مبنی ادوار کو حل کرنا نہیں ہے آسان ہو جاتا ہے۔ یوں اس مساوات کو اس طرح لکھا جا سکتا ہے

$$(1.4) \quad |v_2 - v_1| \approx 0 \\ v_2 \approx v_1$$

یہ نہیں ہے اس مساوات کے خلاف بار بار استعمال کیا جائے گا۔ اس مساوات کے تحت جب تک حسابی ایکلینیکر کو خطي خطے میں استعمال کیا جائے اس وقت تک اس کے دونوں داخلي سروں پر تقریباً برابر برقی دباؤ ہو گا۔

اوپر مثال کو دوبارہ دیکھتے ہوئے پہلی دو صورتوں میں  $v_1 \approx 0$  اور  $v_2 \approx 2 \text{ V}$  ہے جبکہ تیسرا صورت میں  $v_1 \approx 2 \text{ V}$  اور  $v_2 \approx 0$  ہے۔ ان میں حسابی ایکلینیکر خطي خطے میں کام کر رہا ہے۔ چوتھی اور پانچویں صورتوں میں یہ غیر خطي خطے میں کام کر رہا ہے۔ پانچویں صورت میں یہ بات زیادہ واضح سامنے آتی ہے کہ  $v_2$  اور  $v_1$  برابر نہیں۔ یہاں ان میں  $20 \text{ mV}$  کا فرقہ ہے جسے نظر انداز نہیں کیا جاسکتا۔

<sup>۲۲</sup> عام دستیاب ایکلینیکر کی قیمت بازار میں مندرجہ ذیل ہے: اسی دویاری کی دو روپیوں کے لگے بھگے ہے model

### ۱.۳.۲ داخنی سروں پر بر قی رو صفر ہوتی ہے

آپ نے دیکھا کہ حسابی ایمپلیکیٹر کو خطی احاطے میں استعمال کرتے ہوئے  $V_d < 120 \mu V$  رہتا ہے۔ اگر  $R_i = 10^{12} \Omega$  ہو تو شکل ۳۔۱ کو دیکھتے ہوئے مزاحمت  $R_i$  میں بر قی رو ن کی قیمت

$$(1.6) \quad i = \frac{v_d}{R_i} = \frac{\left| 120 \times 10^{-6} \right|}{10^{12}} = 1.2 \times 10^{-16} A$$

ہو گی جو کہ فتنہ نظر انداز قیمت ہے۔ یہم کہہ سکتے ہیں کہ حسابی ایمپلیکیٹر کے داخنی سروں پر بر قی رو کی قیمت صفر ہم پسند ہو گی یا یہ کہ ان سروں کو مکمل طور منقطع تصور کیا جاسکتا ہے۔ یہاں

$$(1.7) \quad i \approx 0 A$$

تصور کیا جاتا ہے۔

### ۱.۳.۳ داخنی مزاحمت کو لامدد و تصور کیا جاتا ہے

جیسا کہ جدول میں ذکر ہوا حسابی ایمپلیکیٹر کے داخنی مزاحمت  $R_i$  کی قیمت نہایت بڑی ہوتی ہے۔ اتنی مزاحمت کو یقیناً لامدد و تصور کیا جاسکتا ہے لیکن

$$(1.8) \quad R_i \rightarrow \infty$$

اس کا مطلب ہے کہ داخنی سروں کو آپس میں مکمل طور منقطع سمجھا جاسکتا ہے۔

### ۱.۳.۴ تفرقی امنڑا اش کو لامدد و تصور کیا جاتا ہے

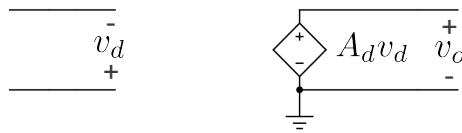
جدول ۱.۱ میں تفرقی امنڑا اش بر قی دباؤ کی مشال  $\frac{V}{\sqrt{A_d}} = 100000$  دی گئی ہے جسے لامدد و تصور کیا جاسکتا ہے لیکن

$$(1.9) \quad A_D \rightarrow \infty$$

اس مساوات کو دیکھتے یہ خیال آتا ہے کہ لامدد و امنڑا اش کی صورت میں اسے استعمال کیسے کیا جائے گا۔ درحقیقت حسابی ایمپلیکیٹر کو عسموماً وابی اشارہ ۳۳ مہیا کرتے ہوئے استعمال کیا جاتا۔ اس بات کی وضاحت حصہ ۱.۵ میں ہو جائے گی۔

### ۱.۳.۵ خارجی مزاحمت کو صفر اور ہم تصور کیا جاسکتا ہے

آپ دیکھیں گے کہ عام استعمال میں حسابی ایمپلیکیٹر کے خارجی حباب حجزے بیرونی مزاحمت کی قیمتیں کلو اونہم  $k\Omega$  کے حدود میں ہو گی جو کہ  $R_0$  کی قیمت سے کمی گئی زیادہ ہے۔ یہ حسابی ایمپلیکیٹر پر مبنی ادوار حل



شکل ۱.۵: کامل حسابی ایمپلیفائز کامس اوی دوریاریاضی نمونہ

کرتے وقت اگر  $R_0$  کو بالکل نظر انداز کر دیا جائے تو حاصل جواب پر حساس منطق نہیں پڑے گا۔ عام استعمال میں ایسا ہی تصور کیا جاتا ہے یعنی

$$(1.10) \quad R_0 \approx 0 \Omega$$

## ۱.۴ کامل حسابی ایمپلیفائز

خطی خط میں استعمال ہوتے ہوئے حسابی ایمپلیفائز کی کارکردگی پر غور کرتے ہوئے کچھ حقائق سامنے آئے جنہیں مسادات ۱.۱۰، ۱.۸، ۱.۷ اور ۱.۱ میں بیان کیا گی۔ ان مسادات کو یہاں یکجا کر کے پیش کرتے ہیں۔

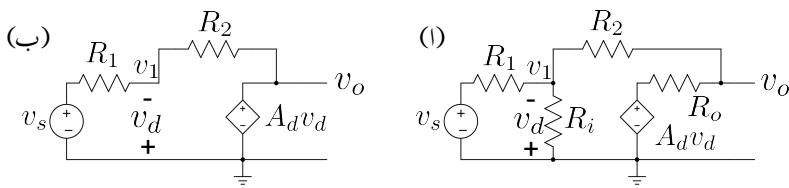
$$(1.11) \quad \begin{array}{l} \text{خطی خط} \\ v_2 = v_1 \\ i = 0 \\ R_i = \infty \\ R_o = 0 \end{array}$$

ایسا کرتے وقت  $\approx$  اور  $\rightarrow$  کے علامات کی جگہ = کی علامت استعمال کی گئی ہے۔ ان مسادات کے پہلے حصہ میں خطی خط لکھ کر اس بات کی یاد ہانی کرنی جاتی ہے کہ داخلی سرے صرف اس صورت برابر برقی دباؤ پر رہتے ہیں جب تک ایمپلیفائز خطی خط میں رہے۔ اس بات کی وضاحت مثال ۱.۵ میں ہو گی۔ ان مسادات کو مد نظر رکھتے ہوئے ہم شکل ۱.۲ کو دوبارہ بناتے ہیں۔ ایسا کرنے سے شکل ۱.۵ کا حاصل ہوتا ہے جو کہ کامل حسابی ایمپلیفائز کا مسادی دوریاریاضی نمونہ ہے۔ اس شکل کے واضح ہے کہ داخلی سرول پر برقی رصدہ ایمپیٹر ہے، داخلی مزاحمت لامحمد و جبکہ خارجی مزاحمت صفر ہے۔

## ۱.۵ مثال:

- جدول ۱.۱ میں دیے مقتدار اور حسابی ایمپلیفائز کا غیر کامل مسادی دور (ریاضی نمونہ) استعمال کرتے ہوئے

$$R_2 = 10 \text{ k}\Omega \quad \text{او} \quad R_1 = 1 \text{ k}\Omega \quad \text{او} \quad v_s = 1 \text{ V}$$



شکل ۶.۱: حسابی ایکلپیٹنائز کے مساوی دور (ریاضی نمونے) کا استعمال

• حسابی ایکلپیٹنائز کا مسل مساوی دور اور جب دو امیں دیے گئے  $A_d$  کی قیمت استعمال کرتے ہوئے دوبارہ  $v_o$  کی قیمت حاصل کریں۔

• دونوں جوابات کاموازنہ کریں۔

حل: شکل ۶.۱-الف میں حسابی ایکلپیٹنائز کا غیر کامسل مساوی دور جبکہ شکل ۶.۱-ب میں اس کا مسل مساوی دور استعمال کرتے ہوئے شکل ۷.۱ کو بنا لیا گیا ہے۔

• شکل-الف میں کرخونے کے و تابون برائے برقی رو استعمال کرتے ہوئے

$$\begin{aligned} \frac{v_1 - v_s}{R_1} + \frac{v_1}{R_i} + \frac{v_1 - v_o}{R_2} &= 0 \\ \frac{v_o - v_1}{R_2} + \frac{v_o - A_d v_d}{R_o} &= 0 \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے۔ دیے گئے قیمتیں استعمال کرتے ہوئے اور  $v_1 = -v_d$  کا حل کریں۔

$$\begin{aligned} \frac{-v_d - 1}{1000} + \frac{-v_d}{10 \times 10^{12}} + \frac{-v_d - v_o}{10000} &= 0 \\ \frac{v_o + v_d}{10000} + \frac{v_o - 100000 v_d}{100} &= 0 \end{aligned}$$

$\frac{v_d}{10^{12}}$  کو نظر انداز کرتے ہوئے حاصل ہوتا ہے۔

$$\begin{aligned} v_d &= \frac{1 + 0.1 v_o}{1.1} \\ v_o &= \frac{100000001}{101} v_d \end{aligned}$$

اور پہلے

$$v_o = -10.00111 \text{ V}$$

حاصل ہوتا ہے۔

• شکل ۶.۱ ب پر کر خوف کے فتاون برائے برقی روکے استعمال کرتے ہوئے حل کرتے ہیں۔

$$\frac{v_1 - v_s}{R_1} + \frac{v_1 - A_d v_d}{R_2} = 0$$

$$\frac{-v_d - v_s}{R_1} + \frac{-v_d - A_d v_d}{R_2} = 0$$

$$v_d = \frac{-v_s}{1 + \frac{R_1}{R_2} (1 + A_d)}$$

$$\text{اور یہ ہے } v_o = A_d v_d$$

$$(1.12) \quad v_o = \frac{-A_d v_s}{1 + \frac{R_1}{R_2} (1 + A_d)}$$

یعنی

$$v_o = \frac{-100\,000 v_s}{1 + \frac{1000}{10\,000} (1 + 100\,000)} = -9.9989 \text{ V}$$

حاصل ہوتا ہے جہاں  $v_s = 1 \text{ V}$  پڑ کیا گیا ہے۔

• پہلے جواب کی نسبت سے دیکھنے ہوئے دونوں جوابات میں صرف

$$\left| \frac{-10.00111 + 9.9989}{10.00111} \right| \times 100 = 0.0221 \%$$

کافی نزدیکی میں ہے۔ یہ اس مثال میں غیر کامل اور کامل مساودی ادوار استعمال کرتے ہوئے یکساں جوابات حاصل ہوتے ہیں۔

مساوات ۱.۱۲ میں  $1 \gg \frac{R_1}{R_2} (1 + A_d)$  ہے۔ یہ اس مساوات کو آسانی اس طرح سمجھی جاسکتے ہیں۔

$$v_o = \frac{-A_d v_s}{1 + \frac{R_1}{R_2} (1 + A_d)} \approx \frac{-A_d v_s}{\frac{R_1}{R_2} (1 + A_d)} \approx \frac{-A_d v_s}{\frac{R_1}{R_2} (A_d)} = -\frac{R_2}{R_1} v_s$$

یہی جواب  $1 \gg A_d$  اور  $\frac{R_1}{R_2} (1 + A_d) \gg 1$  کے حقائق (یا شرط) کی وجہ سے  $\infty$  تصور کرتے ہوئے بھی حاصل کیا جاسکتا ہے۔

اس مثال میں حسابی ایمپلینگ کے ساتھ بیرونی جوڑے کے مزاحمت  $R_1$  اور  $R_2$  کی قیمتیں حسابی ایمپلینگ کے اندر وی مزاحمت  $R_i$  سے بہت کم اور اندر وی مزاحمت  $R_o$  سے بہت زیاد تھیں۔ مزید یہ کہ  $A_d$  قیمت کو لامحدود تصور کرتے ہوئے زیادہ آسانی سے جواب حاصل ہوتا ہے۔

جب بھی حسابی ایکلپیغاٹر کے ساتھ بیرونی جبڑے مزاحمت کی قیمت  $R_i$  سے بہت کم اور  $R_0$  سے بہت زیادہ ہو، ایسی صورت میں غیر کامنل اور کامنل مساوی ادوار دونوں کے استعمال سے یکساں جوابات حاصل ہوتے ہیں۔ چونکہ کامنل دور استعمال کرتے ہوئے جواب زیادہ آسانی سے حاصل ہوتا ہے لہذا ایسی صورت میں کامنل مساوی دور (ریاضی نمونے) ہی استعمال کیا جاتا ہے۔ مزید یہ کہ  $A_d \rightarrow \infty$  تصور کرنے سے مسئلہ حل کرنا نہایت آسان ہو جاتا ہے۔ ان تین حقائق کو یہاں بیان کرتے ہیں۔

$$(1.13)$$

$$\begin{aligned} R_{\text{بیرونی}} &\ll R_i \\ R_{\text{بیرونی}} &\gg R_0 \\ A_d &\rightarrow \infty \end{aligned}$$

حسابی ایکلپیغاٹر کے استعمال میں بیرونی مزاجتوں کی قیمتیں تعین کرتے وقت اس بات کو یقینی بنایا جاتا ہے کہ یہ مساوات ۱۳۔ ا پورا اتریں۔ آئیں اب ایسے ادوار دیکھیں جو مساوات ۱۳۔ ا پورا اترتے ہوں۔

مثال ۱.۳: شکل ۷۔۱ میں حسابی ایکلپیغاٹر کا کامنل مساوی دور (ریاضی نمونے) استعمال کرتے ہوئے داخلی مزاحمت کی مساوات حاصل کریں۔

حل: شکل ۷۔۱ ب میں کامنل دور استعمال کرتے ہوئے اسی کو دوبارہ دکھایا گیا ہے۔ منی داخلی سرے پر کر خون کے مت انون برائے برقی رو استعمال کرتے ہوئے اس میں  $v_0 = -A_d v_1$  لیتی ڈالتے ہیں۔

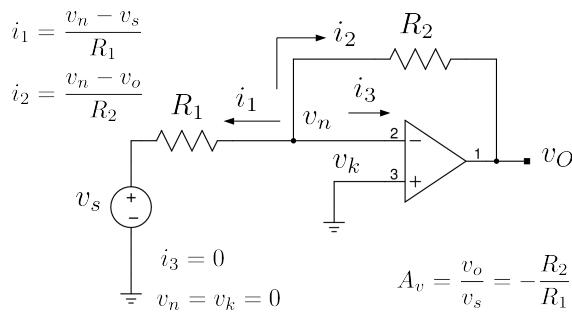
$$\begin{aligned} \frac{v_1 - v_s}{R_1} + \frac{v_1 - v_o}{R_2} &= 0 \\ \frac{v_1 - v_s}{R_1} + \frac{v_1 + A_d v_1}{R_2} &= 0 \\ v_1 = \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1 + A_d}{R_2} \right) &= \frac{v_s}{R_1} \\ v_1 = \frac{v_s}{R_1} \left( \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1 + A_d}{R_2}} \right) & \end{aligned}$$

اس نتیجہ کو استعمال کرتے ہوئے  $v_1$  سے  $v_s$  کی جانب برقی رو  $i_s$  یوں حاصل ہوگی۔

$$i_s = \frac{v_s - v_1}{R_1} = \frac{v_s}{R_1} - \frac{v_s}{R_1^2} \left( \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1 + A_d}{R_2}} \right)$$

جس سے داخلی مزاحمت کی مساوات یوں حاصل ہوتی ہے۔

$$(1.14) \quad R_{\text{داخلی}} = \frac{v_s}{i_s} = R_1 + \frac{R_2}{1 + A_d}$$



شکل ۷.۱: منفی ایمپلیفائز

## ۱.۵. حسابی ایمپلیفائز کے ادوار

حسابی ایمپلیفائز کو استعمال کرتے حسарجی اشارہ کا کچھ حصہ لے کر اسے دبادہ دا خلی اشارہ کے طور استعمال کیا جاتا ہے۔ ایسے ادوار کو **اپنی ادوار کیتے ہیں** اور ایسے واپس کردہ اشارے کو **واپس کیتے ہیں**۔ اس بات کی وضاحت جلد ہو گی۔

### ۱.۵.۱. منفی ایمپلیفائز

شکل ۷.۱ میں دکھائے دو رکਮثال بتاتے ہوئے ہم حسابی ایمپلیفائز پر مبنی ادوار حل کرنا سمجھتے ہیں۔ شکل میں حسابی ایمپلیفائز کے داخلی سروں پر برقی دباؤ کو  $v_n$  اور  $v_k$  جبکہ خارجی سرے پر برقی دباؤ کو  $v_o$  کہا گیا ہے۔ اس کتاب میں یہی علامتیں استعمال کی جائیں گی۔ اس دور کو **منفی ایمپلیفائز** کہتے ہیں۔

ایسے ادوار حل کرنے کی حرطہ ہم حسابی ایمپلیفائز کے داخلی سروں پر کھوف کے قوانین<sup>۲۸</sup> کا سہارا لیتے ہیں۔ موزع<sup>۲۹</sup>  $v_n$  سے تین شاخیں نکلتی ہیں۔ شکل میں ان شاخوں میں برقی روکو  $i_1$ ،  $i_2$  اور  $i_3$  کہا گیا ہے۔ کھوف کا دنون برائے برقی روکہ سامنے کے کسی بھی جوڑ پر اندر کی جانب کل برقی روکو اس جوڑ پر باہر کی جانب کے کل برقی روکے برادر ہو گی۔ چونکہ ہم نے جوڑ پر تسامن برقی روکو باہر کی جانب نکلتے صورت کیا ہے لہذا اس صورت میں ان کا مجموعہ صفر ہو گا یعنی

$$(1.15) \quad i_1 + i_2 + i_3 = 0$$

ساوات ۱.۱ کے تحت حسابی ایمپلیفائز کے داخلی سرے پر برقی روکی قیمت صفر ہوتی ہے۔ اس مثال میں اس

feedback signal<sup>r۱</sup>  
inverting amplifier<sup>r۲</sup>  
Kirchoff's laws<sup>r۳</sup>  
node<sup>r۴</sup>  
Kirchoff's current law<sup>r۵</sup>

برقی روکو  $i_3$  کہا گیا ہے لہذا

$$(1.16) \quad i_3 = 0$$

ہے۔ اور ہم کافی نون استعمال کرتے ہیں  $i_1$  اور  $i_2$  حاصل کرتے ہیں۔

$$(1.17) \quad i_1 = \frac{v_n - v_s}{R_1}$$

$$i_2 = \frac{v_n - v_o}{R_2}$$

مساویات ۱۶ اور ۱۷ کو مساویات ۱۵ میں استعمال کرتے حاصل ہوتا ہے

$$(1.18) \quad \frac{v_n - v_s}{R_1} + \frac{v_n - v_o}{R_2} + 0 = 0$$

جوڑ  $v_n$  پر کر خوف کا فتنہ نون برائے برقی رو استعمال کرتے ہیں مساویات ۱۸ اس حاصل کی۔ اگر جوڑ  $v_k$  پر بھی برقی ارکان مشاہدہ میں شامل ہیں یا برقی اشاراتے حبڑے ہوتے، تب اس جوڑ کو بھی بالکل جوڑ  $v_n$  کی طرح حل کرتے موجودہ مثال میں ایسا نہیں۔ جوڑ  $v_k$  برقی زمین<sup>۲۳</sup> کے ساتھ حبڑا ہے اور یوں ہم اس جوڑ کے لئے الگ سمجھ سکتے ہیں

$$(1.19) \quad v_k = 0$$

حالی ایمپلینیٹر کے دونوں داخنی برقی سروں والے جوڑوں کے لئے یوں مساویاتیں حاصل کرنے کے بعد ہم مساویات ۱۱ اور ۱۲ کی پہلی شش استعمال کرتے ہیں۔ مساویات ۱۹ اسے  $v_k$  کی قیمت کو مساویات ۱۵ میں  $v_n$  میں استعمال کرتے حل کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned} & \frac{0 - v_s}{R_1} + \frac{0 - v_o}{R_2} = 0 \\ & -\frac{v_s}{R_1} - \frac{v_o}{R_2} = 0 \\ (1.20) \quad & v_o = -\frac{R_2}{R_1} v_s \end{aligned}$$

اس مساویات کو عسمومائیں لکھا جاتا ہے۔

$$(1.21) \quad A_v = \frac{v_o}{v_s} = -\frac{R_2}{R_1}$$

یہ مساویات شکل ۷۔ اس میں دیے منفی ایمپلینیٹر کے خارجی اشارہ  $v_o$  اور مہیا کردہ داخنی اشارہ  $v_s$  کا تعلق بیان کرتا ہے۔ اس مساویات میں  $v_o$  اور  $v_s$  کے کسر کو منفی ایمپلینیٹر کے برقی دباؤ کی افزائش<sup>۲۴</sup>  $A_v$  کہا گی

---

ground<sup>r</sup>  
voltage gain<sup>r</sup>

ہے۔ اس اصطلاح کو عموماً چھوٹا کر کے منفی افراٹ یا صرف افراٹ ۳۳ کہا جاتا ہے۔ اس مساوات میں منفی کی علامت اس حقیقت کو بیان کرتا ہے کہ حنارجی اور داخلی اشارے آپس میں  $180^\circ$  کے زاویے پر ہیں۔

مثال ۱.۲: شکل ۱.۲ میں دکھلائے منفی ایکلینیفار میں  $R_2 = 10\text{ k}\Omega$  اور  $R_1 = 1\text{ k}\Omega$  تصور کریں۔ اس منفی ایکلینیفار کو بابی باری مدرجہ ذیل بر قی اشارات بطور  $v_s$  مجیا کیا جاتا ہے۔ ان تمام کے لئے حبابی دور کا حنارجی اشارہ  $v_o$  حاصل کریں۔ حل کرتے وقت  $V_{CC} = 15\text{ V}$  اور  $V_{EE} = -15\text{ V}$  تصور کریں۔

$$v_s = 0.2\text{ V} \quad .1$$

$$v_s = 0.31\text{ V} \quad .2$$

$$v_s = -0.52\text{ V} \quad .3$$

$$v_s = 0.1 \sin(t) \quad .4$$

$$v_s = 2 \sin(t) \quad .5$$

حل: جب تک حنارجی اشارہ  $v_o$  مساوات ۱.۲ میں دیے ہے حدود کے اندر رہتا ہے، اس وقت تک مساوات ۱.۲۱. منفی ایکلینیفار کی حنارجی اشارہ  $v_o$  حاصل کرنے کے لئے استعمال ہو گائیں

$$v_o = -\left(\frac{R_2}{R_1}\right)v_s = -\left(\frac{10000}{1000}\right)v_s = -10v_s$$

$$v_o = -10 \times 0.2 = -2\text{ V} \quad .1$$

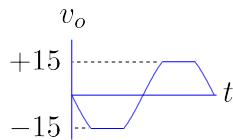
$$v_o = -10 \times 0.31 = -3.1\text{ V} \quad .2$$

$$v_o = -10 \times (-0.52) = 5.2\text{ V} \quad .3$$

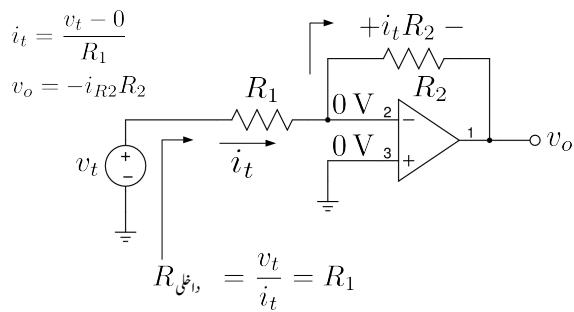
$$v_o = -10 \times 0.1 \sin(t) = -\sin(t) \quad .4$$

$$v_o = -10 \times 2 \sin(t) = \underbrace{-20 \sin(t)}_{\text{غیر خطی خط}} \quad .5$$

اس مثال کی پہلی چار صورتوں میں مساوات ۱.۲۱ سے صحیح جواب حاصل ہوتا ہے۔ آخری صورت میں چونکہ حاصل  $v_o$  کی قیمت حبابی ایکلینیفار کے خطی حدود سے تجاوز کرنی ہے لہذا اس جواب کو روکیا جاتا ہے۔ اس جواب کے نیچے غیر خطی خط لکھ کر اسی بات کی وضاحت کی گئی ہے۔ اس صورت میں  $t$  کی قیمت تبدیل کرتے  $v_o$  کی قیمت  $v_o = -20 \sin(t)$  سے ہی حاصل کی جاتی ہے۔ جب تک حاصل جواب مساوات ۱.۳ میں دیے ہے حدود کے اندر رہے اسے صحیح تصور کیا جاتا ہے۔ جہاں  $v_o$  کی قیمت  $V_{CC}$  سے باندھ ہونے کی کوشش کرے دہاں  $v_o = V_{CC}$  لیا جاتا ہے۔ اسی طرح جہاں  $v_o$  کی قیمت  $V_{EE}$  سے تجاوز کرے دہاں



**شکل ۱.۸:** حاصلی ایمپلیکیشن کے لبریز ہونے سے خارجی اشارہ تراش احباباتی ہے



شکل ۹: منفی حابی ایمپلیگاٹر کی داخنی مزاحمت

$V_{EE} = v_0$  لیا جاتا ہے۔ اس بات کی وضاحت شکل ۸۔۱ میں کی گئی ہے۔ اس شکل کی مدد سے آپ دیکھ سکتے ہیں کہ حسابی ایپلیکیشن میں  $V_{EE}$  کے حدوں میں خطی رہ عمل رکھتا ہے جبکہ ان حدود کے باہر یہ غیر خطی رہ عمل رکھتا ہے جس سے خارجی اشارہ تراش جاتا ہے۔

اس مثال میں آپ نے دیکھا کہ  $v_s$  کے ثابت ہونے کی صورت میں  $v_0$  کی قیمت منفی ہوتی ہے جبکہ  $v_s$  کے منفی ہونے کی صورت میں  $v_0$  کی قیمت ثابت ہوتی ہے یعنی منفی ایمپلیغاٹر مہیا کردہ دھنی اشارے  $v_s$  کی قیمت کو اگر کرتا ہے۔ اسی لئے اے منفی ایمپلیغاٹر  $v_s$  ہماستے۔

اسی مشال میں آپ نے دیکھا کہ  $v_0$  کی قیمت  $v_s$  کے مقابلے 10۔ گناہے یعنی یہ دور مہیا کر دہ اشارہ کے حیطہ کو بڑھا کر حتارج کرتا ہے۔ اس مشال میں مقابلے یعنی اکیپلیغاٹر کی بر قی دباؤ کی افسزاںش کی قیمت 10 ہے۔ مقابلے یعنی اکیپلیغاٹر کی افسزاںش مساوات ۱۲۱ سے حاصل ہوتی ہے۔

**مثال ۱.۵:** مثال ۱.۴ کے اجزاء میں ایکلیپسٹر خلی نئے میں رہتا ہے جبکہ آئنری حصہ میں پر

غیر خطی میں داخل ہوتا ہے۔ انہیں پر مزید غور کرتے ہیں۔  $v_s = 0.52 \text{ V}$  اور  $v_n = 2 \text{ V}$  کی صورت میں  $v_n$  حاصل کریں۔

حل: پہلی صورت میں  $v_o = -5.2 \text{ V}$  اور دوسری صورت میں  $v_o = -15 \text{ V}$  ہوں گے۔ جوڑ  $v_n$  پر کرخونے کے قانون برائے برقی رو سے

$$\frac{v_n - v_s}{R_1} + \frac{v_n - v_o}{R_2} = 0$$

$$v_n = \frac{v_s R_2 + v_o R_1}{R_1 + R_2}$$

حاصل ہوتا ہے لہذا پہلی صورت میں  $v_n = 0 \text{ V}$  جبکہ دوسری صورت میں  $v_n = 0.45 \text{ V}$  ہوں گے۔ دونوں صورتوں میں مشتبہ داخلی سر ابرقی زمین کے ساتھ جائز ہے لہذا  $v_k = 0 \text{ V}$  رہتا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ جب تک ایکلیپسیفار خطی خطے میں رہے  $v_n = v_k$  رہتا ہے جبکہ غیر خطی خطے میں داخل ہوتے ہی  $v_n \neq v_k$  ہو جاتا ہے۔

$$(1.22) \quad v_d = 0 \quad \text{خطی خطے}$$

$$(1.23) \quad v_d \neq 0 \quad \text{غیر خطی خطے}$$

منقی حسابی ایکلیپسیفار کا داخلی مزاحمت، داخلی  $R$  حاصل کرنے کی حفاظت شکل ۱.۹ سے رجوع کریں۔ داخلی مزاحمت حاصل کرنے کی حفاظت دور پر  $v_t$  لاگو کرتے ہوئے  $i_t$  ناپاہ جاتا ہے۔ ان دو متداولوں کی شرح کو داخلی مزاحمت کہا جاتا ہے یعنی

$$R_{\text{داخلی}} = \frac{v_t}{i_t}$$

چونکہ جوڑ  $v_k$  برقی زمین کے ساتھ جائز ہے لہذا  $v_k = 0 \text{ V}$  ہو گا اور یوں  $v$  بھی صفر وولٹ پر ہو گا۔ اس طرح  $R_{\text{داخلی}} = \frac{v_t}{i_t}$  کا دلیال سر اصفروولٹ پر ہے جبکہ اس کے باقی سر اصفروولٹ پر  $v$  لاگو کیا گیا ہے لہذا  $i_t = \frac{v_t}{R_1}$  ہو گا۔ اس قیمت کو مندرجہ بالامساوات میں استعمال کرتے ہوئے

$$(1.24) \quad R_{\text{داخلی}} = R_1$$

حاصل ہوتا ہے۔ جیس شکل میں دکھایا گیا ہے، مزاحمت  $R_1$  سے گزرتی برقی رو جوڑ  $v_n$  پر صرف  $R_2$  کے جناب جا سکتی ہے۔ یوں  $R_2$  میں بھی  $i_t$  برقی روپائی جائے گی جس سے اس مزاحمت کے دو سروں کے درمیان  $i_t R_2$  برقی دباو پسیدا ہو گا۔ چونکہ  $R_2$  کا دلیال سر اصفروولٹ پر ہے لہذا اس کا دلیال سر ایعنی جوڑ  $v_0$  پر برقی دباو پایا جائے گا۔ اس طرح  $-i_t R_2$

$$v_0 = -i_t R_2 = -\frac{v_t}{R_1} R_2$$

### ہو گا جس سے منفی حسابی ایکلیفیا نر کی جانی بھپنی مساوات

$$(1.25) \quad A_v = \frac{v_o}{v_t} = -\frac{R_2}{R_1}$$

حاصل ہوتی ہے۔

منفی حسابی ایکلیفیا نر کی امنڑا اش برقرار رکھتے ہوئے اس کے داخلی مزاحمت کو بڑھانے کی حنا طسر  $R_1$  کی قیمت بڑھانی ہو گی۔ چونکہ  $A_v = -\frac{R_2}{R_1}$  ہے لہذا  $R_1$  بڑھاتے وقت  $R_2$  کی قیمت بھی بڑھانی ہو گی۔ کبھی کبھار  $R_2$  کی قیمت اتنی بڑھ جاتی ہے کہ اس سے دیگر مسائل پریدا ہوتے ہیں۔ آئین دیکھیں کہ ایسی صورت حال سے کیسے پشاہ ممکن ہے۔

مثال ۱.۰۱: شکل ۱.۰۱ میں دکھئے دور کی امنڑا اش حاصل کریں۔  
حل:  $v_k = 0$  کی وجہ سے  $v_n = 0$  ہے لہذا  $i_1 = \frac{v_s}{R_1}$  جو گاہک  $R_2$  کے جانب مٹ جائے گی۔ یہاں  $i_2 = i_1 R_2$  ہو گا جس سے یعنی

$$v_1 = -\frac{R_2}{R_1} v_s$$

اور

$$i_3 = \frac{0 - v_1}{R_3} = \frac{R_2}{R_1 R_3} v_s$$

$$\text{ہوں گے } i_4 = i_2 + i_3.$$

$$i_4 = \frac{v_s}{R_1} + \frac{R_2}{R_1 R_3} v_s = \left(1 + \frac{R_2}{R_3}\right) \frac{v_s}{R_1}$$

ہو گا جو مزاحمت  $R_4$  میں سے گزرتے ہوئے اس پر برقی دبام پریدا کرے گا۔ یہاں

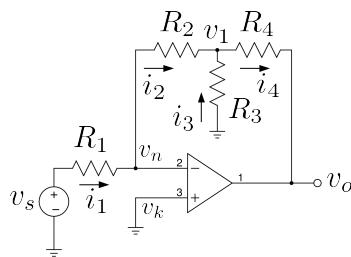
$$v_1 - v_o = i_4 R_4 = \left(1 + \frac{R_2}{R_3}\right) \frac{R_4 v_s}{R_1}$$

$v_1$  کی قیمت کے استعمال سے

$$-\frac{R_2}{R_1} v_s - v_o = \left(1 + \frac{R_2}{R_3}\right) \frac{R_4 v_s}{R_1}$$

یعنی

$$(1.26) \quad A_v = \frac{v_o}{v_s} = -\frac{R_2}{R_1} \left[ 1 + \left( \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) R_4 \right]$$



شکل ۱.۰: منفی حسابی ایکلپیغاٹر کا داخنی مزاحمت بڑھایا گیا ہے

حاصل ہوتا ہے۔  
اس ایکلپیغاٹر کے داخنی مزاحمت کی قیمت  $R_1$  ہے۔

اس مثال کے نتائج مدد نظر رکھتے ہوئے ہم دیکھتے ہیں کہ داخنی مزاحمت بڑھانے کی حناطہ را اگر  $R_1$  کی قیمت بڑھائی جائے تو افسزاں برفتدار رکھنے کی حناطہ ری ضروری نہیں کہ  $R_2$  کی قیمت بھی بڑھائی جائے۔ ہم  $R_3$  اور  $R_4$  کے قیمتیں ایسی رکھ سکتے ہیں کہ درکار افسزاں حاصل کی جائے۔ یہ بات خصوصی طور پر غور طلب ہے کہ  $R_3$  کی قیمت کو کم کرتے ہوئے افسزاں بڑھائی جا سکتی ہے لہذا  $R_1$  کی قیمت زیادہ سے زیادہ رکھتے ہوئے داخنی مزاحمت بڑھائی جا سکتی ہے۔

مثال ۱.۰: شکل ۱.۰ میں داخنی مزاحمت  $300 \text{ k}\Omega$  جبکہ  $\frac{V}{V} = -100$  درکار ہے۔ تام مزاحمت حاصل کریں۔

حل: داخنی مزاحمت کی شرط کی وجہ سے  $R_1 = 300 \text{ k}\Omega$  رکھی جاتی ہے۔ ایسی صورت میں  $R_2$  اور  $R_4$  کو بھی  $300 \text{ k}\Omega$  یہ رکھتے ہوئے  $R_3$  کی قیمت مساوات ۱.۲۶ میں  $3061 \Omega$  حاصل ہوتی ہے۔

مزاحمت کو اس کے قیمت سے پکارا جاتا ہے۔ یہ  $1 \text{ k}\Omega$  یہ قیمت کے مزاحمت کو  $1 \text{ k}\Omega$  کا مزاحمت پکارا جائے گا۔  $\pm 5\%$  مزاحمت سے مراد ایسا مزاحمت ہے جس کی قیمت پکارے قیمت سے پانچ فی صد زیادہ یا کم ممکن ہے۔ یہ  $1 \text{ k}\Omega \pm 5\%$  مزاحمت کی قیمت  $0.95 \text{ k}\Omega$  یا  $1.05 \text{ k}\Omega$  ممکن ہے۔  $1 \text{ k}\Omega$  کا مزاحمت کی پکاری گئی قیمت  $5\%$  جبکہ  $5\% \pm 0.05$  کو قیمت میں غلطی ۳۶٪ ہے جاتا ہے۔

مزاحمت  $R$  کی قیمت  $5\%$  بڑھنے سے  $R = \frac{5}{100} R + R$  ہو جائے گی۔ اسی طرح  $R$  کی قیمت

$$\text{nominal value}^{r_2} \\ \text{tolerance}^{r_1}$$

۵% کم ہونے سے  $R(1 - 0.05)$  ہو جائے گی۔ ان دو قیتوں کو ہم  $R(1 + \epsilon)$  اور  $R(1 - \epsilon)$  کہ سکتے ہیں جہاں  $\epsilon = 0.05$  کے برابر ہے۔

**مثال ۱.۸:** منفی حامل ایکلینیکا میں  $\Omega = R_1 = 1\text{k}\Omega$  جبکہ  $R_2 = 47\text{k}\Omega$  کم ہاگیا۔ دونوں مزاحمتوں کے قیمت میں ۵% غلطی لی گئی ہے۔ اس ایکلینیکا کے ممکن افزاش کے حد و حاصل کریں۔  
حل: منفی حسابی ایکلینیکا افزاش  $A = \frac{R_2}{R_1}$  کے برابر ہے۔ اس کا حقیقی قیمت اس وقت کم ہو گا جب  $R_2$  کی حقیقی قیمت ۵% کم یعنی  $(1 - \epsilon)R_2$  کی حقیقی قیمت ۵% زیادہ یعنی  $(1 + \epsilon)R_2$  ہو جہاں  $\epsilon$  کے برابر ہے۔ اسی طرح افزاش کی زیادہ قیمت اس وقت حاصل ہو گی جب  $R_2$  کی حقیقی قیمت ۵% زیادہ جبکہ  $R_1$  کی حقیقی قیمت ۵% کم ہو یوں

$$A_{\text{کرت}} = -\frac{1 - \epsilon}{1 + \epsilon} \left( \frac{R_2}{R_1} \right) = -\frac{0.95}{1.05} \left( \frac{47000}{1000} \right) = -42.524$$

$$A_{\text{بند}} = -\frac{1 + \epsilon}{1 - \epsilon} \left( \frac{R_2}{R_1} \right) = -\frac{1.05}{0.95} \left( \frac{47000}{1000} \right) = -51.947$$

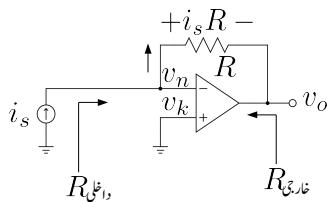
اس مثال میں آپ نے دیکھا کہ مزاحمتوں کے قیت میں غلطی کے گھاؤٹ کی وجہ سے افزاش کی قیمت درکاری قیمت سے انحراف کر سکتی ہے۔ موجودہ مثال میں ایکلینیکا کے افزاش کی پکاری گئی قیمت  $\frac{V}{V} - 47$  ہے جبکہ حقیقت میں  $\frac{V}{V} - 42.524$  تا  $\frac{V}{V} - 51.947$  کے درمیان کہیں پر بھی ہو سکتی ہے۔ یہ حقیقی افزاش، پکاری گئی قیمت سے زیادہ یا کم ممکن ہے۔

$$\left| \frac{51.947 - 47}{47} \times 100 \right| \approx 10\%$$

**مثال ۱.۹:** شکل ۱.۱۱ میں دکھائے دور کا داخلي مزاحمت، خارجي مزاحمت اور مزاحمت نما افزاش<sup>۲۴</sup> حاصل کریں۔ اس دور کو استعمال کرتے ہوئے برقي رو اشارے  $i_s$  سے برقي دباؤ کا اشارہ  $v_o$  حاصل کی جاتا ہے۔  
حل: جوڑ  $v_k$  برقي زمین کے ساتھ جبڑا ہے لہذا  $v_k = 0$  اور یوں  $v_n = v_o$  داخلي جانب برقي رو  $i_s$  جبکہ برقي دباؤ  $v_n$  ہے لہذا

$$R_{\text{داخلي}} = \frac{v_n}{i_s} = \frac{0}{i_s} = 0\Omega$$

transconductance gain<sup>۲۴</sup>



شکل ۱.۱: حسابی مزاحمت نہ ایکلینیکر

حاصل ہوتا ہے۔

حصارجی مزاحمت حاصل کرنے کی حناظر کا مسل حسابی ایکلینیکر کا دور ہے شکل ۱.۵۔ میں دکھایا گیا ہے کو زیر استعمال لاتے ہیں۔  $v_d = 0$  ہونے کی صورت میں اس کے حصارجی جانب صفر اور محاصل ہوتا ہے لہذا

$$R_h = 0 \Omega$$

حاصل ہوتا ہے۔

آئیں اب مزاحمت نہ افزائش  $R_m$  حاصل کریں۔ جیسے شکل میں دکھایا گیا ہے، جو  $v_n$  پر آمد بر قی رو  $i_s$  صرف مزاحمت  $R$  کی جانب جاسکتی ہے۔ یوں اس مزاحمت پر  $i_s R$  بر قی دباؤ پسیدا ہو گا۔ مزاحمت کا بیان سر ابرقی زمین پر ہے لہذا

$$v_o = -i_s R$$

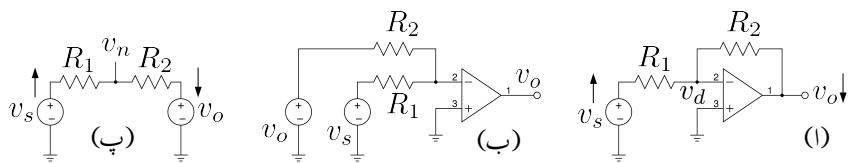
$$R_m = \frac{v_o}{i_s} = -R$$

ہو گا۔

حسابی مخفی ایکلینیکر کو شکل ۱.۱۲ الف میں دباؤ دکھایا گیا ہے جبکہ شکل الف میں اسی کو فدر مخفی طرز پر دکھایا گیا ہے۔ شکل الف میں یہ بات کھل کر سامنے آتی ہے کہ حصارجی اشارہ ۰۷ کو بھی بطور داخنی اشارہ استعمال کیا جا رہا ہے۔

ایسے ادوار جن میں حصارجی اشارہ کو بطور داخنی اشارہ استعمال کیا گیا ہو کو والپھر ادوار کتے ہیں اور جن حصارجی اشارات کو یوں بطور داخنی اشارات استعمال کیا گیا ہو انہیں والپھر اشارات کتے ہیں۔ یوں مخفی ایکلینیکر والپھر ادوار کی ایک مثال ہے۔

حسابی ایکلینیکر کے تفہیقی افزائش بر قی دباؤ  $A_d$  کی قیمت لامحدود ہونے کے وجہ سے نہایت کم داخنی اشارے پر بھی اس کو غیر خطی خطے میں داخل ہونا چاہیے۔ حقیقت میں ایکلینیکر استعمال ہی خطی خطے میں ہوتا ہے اور والپھر اشارے کی شمولیت اس کو ممکن بناتی ہے۔



شکل ۱۲: واپسی حاصلی منفی ایمپلیکیٹر

حابلِ متفق ایک پلینا ترپر دوبارہ غور کریں۔ داحتی اشارہ<sub>s</sub> کو منفی داحتی سے پر مبیا کیا گیا ہے۔ جیسا شکل میں تیر کے نشانوں سے دکھایا گیا ہے کہ اگر داحتی اشارہ<sub>s</sub> کو مشیت جناب (↑) لے جیا جائے تو خارجی اشارہ<sub>v</sub> متفق جناب (↓) حرکت کرتا ہے۔ اسی طرح اگر داحتی اشارہ<sub>s</sub> کو منفی جناب (↓) لے جیا جائے تو خارجی جناب (↑) حرکت کرتا ہے۔ متفق داحتی سے پر کر خود کے قفل انون برائے برقروے

$$(1.12) \quad \frac{v_n - v_s}{R_1} + \frac{v_n - v_o}{R_2} = 0$$

$$(1, \mathbf{r}^A) \quad v_0 = \frac{R_2}{R_1} v_s$$

حاصل ہوتا ہے جہاں دوسرے مقدم پر  $v_k$  کی وجہ سے  $v_n = 0$  کا استعمال کیا گیا۔ اسی حقیقت کو یوں بھی دیکھا جاسکتا ہے کہ حابی ایکپلینائز  $v_0$  کو یوں رکھتا ہے کہ  $v_d = v_n$  یعنی  $v_n = v_k$  حاصل ہو۔ چونکہ منفی حابی ایکپلینائز میں  $v_k = 0$  ہے لہذا حابی ایکپلینائز  $v_0$  کو یوں رکھ کر  $v_n = 0$  حاصل ہو۔ شکل ۱۲ پر میں  $v_n$  کی مساوات حاصل کرتے ہوئے اس مساوات پر  $v_n$  کی شرط لاؤ کریں۔ ایسا کرنے سے مساوات ۱۲ ایسی حاصل ہوتے ہیں۔

مثال ۱۰: حاصل میکنی ای پلیگرام میں  $v_s = 1.5 \text{ V}$ ,  $v_o = 1 \text{ V}$  ہے۔  $R_2 = 5 \text{ k}\Omega$ ,  $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$  اور  $V = 2 \text{ V}$  میں استعمال کرنے والے شکل ۱۱.۱۲ میں  $v_n$  کی قیمت حاصل کریں۔

حل: ان دا حنلي اشارات پر

$$v_o = - \left( \frac{5000}{1000} \right) \times 1 = -5 \text{ V}$$

$$v_o = - \left( \frac{5000}{1000} \right) \times 1.5 = -7.5 \text{ V}$$

$$v_o = - \left( \frac{5000}{1000} \right) \times 2 = -10 \text{ V}$$

حاصل ہوتے ہیں۔ آئیں ہر دھنی۔ حنارجی برقی دباؤ کے جوڑے کو استعمال کرتے ہوئے شکل ۱.۱۲ پر میں  $v_n$

حاصل کریں۔ کر خوف کے فتاون برائے برقی روے

$$\frac{v_n - v_s}{R_1} + \frac{v_n - v_o}{R_2} = 0$$

$$v_n = \frac{R_2 v_s + R_1 v_o}{R_1 + R_2}$$

حاصل ہوتا ہے اور یوں

$$v_n = \frac{5000 \times 1 + 1000 \times (-5)}{1000 + 5000} = 0 \text{ V}$$

$$v_n = \frac{5000 \times 1.5 + 1000 \times (-7.5)}{1000 + 5000} = 0 \text{ V}$$

$$v_n = \frac{5000 \times 2 + 1000 \times (-10)}{1000 + 5000} = 0 \text{ V}$$

حاصل ہوتے ہیں۔

مندرجہ بالامثال میں ہم نے دیکھا کہ  $v_0$  اس جناب حسرکت کرتا ہے جس جناب  $v_k - v_n$  یعنی  $v_d$  کی قیمت صفر حاصل ہو۔ وہ واپسی دور جس کا حنارتی اشارہ، دور کے داخلی اشارے کے الٹ کام کرے کو منفی واپسی دور کہتے ہیں اور اس عمل کو منفی واپسی عمل یا صرف منفی واپسی کہتے ہیں۔ اس باب میں منفی واپسی ادوار حل کرنے پر غور کیا جائے گا۔ شبکے واپسی کا استعمال باب ۸ میں دیکھا جائے گا۔

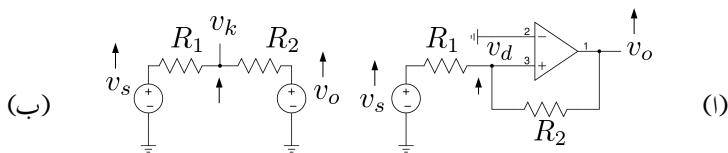
شکل ۱۳.۱ میں شبکے واپسی دور کی مثال دکھائی گئی ہے۔ یہاں  $v_s$  حسابی ایکلیپسیفار کے ثبت داخلی سرے پر مہیا کیا گیا ہے۔ یوں  $v_s$  بڑھانے سے  $v_d$  بڑھے گا اور یوں  $v_0$  بھی شبکے جناب بڑھے گا۔ جیسے شکل ان میں دکھایا گیا ہے کہ  $v_s$  اور  $v_0$  دونوں بڑھنے سے  $v_k$  صرف بڑھتے ہیں۔ اگر  $v_0$  کو بطور واپسی اشارہ داخلی سرے پر بھیا نہ کیا جاتا تب بھی  $v_s$  بڑھانے سے  $v_k$  اور  $v_d$  بڑھتے ہیں لیکن  $v_0$  کا بطور واپسی اشارہ استعمال کرنے کی وجہ سے  $v_k$  اور  $v_d$  مزید زیادہ بڑھتے ہیں۔ ایسے ادوار میں واپسی اشارہ اور داخلی اشارہ ایک ہی جناب کو حسرکت کریں کو شبکے واپسی ادوار کہتے ہیں۔ شبکے واپسی ادوار کا حنارتی اشارہ عموماً مکمل شبکے یا مکمل منفی جناب غیر خطی خلطے میں رہتے ہیں مساواۓ ان لمحات کے جب یہ منفی کے مشتی یا مشتی کے منفی جناب حسرکت کر رہا ہو۔ آئین شکل ۱۳.۱ کو مثال بتاتے ہوئے شبکے واپسی ادوار حل کرنا دیکھتے ہیں۔ تصور کریں کہ  $v_s = 0$  اور  $v_0 = 0$  صفر ہیں۔ یوں

شکل الف میں

$$v_k = \frac{R_2 v_s + R_1 v_o}{R_1 + R_2} = 0$$

حاصل ہوتا ہے۔ یوں  $v_n - v_k = v_d$  بھی صفر ہے گا۔ جیسا کہ ہم اب دیکھیں گے کہ اس حال میں شبکے واپسی دور نہیں ہے۔ تصور کریں کہ کسی وجہ سے  $v_s$  کی قیمت بڑھ کر  $\Delta v$  ہو جاتی

negative feedback circuit<sup>\*</sup>  
positive feedback circuit<sup>†</sup>



شکل ۱۳.۱: ثابت و اپی دور کی مثال

ہے۔ حسابی ایکلینیک کے رد عمل سے پہلے  $v_0 = 0$  ہی رہے گا اور یوں

$$v_k = \frac{R_2 \times \Delta v + R_1 \times 0}{R_1 + R_2} = \left( \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) \Delta v$$

$$v_d = v_k - v_n = \left( \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) \Delta v$$

ہوں گے۔ حسابی ایکلینیک  $v_d$  کو  $A_d$  گناہ بھانا چاہے گا۔ آئیں  $v_0$  کے بڑھنے کے عمل کو دیکھیں۔ تصور کریں کہ حنارجی اثر اس طرح بڑھتے بڑھتے  $v_0 = \Delta v_{o1}$  ہو جاتا ہے۔ اس

$$v_k = \frac{R_2 \times \Delta v + R_1 \times \Delta v_{o1}}{R_1 + R_2} = v_d$$

ہو جائے گا جیسا کہ آپ دیکھ سکتے ہیں  $v_d$  کی قیمت پہلے بڑھ گئی ہے۔ یوں  $v_0$  مزید بڑھے گا۔ آئندہ کار  $v_0$  ثابت منع پر رکھ جائے گا لئنی  $v_0 = V_{CC}$  ہو جائے گا۔ اس وقت

$$v_k = \frac{R_2 \times \Delta v + R_1 \times V_{CC}}{R_1 + R_2} \approx \left( \frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) V_{CC} = v_d$$

ہو گا۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ ثابت و اپی دور میں

$$(1.29) \quad v_k \neq v_n$$

ہوتے ہیں۔ اس وجہ سے ثابت ادوار کو اس باب میں استعمال ہونے والے طریقے سے حل نہیں کی جاسکتا جیسا ہم  $v_k$  اور  $v_n$  کے مساوات حاصل کرتے ہوئے  $v_k = v_n$  تصور کر کے  $v_0$  کے لئے حل کرتے ہیں۔

ثابت والی دور کی پہچان یہ ہے کہ اس کا حنارجی اثر اس طرح بھی حرکت کرے تو یہ اسی جانب حرکت کرتا ہے جس جانب دور کا داخلی اثر (بغیر و اپس آئے) حرکت کرے۔

مثال ۱۳.۱: میں

$$R_1 = 1 \text{ k}\Omega \quad R_2 = 9 \text{ k}\Omega \quad V_{CC} = 12 \text{ V} \quad V_{EE} = -12 \text{ V}$$

لیتے ہوئے  $v_s$  کی وہ قیمت حاصل کریں جس پر حنارجی اشارہ مکمل منفی سے مکمل بیت جناب سرکت کرے گا۔ اسی طرح  $v_s$  کی وہ قیمت حاصل کریں جس پر حنارجی اشارہ مکمل بیت سے مکمل منفی جناب سرکت کرے گا۔ حل: تصور کریں کہ حنارجی اشارہ مکمل منفی جناب ہے یعنی  $-v_o = -12 \text{ V}$  جبکہ  $v_s = 0$  ہے۔ اس وقت

$$v_k = v_d = \frac{9000 \times 0 + 1000 \times 12}{1000 + 9000} = 1.2 \text{ V}$$

ہوگا۔  $v_o$  اس لمحے منفی جناب سرکت کرے گا جب  $v_d$  کی قیمت منفی ہو جائے۔ آئین  $0 = v_d$  پر درکار  $v_s$  کی قیمت حاصل کریں۔

$$0 = \frac{9000 \times v_s + 1000 \times 12}{1000 + 9000}$$

$$v_s = -1.333 \text{ V}$$

حاصل ہوتا ہے۔ جوں ہی  $v_s$  کی قیمت  $-1.333 \text{ V}$  سے کم ہو جائے، اسی لمحے  $v_o = -12 \text{ V}$  ہو جائے گا۔ اسی طرح اگر  $v_o = -12 \text{ V}$  ہے تو حنارجی اشارہ اس وقت بیت جناب سرکت کرے گا جب

$$0 = \frac{9000 \times v_s + 1000 \times (-12)}{1000 + 9000}$$

$$v_s = 1.333 \text{ V}$$

$$\therefore v_s > 1.333 \text{ V}$$

شکل ۱.۱۳ میں دو منفی حسابی ایمپلیکیٹر سالمہ وار جوڑتے ہوئے زنجیری ایمپلیکیٹر حاصل کیا گیا ہے۔ زنجیر کے پہلی کڑی کا داخنی اشارہ  $v_{s1}$  جبکہ اس کا حنارجی اشارہ  $v_{o1}$  اور اس کی افسزاں  $A_{v1} = -\frac{R_2}{R_1}$  ہے۔ زنجیر کے دوسری کڑی کا داخنی اشارہ  $v_{s2}$  جبکہ اس کا حنارجی اشارہ  $v_{o2}$  اور اس کی افسزاں  $A_{v2} = -\frac{R_4}{R_3}$  ہے۔ پہلی کڑی کے حنارجی اشارے کو دوسرے کڑی کو بطور داخنی اشارہ مہیا کیا گیا ہے لہذا  $v_{o1} = v_{s2}$  ہے۔ یہں ہم لکھ سکتے ہیں۔

$$v_{o1} = A_{v1}v_{s1}$$

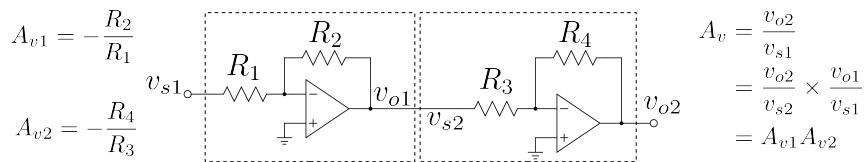
اور

$$v_{o2} = A_{v2}v_{s2}$$

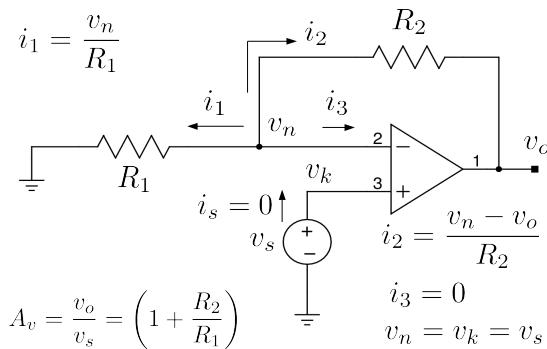
$$= A_{v2}v_{o1}$$

اس مساوات میں گزشتہ مساوات سے حاصل  $v_{o1}$  استعمال کرتے ہوئے

$$v_{o2} = A_{v2}A_{v1}v_{s1}$$



شکل ۱.۱۳: زنجیری حسابی ایمپلیفیائر



شکل ۱.۱۵: مثبت ایمپلیفیائر

کھا جاسکتا ہے۔ زنجیری ایمپلیفیائر کا داحلی اشارہ  $v_{s1}$  جبکہ اس کا خارجی اشارہ  $v_{o2}$  ہے۔ یوں زنجیری ایمپلیفیائر کی افزائش  $A_v = \frac{v_{o2}}{v_{s1}}$  کو مندرجہ بالامساوات سے پوں حاصل کر سکتے ہیں۔

$$(1.30) \quad A_v = \frac{v_{o2}}{v_{s1}} = A_{v1}A_{v2}$$

یہ ایک اہم نتیجہ ہے جس کے مطابق ایمپلیفیائر سلسلہ وار جوڑنے سے ان کی افزائش آپس میں ضرب ہوتی ہے۔ زنجیری ایمپلیفیائز میں مزید کمزیاں اسی طرح سلسلہ وار جوڑی جب سکتی ہیں۔

### ۱.۵.۲ مثبت ایمپلیفیائر

شکل ۱.۱۵ میں ایک اور وہی دور کھا یا گیا ہے جسے مثبت ایمپلیفیائز ۲۲ کہتے ہیں۔ آئیں اس دور کو کھوف کے قوانین کی مدد سے حل کرتے ہیں۔ اس شکل میں جوڑ  $v_n$  سے باہر کی جانب تین برقی رو ۱، ۲ اور ۳ لکھتے دکھائے گئے ہیں۔ چونکہ حسابی ایمپلیفیائز کے داخلی سرے پر اندر کی جانب باتی برقی رو ہے لہذا یہ مساوات ۱.۱ کے شق نمبر دو کی وجہ

سے صدر کے برابر ہے۔ ہاتھ دو برقی روکو اور ہم کے وتنون کی مدد سے حاصل کیا جاتا ہے۔ یوں

$$(1.31) \quad \begin{aligned} i_1 &= \frac{v_n}{R_1} \\ i_2 &= \frac{v_n - v_o}{R_2} \\ i_3 &= 0 \end{aligned}$$

جوڑ  $v_k$  چونکہ سیدھا فنر اہم کردہ برقی اشارہ  $v_s$  کے ساتھ جوڑا ہے لہذا اس کے لئے ہم لکھ سکتے ہیں

$$(1.32) \quad v_k = v_s$$

کر خوف کے وتنون براۓ برقی روکو مساوات ۱.۳۱ کے ساتھ مسل کر استعمال کرتے حاصل ہوتا ہے

$$(1.33) \quad \begin{aligned} i_1 + i_2 + i_3 &= 0 \\ \frac{v_n}{R_1} + \frac{v_n - v_o}{R_2} + 0 &= 0 \end{aligned}$$

مساوات ۱۱ کی پہلی شق کے مطابق  $v_k$  اور  $v_n$  کی قیمتیں برابر ہیں۔ یوں مساوات ۱۳۲ اسیں دیے گئے  $v_k$  کی قیمت کو مساوات ۱۳۳ اسیں  $v_n$  کی جگہ استعمال کرتے ہم مساوات ۱۳۳ کو حل کرتے ہیں۔

$$(1.34) \quad \begin{aligned} \frac{v_s}{R_1} + \frac{v_s - v_o}{R_2} &= 0 \\ \frac{v_s}{R_1} + \frac{v_s}{R_2} - \frac{v_o}{R_2} &= 0 \\ \left( \frac{v_s}{R_1} + \frac{v_s}{R_2} \right) R_2 &= v_o \\ \left( 1 + \frac{R_2}{R_1} \right) v_s &= v_o \end{aligned}$$

اس مساوات کو عسوماً یوں لکھا جاتا ہے۔

$$(1.35) \quad A_v = \frac{v_o}{v_s} = \left( 1 + \frac{R_2}{R_1} \right)$$

$v_o$  اور  $v_s$  کے کسر کو مثبت ایمپلیفائز کی برقی دباؤ کو افرائش " "  $A_v$  کہتے ہیں۔ اس اصطلاح کو عسوماً چھوٹا کر کے اسے صرف مثبت افرائش " " کہتے ہیں۔

اس ایمپلیفائز کا داخلي مزاحمت حاصل کرنے کی حرطہ  $v_s$  لاگو کرتے ہوئے  $i_s$  ناپتے ہیں۔ چونکہ حسابی ایمپلیفائز کا داخلي برقی رو ضفر ہوتا ہے لہذا  $i_s = 0$  ہو گا۔ یوں

$$(1.36) \quad R_{\text{داخلی}} = \frac{v_s}{i_s} = \frac{v_s}{0} \rightarrow \infty$$

voltage gain " "

حاصل ہوتا ہے۔

مثال ۱.۱۵: شکل ۱.۱۵ میں دکھلائے ثبت ایمپلیفیائر میں  $R_2 = 15 \text{ k}\Omega$  اور  $R_1 = 2 \text{ k}\Omega$  تصور کریں۔ اس ثبت ایمپلیفیائر کو باری مسندر حب ذیل بر قی اشارہت بطور  $v_s$  مہیا کیا جاتا ہے۔ ان تمام کے حسابی دور کا حنارجی اشارہ  $v_o$  حاصل کریں۔ حل کرتے وقت  $V_{CC} = 15 \text{ V}$  اور  $V_{EE} = -15 \text{ V}$  تصور کریں۔

$$v_s = 1.2 \text{ V} \quad .1$$

$$v_s = -0.25 \text{ V} \quad .2$$

$$v_s = 0.33 \cos(\omega t) \quad .3$$

حل: مساوات ۱.۳۵ سے اس ثبت ایمپلیفیائر کی افسزاں حاصل کرتے ہیں۔

$$A_v = \left( 1 + \frac{15000}{2000} \right) = 8.5 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

یوں

$$v_o = A_v \times v_s = 8.5 \times 1.2 = 10.2 \text{ V} \quad .1$$

$$v_o = A_v \times v_s = 8.5 \times (-0.25) = 2.125 \text{ V} \quad .2$$

$$v_o = A_v \times v_s = 8.5 \times 0.33 \cos(\omega t) = 2.805 \cos(\omega t) \quad .3$$

اس مثال میں داخلی اشارہ ثبت ہونے کی صورت میں حنارجی اشارہ ثبت ہے جبکہ داخلی اشارہ مخفی ہونے کی صورت میں حنارجی اشارہ بھی مخفی ہے۔ یوں ثبت ایمپلیفیائر کو خنلی اشارہ کو بغیر الشایع بڑھا کر حنارج کرتا ہے۔ اسی لئے اسے ثبت ایمپلیفیائر کہتے ہیں۔

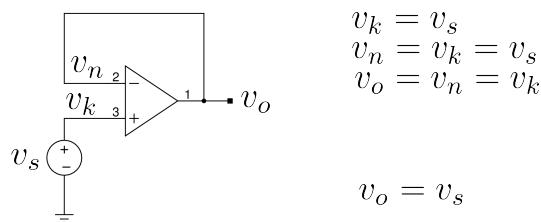
### ۱.۵.۳ مستحکم کار

ثبت ایمپلیفیائر کی افسزاں یہاں دوبارہ پیش کرتے ہیں۔

$$(1.37) \quad A_v = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

اگر ثبت ایمپلیفیائر میں  $R_1$  کی قیمت لامحدودی جائے اور  $R_2$  کی قیمت صفر او ہمیں جائے تو اس مساوات کے مطابق اس کی افسزاں

$$(1.38) \quad A_v = 1 + \frac{0}{\infty} = 1$$



شکل ۱.۱۶: میکھم کار

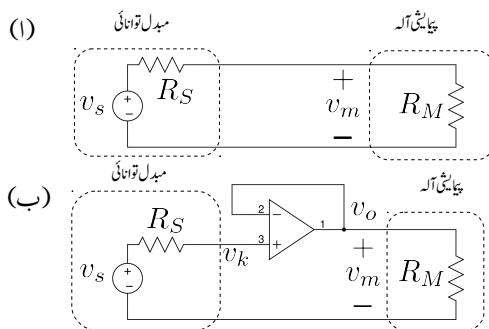
ہوگی۔ اس دور جسے میکھم کار<sup>۳۵</sup> کہتے ہیں کو شکل ۱.۱۶ میں دکھایا گیا ہے۔ اس دور کی انفرائش ایک کے برابر جسکے داخلی مزاجحت لامحدود ہے۔ اس دور کو یوں بھی سمجھا جاسکتا ہے کہ مثبت داخلی سرے پر برقی دباؤ  $v_s$  ہے۔ یوں منفی داخلی سرے پر بھی اتنا ہی برقی دباؤ ہو گا مگر یہ سرا اور خارجی سرے آپس میں جبڑے ہیں۔ یوں خارجی سرے پر بھی بھی برقی دباؤ ہو گا یعنی  $v_s = v_o$  جس سے انفرائش  $1 = \frac{v_o}{v_s}$  حاصل ہوتی ہے۔ آئین میکھم کار کا استعمال جانیں۔

طبعی متغیرات<sup>۳۶</sup> مثلاً کیت، حرارت و غیرہ کی برقياتی پیمائش سے پہلے انہیں عموماً مبدل تو انہیں<sup>۳۷</sup> کے مدد سے برقی اشارات میں تبدیل کیا جاتا ہے اور ان برقی اشارات کو پیمائشی آلہ<sup>۳۸</sup> کے ناچلاتا ہے۔ جیسا کہ آپ سب نے میں کہ کسی بھی دور کا تھوڑے مادوی در<sup>۳۹</sup> بنایا جاسکتا ہے جسے ایک عدد منفی برقی دباؤ اور ایک عدد مزاجحت کی شکل دی جاتی ہے۔ مبدل تو انہی کا تھونن دور شکل ۱.۱ الف میں باعث جناب نظرے دار لکیر میں گھیرا دکھایا گیا ہے جیسا کہ  $v_s$  اس کی تھونن برقی دباؤ اور  $R_S$  اس کی تھونن مزاجحت ہے۔ پیمائشی آلہ داخلی سروں پر کسی قسم کا برقی اشارہ خارج نہیں کرتا بلکہ ان سروں پر یہ صرف اشارہ حاصل کرنے کی صلاحیت رکھتا ہے لہذا اس کے داخلی جناب کا تھونن دور صرف ایک عدد مزاجحت  $R_M$  پر مبنی ہوتا ہے جیسے شکل ۱.۱ الف میں دلیل جناب دکھایا گیا ہے۔ شکل ۱.۱ الف میں مبدل تو انہی کے خارجی سروں کو پیمائشی آلہ کے داخلی سروں کے ساتھ جوڑا گیا ہے تاکہ مبدل تو انہی کا اشارہ  $v_s$  ناچلا جاسکے۔ پیمائشی آلہ داخلی سروں پر لاگو برقی دباؤ  $v_m$  ناپتا ہے۔ شکل ۱.۱ الف میں پیمائشی آلہ کے داخلی سروں پر

$$v_m = \left( \frac{R_M}{R_M + R_S} \right) v_s$$

پایا جاتا ہے جسے پیمائشی آلہ پر ہے گا اگرچہ حقیقت میں اشارہ کی اصل قیمت  $v_s$  ہے۔

buffer <sup>۳۵</sup>
variables <sup>۳۶</sup>
transducer <sup>۳۷</sup>
measuring instrument <sup>۳۸</sup>
Thevenin circuit <sup>۳۹</sup>



شکل ۷.۱: مُسْتَحْكِم کار کی مدد سے حاس اشارہ کی پیمائش

مثال کے طور پر اگر  $R_M = 10 \text{ M}\Omega$ ,  $R_S = 5 \text{ M}\Omega$  اور اشارہ کی قیمت  $v_s = 100 \text{ mV}$  ہو تو بیانیں آں۔

$$v_m = \frac{10 \times 10^6 \times 100 \times 10^{-3}}{10 \times 10^6 + 5 \times 10^6} = 66.66 \text{ mV}$$

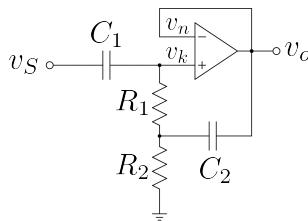
پڑھے گا۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ یہ ناتامل قابل صوبہ صورت حال ہے۔

مبدل تو انی تخلیق دیتے وقت کوشش کی جاتی ہے کہ اس کے تھون مناوی مزاجت  $R_S$  کی قیمت کم کے کم ہو۔ اسی طرح پیاسائیں آنے تخلیق دیتے وقت کوشش کی جاتی ہے کہ اس کے داخل مزاجت  $R_M$  کی قیمت زیادہ ہو۔ یوں آپ دیکھ سکتے ہیں کہ اگر  $R_S \gg R_M \gg v_s$  ہو تو  $v_m \approx v_s$  ہو گا۔

آپ دیکھ سکتے ہیں کہ پیاسائیں آنے کی داخلی مزاجت مبدل تو انی پر بوجھ ڈالتی ہے جس سے مبدل کے بیرونی سروں پر میسر اشارے کی قیمت میں کمی روئی ہوتی ہے۔ یوں بوجھ کو لکرنے کی حاضر  $R_M$  کی قیمت بڑھانی ہو گی۔ اس مثال میں مبدل تو انی کو پیاسائی آنے بطور برقی بوجھ نظر آتا ہے۔ یہ بوجھ جتنا کم ہو اتنے بہتر ہو گا۔

اس سکلے کو مُسْتَحْكِم کار کی مدد سے با آسانی حل کیا جاسکتا ہے۔ شکل ۷.۱ اب میں مبدل تو انی اور پیاسائی آنے کے وسط میں مُسْتَحْكِم کار نسبت کیا گیا ہے۔ چونکہ حابی ایک پلینیاٹر کا داخلی مزاجت لاحدہ ہوتا ہے اور اس کی داخلی برقی رو ضفر ہوتی ہے لہذا اس دور میں مزاجت  $R_S$  میں اور ہم کے فتوں کے تھت ضفر برقی دیا گئے گا اور یوں ہو گا۔

مُسْتَحْكِم کار کا کمال یہ ہے کہ یہ برقی بوجھ  $R_M$  کو از خود اخالیت ہے اور اس کا بوجھ مبدل تو انی پر نہیں ڈالتا۔ یوں یہ حاس اشارات کو مُسْتَحْكِم کرتا ہے۔



شکل ۱۸۔ بدل تارو مسٹکم کار

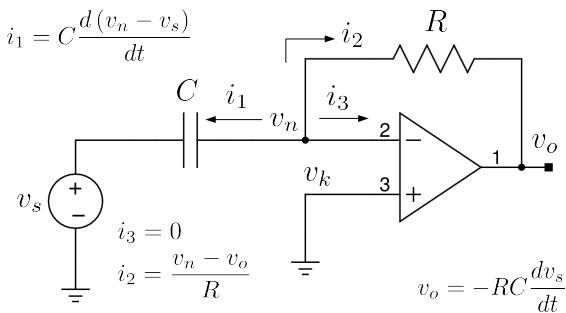
آپ نے دیکھ کر مسٹکم کار کی مدد سے اشارہ کی صحیح قیمت حاصل ہوتی ہے۔ حاسس اور باریکے اشارات کی پیش اشیں عموماً مسٹکم کار کے مدد سے ہی کی جاتی ہے۔

### ۱.۵.۳.۱ بدل تارو مسٹکم کار

عموماً اشارے کے یک سمت حصے کو روکتے ہوئے اس کے بدلے حصے کو مسٹکم بنانے کی ضرورت ہوتی ہے۔ ایسی صورت میں بدلتا رو مسٹکم کار جسے شکل ۱۸۔۱ میں دکھایا گیا ہے استعمال کیا جائے گا۔  $C_1$  اور  $C_2$  کی قیمت اتنی رکھی جاتی ہے کہ درکار تعدد پر انہیں قصر دور تصور کیا جائے۔ مزاجمت  $R_1$  اور  $R_2$  حسابی ایکلینیکر کے ثابت داخنی سرے کے دالٹن میلان برقی رو<sup>۱</sup> کے لئے راستہ فراہم کرتے ہیں۔ داخنی اشارے کے بدلے جبزد کو حسابی ایکلینیکر کے ثابت داخنی سرے تک پہنچ کر اس سے فراہم کرتے ہوئے یک سمت جبزد کو روکتا ہے۔  $C_2$  کے عدم موجودگی میں داخنی اشارے کو بدلتے داخنی مزاجمت  $R_1 + R_2$  نظر آتا جبکہ مسٹکم کا سے تو قیمت کی جاتی ہے کہ اس کا داخنی مزاجمت بہت زیادہ ہو۔ آئین دیکھیں کہ  $C_2$  کی شمولیت سے داخنی مزاجمت کیسے بڑھتی ہے۔  $v_S$  کا بدلت جبزد  $v_s$  مثبت داخنی سرے پر پہنچتا ہے۔ یوں  $v_n = v_s$  ہو گا جس سے  $v_o = v_s$  اور  $v_n = v_k = v_s$  ہو گا۔ درکار تعدد پر قصر دور ہو گا اور یوں  $R_1$  اور  $R_2$  کے جو زیر بھی  $v_s$  اشارہ پہنچاتے گا۔ اب دوبارہ داخنی جانب  $C_2$  سے سوچیں۔ حسابی ایکلینیکر کا ثابت داخنی سرے اس خود کوئی برقی روگزرنے نہیں دیتا چونکہ مزاجمت  $R_1$  کے دونوں سروں پر  $v_s$  برقی پہنچاتا ہے لہذا اس میں گزرتی برقی روگزرنے نہیں۔ یوں  $v_s$  کے کسی قسم کا برقی رو حاصل نہیں کیا جاتا جو کہ مقطع صورت کی نہیں ہے۔ یوں بدلت مسٹکم کار درکار تعدد پر لامدد داخنی مزاجمت پیش کرتے ہوئے حاسس اشارے پر بالکل بوجھ نہیں ڈالتا۔

کسی بھی ایکلینیکر جس کی  $A_v \approx 1$  ہو، کے حنارجی سرے سے داخنی جانب یوں کمیز نسب کر کے اس کا داخنی مزاجمت بڑھایا جاتا ہے۔ شرط صرف یہ ہے کہ درکار تعدد پر کمیز قصر دور کام کرتے ہوئے مکمل حنارجی اشارے کو داخنی جانب مزاجمت  $R_1$  تک پہنچ سکے۔ مزاجمت  $R_1$  کے ایک سرے کو جس جانب داخنی اشارہ کھینچتا ہے، حنارجی اشارہ بھی اسی جانب مزاجمت کا دوسرا سر اکھینچتا ہے۔

<sup>۱</sup> داخنی میلان برقی پر حصہ ۲۔۱ میں غر کیا جائے گا۔



شکل ۱.۱۹: تفرق کار

## ۱.۵.۳ تفرق کار

ایک اور اہم دور ہے تفرق کار<sup>۵۳</sup> کہتے ہیں کو شکل ۱.۱۹ میں دکھایا گیا ہے۔ اس دور کو بالکل پہلی دو ادوار کی طرح حل کرتے ہیں۔ جوڑ پر تین برقی روکے لئے لکھ سکتے ہیں۔

$$\begin{aligned}
 i_1 &= C \frac{d(v_n - v_s)}{dt} \\
 i_2 &= \frac{v_n - v_o}{R} \\
 i_3 &= 0
 \end{aligned}
 \tag{۱.۳۹}$$

جبکہ جوڑ  $v_k$  کے لئے لکھ سکتے ہیں۔

$$v_k = 0 \tag{۱.۴۰}$$

کر خوف کے مت نوں برائے برقی روکو جوڑ  $v_n$  پر پاؤں لکھا جا سکتا ہے۔

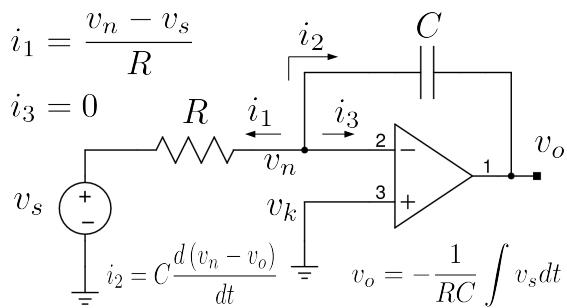
$$i_1 + i_2 + i_3 = 0 \tag{۱.۴۱}$$

مساوات ۱.۳۹ میں دیے گئے قیمتیوں کو مساوات ۱.۴۱ میں پر کرتے ہیں

$$C \frac{d(v_n - v_s)}{dt} + \frac{v_n - v_o}{R} + 0 = 0$$

$$v_n = 0 \quad \text{لیتے ہوئے} \quad v_n = v_k$$

$$-C \frac{dv_s}{dt} - \frac{v_o}{R} = 0$$



شکل ۱.۲۰: کامل کار

حاصل ہوتا ہے جسے یوں لکھ سکتے ہیں۔

$$(1.82) \quad v_o = -RC \frac{dv_s}{dt}$$

اس مساوات کے تحت یہ دور مہیا کردہ اشارہ  $v_s$  کے تفرق کے نسبت سے خارجی اشارہ  $v_o$  پیدا کرتا ہے۔ اسی سے اس دور کو تفرق کار ۵۳ کہتے ہیں۔

### ۱.۵.۵ کامل کار

تفرق دور کو دیکھنے کے بعد خیال آتا ہے کہ کیا حسابی ایکلپیٹنائز کو استعمال کرتے کسی قب عمل کا تکمیل ۵۴ حاصل کیا جاسکتا ہے۔ جواب ہے جی ہاں۔ تکمیل کار ۵۵ کو شکل ۱.۲۰ میں دکھایا گیا ہے۔ اس دور کے لئے ہم لکھ سکتے ہیں

$$(1.83)$$

$$i_1 = \frac{v_n - v_s}{R}$$

$$i_2 = C \frac{d(v_n - v_o)}{dt}$$

$$i_3 = 0$$

اور

$$(1.83) \quad v_k = 0$$

---

differentiator<sup>۵۳</sup>  
integral<sup>۵۴</sup>  
integrator<sup>۵۵</sup>

کر خوف کا دت انون برائے برقی رواستعمال کرتے ہوئے اور  $v_n$  میں  $v_k$  کی قیمت (یعنی صفر وولٹ) استعمال کرتے ہوئے حل کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned} i_1 + i_2 + i_3 &= 0 \\ \frac{v_n - v_s}{R} + C \frac{d(v_n - v_o)}{dt} + 0 &= 0 \\ -\frac{v_s}{R} - C \frac{dv_o}{dt} &= 0 \end{aligned}$$

اس کا تکملہ لیتے ہیں

$$\begin{aligned} \frac{dv_o}{dt} &= -\frac{v_s}{RC} \\ dv_o &= -\frac{v_s}{RC} dt \\ \int dv_o &= -\int \frac{v_s}{RC} dt \end{aligned}$$

یعنی

$$(1.25) \quad v_o = -\frac{1}{RC} \int v_s dt$$

اس مساوات میں  $v_o$  حاصل کرنے کی حراطر مساوات کے نشان کے دونوں جانب کا تکملہ یا گیا ہے۔ اس طرح عمل کار کا حنارجی اشارہ  $v_o$  اسے مہیا کئے گئے اشارہ  $v_s$  کے تکملہ کے باہر اس سے مستناسب ہوتا ہے۔ اسی حناصیت کی وجہ سے اس دور کو میکل کار ہے کہتے ہیں۔

مثال ۱.۲۴: میں  $v_s = V_p \sin \omega t$  اور  $R = 1 \text{ k}\Omega$  اور  $C = 6.8 \mu\text{F}$  کی صورت میں

• میکل کار کا حنارجی اشارہ حاصل کریں۔

• کتنی تعداد پر حنارجی اشارے کا جیط دھنی اشارے کے جیلے کے برابر ہو گا۔

• حنارجی اور دھنی اشارے کا زاویاتی تسلیق کیا ہے۔

حل:

• مساوات ۱.۲۵ کی مدد سے

$$v_o = -\frac{1}{1000 \times 6.8 \times 10^{-6}} \int V_p \sin \omega t dt = \frac{147V_p}{\omega} \cos \omega t$$

حاصل ہوتا ہے۔

• دونوں چیلٹر ابر اس وقت ہوں گے جب

$$\frac{147V_p}{\omega} = V_p$$

$$\omega = 147$$

$$f = \frac{147}{2\pi} = 23.396 \text{ Hz}$$

ہو گا۔

• داخنی اشارے کو یوں لکھتے ہوئے

$$v_s = V_p \sin \omega t = V_p \cos (\omega t - 90^\circ)$$

ہم دیکھتے ہیں کہ داخنی اشارے سے خارجی اشارہ  $90^\circ$  آگے ہے۔

مثال ۱.۱۳:  $v_s = -0.1 \text{ V}$  اور  $C = 10 \mu\text{F}$  اور  $R = 1 \text{ k}\Omega$  میں  $v_o$  حاصل کریں۔ حل:

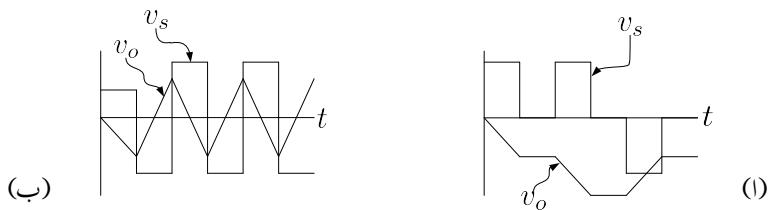
$$v_o = -\frac{1}{1000 \times 10 \times 10^{-6}} \int -0.1 \, dt = 10t$$

حاصل ہوتا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ خارجی اشارہ وقت کے راستے تناسب بڑھتا ہے۔ یہ ایک سینکڑ میں دس ولٹے بڑھ رہا ہے۔ اگر داخنی اشارہ مثبت کر دیا جائے تو خارجی اشارہ منفی جواب روائی ہو جائے گا۔

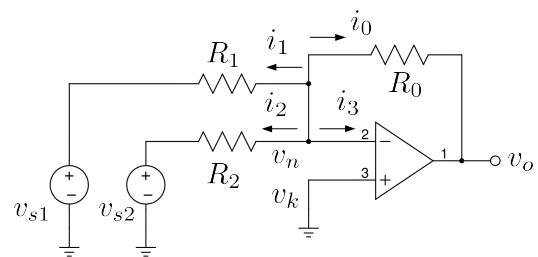
شکل ۱.۲۱ میں دو مختلف داخنی اشارات پر گل کار کارڈ عمل دکھایا گیا ہے۔ آپ یہاں رکے کرتی کر لیں کہ خارجی اشارات آپ کے موقع کے عین مطابق ہیں۔

### ۱.۵.۶ جمع کار

حسابی ایمپلینٹر کو دو یادو سے زیادہ اشارات کا مجموع حاصل کرنے کے لئے بھی استعمال کیا جاتا ہے۔ ایسے ہی ٹیکٹھ کا شکل ۱.۲۲ میں دکھایا گیا ہے۔ اس شکل میں دو اشارات  $v_{s1}$  اور  $v_{s2}$  مہیا کئے گئے ہیں۔ اشارہ  $v_{s1}$  مزاحمت  $R_1$  کے ذریعہ حسابی ایمپلینٹر کے  $v_n$  سرے کے ساتھ سبڑا ہے۔ اسی طرح اشارہ  $v_{s2}$



شکل ۲۱: عمل کار کی کارکردگی کے مثال



شکل ۲۲: حنکار

مساحت  $R_2$  کے ذریعے حبابی ایکلیپسائز کے  $v_n$  سرے کے ساتھ جوڑا ہے۔ مزید اشارات کو بھی اسی ترتیب سے جوڑا جاسکتا ہے۔ شکل میں دکھائی گئی بر قی روکے لئے یوں لکھ سکتے ہیں۔

$$(1.37)$$

$$\begin{aligned} i_1 &= \frac{v_n - v_{s1}}{R_1} \\ i_2 &= \frac{v_n - v_{s2}}{R_2} \\ i_3 &= 0 \\ i_0 &= \frac{v_n - v_o}{R_0} \end{aligned}$$

اسی طرح جوڑ  $v_k$  کے لئے لکھ سکتے ہیں

$$(1.38) \quad v_k = 0$$

جوڑ  $v_n$  پر کھوف کے وفاون برائے بر قی رواستعمال کرتے ہوئے حل کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned} i_1 + i_2 + i_3 + i_4 &= 0 \\ \frac{v_n - v_{s1}}{R_1} + \frac{v_n - v_{s2}}{R_2} + 0 + \frac{v_n - v_o}{R_0} &= 0 \\ v_n - v_{s1} - v_{s2} - v_o &= 0 \quad \text{لیتے ہوئے } v_n = v_k \\ -\frac{v_{s1}}{R_1} - \frac{v_{s2}}{R_2} - \frac{v_o}{R_0} &= 0 \end{aligned}$$

حاسسل ہوتا ہے جسے

$$(1.39) \quad v_o = -R_0 \left( \frac{v_{s1}}{R_1} + \frac{v_{s2}}{R_2} \right)$$

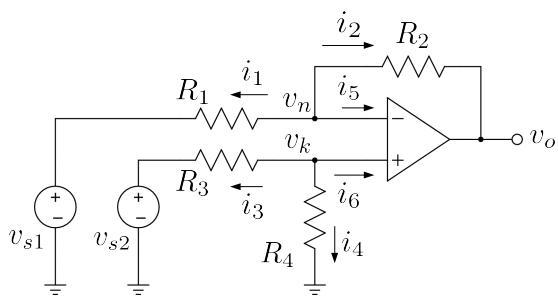
لکھ سکتے ہیں۔  $R_0, R_1, R_2$  کی قیمتیں برابر ہونے کی صورت میں اس مساوات کو یوں لکھ سکتے ہیں۔

$$(1.40) \quad v_o = -R \left( \frac{v_{s1}}{R} + \frac{v_{s2}}{R} \right) = -(v_{s1} + v_{s2})$$

اس صورت میں آپ دیکھ سکتے ہیں کہ منقی علامت کے علاوہ،  $v_o$  دونوں اشارات کا مجموع ہے۔ اسی لئے اس دور کو جمع کار ۵۹ کہتے ہیں۔

#### ۱.۵. منقی کار

حبابی ایکلیپسائز سے دو اش رات منقی کرنے والے دور پر اس حصے میں غور کرتے ہیں۔ اس دور کو شکل ۱.۲۳ میں دکھایا گیا ہے۔ شکل کو دیکھتے ہم لکھ سکتے ہیں۔



شکل ۱.۲۳: متفاہ کار

$$\begin{aligned}
 (1.50) \quad i_1 &= \frac{v_n - v_{s1}}{R_1} \\
 i_2 &= \frac{v_n - v_o}{R_2} \\
 i_3 &= \frac{v_k - v_{s2}}{R_3} \\
 i_4 &= \frac{v_k}{R_4} \\
 i_5 &= 0 \\
 i_6 &= 0
 \end{aligned}$$

انہیں کرنوں کے وباون برائے برقی رو میں استعمال کرتے ہوئے، جوڑ  $v_n$  کے لئے یوں لکھ سکتے ہیں۔

$$\begin{aligned}
 (1.51) \quad i_1 + i_2 + i_5 &= 0 \\
 \frac{v_n - v_{s1}}{R_1} + \frac{v_n - v_o}{R_2} + 0 &= 0 \\
 v_n \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) &= \frac{v_{s1}}{R_1} + \frac{v_o}{R_2} \\
 v_n &= \frac{\frac{v_{s1}}{R_1} + \frac{v_o}{R_2}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}}
 \end{aligned}$$

اسی طرح جو  $v_k$  پر کرنونے کا فتنہ براۓ بر قی رول گو کرتے ہوئے اسے یوں حل کر سکتے ہیں۔

$$(1.52) \quad \begin{aligned} i_3 + i_4 + i_6 &= 0 \\ \frac{v_k - v_{s2}}{R_3} + \frac{v_k}{R_4} + 0 &= 0 \\ v_k \left( \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} \right) &= \frac{v_{s2}}{R_3} \\ v_k &= \frac{\frac{v_{s2}}{R_3}}{\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}} \end{aligned}$$

مساویات ۱.۱ کی پہلی فتح کے تحت  $v_k$  اور  $v_n$  برابر ہوتے ہیں۔ یوں مساویات ۱.۵۲ اور ۱.۵۲ اکو برابر ہلاتے ہوئے

$$\begin{aligned} v_n &= v_k \\ \frac{\frac{v_{s1}}{R_1} + \frac{v_o}{R_2}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}} &= \frac{\frac{v_{s2}}{R_3}}{\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}} \end{aligned}$$

یعنی

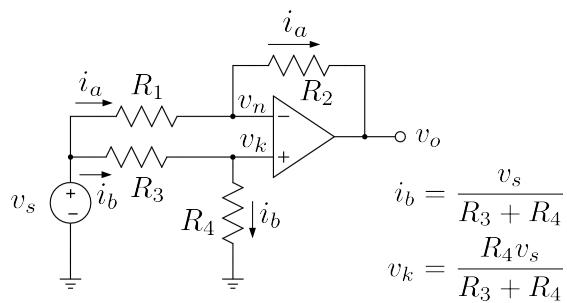
$$(1.53) \quad \begin{aligned} v_o &= \frac{R_4}{R_1} \left( \frac{R_1 + R_2}{R_3 + R_4} \right) v_{s2} - \frac{R_2}{R_1} v_{s1} \\ &= \left( \frac{1 + \frac{R_2}{R_1}}{1 + \frac{R_3}{R_4}} \right) v_{s2} - \frac{R_2}{R_1} v_{s1} \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے۔ یہ دور کی عسمی مساویات ہے۔ اگر دور میں  $R_2 = R_4 = R_b$  اور  $R_1 = R_3 = R_a$  جبکہ  $R_b > R_a$  ہوں تو اس مساویات سے

$$(1.54) \quad v_o = \frac{R_b}{R_a} (v_{s2} - v_{s1})$$

حاصل ہوتا ہے۔ اگر  $R_b < R_a$  کی قیمتیں برابر ہوں تو اس صورت میں دور دونوں اشارات کو منفی کرے گا۔ اسی لئے اس دور کو منفی کار<sup>\*</sup> کہتے ہیں۔ اگر  $R_b > R_a$  اور  $R_b$  برابر نہ ہوں تو دور دونوں اشارات میں فتنہ کو بڑھانے یا گھٹانے کی صلاحیت بچتا ہے۔

مثال ۱.۱۵: منفی کار کا مشترک داخلي مزاجحت تمام مزاجحت برابر ہونے کی صورت میں حاصل کریں۔ تمام مزاجحت مختلف ہونے کی صورت میں جواب کیا ہوگا۔



شکل ۱.۲۳: مخفی کارکارا مشترک کے داخلی مزاحمت

حل: مشترک کے داخلی مزاحمت حاصل کرنے کی حرطہ دونوں داخلی سروں کو آپس میں جوڑتے ہوئے ان پر مشترک کے اشارہ  $v_s$  لاگو کیا جاتا ہے۔ اشادے سے  $i_a$  اور  $i_b$  بر قی رو مخفی کار میں داخل ہوں گے۔ مشترک کے مزاحمت۔ داخلی بر قی دباؤ اور داخلی بر قی رکے مجموع کی شرح کو کہتے ہیں لیکن

$$R_{\text{مشترک}} = \frac{v_s}{i_a + i_b}$$

آئیں داخلی مزاحمت کو پہلے حساب دکتاب سے حاصل کریں۔ تمام مزاحمت  $R$  کے برابر ہونے کی صورت میں

$$v_0 = 0$$

$$v_k = \frac{v_s}{2}$$

$$v_n = \frac{v_s}{2}$$

حاصل ہوتے ہیں۔ لہذا

$$i_a = \frac{v_s - v_n}{R} = \frac{v_s}{2R}$$

$$i_b = \frac{v_s - v_k}{R} = \frac{v_s}{2R}$$

$$i_a + i_b = \frac{v_s}{R}$$

اور یوں

$$R_{\text{داخلی}} = R$$

حاصل ہوتا ہے۔

اس جواب کو یوں بھی حاصل کیا جا سکتا ہے۔ حبابی ایکلیپس فینائز کے دونوں داخلی سروں پر داخلی برقی رو صفر ہوتی ہے۔  $v_k = 0V$  اور  $v_s$  پر داخلی برقی رو صفر ہونے کی وجہ سے اسے کھلے سرے تصور کیا جا سکتا ہے۔ اس طرح  $R_3$  اور  $R_4$  کو برقی زمین کے مابین سالمنہ وار جبٹا تصور کیا جا سکتا ہے۔ تمام مزاجمت برابر ہونے کی وجہ سے سرے کو بھی کھلے سرے تصور کیا جا سکتا ہے۔ یوں  $R_2$  کو بھی  $v_s$  اور برقی زمین کے مابین سالمنہ وار جبٹا تصور کیا جا سکتا ہے۔ اس طرح سالمنہ وار جبٹے  $R_1$  اور  $R_2$  کو سالمنہ وار جبٹے  $R_3$  اور  $R_4$  کے متوالی تصور کیا جا سکتا ہے۔

$$\frac{1}{R_{\text{داخلی}}} = \frac{1}{R_1 + R_2} + \frac{1}{R_3 + R_4} = \frac{1}{2R} + \frac{1}{2R} = \frac{1}{R}$$

$$R_{\text{داخلی}} = R$$

حاصل ہوتا ہے۔  
تمام مزاجمت مختلف ہونے کی صورت میں مساوات ۱.۵۳ سے حنارتی اشارہ یوں حاصل ہوتا ہے۔

$$v_o = \left[ \left( \frac{R_1 + R_2}{R_3 + R_4} \right) \frac{R_4}{R_1} - \frac{R_2}{R_1} \right] v_s$$

حبابی ایکلیپس فینائز کے دونوں داخلی سروں پر داخلی برقی رو صفر ہونے کی وجہ سے  $R_1$  اور  $R_2$  میں یکساں برقی رو  $i_a$  پایا جائے گا۔ اسی طرح  $R_3$  اور  $R_4$  میں  $i_b$  پایا جائے گا۔

$$i_a = \frac{v_s - v_0}{R_1 + R_2}$$

$$= v_s \left[ \frac{1}{R_1 + R_2} - \frac{R_4}{R_1 (R_3 + R_4)} + \frac{R_2}{R_1 (R_1 + R_2)} \right]$$

$$= \frac{R_3 v_s}{R_1 (R_3 + R_4)}$$

$$i_b = \frac{v_s}{R_3 + R_4}$$

کے برابر ہیں۔ یوں

$$R_{\text{داخلی}} = \frac{v_s}{i_a + i_b} = \frac{R_1 (R_3 + R_4)}{R_1 + R_3}$$

حاصل ہوتا ہے۔  
ای جواب کو فدر آسان طریقے سے یوں حاصل کیا جا سکتا ہے۔ حبابی ایکلیپس فینائز کے ثبت داخلی سرے کو کھلے سرے تصور کیا جا سکتا ہے۔ اس طرح  $R_3$  اور  $R_4$  کو  $v_s$  اور برقی زمین کے مابین دو سالمنہ وار جبٹے مزاجمت تصور کیا جا سکتا ہے۔ ان دو مزاجمتوں میں برقی دباؤ کے تقسیم سے

$$v_k = \frac{R_4 v_s}{R_3 + R_4}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اسی طرح ان میں برقی رو

$$i_b = \frac{v_s}{R_3 + R_4}$$

حاصل ہوتا ہے۔  $v_k = v_n$  ہونے کی بدولت  $v_k$  بھی یہی ہو گا۔ لہذا  $R_1$  میں برقی رو

$$i_a = \frac{v_s - v_n}{R_1} = \frac{v_s - \frac{R_4 v_s}{R_3 + R_4}}{R_1}$$

ہو گا۔ ان دو برقی رو سے داخلی مزاحمت حاصل ہوتا ہے۔  $v_n$  کی قیمت  $v_k$  تینی کرتا ہے۔ چونکہ  $v_k$  کا دارو مدار  $R_3$  اور  $R_4$  پر ہے جبکہ  $i_a$  کا دارو مدار  $v_n$  اور  $R_1$  پر ہے لہذا  $i_a$  اور  $i_b$  دونوں پر  $R_2$  کا کوئی اثر نہیں۔ اسی لئے داخلی مزاحمت میں  $R_2$  کا کوئی کردار نہیں۔

---

**مثال ۱.۱۶:** منفی کار کے تمام مزاحمت برابر ہونے کی صورت میں دونوں داخلی سروں پر مشترکہ داخلی اشارہ  $v_s$  مہیا کرنے سے  $0V = v_0$  حاصل ہوتا ہے۔ اس صورت میں منفی کار کی مشترکہ امنڑا شضیر حاصل ہوتی ہے۔  $6.8 k\Omega \pm 5\%$  کے مزاحمت استعمال کرتے ہوئے ایمپلینٹر کی خرابی سے خرابی تر مشترکہ امنڑا شضیر کی ممکن ہے۔ مشترکہ امنڑا شضیر جتنی زیادہ ہو اس نتیجے اسے خراب سمجھا جاتا ہے۔  
حل: مساوات ۳.۵۱ کے مطابق مشترکہ داخلی اشارے کی صورت ( $v_s = v_{s1} = v_{s2}$ ) میں مشترکہ امنڑا شضیر

$$\begin{aligned} \frac{v_o}{v_s} &= \left( \frac{R_1 + R_2}{R_3 + R_4} \right) \frac{R_4}{R_1} - \frac{R_2}{R_1} \\ &= \frac{R_1 R_4 - R_2 R_3}{R_1 (R_3 + R_4)} \\ &= \frac{1 - \frac{R_2 R_3}{R_1 R_4}}{1 + \frac{R_3}{R_4}} \end{aligned}$$

حاصل ہوتی ہے۔ اس مساوات میں  $v_0$  کی زیادہ سے زیادہ قیمت اس صورت حاصل ہو گی جب  $\frac{R_3}{R_4}$  اور  $\frac{R_2 R_3}{R_1 R_4}$  کے قیمت کم سے کم ہوں۔  $\frac{R_3}{R_4}$  کی قیمت کم سے کم تب ہو گی جب  $R_3$  پانچ فی صد کم اور  $R_4$  پانچ فی صد زیادہ ہو۔ لیکن جب  $\frac{R_2 R_3}{R_1 R_4}$  کی قیمت کم سے کم تب ہو گی جب  $R_4 = 7.14 k\Omega$  اور  $R_3 = 6.46 k\Omega$  ہوں۔ اسی طرح  $R_4 = 7.14 k\Omega$  اور  $R_3 = 6.46 k\Omega$  کی قیمت کم سے کم تب ہو گی جب  $R_1 = 7.14 k\Omega$  اور  $R_2 = 6.46 k\Omega$  ہوں گے۔ ان قیمتیں کے استعمال سے خرابی سے خرابی تر مشترکہ امنڑا شضیر

$$\frac{v_o}{v_s} = \frac{1 - \frac{6.46 \times 6.46}{7.14 \times 7.14}}{1 + \frac{6.46}{7.14}} = 0.095238 \frac{V}{V}$$

حاصل ہوتی ہے۔

---

مثال ۱.۱۶: مثال ۱.۱۶ میں تمام مسماحت مختلف ہونے کی صورت میں مسماحت کے قیمت میں عملی کو جب سے خراب تر مشترک افسراش کی عسوی جواب حاصل کریں۔ حل: گزشتہ مثال میں

$$\frac{v_o}{v_s} = \frac{1 - \frac{R_2 R_3}{R_1 R_4}}{1 + \frac{R_3}{R_4}}$$

حاصل کی گئی۔ جیسا وہاں بتلا یا گیا  $R_2$  اور  $R_3$  کے قیمت کم سے کم یعنی  $(1 - \epsilon)$  اور  $R_2$  کے قیمت کم سے کم یعنی  $(1 + \epsilon)$  جبکہ  $R_1$  اور  $R_4$  کے قیمت زیادہ یعنی  $(1 + \epsilon)$  اور  $R_4$  کے قیمت زیادہ یعنی  $(1 - \epsilon)$  ہونے ہوں گے۔ اس طرح

$$\frac{v_o}{v_s} = \frac{1 - \left(\frac{1-\epsilon}{1+\epsilon}\right)^2 \frac{R_2 R_3}{R_1 R_4}}{1 + \left(\frac{1-\epsilon}{1+\epsilon}\right) \frac{R_3}{R_4}}$$

حاصل ہوتا ہے۔ تمام مسماحت ایک ہی قیمت کے ہونے کی صورت میں

$$\frac{v_o}{v_s} = \frac{2\epsilon}{1 + \epsilon}$$

حاصل ہوتا ہے۔

---

آپ نے حسابی ایمپلیفائز پر مبنی کئی ادوار دیکھے۔ یہ ادوار جمع، منفی، تفرق اور تکملہ ہیں حسابی اعمال سر اخبار دیتے ہیں یا پھر اشارات کی افسراش کرتے ہیں۔ انہیں خوبیوں کی بدولت ہم اسے حسابی ایمپلیفائز پر کہاتے ہیں۔<sup>۷</sup>

### ۱.۵.۸ جمع و منفی کار

شکل ۱.۲۵ میں متعدد احتمالی سروں والا جمیع و منفی کار دکھنے کا درکھا یا گیا ہے۔ ثابت احتمالی سروں پر  $v_{js}$  تا  $v_{jz}$  جبکہ منفی احتمالی سروں پر  $v_{m1}$  تا  $v_{mn}$  اشارات مہیا کئے گئے ہیں۔ آئیں اس دور کو حاصل کریں۔ جوڑ  $v_n$  پر کر خوف کے وقت انہی برائے برقی روے ہم لکھ سکتے ہیں

$$\frac{v_n - v_{m1}}{R_{m1}} + \frac{v_n - v_{m2}}{R_{m2}} \dots + \frac{v_n - v_{mn}}{R_{mn}} + \frac{v_n - v_o}{R_0} = 0$$

$$v_n \left( \frac{1}{R_{m1}} + \frac{1}{R_{m2}} \dots + \frac{1}{R_{mn}} + \frac{1}{R_0} \right) = \frac{v_{m1}}{R_{m1}} + \frac{v_{m2}}{R_{m2}} \dots + \frac{v_{mn}}{R_{mn}} + \frac{v_o}{R_0}$$

جس میں

$$\frac{1}{R_{m1}} + \frac{1}{R_{m2}} + \dots + \frac{1}{R_{mn}} = \frac{1}{R_m}$$

لکھتے ہوئے

$$v_n \left( \frac{1}{R_m} + \frac{1}{R_0} \right) = \frac{v_{m1}}{R_{m1}} + \frac{v_{m2}}{R_{m2}} + \dots + \frac{v_{mn}}{R_{mn}} + \frac{v_o}{R_0}$$

$$v_n = \left( \frac{R_m R_0}{R_m + R_0} \right) \left( \frac{v_{m1}}{R_{m1}} + \frac{v_{m2}}{R_{m2}} + \dots + \frac{v_{mn}}{R_{mn}} + \frac{v_o}{R_0} \right)$$

حصہ میں ہوتا ہے۔ اسی طرح جو  $v_k$  کے لئے حل کرتے ہیں۔

$$\frac{v_k - v_{j1}}{R_{j1}} + \frac{v_k - v_{j2}}{R_{j2}} + \dots + \frac{v_k - v_{js}}{R_{js}} = 0$$

$$v_k \left( \frac{1}{R_{j1}} + \frac{1}{R_{j2}} + \dots + \frac{1}{R_{js}} \right) = \frac{v_{j1}}{R_{j1}} + \frac{v_{j2}}{R_{j2}} + \dots + \frac{v_{js}}{R_{js}}$$

جس میں

$$\frac{1}{R_{j1}} + \frac{1}{R_{j2}} + \dots + \frac{1}{R_{js}} = \frac{1}{R_j}$$

استعمال کرتے ہوئے

$$v_k = \frac{R_j}{R_{j1}} v_{j1} + \frac{R_j}{R_{j2}} v_{j2} + \dots + \frac{R_j}{R_{js}} v_{js}$$

حصہ میں ہوتا ہے  $v_o$  کے لئے حل کرتے ہوئے حصہ میں ہوتا ہے۔

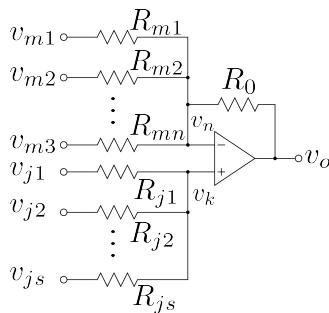
$$(1.55) \quad v_0 = \left( 1 + \frac{R_0}{R_m} \right) \left( \frac{R_j}{R_{j1}} v_{j1} + \frac{R_j}{R_{j2}} v_{j2} + \dots \right.$$

$$(1.56) \quad \left. \dots + \frac{R_j}{R_{js}} v_{js} \right) - \left( \frac{R_0}{R_{m1}} v_{m1} + \frac{R_0}{R_{m2}} v_{m2} + \dots + \frac{R_0}{R_{mn}} v_{mn} \right)$$

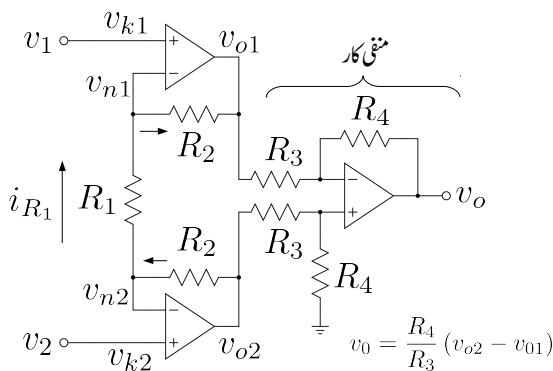
### ۱.۵.۹ آلاتی ایمپلیفائر

حسابی ایمپلیفائر پر بحث کرتے ہوئے آلاتی ایمپلیفائر<sup>۳۳</sup> کا ذکر کرنا لازم ہے۔ آلاتی ایمپلیفائر باریک اور حساس اشارات کے حصول کے لئے استعمال کیا جاتا ہے۔ موجودہ دور میں ہر قسم کے طبعی متغیرات کو برقراری اشارات میں تبدیل کر کے

<sup>۳۳</sup> instrumentation amplifier



شکل ۱.۲۵: جمع و منفی کار



شکل ۱.۲۶: آلاتی ایکلینیفار

ان پر کمپیوٹر کی مدد سے غور کیا جاتا ہے۔ آپ برقی قلبے نگار<sup>۳۴</sup> سے بخوبی واقف ہوں گے جو دل کے کارکردگی کے اشارات سے کھپت ہے۔ برقی قلبے نگار کو آلاتی ایکلینیفار کے مدد سے ہی سیاہ جاتا ہے۔<sup>۳۵</sup>

ان حساس اشارات کے حصول کے لئے زیادہ سے زیادہ والغہ برقی رکاوٹ<sup>۳۶</sup> والے ادوار استعمال کئے جاتے ہیں۔ ایسے ہی گہوں پر عسوماً آلاتی ایکلینیفار استعمال کیا جاتا ہے جس کا داخلی برقی رکاوٹ لامبہ و دو تصور کیا جاتا ہے۔ آلاتی ایکلینیفار کو شکل ۱.۲۶ میں دکھایا گیا ہے۔

اس دور میں  $v_1$  اور  $v_2$  داخلی اشارات ہیں۔ کسی بھی حسابی ایکلینیفار کے داخلی سروں پر برقی دباؤ برابر ہتا

<sup>۳۴</sup> ecg مورجن 21 مارچ 2014 کو میری بیٹی عفت بریمن نے انجینئر گاڑ کے آجسٹری سال کے پڑھائی کے دروان آلاتی ایکلینیفار سے برقی قلبے نگار بناتے ہوئے دل کی دھڑکن کے اشارات حاصل کئے۔  
<sup>۳۵</sup> input impedance

ہے۔ یوں  $v_1 = v_{k1} = v_{n1}$  اور  $v_{n2} = v_{k2} = v_2$  ہوگا۔ اس طرح مزاحمت  $R_1$  کے نیچے جناب سے پر برقی دباؤ کی قیمت  $v_2$  اور اس کے اوپر جناب سے پر برقی دباؤ کی قیمت  $v_1$  ہوگی۔ یوں  $R_1$  کے سروں کے مابین برقی دباؤ کی قیمت  $(v_2 - v_1)$  ہوگی اور اس میں برقی رو

$$(1.57) \quad i_{R_1} = \frac{v_2 - v_1}{R_1}$$

ہوگی۔

جوڑ  $v_{n1}$  پر کرخونے کے قانون برائے برقی رو لاؤ کرنے سے ثابت ہوتا ہے کہ اس جوڑ پر نسب  $R_2$  میں  $i_{R_1}$  کے برابر برقی رو گزرنے کی جھے شکل میں تیسرے نشان سے دکھایا گیا ہے۔ اسی طرح جوڑ  $v_{n2}$  پر کرخونے کے قانون سے ثابت ہوتا ہے کہ اس جوڑ پر نسب  $R_2$  میں بھی  $i_{R_1}$  گزرنے کی جھے تیسرے نشان سے دکھایا گیا ہے۔ اس طرح  $i_{R_1}$  تین سلسلہ وار جبڑی مزاحمت  $R_2$ ،  $R_1$  اور  $R_2$  سے گزرتی ہے۔ ان سلسلہ وار جبڑی مزاحمتوں کے آخری سروں کے مابین برقی دباؤ کو یوں لکھ سکتے ہیں۔

$$(1.58) \quad \begin{aligned} v_{o2} - v_{o1} &= i_{R_1} \times (R_2 + R_1 + R_2) \\ &= \frac{(v_2 - v_1)}{R_1} (R_1 + 2R_2) \\ &= \left(1 + \frac{2R_2}{R_1}\right) (v_2 - v_1) \end{aligned}$$

اس برقی دباؤ کو حنارتی جناب مخفی کار کو مہیا کیا جاتا ہے اور یوں

$$(1.59) \quad v_o = \frac{R_4}{R_3} (v_{o2} - v_{o1}) = \frac{R_4}{R_3} \left(1 + \frac{2R_2}{R_1}\right) (v_2 - v_1)$$

جو کہ آلاتی ایمپلیفائز کی در کار مساوات ہے۔

### مثال ۱.۸: ایک آلاتی ایمپلیفائز میں

$$R_1 = 500 \Omega \quad R_2 = 50 \text{k}\Omega$$

$$R_3 = 10 \text{k}\Omega \quad R_4 = 10 \text{k}\Omega$$

$$v_2 = 4 + 0.003 \sin \omega t$$

$$v_1 = 4 - 0.003 \sin \omega t$$

یہ۔ آلاتی ایمپلیفائز کے ہر جوڑ پر برقی دباؤ حاصل کریں۔ مشترک اشارہ رو کرنے کی صلاحیت  $CMRR$  حاصل کریں۔  
حل:

دونوں داخلی سروں پر یہاں بر قی دباؤ کو مشترک بر قی دباؤ کہتے ہیں جبکہ دونوں داخلی سروں کے مابین بر قی دباؤ کو تفریق بر قی دباؤ کہتے ہیں۔ یوں

$$\begin{aligned} v_{\text{مشترک}} &= 4 \text{ V} \\ v_{\text{تفریق}} &= 0.06 \sin \omega t \end{aligned}$$

ہیں۔ یوں انہیں

$$\begin{aligned} v_2 &= v_{\text{مشترک}} + \frac{v_{\text{تفریق}}}{2} \\ v_1 &= v_{\text{مشترک}} - \frac{v_{\text{تفریق}}}{2} \end{aligned}$$

لکھا جاسکتا ہے۔

جوڑ  $v_{n1}$  پر جبکہ جوڑ  $v_{n2}$  پر  $v_2$  پایا جائے گا۔ یوں  $R_1$  میں بر قی رو کی قیمت

$$I_{R1} = \frac{(4 + 0.003 \sin \omega t) - (4 - 0.003 \sin \omega t)}{500} = 12 \times 10^{-6} \sin \omega t$$

ہو گی۔ یوں مزاحمت  $R_2$  کے دوسرا سرو کے مابین بر قی دباؤ کی قیمت

$$12 \times 10^{-6} \sin \omega t \times 50 \times 10^3 = 0.6 \sin \omega t$$

ہو گی۔ نجیلے  $R_2$  میں بر قی رو کی سمت مزاحمت کے دوسرے سے بائیں سرے سے کی جانب ہے۔ یوں اس کا دیاں سر اشتبہت جبکہ بیان سر امتنی ہو گا۔ چونکہ ان سروں پر بر قی دباؤ کو  $v_{o2}$  اور  $v_{n2}$  کہا گیا ہے لہذا

$$v_{o2} - v_{n2} = 0.6 \sin \omega t$$

$$\begin{aligned} v_{o2} &= 4 + 0.003 \sin \omega t + 0.6 \sin \omega t \\ &= 4 + 0.603 \sin \omega t \end{aligned}$$

ہو گا۔ اسی طرح اپر والے  $R_2$  میں بر قی رو کی سمت  $v_{n1}$  سے  $v_{o1}$  کے جانب ہے لہذا

$$v_{n1} - v_{o1} = 0.6 \sin \omega t$$

$$\begin{aligned} v_{o1} &= 4 - 0.003 \sin \omega t - 0.6 \sin \omega t \\ &= 4 - 0.603 \sin \omega t \end{aligned}$$

حصہ ہو گا۔ یہاں رک کر نتائج پر غور کریں۔ مشترک اشارہ جوں کا توں ہے جبکہ تفریق اشارہ دونوں حناری سروں پر بڑھ گیا ہے۔ اور  $v_{o2}$  کو منی کار کے حوالے کیا جاتا ہے۔ منی کار کے مثبت داخلی سرو  $v_k$  پر کر خوف کے وسائلوں برائے بر قی روکھتے ہوئے

$$\begin{aligned} \frac{v_k - v_{o2}}{R_3} + \frac{v_k}{R_4} &= 0 \\ v_k &= \left( \frac{R_4}{R_3 + R_4} \right) v_{o2} \\ &= 2 + 0.3015 \sin \omega t \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے۔  $v_n$  اور  $v_k$  برابر ہونے کی وجہ سے  $v_n$  بھی بھی ہو گا۔ مندرجہ بالا جواب  $R_3$  اور  $R_4$  کو سلسلہ وار  $v_{02}$  اور بر قی زمین کے مابین حبڑا تصور کرتے ہوئے بر قی دباؤ کے تقسیم کی مساوات سے بھی حاصل ہوتا ہے۔ متفق کارکا خوارجی اشارہ

$$\begin{aligned} v_o &= \frac{R_4}{R_3} (v_{o2} - v_{o1}) \\ &= \frac{10000}{10000} [(4 + 0.603 \sin \omega t) - (4 - 0.603 \sin \omega t)] \\ &= 1.206 \sin \omega t \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے۔

چونکہ خوارجی اشارے میں مشترک اشارے کا نام و نشان تک نہیں لہذا مشترک افسزاش صفر کے برابر ہے یعنی  $A_m = 0$  جبکہ تفسیری افسزاش کو مندرجہ بالا مساوات سے یوں حاصل کیا جاتا ہے۔

$$A_d = \frac{v_o}{v_d} = \frac{1.206 \sin \omega t}{0.06 \sin \omega t} = 20.1 \frac{V}{V}$$

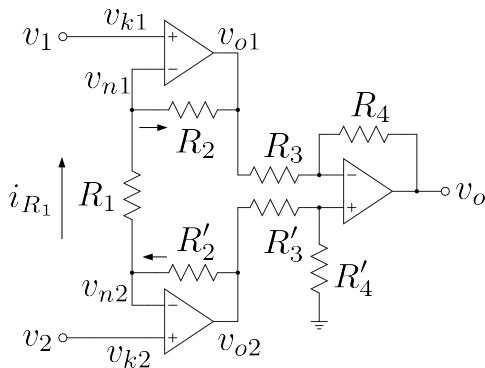
اس طرح مشترک اشارہ رد کرنے کی صلاحیت

$$CMRR = \frac{A_d}{A_m} = \infty$$

حاصل ہوتا ہے۔

اس مثال میں آلاتی ایکیپلینیاٹر نے مشترک اشارے کو مکمل رد کرتے ہوئے تفسیر اشارے کو 201 گناہ بڑھایا۔ یہاں اس بات پر توجہ دیتے ہوئے ڈھن نشین کریں کہ مساز ہمتوں کے قیمتیں جس طرح بھی کوئی جی بائیں  $v_{02}$  اور  $v_{01}$  میں کسی سورت بھی مشترک اشارہ بڑھتے نہیں۔ یہ جوں کا توں ان دو خوارجی سروں پر پایا جاتا ہے۔ آلاتی ایکیپلینیاٹر کا دوسرا حصہ یعنی مخفی کار  $v_{02}$  سے  $v_{01}$  متفق کرتے ہوئے مشترک اشارے کو مکمل طور درکردیتا ہے۔ تفسیر اشارے کو آلاتی ایکیپلینیاٹر کے دونوں حصے بڑھانے کی صلاحیت رکھتے ہیں۔ اگلے مثال میں ان حقائق پر مزید غور کیا جائے گا۔

آلاتی ایکیپلینیاٹر میں دونوں مسازاہت جنہیں  $R_2$  لکھا گیا ہے کے قیمتیں برابر کی جاتی ہیں۔ البتہ مسازاہت کے قیتوں میں عمنٹلی کی بنا پر ان کی قیمت  $(1 - (1 + \epsilon) R_2)$  ممکن ہوتی ہیں۔ مسازاہت کی قیمت میں  $\pm 1\%$  عمنٹلی کی صورت میں  $\epsilon = 0.01$  کے برابر ہو گا۔ شکل ۱.۲ میں آلاتی ایکیپلینیاٹر کو دوبارہ دکھاتے ہوئے ان حقائق کو واضح کیا گیا ہے جہاں ایک مسازاہت کو  $R_2$  جبکہ دوسرے کو  $R'_2$  لکھا گیا ہے۔ اسی طرح  $R_3$  اور  $R_4$  کو بھی دکھایا گیا ہے۔



شکل ۱.۲۷: آلاتی ایکلینیکر کی مثال

• شکل ۱.۲۷ کو استعمال کرتے ہوئے آلاتی ایکلینیکر کے مشترک افزاں  $A_m$  اور تفرق افزاں  $A_d$  کے مساوات حاصل کریں۔

• مزاحمت کی قیمت مکمل طور درست ہونے کی صورت میں  $A_m = 0$  اور  $\infty$  اور  $\pm 1\%$  مزاحمت استعمال کرتے ہوئے مشترک اشارہ رد کرنے کی صلاحیت CMRR کی کمتر قیمت کی ممکن ہے۔

$$\begin{aligned} R_1 &= 10 \text{ k}\Omega & R_2 &= R'_2 = 100 \text{ k}\Omega \\ R_3 &= R'_3 = 10 \text{ k}\Omega & R_4 &= R'_4 = 10 \text{ k}\Omega \end{aligned}$$

•  $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$  کر دینے سے جواب کیا حاصل ہوتا ہے۔

• مزاحمت کے ان قیتوں سے مشترک اشارہ رد کرنے کی صلاحیت CMRR کی کمتر قیمت کی ممکن ہے۔

$$\begin{aligned} R_1 &= 10 \text{ k}\Omega & R_2 &= R'_2 = 10 \text{ k}\Omega \\ R_3 &= R'_3 = 10 \text{ k}\Omega & R_4 &= R'_4 = 100 \text{ k}\Omega \end{aligned}$$

حل:

• مشترک اشارے کو  $v_c$  جبکہ تفرق اشارے کو  $v_d$  لکھتے ہوئے

$$\begin{aligned} v_2 &= v_c + \frac{v_d}{2} \\ v_1 &= v_c - \frac{v_d}{2} \end{aligned}$$

لیتے ہوئے حل کرتے ہیں۔

• آلاتی ایمپلیکیٹر کے پہلے حصے کے لئے تم کہ سکتے ہیں۔

$$\begin{aligned}
 i_{R1} &= \frac{v_{n2} - v_{n1}}{R_1} = \frac{v_2 - v_1}{R_1} \\
 v_{o2} &= v_{n2} + i_{R1} R'_2 = \left(1 + \frac{R'_2}{R_1}\right) v_2 - \frac{R'_2}{R_1} v_1 \\
 &= \left(1 + \frac{R'_2}{R_1}\right) \left(v_c + \frac{v_d}{2}\right) - \frac{R'_2}{R_1} \left(v_c - \frac{v_2}{2}\right) \\
 (1.20) \quad &= v_c + \left(\frac{1}{2} + \frac{R'_2}{R_1}\right) v_d \\
 v_{o1} &= v_{n1} - i_{R1} R_2 = -\frac{R_2}{R_1} v_2 + \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) v_1 \\
 &= -\frac{R_2}{R_1} \left(v_c + \frac{v_d}{2}\right) + \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \left(v_c - \frac{v_2}{2}\right) \\
 &= v_c - \left(\frac{1}{2} + \frac{R_2}{R_1}\right) v_d
 \end{aligned}$$

آلاتی ایمپلیکیٹر کے دوسرے حصے کو مساوات ۳.۵۳ ابیان کرتا ہے جس میں مزاحمتوں کے موجودہ نام استعمال کرتے ہوئے یہاں دوبارہ پیش کرتے ہیں۔

$$v_o = \left( \frac{1 + \frac{R_4}{R_3}}{1 + \frac{R'_3}{R'_4}} \right) v_{o2} - \frac{R_4}{R_3} v_{o1}$$

اس میں مساوات ۳.۲۰ کا استعمال کرتے ہوئے

$$\begin{aligned}
 v_o &= \left( \frac{1 + \frac{R_4}{R_3}}{1 + \frac{R'_3}{R'_4}} \right) \left[ v_c + \left( \frac{1}{2} + \frac{R'_2}{R_1} \right) v_d \right] - \frac{R_4}{R_3} \left[ v_c - \left( \frac{1}{2} + \frac{R_2}{R_1} \right) v_d \right] \\
 &= \left[ \frac{1 + \frac{R_4}{R_3}}{1 + \frac{R'_3}{R'_4}} - \frac{R_4}{R_3} \right] v_c + \left[ \left( \frac{1 + \frac{R_4}{R_3}}{1 + \frac{R'_3}{R'_4}} \right) \left( \frac{1}{2} + \frac{R'_2}{R_1} \right) + \frac{R_4}{R_3} \left( \frac{1}{2} + \frac{R_2}{R_1} \right) \right] v_d \\
 &= A_c v_c + A_d v_d
 \end{aligned}$$

جہاں

$$A_c = \frac{1 + \frac{R_4}{R_3}}{1 + \frac{R'_3}{R'_4}} - \frac{R_4}{R_3} = \frac{1 + \frac{R_4}{R_3} - \frac{R_4}{R_3} - \frac{R'_3 R_4}{R'_4 R_3}}{1 + \frac{R'_3}{R'_4}} = \frac{1 - \frac{R'_3 R_4}{R'_4 R_3}}{1 + \frac{R'_3}{R'_4}}$$

$$A_d = \left( \frac{1 + \frac{R_4}{R_3}}{1 + \frac{R'_3}{R'_4}} \right) \left( \frac{1}{2} + \frac{R'_2}{R_1} \right) + \frac{R_4}{R_3} \left( \frac{1}{2} + \frac{R_2}{R_1} \right)$$

ہیں۔

- کمتر CMRR اس وقت حاصل ہوگی جب مشترک افناش بند تر جبکہ تفرق افناش کمتر ہو یعنی

$$CMRR_{کمتر} = \left| \frac{A_d}{A_c} \right|$$

$A_c$  کی بند تریمت اس وقت حاصل ہوگی جب  $\frac{R'_3 R_4}{R'_4 R_3}$  کم ہو یعنی

$$R'_4 = (1 + 0.01) 10000 = 10100$$

$$R'_3 = (1 - 0.01) 10000 = 9900$$

$$R_4 = (1 - 0.01) 10000 = 9900$$

$$R_3 = (1 + 0.01) 10000 = 10100$$

ای طرح  $A_d$  کی کمتریمت اس وقت حاصل ہوگی جب

$$R1 = (1 + 0.01) 10000 = 10100$$

$$R'_2 = (1 - 0.01) 100000 = 99000$$

$$R_2 = (1 - 0.01) 100000 = 99000$$

ہوں۔ ان سے

$$CMRR_{کمتر} = 1030$$

حاصل ہوتا ہے۔

کرنے سے  $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$  •

$$CMRR_{کمتر} = 9852$$

ہو جاتا ہے۔

• ان نئے قیتوں سے

$$\begin{aligned}
 R'_4 &= (1 + 0.01) 100000 = 101000 \\
 R'_3 &= (1 - 0.01) 10000 = 9900 \\
 R_4 &= (1 - 0.01) 100000 = 99000 \\
 R_3 &= (1 + 0.01) 10000 = 10100 \\
 R1 &= (1 + 0.01) 10000 = 10100 \\
 R_2 &= R'_2 = (1 - 0.01) 10000 = 9900
 \end{aligned}$$

اور

$$CMRR = 814$$

حاصل ہوتا ہے۔

اس مثال میں دو حقائق سامنے آئے۔ پہلا یہ کہ  $A_d$  بڑھانے سے CMRR کی کمتر قیمت بڑھتی ہے۔ دوسری یہ ہے کہ آلاتی ایمپلیفائز کے  $A_d$  کو بہلے ہے سے حاصل کرنا زیادہ بہتر ہے۔

## ۱.۶ حسابی ایمپلیفائز کا ناقص پن

اب تک حسابی ایمپلیفائز پر مبنی جستنے بھی ادوار پر غور ہوا، ان تمام میں حسابی ایمپلیفائز کو کامل تصور کیا گیا۔ اس حصے میں غیر کامل حسابی ایمپلیفائز پر غور کیا جائے گا۔

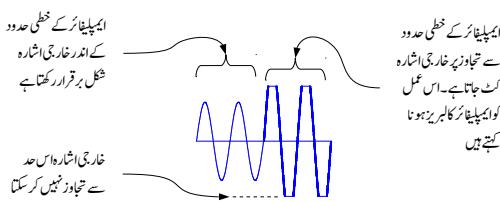
### ۱.۶.۱ حسابی ایمپلیفائز کا سبیریز ہونا

حسابی ایمپلیفائز کا  $v_0$  ہر صورت مساوات  $1.3$  میں دیے گئے حدود کے اندر رہتا ہے۔  $v_0$  ان حدود سے تجاوز کرنے کی کوشش کرتے ہی غیر خطی صورت اختیار کر لیتی ہے۔ حسابی ایمپلیفائز کے اس غیر خطی عمل کو حسابی ایمپلیفائز کا لبیز<sup>۲۲</sup> ہونا کہتے ہیں۔ شکل ۱.۲۸ میں یہ عمل دکھایا گیا ہے۔

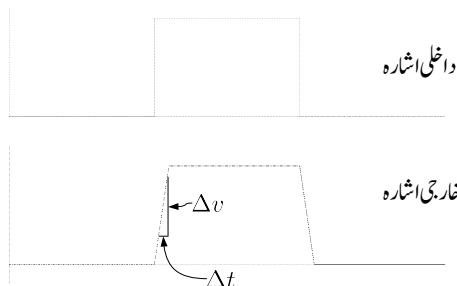
### ۱.۶.۲ حسابی ایمپلیفائز کی رفتار حوال

کوئی بھی اشارہ لا محظوظ و رفتارے تبدیل نہیں ہو سکتے۔ یہی حسابی ایمپلیفائز کے حسارتی اشارے کے لئے بھی درست ہے۔ اگر حسابی ایمپلیفائز کو مستطیلی اشارہ بطور داحشی اشارہ فراہم کیا جائے تو اس کا حسارتی اشارہ ترچھی شکل کا ہو گا۔ آئین اس عمل کو مستحکم کارکی مدد سے سمجھیں۔ اگر مسحکم کارکا شکل ۱.۲۹ میں دکھایا مستطیلی داحشی اشارہ فراہم کیا جائے تو اس کا حسارتی اشارہ ترچھا ہو گا۔ حسارتی اشارے کو کسی ایک بر قی دباؤ سے کسی دوسرے بر قی دباؤ کو حاصل کرنے کے

<sup>۲۲</sup> saturation



شکل ۱.۲۸: حسابی ایکلینیکر کا سبریز ہونا



شکل ۱.۲۹: حسابی ایکلینیکر کا رفتار چال

لئے وقت درکار ہوتا ہے۔ حناری اشارہ جس رفتار سے حرکت کرتا ہے اسے حسابی ایکلینیکر کا رفتار چال<sup>۷۷</sup> پکارا جاتا ہے۔ گا۔ رفتار چال کی وضاحت شکل میں کی گئی ہے۔ رفتار چال کو عموماً دو اسے فی مائیکرو سیکنڈ  $\frac{V}{\mu s}$  لکھا جاتا ہے۔

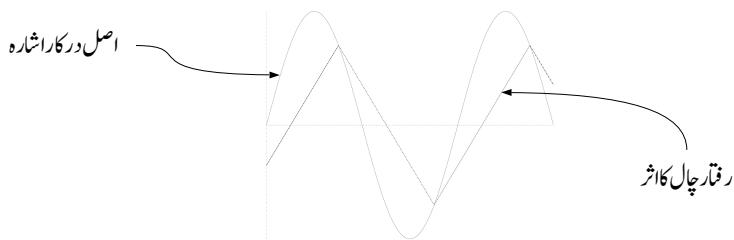
$$(1.21) \quad \text{رفتار چال} = \left| \frac{\Delta v}{\Delta t} \right|$$

سانس اشارہ  $V_p \sin \omega t$  کے تفرقی کی زیادہ سے زیادہ قیمت  $t = 0$  پر پائی جاتی ہے یعنی

$$\left. \frac{dv_s}{dt} \right|_{t=0} = \omega V_p \cos \omega t \Bigg|_{t=0} = \omega V_p$$

جب تک یہ مقدار حسابی ایکلینیکر کے رفتار چال<sup>۷۸</sup> سے کم ہو اس وقت تک حسابی ایکلینیکر خوش اسلوبی سے اس اشارے کو حنارج کرے گا۔ جیسے ہی یہ مقدار رفتار چال<sup>۷۸</sup> سے بڑھ جائے، حسابی ایکلینیکر کے حناری اشارے میں خلل پیدا ہو جائے گا۔ حسابی ایکلینیکر کے رفتار چال<sup>۷۸</sup> کو اس کی پوری طاقت پر تعددی دائرہ کارکردگی<sup>۷۹</sup> کی شکل میں یوں بیان

slew rate<sup>۷۷</sup>  
full power band width<sup>۷۸</sup>



شکل ۱.۳۰: رفتار چال کا اثر

کیا جاتا ہے

$$(1.22) \quad \omega_{\text{رفتار چال}} = \frac{\text{رفتار چال}}{V_p}$$

$$(1.23) \quad f_{\text{رفتار چال}} = \frac{\text{رفتار چال}}{2\pi V_p}$$

جہاں  $V_p$  حابی ایکلینیائز کی زیادہ تکمیل ہناری برقی دباؤ ہے۔ کم برقی دباؤ حسарج کرتے ہوئے اس تعداد کی قیمت بڑھ جاتی ہے۔ یوں  $V_0$  برقی دباؤ حسارج کرتے ہوئے

$$(1.24) \quad \omega_{\text{رفتار چال}} = \frac{\text{رفتار چال}}{V_0}$$

ہوگا۔ شکل ۱.۳۰ میں حناری اشارے پر رفتار چال کا اثر دکھایا گیا ہے۔ یہ اشارہ اپنی اصل صورت کو کر تکونی شکل اختیار کر گیا ہے جہاں تکون کے اطراف سے بلند اور پست ہو رہے ہیں۔

مثال ۱.۲۰: ایک حابی ایکلینیائز جس کی رفتار چال  $\frac{V}{\mu s} = 100$  ہے کامنگم کا رہنمایا جاتا ہے جسے نہیں کم دورانیے والے 5V چوٹی کے موٹا مستقلی پتے اشارات<sup>۴۹</sup> مہیا کئے جاتے ہیں۔

- اشارے کے چوٹی کی کم سے کم دورانیے  $t_p$  دریافت کریں جس پر حناری اشارہ بھی 5V تک پہنچتا ہے۔
- اگر دو خلی اشارہ متواتر تبدیل ہوتے ہوئے حاصل کردہ دورانیے  $t_p$  کے لئے 5V اور اتنے بھی دورانیے کے لئے 0V پر رہتا ہو تو حناری اشارے کی شکل کیا ہوگی۔

حل:

pulses<sup>۴۹</sup>

۰ رفتار پال کے مطابق حنارجی اشارہ ایک مائیکرو سینٹر میں سو ولٹ حاصل کرنے کی صلاحیت رکھتا ہے پانچ ولٹ حاصل کرنے کے لئے یوں  $50 \text{ ns}$  درکار ہیں۔ داخنی اشارے کی چوتھی کم سے کم  $50 \text{ ns}$  کے لئے برقرار رہے گی تو مسئلہ کارکا حنارجی اشارہ بھی پانچ ولٹ تک بیفج جائے گا۔

۰ اس صورت میں جیسے ہی حنارجی اشارہ پانچ ولٹ پر بیچتا ہے اسی لمحے داخنی اشارہ صفر ولٹ ہو جاتا ہے اور یوں حسابی ایکپلینائز کا حنارجی اشارہ  $\frac{V}{\mu s} 100$  کے رفتار سے اب  $V$  سے  $0V$  کی جانب روشن ہوتا ہے۔ یوں حنارجی اشارہ تکونی شکل کا ہو گا جو متواتر  $50 \text{ ns}$  لیتے ہوئے  $V$  تک اور اسی طرح  $50 \text{ ns}$  لیتے ہوئے  $0V$  کے درمیان ارتھا شکل کرتا رہے گا۔

مثال ۱.۲۱: ایک منفی حسابی ایکپلینائز  $\omega t$  کا اشارہ  $0.1 \sin \omega t$  کا اشارہ تیس گناہ بھاتا ہے۔ اگر حسابی ایکپلینائز کا رفتار پال  $\frac{V}{\mu s} 1000$  ہوتا ہے بلند ترین تعداد حاصل کریں جس پر حنارجی اشارہ نہ گلے۔

$$\text{حل: حنارجی اشارہ } 0 = 3 \sin \omega t - 3 \text{ کا تیزترین رفتار}$$

$$|-3\omega \cos \omega t|_{t=0} = 3\omega$$

ہے۔ یوں

$$f = \frac{1000 \times 10^6}{2 \times \pi \times 3} = 53 \text{ MHz}$$

وہ بلند ترین تعداد ہے جس کے اشارے کو ایکپلینائز بالکل درست خارج کر سکتا ہے۔

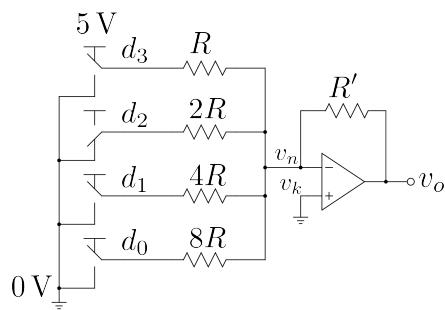
## ۷۔ عددی اشارے سے ماثلی اشارے کا حصول

شکل ۱.۳۱ میں عددی اشارے سے ماثل اشارہ حاصل کرنے والا درکھایا گیا ہے جسے ہم عددی سے ماثل کارڈ کہیں گے۔ اس دور کے حپار داخنی اشارات  $d_3$  اور  $d_0$  میں بنیں افسرا دی طور پر بر قی زمین ۰V یا بثت بر قی  $5V$  کے ساتھ جوڑا جاسکتا ہے۔ شکل میں  $V = 0V$  پر جبکہ  $d_0$  اور  $d_3$  کو  $5V$  پر درکھایا گیا ہے۔ آئیں اس دور کو حل کرتے ہیں۔

$$v_k = 0$$

$$\frac{v_n - d_3}{R} + \frac{v_n - d_2}{2R} + \frac{v_n - d_1}{4R} + \frac{v_n - d_0}{8R} + \frac{v_n - v_o}{R'} = 0$$

$$v_0 = -\frac{R'}{8R} (8d_3 + 4d_2 + 2d_1 + d_0)$$



شکل ۱.۳۱: چار بیت کا عدد دی سے ماثل کار

جسے یوں بہتر طریقے سے لکھا جاسکتا ہے۔

$$(1.25) \quad v_0 = -\frac{R'}{8R} (2^3 d_3 + 2^2 d_2 + 2^1 d_1 + 2^0 d_0)$$

اعداد سے ماثل کار عدد دی متغیرہ ایتے ہوئے اس کا ماثل متغیرہ خارج کرتا ہے۔ عدد دی متغیرات کو دہراتے نظام اعداد میں لکھا جاتا ہے۔ دہراتے نظام اعداد کے دو ہی ہندسے ہیں یعنی 0 (صفر) اور 1 (ایک)۔ 0 کو 0 V اور 1 کو 5 V سے ظاہر کیا جاتا ہے۔  $d_3 d_2 d_1 d_0$  کے ٹکڑے ہوتے ہیں چار بیت کا عدد حاصل ہوتا ہے۔ یوں شکل میں دکھائی صورت

$$d_3 d_2 d_1 d_0 = 1011_2$$

کو ظاہر کرنی ہے جو کہ اعشاری نظام فکٹری میں گیارہ  $11_{10}$  کے برابر ہے۔

اگر تمام دھنی دھراتے ہندسے صفر کر دیے جائیں تو مساوات ۱.۲۵ کے مطابق عدد دی سے ماثل کار  $v_o = 0 V$  خارج کرے گا جبکہ اگر تمام دھنی دھراتے ہندسے ایک کر دیے جائیں یعنی انہیں 5 V سے ظاہر

digital<sup>۴۱</sup>  
analog<sup>۴۲</sup>  
binary number system<sup>۴۳</sup>  
bit<sup>۴۴</sup>  
decimal number system<sup>۴۵</sup>

کیا جائے تب دوں

$$\begin{aligned}
 v_0 &= -\frac{R'}{8R} \left( 2^3 \times 5 + 2^2 \times 5 + 2^1 \times 5 + 2^0 \times 5 \right) \\
 &= -\frac{R'}{8R} \left( 2^3 + 2^2 + 2^1 + 2^0 \right) \times 5 \\
 &= -\frac{R'}{8R} (8 + 4 + 2 + 1) \times 5 \\
 &= -\frac{R'}{8R} \times 75
 \end{aligned}$$

خارج کرے گا۔

R' اور R کی قیمت سے درکار قیمت تینیں کی جاسکتی ہے۔ مثلاً  $\frac{8R}{15}$  رکھتے ہوئے متدرج بala مساوات کے مطابق عددی سے ماثل کار  $v_0 = -5V$  خارج کرے گا۔ چونکہ  $d_3$  کے پار ہندسوں پر مبنی درجہ عددی 16 سے مختلف قیمتیں ظاہر کر سکتا ہے لہذا عددی سے ماثل کار صفر دوں تا مقی پانچ دوں سولہ مختلف قیمتیں خارج کر سکتا ہے۔

عددی سے ماثل کار میں اسی طرز پر مزید اخنی اشارات جوڑتے ہوئے زیادہ ہندسوں کا عددی سے ماثل کار بنایا جاتا ہے۔

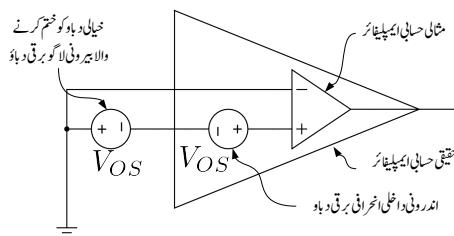
مثال ۷.۲۲:  $R' = \frac{8R}{15}$  رکھتے ہوئے  $d_3d_2d_1d_0$  کی قیمت  $1010_2$  ہونے کی صورت میں عددی سے ماثل کار کی ترقی دباو خارج کرے گا۔ حل:

$$\begin{aligned}
 v_0 &= -\frac{R'}{8R} \left( 2^3 \times 5 + 2^2 \times 0 + 2^1 \times 5 + 2^0 \times 0 \right) \\
 &= -\frac{R'}{8R} \left( 2^3 + 2^1 \right) \times 5 \\
 &= -3.333 V
 \end{aligned}$$

### ۷.۱۔ یک سمیت اندر وی دا خنلی اخیر اف بر قی دباو کا مسئلہ

اگر کامیل حسابی ایکپیٹنائز کے دونوں دا خنلی سرے آپس میں جوڑ کر انہیں بر قی زمین کے ساتھ جوڑا جائے، یعنی  $v_k = v_n = 0$  کر دیا جائے، تو ہم تو قرئے ہیں کہ اس کا حناری اشارہ صفر دوں کا ہو گا، یعنی  $v_o = A_d v_d = 0$  ہو گا۔ حقیقت میں ایسا نہیں ہوتا اور عسموماً اس طرح جبڑا حسابی ایکپیٹنائز بیشتر یا منفی جواب لے رہا یا جواب نہیں لے رہا۔

<sup>۱۹</sup> اس مسئلہ کے پیدا ہونے کی وجہت پر حصہ ۱.۵ میں تفصیل تصریح کیا جائے گا۔



شکل ۱.۳۲: داخلي اخترافي برقي دباؤ اور اس کا حساب

حسابي ایکلپیٹنائزر کے  $V_0$  کو صفر دو لئے پرالانے کی حرطہ حسابي ایکلپیٹنائزر کے دونوں داخلي سروں کے مابین برقي دباؤ  $V_{OS}$  مہیا کرنا پڑتا ہے۔

اس حقیقت کو یوں بھی بیان کیا جاسکتا ہے کہ حسابي ایکلپیٹنائزر میں پوری کوشش کے باوجود اسے کامل بنانا ممکن ہوتا ہے اور اس میں کچھ کی رہ جاتی ہے جس کی وجہ سے اس کا عمل یوں پایا جاتا ہے جیسے اس کے داخلي سروں کے مابین برقي دباؤ  $V_{OS}$  جبڑی ہو۔ اس خیالی برقي دباؤ  $V_{OS}$  کو ختم کرنے کی حرطہ ہمیں اتنی، مگر اسٹر علامت والی، برقي دباؤ  $V_{OS}$  اس کے دونوں داخلي سروں کے مابین فراہم کرنی پڑتی ہے۔ اس خیالی برقي دباؤ کو اندرونی دالٹی اخترافی برقی دباؤ<sup>۴۴</sup> کہتے ہیں۔ شکل ۱.۳۲ میں اس کی وضاحت کی گئی ہے۔

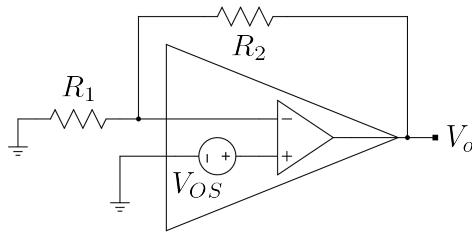
اندرونی داخلي اخترافی برقي دباؤ کی موجودگی غیر پسندیدہ حقیقت ہے جسے ختم کرنے کی تسام تکو شش کی جاتی ہے۔ حسابي ایکلپیٹنائزر بنانے والے صحت کارپئے بنائے گے حسابي ایکلپیٹنائزر میں پائے جانے والے اندرونی داخلي اخترافی برقي دباؤ کے حدود کی معلومات فراہم کرتے ہیں۔ یہ حدود عوسمًا  $\pm 1\text{mV}$  تا  $\pm 5\text{mV}$  کے ہوتے ہیں۔ اندرونی داخلي اخترافی برقي دباؤ کا تجربہ قبل از استعمال اس کا جائزہ نہیں ہوتا۔ اندرونی داخلي اخترافی برقي دباؤ کا تجربہ لگانے کی حرطہ بیشتر ایکلپیٹنائزر استعمال کیا جاسکتا ہے۔ شکل ۱.۳۳ میں اسے دکھایا گیا ہے۔ اس شکل میں مثبت سرے کو برقي زمین کے ساتھ جوڑا گیا ہے۔ مزاحمت  $R_2$  کی قیمت کو  $R_1$  کی قیمت سے اتنا بڑا لکھا جاتا ہے کہ حنری سرے پر چند دوالے کی مدت برقي دباؤ  $V_{OS}$  پیا جائے۔ اس دور میں اندرونی داخلي اخترافی برقي دباؤ کو بطور داخلي اشارہ استعمال کیا گیا ہے۔ اگر اس اندرونی داخلي اخترافی برقي دباؤ کی قیمت  $V_{OS}$  ہو تو بشدت ایکلپیٹنائزر کے لئے یوں لکھا جاسکتا ہے۔

$$(1.24) \quad V_o = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) V_{OS} = \frac{(R_1 + R_2)}{R_1} V_{OS}$$

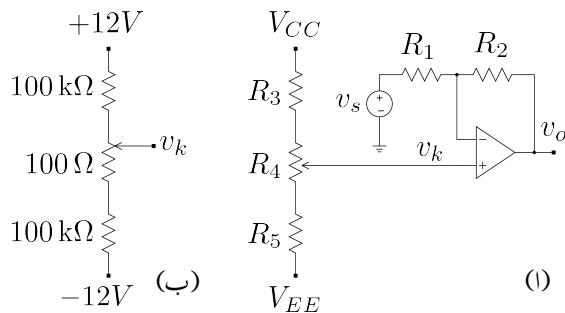
اس مساوات میں  $V_{OS}$  کے علاوہ تمام متغیرات ہمیں معلوم ہیں۔ یوں ان سے  $V_{OS}$  حاصل کی جا سکتی ہے یعنی

$$(1.27) \quad V_{OS} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_o$$

input offset voltage<sup>۴۴</sup>



شکل ۱.۳۲: داخلي انحرافی برقي دباؤ کی پیمائش



شکل ۱.۳۳: داخلي انحرافی برقي دباؤ سے پاک، منفی ایمپلیفایر

شکل ۱.۳۳ میں اندروںی داخلي انحرافی برقی دباؤ کے اثر کو حستم کر کے منفی ایمپلیفایر کا استعمال دکھایا گیا ہے۔ ایسے ادوار میں  $R_3$  اور  $R_5$  کی قیمتیں کئی کلواہم  $\text{k}\Omega$  ہوتی ہیں جبکہ متغیر مزاجت  $R_4$  کی قیمت اتنی رکھی جاتی ہے کہ اس کے درمیانی پنیا سے متاہل حصول برقی دباؤ کا استعمال کردہ حسابی ایمپلیفایر کے اندروںی داخلي انحرافی برقی دباؤ  $V_{OS}$  کے حدود سے متدر زیادہ ہو۔ ایسے متغیر مزاجت پر چیز نسبہ ہوتا ہے جسے گھماتے ہوئے حسابی ایمپلیفایر کے حنارتی اشارے  $V_o$  کو صفر رولٹ کرتے ہوئے اندروںی داخلي انحرافی برقی دباؤ کے اثر کو حستم کیا جاتا ہے۔

مثال ۱.۲۳: اگر شکل ۱.۳۲ میں

$$V_{CC} = 12 \text{ V} \quad V_{EE} = -12 \text{ V} \quad V_{OS} = 2 \text{ mV}$$

ہیں۔ داخلي انحرافی برقی دباؤ کے حنارتے کے لئے درکار مزاجت  $R_3$ ,  $R_4$  اور  $R_5$  منتخب کریں۔ حل: چونکہ داخلي انحرافی برقی دباؤ کی قیمت معلوم ہونے کے باوجود اس کا رج معلوم نہیں ہوتا لہذا ہمیں ان مزاجت کو یوں منتخب کرنا ہو گا کہ  $R_4$  تبدیل کرتے ہوئے ہم  $-2 \text{ mV} - 2 \text{ mV} = 4 \text{ mV}$  کی تبدیلی

حاصل کر سکیں۔ ہم  $R_3 = R_5 = 100 \text{ k}\Omega$  کی قیمت حاصل کرتے ہیں۔

$$(+12 - (-12)) \times \left( \frac{R_4}{R_3 + R_4 + R_5} \right) = 0.004$$

$$24 \times \left( \frac{R_4}{200000 + R_4} \right) = 0.004$$

$$R_4 = 33.34 \Omega$$

ہم اس سے فدر زیادہ مسماحت منتخب کرتے ہیں مثلاً  $\Omega = 100$  -  $R_4$

آئین دیکھیں کہ ان تینوں سے  $v_k$  میں کن حدود کے مابین تباہی ممکن ہے۔  $R_4$  کے متغیر سے کو ایک جانب پورا گھس کر شکل الف میں دکھایا گیا ہے۔ اس صورت میں کر خوف کے متاثر برقراری مدد کے ہم لکھ کر تے ہیں

$$\frac{v_k - V_{CC}}{R_3} + \frac{v_k - V_{EE}}{R_4 + R_5} = 0$$

$$\frac{v_k - 12}{100000} + \frac{v_k + 12}{100 + 100000} = 0$$

$$v_k = 5.99 \text{ mV}$$

اسی طرح اگر  $R_4$  کو دوسری جانب پورا گھس یا جائے تو

$$\frac{v_k - V_{CC}}{R_3 + R_4} + \frac{v_k - V_{EE}}{R_5} = 0$$

$$\frac{v_k - 12}{100000 + 100} + \frac{v_k + 12}{100000} = 0$$

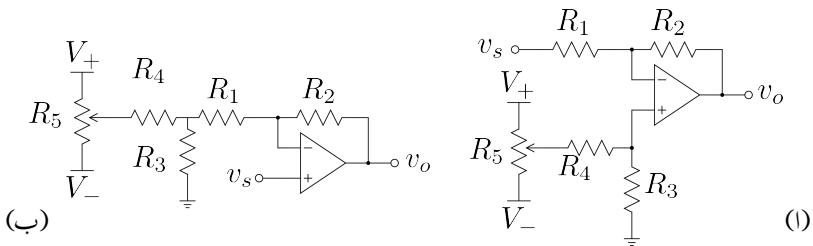
$$v_k = -5.99 \text{ mV}$$

حاصل ہوتا ہے۔ موجودہ مثال میں حابی ایکلینیاٹر کا داخلی انحرافی برقراری دباؤ  $-2 \text{ mV}$  اور  $2 \text{ mV}$  کے مابین کہیں پر بھی ہو سکتا ہے۔ حابی ایکلینیاٹر کا داخلی اشارہ  $v_s = 0$  رکھتے ہوئے اس کے خارجی اشارے  $v_o$  پر نظر رکھ کر  $R_4$  کو اس مقام پر لایا جاتا ہے جہاں  $v_o = 0$  حاصل ہو۔  $R_4$  کو اسی قیمت پر بکاچھوڑ دیا جاتا ہے۔

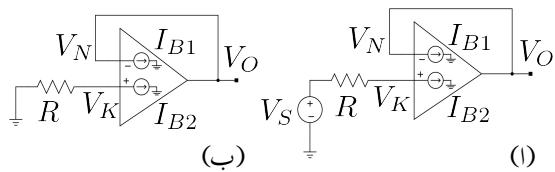
شکل ۱.۳۵ میں داخلی انحرافی برقراری دباؤ سے پاک منفی اور مثبت ایکلینیاٹر دکھائے گئے ہیں۔ ان ادوار میں  $R_3 = \pm 8 \text{ mV}$  اور  $V_+ = 12 \text{ V}$ ,  $V_- = -12 \text{ V}$ ,  $R_5 = 50 \text{ k}\Omega$ ,  $R_4 = 150 \text{ k}\Omega$ ,  $100 \Omega$  کی صورت میں کے داخلی انحرافی برقراری دباؤ کا حاتم ممکن ہو گا۔

### ۱.۷.۲ داخلی برقراری روکا مسئلہ

اگرچہ حابی ایکلینیاٹر کی داخلی برقراری  $I_B$  کی قیمت عموماً اقبال نظر انداز ہوتی ہے البتہ کبھی کبھی نہیں۔ حاسس یا باریکے اشارات کی قیمت بھی  $I_B$  کے لگ بھگ ہوتی ہے۔ ایسی صورت میں  $I_B$  کو نظر انداز کرنا



شکل ۷.۳۵: داخلي اخراجي برقي داوسے پاک - ايمپليفاير



شکل ۷.۳۶: داخلي برقي روکا مسئلہ

مکن نہیں ہوتا۔ اس طرح کے محبوبری کے علاوہ بھی ادوار بنتے وقت اگر  $I_B$  کو مد نظر رکھا جائے تو کچھ حسرج نہیں۔ داخلي برقي روکيے سمت نويت کا ہوتا ہے۔ حالي ايمپليفاير کے درست کارکدگي کے لئے یہ ضروري ہے کہ اس کے دونوں داخلي سروں پر يك سمت برقي روکے لئے راستہ موجود ہو۔ آئين دیکھتے ہیں کہ اس  $I_B$  کے بارے میں عموماً کسی کیا جاتا ہے۔

حالي ايمپليفاير کی اندر ورنی ساخت کی وجہ سے اس کے داخلي سروں پر يك سمت برقي روکا جاتا ہے۔ مزید یہ کہ دونوں داخلي سروں پر برقي روکارخ یا یک ہی سمت میں ہوتا ہے۔ اگر کسی ایک قائم کے ايمپليفاير میں برقي روکا جاتا ہے۔ اس داخلي سروں پر اندر کی جانب ہو تو کسی دوسرے قائم کے ايمپليفاير میں دونوں يك سمت داخلي برقي روکارخ پاک کی جانب ہو سکتا ہے۔ اس داخلي برقي روکے داعلی میلا خبرقی رو<sup>۸</sup> کہتے ہیں کہ متصادر کارکدار ايمپليفاير کی ساخت پر ہوتا ہے۔ شکل ۷.۳۶ الف میں مسکم کارکھا یا گیا ہے جیسا حالي ايمپليفاير کے داخلي برقي روکارخ  $I_{B1}$  اور  $I_{B2}$  کو منع مستقل برقي رو<sup>۹</sup> تصور کیا گیا ہے۔ يك سمت داخلي اشارہ  $V_S$  کی قیمت ضرور ہونے کی صورت میں شکل الف حاصل ہوتا ہے۔ مسکم کارکی حنایت یہ ہے کہ یہ داخلي اشارہ کو بغیر تبدیلی خارج کرتا ہے۔ یہاں ہم توقع رکھتے ہیں کہ  $V_S = 0$  کی صورت میں  $V_O = 0$  ہو گا مگر ایسا نہیں ہوتا۔ شکل الف پر غور کرنے سے معلوم ہوتا ہے

input bias current<sup>۸</sup>  
constant current source<sup>۹</sup>

کہ داخلی برقی روکی وحہ سے

$$V_K = -I_{B2}R$$

حاصل ہوتا ہے۔  $V_N = V_K$  ہونے سے

$$(1.48) \quad V_O = -I_{B2}R$$

حاصل ہو گا۔ جیسا کہ پہلے ذکر ہوا، چونکہ عام حالات میں داغلہ میلانہ برقہ روکی قیمت نہیں کم ہوتی ہے لہذا اس برقی روکوں میانے انداز کرنا ممکن ہوتا ہے۔ اس وقت ہم کوئی ایسی ترکیب جانا چاہیں گے کہ نافیں نظر انداز داغلہ میلانہ برقہ روکی صورت میں یہ دور  $0 = V_O$  خارج کرے۔

شکل ۱.۳۷ میں مسکم کار کو ذرا تبدیل کرتے ہوئے اس میں مزاحمت  $R_1$  شامل کیا گی ہے۔ مسکم کار کی کارکردگی ایسا کرنے سے ہرگز مرتضیٰ نہیں ہوتی۔ اس دور میں بھی

$$V_K = -I_{B2}R$$

اور

$$V_N = V_K = -I_{B2}R$$

حاصل ہوتا ہے۔ البتہ  $R_1$  پر اوہم کے قانون سے

$$V_O - V_N = I_{B1}R_1$$

لکھا جا سکتا ہے جس سے

$$V_O = V_N + I_{B1}R_1$$

حاصل ہوتا ہے۔ اگر دونوں داغلہ میلانہ برقہ روکے قیمتیں برابر ہوں ( $I_B = I_{B1} = I_{B2}$ ) تو اس مساوات کو یوں لکھ سکتے ہیں۔

$$V_O = -I_B R + I_B R_1$$

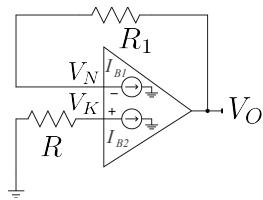
دور میں

$$(1.49) \quad R_1 = R$$

لیئے سے  $V_O = 0$  حاصل ہوتا ہے یعنی

$$V_O = -I_B R + I_B R = 0$$

پس ہم نے دیکھا کہ دور میں دونوں دخول پر یک سمت برقی روکے لئے برابر مزاحمت نسب کرنے سے داغلہ میلانہ برقہ روکا مسئلہ حل ہو جاتا ہے۔



### شکل ۱.۳: دا خنلي برقي روکے مسئلے کا حل

The diagram illustrates the circuit structure of an Operational Transconductance Amplifier (OTA). It consists of two main stages: the Input Stage (I) and the Output Stage (O).

**Input Stage (I):** This stage is a differential pair with transistors \$R\_1\$ and \$R\_2\$. The non-inverting input \$V\_N\$ is connected to the drain of the top transistor \$R\_1\$, and the inverting input \$V\_K\$ is connected to the drain of the bottom transistor \$R\_2\$. The gate voltages \$V\_N = V\_K = -I\_{B2}R\$ and \$V\_K = -I\_{B2}R\$ are applied to the bases of the transistors. The drain currents \$I\_{B1}\$ and \$I\_{B2}\$ are shown entering the bases. The output current \$I\_{RI}\$ flows through \$R\_1\$ and \$R\_2\$ to ground.

**Output Stage (O):** This stage is a common-emitter configuration with a current mirror load. The drain current \$I\_{RI}\$ from the Input Stage is used as the base current for the current mirror. The output voltage \$V\_O\$ is taken from the drain of the current mirror transistor. The gate voltages \$V\_N = 0\$ and \$V\_K = 0\$ are applied to the bases of the current mirror transistors. The drain current \$I\_{R2}\$ is the output current \$V\_O\$.

**شکل ۱۸۸:** منفی ایکلیپسگار میں مسئلہ دا خنلي برقي رو او راس کا حل

اگر  $R = R_1$  لیتے ہوئے اس حقیقت کو مد نظر رکھا جائے کہ دونوں داخلی برقی روکے قیمتیں برابر نہیں ہوتیں تو اس صورت میں گزشتہ مسافت سے

$$(\downarrow \angle \bullet) \quad V_O = -I_{B2}R + I_{B1}R = (I_{B1} - I_{B2}) R$$

حاصل ہوتا ہے۔ اگرچہ اس صورت میں  $0 = V_0$  حاصل نہیں ہوگا مگر چونکہ

$$|I_{B1} - I_{B2}| \ll I_B$$

ہوتا ہے لہذا مدد ۷۰٪ اے حاصل  $V_0$  کی قیمت مساوات ۱۰٪ اے حاصل  $V_0$  کی قیمت سے زیادہ بہتر (بین کم) ہے۔

**مثال ۱.۲۳:** مفہی ایکلپیناٹر میں مسئلہ داخلی برقی دباؤ کی نشاندہی کریں اور اس سے پہنچے کا حل دریافت کریں۔  
**حل:** شکل ۱.۳۸ میں مفہی ایکلپیناٹر دکھایا گیا ہے جس میں داخلی اشارہ کی قیمت صدر کرنے سے شکل ۱.۳۸ الف میں مشتمل ہوتا ہے۔ شکل الف میں مشتمل داخلی ساری قسمیں کے ساتھ جب تاہم لہذا  $V_K = 0$

بے اور یوں ۰  $V_N = V_K = 0$  ہو گا اور یوں منفی داخنی سرے کی داخنی برقی روتام کی تسام مزاجمت  $R_2$  کے گزرے گی یعنی  $I_{R2} = I_{B1}$  ہو گا۔ مزاجمت  $R_2$  پر اوہم کے قانون سے  $V_O$  یوں حاصل ہوتا ہے۔

$$(1.41) \quad \begin{aligned} V_O - V_N &= I_{R2} R_2 \\ V_O &= V_N + I_{R2} R_2 \\ V_O &= 0 + I_{B1} R_2 \\ V_O &= I_{B1} R_2 \end{aligned}$$

شکل ۱.۳۸ ب میں مشت داخنی سرے سے برقی زمین تک مزاجمت  $R$  جوڑ کر داخنی برقی روکے مسئلے کو حل کرنے کی کوشش کی گئی ہے۔ جیسا شکل میں دکھایا گیا ہے  $I_R = I_{B2} = V_N - V_K = -I_{B2} R$  ہو گا۔ یوں منفی داخنی سرے پر بھی اتنا ہی برقی دباؤ ہو گا (یعنی  $V_N = V_K = -I_{B2} R$ )۔ مزاجمت  $R_1$  کا بیان سرا برقی زمین پر ہے جبکہ اس کا دیاں سرے پر منفی برقی دباؤ ہے لہذا اس میں باعین سرے سے دامن سرے کی جانب برقی روگرے گا

$$I_{R1} = \frac{R}{R_1} I_{B2}$$

منفی داخنی سرے پر کر خوف کے قانون برقی روکی مدد سے  $I_{R2}$  یوں حاصل کیا جاسکتا ہے۔

$$\begin{aligned} I_{R1} + I_{R2} &= I_{B1} \\ \frac{R}{R_1} I_{B2} + I_{R2} &= I_{B1} \\ I_{R2} &= I_{B1} - \frac{R}{R_1} I_{B2} \end{aligned}$$

مزاجمت  $R_2$  پر اوہم کا قانون استعمال کرتے ہوئے  $V_O$  حاصل کرتے ہیں۔

$$(1.42) \quad \begin{aligned} V_O - V_N &= I_{R2} R_2 \\ V_O &= V_N + I_{R2} R_2 \\ V_O &= -I_{B2} R + \left( I_{B1} - \frac{R}{R_1} I_{B2} \right) R_2 \end{aligned}$$

اگر دونوں داخنی میلان برقی روکی قیستیں برابر ہوں یعنی  $I_{B2} = I_{B1}$  تب اس ماداٹ سے حاصل ہوتا ہے۔

$$(1.43) \quad \begin{aligned} V_O &= -I_B R + \left( I_B - \frac{R}{R_1} I_B \right) R_2 \\ &= I_B \left( -R + R_2 - \frac{R R_2}{R_1} \right) \end{aligned}$$

ہم چاہتے ہیں کہ داخلی میلان برقی روکی وجہ سے کسی قسم کا حصارجی برقی روکا پیدا نہ ہو۔ اس مساوات میں  $V_O = 0$  استعمال کرتے ہوئے ہم  $R$  کی وہ قیمت دریافت کر سکتے ہیں جس سے ایسی ممکن ہو یعنی

$$(1.74) \quad R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

پس منقی ایکلینیٹر کے مثبت داخلی سرے اور برقی زمین کے درمیان متوازی جبڑے  $R_1$  اور  $R_2$  کے برابر مساحت نسب کرنے سے داخلی میلان برقی روکا مسئلہ حل ہو جاتا ہے۔  
اگر دو نوں داخلی میلان برقی روکا برابر نہ ہوں تب مساوات ۲.۱.۳ میں

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

لیتے ہوئے

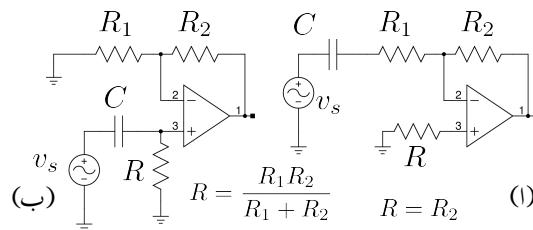
$$(1.75) \quad V_O = (I_{B1} - I_{B2}) R_2$$

حاصل ہوتا ہے۔ یہ اس صورت میں اگرچہ داخلی میلان برقی روکا مسئلہ پوری طرح حل نہیں ہوتا لیکن مساوات ۲.۱.۳ کے ساتھ موازن کرنے سے (چونکہ  $|I_{B1} - I_{B2}| \gg V_O$  ہے) ہم دیکھتے ہیں کہ  $V_O$  میں حافظہ خواہ کی آتی ہے۔

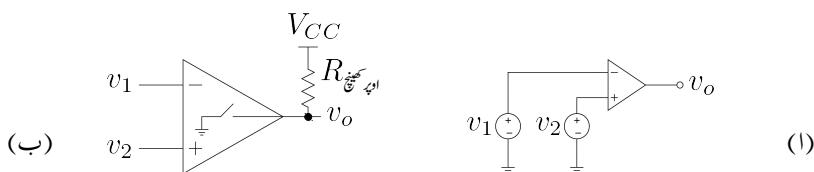
ہم دیکھتے ہیں کہ حسابی ایکلینیٹر کے دونوں داخلی سروں پر یک سمت میلان برقی روکا برقی زمین تک پہنچنے کی حافظہ برابر مساحت فنراہم کرنے سے داخلی برقی روکا مسئلہ حل ہوتا ہے۔ یہاں یک سمت میلان برقی روکے راستے کی بات کی گئی نہ کہ بدلتے برقی روکے راستے کی۔ اس بات کی وضاحت شکل ۱.۳۹ کی مدد سے کرتے ہیں۔ یاد رہے کہ کپیٹر میں یک سمت برقی روکہ جسیں گزر سکتا اور سے بالکل لاحدہ و مساحت کی طرح کردار ادا کرتا ہے۔ شکل ۱.۳۸ الف میں منقی ایکلینیٹر دکھایا گیا ہے جس کا عمومی طور پر مثبت داخلی سرابرقی زمین کے ساتھ جبڑا ہوتا ہے۔ منقی داخلی سرے کے یک سمت میلان برقی روکا برقی زمین تک راستہ  $R_2$  ہے اور یہاں مثبت داخلی سرے اور برقی زمین کے درمیان  $R = R_2$  جوڑ کر داخلی میلان برقی روکا مسئلہ حل کیا گیا ہے۔ شکل ۱.۳۸ ب میں مثبت ایکلینیٹر دکھایا گیا ہے۔ یہاں اشارہ کو کپیٹر کے ذریعہ ایکلینیٹر کے ساتھ جوڑا گیا ہے جس سے اس داخلی سرے کے میلان برقی روکا برقی زمین تک راستہ میسر نہیں ہو گا اور یہاں سے ایکلینیٹر کام کرنے سے وفاصر ہے۔ اس کی صحیح کارکردگی کے لئے ضروری ہے کہ اس داخلی سرے سے برقی زمین تک یک سمت میلان برقی روکے لئے راستہ موجود ہو۔ چونکہ منقی داخلی سرے کے یک سمت میلان برقی روکا برقی زمین تک راستہ  $R_1$  اور  $R_2$  کے ذریعہ ہے اور یک سمت میلان برقی روکے فقط نظر سے یہ دونوں مساحت متوازی جبڑے ہیں لہذا مثبت داخلی سرے اور زمین کے درمیان مساحت

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

نسب کر کے اس داخلی سرے کے یک سمت میلان برقی روکو زمین تک راستہ فنراہم کیا جاتا ہے اور ساتھ ہی ساتھ مسئلہ داخلی میلان برقی روکو بھی حل کیا جاتا ہے۔ یہاں یہ بتانا ضروری ہے کہ مثبت داخلی سرے اور زمین کے درمیان مساحت  $R$  نسب کرنے سے اس داخلی سرے کا داخلی سرے کا داخلی مساحت کم ہوتا ہے جو کہ عسوماتاً بل برداشت نہیں ہوتا۔



شکل ۳۹: مسئلہ دا خلی برقی روکے چند مشا لیں اور پکے سمت برقی روکا برتی ز میں تک رسائی کارا ستہ



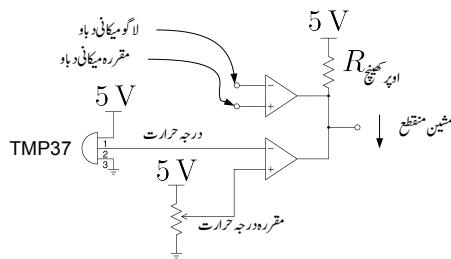
شکل ۳۰. ا: موافق کار

۱.۸ موائزہ کار

شکل ۱۱.۳۰ افے کے حابی ایکلیفاٹر میں  $v_1 < v_2$  کی صورت میں  $v_0$  کمل بثت یعنی  $V_{CC}$  پر ہو گا جبکہ  $v_1 > v_2$  کی صورت میں  $v_0$  کمل منقی یعنی  $V_{EE}$  پر ہو گا۔ حابی ایکلیفاٹر دھنی اشارات کاموازن کرتے ہوئے  $V_{EE}$  یا  $V_{CC}$  خارج کرتا ہے۔ یہ عمل نہیات اہم ہے اور اس عمل کی رفتار تیز تر کار ہوتی ہے۔ مواد کا ر<sup>۸۰</sup> اس مختلف دور سے جس حصہ اس کی مقصد کے لئے تختیز دیا گا ہے۔

موائزہ کارکی علامت وہ ہے جو حابی ایک پلینائز کی ہے۔ حالی ایک پلینائز بثت یا منفی اشارہ خارج کر سکتا ہے جبکہ موائزہ کاردا حسلي اشارات کاموازنے کرتے ہوئے دو مختلف صورت اختیار کر سکتا ہے۔ ایک صورت میں یہ منقطع ہو جاتا ہے جبکہ دوسری صورت میں یہ مقرر بر قی دباد خارج کرتا ہے جو عوسمماً  $V_{EE} = 0$  یا  $0$  ہوتا ہے۔

موازنہ کارکردگی کو شکل انفے میں دکھایا گیا ہے جہاں اس کے مکنے خارجی صورت مقطوع اور  $V_0$  میں۔  $v_1 < v_2$  کی صورت میں سوچ مقطوع رہتا ہے جبکہ  $v_1 > v_2$  کی صورت میں سوچ چپا اور کوئی خارجی سرے کو بری زمین کے ساتھ بوجوڑتا ہے۔ خارجی سرے کے درمیان مسماحت اور سمجھی  $R$  بوجوڑنے سے مقطوع صورت میں  $V_{CC} = V_0$  حاصل کیا جاسکتا ہے۔ آئیں موازنہ کارکرے استعمال کی ایک مثال دیکھیں۔



شکل ۱.۳۱: موازنے کا کمپاریٹر مثال

مثال ۱.۲۵: اس مثال میں چالاکی میں کمپاریٹر کے درجہ حرارت اور اس میں بیکاری دباؤ پر نظر رکھ جاتا ہے۔ اگر ان میں کوئی ایک یادوں مقررہ حد فسے تجاوز کریں تو مشین کو منقطع کر دیا جاتا ہے۔ مشین اس وقت تک چالو رہتا ہے جب تک اسے چالو رکھنے والا  $5\text{V}$  کا اشارہ ملتا رہے۔ مشین اسی دم منقطع ہو جاتا ہے جب اسے منقطع کرنے والا  $V_0 = 0.5\text{V}$  کا اشارہ ملے۔ منقطع کر دیے والے اشارے کو تیر کے نشان سے دکھایا گیا ہے۔

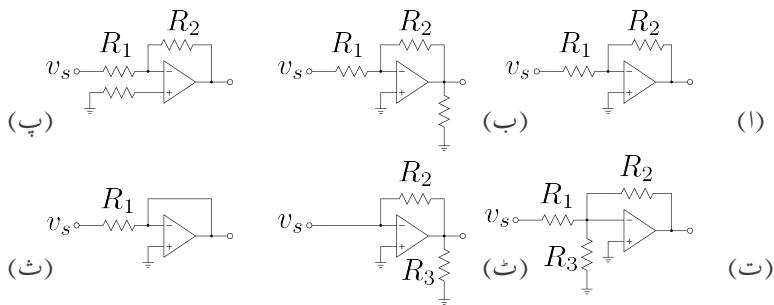
شکل ۱.۳۱ میں دو موازنے کا رتیازی جوڑے گئے ہیں۔ خپلے موازنے کا رکھنے والی سرے پر  $\text{TMP37}$ <sup>۱۸</sup> کا حنارتی اشارہ جوڑا گیا ہے جسے شکل میں درجہ حرارت کہا گیا ہے۔ ایسا مخلوط دور ہے جو درجہ حرارت کے راست متناسب بر قی دباؤ حنارتی کرتا ہے۔  $0^\circ\text{C}$  پر  $0\text{V}$  اور  $100^\circ\text{C}$  پر  $1\text{V}$  حنارتی کرتا ہے۔ اس کو  $5\text{V}$  کی درکار طاقت مہیا کی گئی ہے۔ اسی موازنے کا رکھنے والی سرے پر قابل تبدیل مزاحمت نسب کی گئی ہے۔ قابل تبدیل مزاحمت پر نسبتیق کو گھساتے ہوئے موازنہ کا رکھنے والی سرے پر  $0\text{V}$  تا  $5\text{V}$  بر قی دباؤ ڈیابا کر سکتا ہے جسے شکل میں مقررہ درجہ حرارت کہا گیا ہے۔ مقررہ درجہ حرارت کو  $0.5\text{V}$  پر کھا گیا ہے۔  $50^\circ\text{C}$  پر  $\text{TMP37}$  اشارے پر  $0.5\text{V}$  حنارتی کرے گا۔

موازنے کا اس وقت تک منقطع رہے گا جب تک درجہ حرارت  $50^\circ\text{C}$  کے کم رہے۔ جیسے ہی درجہ حرارت اس حد فسے تجاوز کرے، موازنے کا  $0\text{V}$   $0.5\text{V}$  حنارتی کرتے ہوئے مشین کو منقطع کر دیگا۔

شکل میں دکھائے دسرے موازنے کا کوئی اسی طرح استعمال کیا گیا ہے۔ اس کا رکھنے والی سرے کو مقررہ میکانی دباؤ کے حد فس پر کھا جاتا ہے جبکہ اس کے مخفی داخلی سرے کو مشین میں پائے جانے والے میکانی دباؤ کا اشارہ ہمیسا کیا جاتا ہے۔ جیسے ہی میکانی دباؤ مقررہ حد فسے تجاوز کرے، موازنے کا حنارتی اشارے  $0.5\text{V}$  کو یونچ کر بر قی زمین  $0\text{V}$  پر لاتے ہوئے مشین کو منقطع کر دیگا۔

آپ دیکھ سکتے ہیں کہ دونوں موازنے کا حنارتی اشارے کو صرف بر قی زمین پر لانے کی صلاحیت رکھتے ہیں۔ اسی طرح مزید موازنے کا رتیازی جوڑتے ہوئے دیگر متغیرات پر نظر رکھی جا سکتی ہے۔

<sup>۱۸</sup> میں۔ بناتے کو دور مخلوط اس Analog Devices



### شکل ۱.۳۲: حابی منفی ایکسپلیغیٹر کے سوالات

## سوالات

### سوال ۱.۳۲ میں

$$V_{CC} = 12 \text{ V} \quad V_{EE} = -12 \text{ V} \quad v_s = 0.5 \text{ V}$$

$$R_1 = 10 \text{ k}\Omega \quad R_2 = 200 \text{ k}\Omega \quad R_3 = 10 \text{ k}\Omega$$

بیان-

- ۰ کامل حالی ایمپلیکیٹر تصور کرتے ہوئے ان تمام ادوار کے داخلی مزاحمت اور خارجی اشارے حاصل کریں۔
  - ۰ غیر کامل حالی ایمپلیکیٹر تصور کرتے ہوئے دوبارہ حل کریں۔ غیر کامل حالی ایمپلیکیٹر کے حصہ

$$A = 60\,000 \quad R_i = 100\,\text{M}\Omega \quad R_o = 200\,\Omega$$

- ۲ -

جوہات: داخیلی مزاحمت:  $10\text{ k}\Omega$ ,  $0\text{ }\Omega$  اور  $10\text{ k}\Omega$ :

حراری اشارہ: 0 V, -12 V, -10 V, -10 V, -10 V, -10 V

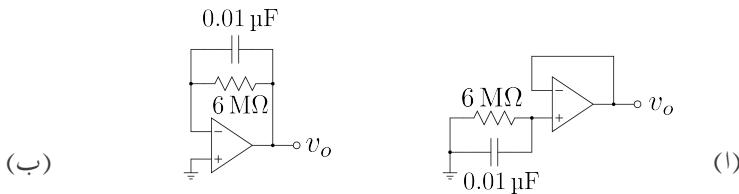
سوال ۱۰: کامل حل ایمپلیکیٹر تصور کرتے ہوئے  $10\text{ M}\Omega$  کے کم مزاحمتیوں کے استعمال سے صفحہ ۱۳ پر دیے شکل ۷ کے طرز پر مقنی حل ایمپلیکیٹر تحریکیت دیں۔

- $$A_v \text{ کی صورت میں } R_1, R_2 \text{ اور زیادہ سے زیادہ مکنے دا حلی مزاحمت کیا ہو گی۔}$$

- $A_v = -1000 \frac{V}{V}$  ۔

$$R_{\text{out}} = 10 \text{ k}\Omega, R_{\text{in}} = 400 \text{ k}\Omega, R_2 = 10 \text{ M}\Omega, R_1 = 400 \text{ k}\Omega$$

سوال ۱۳:  $200\text{ k}\Omega$  کے کم مزاحمت استعمال کرتے ہوئے  $\frac{V}{V} = -1000$  کا مقنی ایکلپیٹر بنانے سے زیادہ سے زیادہ ممکن داخنی مزاحمت صرف  $200\text{ }\Omega$  حاصل ہوتی ہے۔ صفحہ ۱۹ پر دیے شکل ۱.۱۰ کے طرز پر ایکلپیٹر بنانیکی جس کی داخنی مزاحمت زیادہ ہو۔



شکل ۱.۳۳: حسابی ایمپلیگنر کے میلان برقی روکا حصول

جو بات:  $R_4 = 200 \text{ k}\Omega$ ,  $\frac{R_4}{R_2} + \frac{R_4}{R_3} = 1000$ ,  $R_1 = R_2 = 200 \text{ k}\Omega$

سوال ۱.۲۳: حسابی ایمپلیگنر کی میلان برقی رو حاصل کرنے کی خاطر شکل ۱.۳۳ استعمال کیا جاتا ہے۔ کپیٹر کے استعمال سے برقی شور کا حق تھے ہوتا ہے۔

- شکل-الف میں  $V_o = -1.2 \text{ V}$  جبکہ شکل الف میں  $V_o = -1.21 \text{ V}$  پایا جاتا ہے۔ ثابت داخنی سرے کی میلان برقی رو  $I_{B1}$  اور فنی داخنی سرے کی میلان برقی رو  $I_{B2}$  اور ان کی مستین حاصل کریں۔

•  $I_{B1}$  اور  $I_{B2}$  سے انحراف بر قہ رو حاصل کریں

- ایک حسابی ایمپلیگنر جس کی میلان برقی رو  $100 \text{ nA}$  کے لگ بھگ ہے کی مکمل درست میلان برقی رو حاصل کرنے کی خاطر شکل کو استعمال کیا جاتا ہے۔ فتابل ناپ خارجی اشارہ حاصل کرنے کی خاطر مزاحمت کی وہ قیمت تجویز کریں جس پر  $v_o = 1.5 \text{ V}$  کے لگ بھگ حاصل ہو۔

جو بات:  $200 \text{ nA}$ ,  $201.66 \text{ nA}$ ,  $15 \text{ M}\Omega$

سوال ۱.۵: عفت برخنز نے انحصاری گنگے کے آخوندی ایمپلیگنر کو استعمال کرتے ہوئے بر قہ قلبے نگار<sup>۸۴</sup> بنانے کا مجموعہ بنایا۔ پہلے مرحلے میں انہوں نے شکل ۱.۲۷ میں  $R_2 = 2.5 \text{ k}\Omega$ ,  $R_1 = 250 \Omega$ ,  $R_3 = R_4 = 39 \text{ k}\Omega$  کرکے دائیں ہاتھ کی کلائی کو  $v_1$  جبکہ باہمی ہاتھ کی کلائی کو  $v_2$  کے ساتھ جوڑا۔ ایسا کرنے کی خاطر ہم موڑھے تار<sup>۸۵</sup> استعمال کئے گئے جن کی بیرونی تابے کی چپا در کو دور کے برقی زمین کے ساتھ جوڑا گیا تاکہ تار میں حساس اشارات پر بیرونی یا سندیدہ برقی شور کے اثرات کم ممکن کے جاسکیں۔ دیاں ٹھنڈے بھی برقی زمین کے ساتھ جوڑا گیا جس سے  $50 \text{ Hz}$  کا برقی شور نہیں ایت کم ہو جاتا ہے۔ حساس اشارات میں واپس اکے  $50 \text{ Hz}$  کا شور عموماً پایا جاتا ہے جس سے نیٹا پسروی ہوتا ہے۔ انہوں نے دیکھا کہ  $v_o$  پر دل کی دھڑکن کی چوتھی  $0.6 \text{ V}$  تھی۔

- اصل اشارہ  $v_1 - v_2$  کی قیمت دریافت کریں۔

- دل کا کون سا طرف دھڑکتے وقت ثابت برقی دبا پر ہتا۔

سوال ۱.۶: بر قی قلب نیگا میں بر قی شور کے مسئلہ پر تحقیق کرنے کی حفاظتی عفت نے سائنس داد خلی اشارے کے جیٹے کو سوگن بڑھانے کی حفاظتی شکل۔ اسیں دکھائے منی حسابی ایمپلیکیٹر استعمال کی جس میں  $R_1 = 1\text{ k}\Omega$  اور  $R_2 = 100\text{ k}\Omega$  رکھے گئے۔ غیر زیادہ غور کئے لم پیٹھ<sup>۸۳</sup> پر دیکھا گیا کہ  $0.1\text{ V}$  کا اشارہ بڑھاتے وقت دور نہایت عمدگی سے کام کرتے ہوئے  $10\text{ V}$  خارج کرتا ہے۔ عفت نے امید رکھی کہ  $10\text{ mV}$  کے اشارے کو بھی دور خوش اسلوبی سے بڑھاتے ہوئے  $1\text{ V}$  خارج کرے گا۔ لم پیٹھ میں غور سے دیکھتے ہوئے معلوم ہوا ہے کہ حنابی اشارے کی مثبت چوٹی  $1.2\text{ V}$  جبکہ اس کی منی چوٹی  $0.8\text{ V}$  پر تھی۔

$v_s = 0\text{ V}$  کی صورت میں  $v_o$  کی کیا قیمت متوقع ہے۔

۰ اگر مسئلہ میلان بر قی روکی و جب سے پیدا ہوا ہو تب حسابی ایمپلیکیٹر کے مثبت داخنی سرے پر کتنی مزاحمت نسب کرنے سے مسئلہ حل ہو گا۔

۰ مثبت داخنی سرے پر درکار مزاحمت نسب کرنے سے  $v_o = 0\text{ V}$  کی صورت میں  $v_s = 0.19\text{ V}$  حاصل ہوتا ہے۔ یہ میلان بر قی روکی و جب سے حنابی اشارے میں  $10\text{ mV}$  کا فرقہ پیدا ہو رہا ہے۔ میلان بر قی روکی قیمت حاصل کریں۔

۰ توقع کی جاتی ہے کہ  $v_o = 0.19\text{ V}$  داغل انحراف بر قی دباؤ کی وجہ سے ہے۔ استعمال کئے گئے حسابی ایمپلیکیٹر کی داخنی انحرافی بر قی دباؤ  $V_{OS}$  حاصل کریں۔

$$\text{جو اب اسے: } |V_{OS}| = 1.88\text{ mV} I_B = 100\text{ nA}, 990\text{ }\Omega, 0.2\text{ V}$$

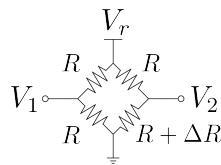
سوال ۱.۷: مال لادنے سے پہلے اور لادنے کے بعد ٹرک کا وزن کرتے ہوئے لدمے گئے مال کا وزن حاصل کیا جاتا ہے۔ ٹرک کا وزن نانپنے کی حفاظتی لوڈ سیل<sup>۸۴</sup> استعمال کیا جاتا ہے جو در حقیقت ویٹ سٹوون چکور<sup>۸۵</sup> پر مشتمل ہوتا ہے۔ ویٹ سٹوون چکور<sup>۸۶</sup> لو شکل<sup>۸۷</sup> میں دکھایا گیا ہے۔ عام صورت میں اس کے حباروں میں مزاحمتوں کی قیمت برابر  $R$  ہوتی ہے۔ وزن پڑنے پر ان میں سے ایک مزاحمت کی مزاحمت تبدیل ہو کر  $R + \Delta R$  ہو جاتی ہے۔ ویٹ سٹوون چکور سے اشارات  $V_1$  اور  $V_2$  حاصل کرتے ہوئے آلاتی ایمپلیکیٹر کو مہیا کئے جاتے ہیں جو ان میں نہایت باریک فرقہ  $V_1 - V_2$  کو بڑھا کر حنابی کرتا ہے۔ ویٹ سٹوون چکور کو آلاتی ایمپلیکیٹر کے ساتھ جوڑ کر حنابی اشارہ  $v_o$  کی مساوات حاصل کریں۔ آلاتی ایمپلیکیٹر کو صفحہ<sup>۸۸</sup> پر شکل ۱.۲۶ میں دکھایا گیا ہے۔

جواب: ویٹ سٹوون چکور کا

$$V_2 - V_1 = \frac{\Delta R}{4 \left( R + \frac{\Delta R}{2} \right)} V_r$$

oscilloscope<sup>۸۹</sup>  
load cell<sup>۸۵</sup>  
Wheatstone bridge<sup>۸۸</sup>

<sup>۸۷</sup> ویٹ سٹوون چکور کا نام چارس ویٹ سٹوون سے منوٹ ہے جس نے اس کا استعمال عام ہے۔



شکل ۱.۸.۲۳ ایک پلیفار کی افسزاں سے ضرب دیتے ہوئے سٹون چکور

کے برابر ہے۔ اس کو آلاتی ایک پلیفار کی افسزاں سے ضرب دیتے ہوئے

$$v_o = \frac{\Delta R}{4 \left( R + \frac{\Delta R}{2} \right)} \left( \frac{R_4}{R_3} \right) \left( 1 + \frac{2R_2}{R_1} \right) V_r$$

حاصل ہوتا ہے۔

سوال ۱.۸.۴: شبہ حسابی ایک پلیفار میں  $R_1 = 1\text{ k}\Omega$  اور  $R_2 = 14.7\text{ k}\Omega$  رکھے گئے۔ اشارے پر  $v_s = 0.5\text{ V}$  اور  $v_o = 7.85\text{ V}$  متوuch ہے۔ مزاجستوں کے قیتوں میں  $\pm 5\%$  عنطی کے گنجائش کی صورت میں

$v_o$  کے مکن حدوڑ حاصل کریں۔

کل عنطی اصل جواب کے کتنے مدد ہے۔

۰ اگر کل عنطی کو ۵% سے کم رکھا جائے تو مزاجستوں کے قیتوں میں زیادہ کتنے فیصد عنطی فتاہ برداشت ہوگی۔

جوابات: حنارجی اشارہ  $V = 7.15\text{ V}$  ۲  $8.62368\text{ V}$  ممکن ہے۔ زیادہ سے زیادہ  $v_o$  اس وقت حاصل ہوگا جب  $R_2$  کی قیتوں ۵% زیادہ اور  $R_1$  کی قیتوں ۵% کم ہو۔ کل عنطی  $\pm 1.33\%$  ہے۔

سوال ۱.۹: غیر کامل حسابی ایک پلیفار استعمال کرتے ہوئے منقی حسابی ایک پلیفار بنایا جاتا ہے جس میں  $R_1 = 5\text{ k}\Omega$  اور  $R_2 = 50\text{ k}\Omega$  رکھے جاتے ہیں۔ غور کرنے پر معلوم ہوتا ہے کہ  $\frac{V_o}{V_s} = -9.99 = \frac{v_o}{v_s}$  حاصل ہوائے کامل حسابی ایک پلیفار کا مساوی دور استعمال کرتے ہوئے حسابی ایک پلیفار کی  $A_d$  حاصل کریں۔

جوابات:  $A_d = 10989 \frac{V}{V}$

سوال ۱.۱۰: صفحہ ۲۱ پر مزاجست نہ ایک پلیفار کھایا گیا ہے۔  $\infty \rightarrow A_d$  کی صورت میں مزاجست نہ ایک پلیفار کی  $-R = \frac{v_o}{i_s}$  کے برابر ہوتی ہے۔ محدود  $A_d$  کی صورت میں حسابی ایک پلیفار کے کامل مساوی دور کے استعمال سے  $\frac{v_o}{i_s}$  اور داخلي مزاجست حاصل کریں۔

جوابات:  $R = \frac{R}{A_d+1}$ ،  $\frac{v_o}{i_s} = -\frac{A_d R}{A_d+1}$ ، داخلي

سوال ۱.۱۱: ایک منقی حسابی ایک پلیفار جس کی  $V = 60000 \frac{V}{V}$   $A_d = 1000 \frac{V}{V}$  ہو خطي خطے میں رہتے ہوئے  $12\text{ V}$  خارج کر رہا ہے۔ کامل مساوی دور استعمال کرتے ہوئے منقی داخلي سرے پر برقی دباؤ حاصل کریں۔ اگر  $A_d = 1000 \frac{V}{V}$  ہوتا تب جواب کیا ہوتا۔

جوابات:  $-12 \text{ mV}, -200 \mu\text{V}$

سوال ۱۱۲: لامددو  $A_d$  کی صورت میں مقنی حسابی ایمپلیفائز کی  $\frac{R_2}{R_1} = A_v$  حاصل ہوتی ہے۔

• محمدو  $A_d$  کی صورت میں صفحہ ۹ پر شکل ۵.۱ میں دیے گاءں مساوی دور استعمال کرتے ہوئے  $A_v$  حاصل کریں۔

• لامددو  $A_d$  کے جواب کی نسبت سے  $A_v$  میں عملی کافی حد حاصل کریں۔

• لامددو  $A_d$  کی صورت میں  $\frac{R_2}{R_1}$  کی وہ قیمت حاصل کریں جس پر  $A_v = 10000 \frac{\text{V}}{\text{V}}$  میں عملی ۰.۱ %

• لامددو  $A_d$  کی صورت میں  $R_2 = 9 \text{ k}\Omega$  رکھئے ہوئے  $R_1$  کی وہ قیمت حاصل کریں جس پر  $A_v$  بالکل برابر  $\frac{\text{V}}{\text{V}} = 50$  ہو۔ اگر ایمپلیفائز میں  $R_1 = 180 \Omega$  پہلے سے نسب ہو تو  $R_1$  کے متوازی کتنی مسماحت جوڑنے سے بالکل صحیح درکار  $R_1$  حاصل ہوتی ہے۔

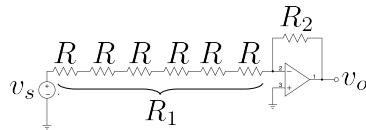
جوابات:  $\frac{R_2}{R_1} = \frac{1}{0.111} \approx 9.009, 100 \left( \frac{R_1+R_2}{R_1 A_d + R_2} \right), A_v = \frac{-A_d R_2}{1 + R_1 (A_d + 1)}$ ۔ آخری جواب سے ظاہر ہے کہ  $A_v = -9 \frac{\text{V}}{\text{V}}$  سے زیادہ افسزاں پر فرق ۰.۱ % سے زیادہ ہو گا۔  $R_1 = 179.9819 \Omega$  ۱.۸ MΩ

سوال ۱۱۳: صفحہ ۳ پر مذکور کارڈ کھایا گیا ہے اس میں  $R = 14.7 \text{ k}\Omega$  اور  $C = 0.01 \mu\text{F}$  حسابی ایمپلیفائز کی داخلی اخراجی برقی دباؤ  $V_{OS} = 2 \text{ mV}$  ہونے کی وجہ سے حنارتی اشارہ صفر وولٹ سے کتنی دیر میں  $V_{EE} = -12 \text{ V}$  یا  $V_{CC} = 12 \text{ V}$  کر دیا جائے گا۔ اگر  $C = 0.1 \mu\text{F}$  ہے تو جواب کیا ہو گا۔ جواب: ۰.۸۸۲ s۔ ۰.۸۸۲ s۔ ان جوابات سے آپ دیکھ سکتے ہیں کہ داخلی اشارے کی عدم موجودگی یعنی  $v_s = 0$  کی صورت میں گمل کار صفر وولٹ خارج نہیں کرتا بلکہ حنارتی اشارہ اکمل ثابت یا گمل مقنی جواب پہنچنے کی کوشش کرتا ہے۔  $RC$  کی قیمت بڑھا کر  $v_o$  کی رفتار آہتمہ کرتے ہوئے اس عمل کو دیکھنے کی وضاحت دوسری جزو میں کی گئی۔

ایسا بدلتا داخلی اشارہ جس کے ثابت اور مقنی ہے برابر ہوں کے ایک چپکر کا اوست صفر ہوتا ہے۔ گمل کار ایسے اشارے کا گمل لیتے ہوئے  $V_{OS}$  کا بھی گمل لیتا ہے۔ نتیجت گمل کار کا حنارتی اشارہ اوست صفر وولٹ پر نہیں رہتا بلکہ اس کی ثابت چوٹی چوٹی  $V_{EE}$  یا یعنی چوٹی پر بہت ہوئے یہ داخلی اشارے کا گمل لیتا ہے۔

سوال ۱۱۴: صفحہ ۵۵ پر عدد ۱۰ سروں پر  $15 \text{ V}$  خارج کرنے کی حنطر  $R'$  کی قیمت حاصل کریں۔ اس صورت ۹<sub>10</sub> پر کتنی ماسٹ برقی دباؤ خارج کیا جائے گا۔ جواب:  $15_{10}$  در حقیقت  $1111_2$  کو ظاہر کرتا ہے۔  $R' = 1.28R$  در کار قیمت ہے۔  $9_{10}$  پر  $= 7.2 \text{ V}$  خارج کیا جائے گا۔

سوال ۱۱۵: چپا لوٹریکسٹر پر بیٹھے ڈرائیور سے ٹو ڈی پرنسپریات کی حنطر سوال و جواب کیا جاتا ہے۔ ٹریکسٹر کی شور کو حضم کرنے کی حنطر دو ماںکے کا استعمال کیا جاتا ہے۔ ایک ماںکے کو ڈرائیور کے منٹ سے دوفٹ کے منٹ سے پر جبکہ دوسرے کو منٹ کے فتریب رکھا جاتا ہے۔ دو ماںکے صرف ٹریکسٹر کا شور سنتے ہوئے  $v_{s1}$  اشارہ خارج کرتا ہے جبکہ فتریب ماںکے ٹریکسٹر کے شور کے ساتھ ساتھ ڈرائیور کی گفتگو بھی حاصل کرتے ہوئے اشارہ



شکل ۱.۲۵: بلند برقی دباد کے اشارے کا حصول

$v_{s2}$  حنارج کرتا ہے۔ ٹریکسٹر کے شور کو  $V_t \cos \omega_t t$  جبکہ ڈرائیور کے گفتگو کو  $V_d \cos \omega_d t$  لکھتے ہوئے

$$v_{s2} = V_t \cos \omega_t t + V_d \cos \omega_d t$$

$$v_{s1} = V_t \cos \omega_t t$$

اس اشارات حاصل ہوتے ہیں۔ صفحہ ۳۸ پر دکھئے منفی کا استعمال کرتے ہوئے شور سے پاک اشارہ حاصل کریں۔

جواب: تمام مزاحمت برابر قیمت کے رکھیں۔

سوال ۱.۱۶: سوال ۱.۱۵ کے سوال و جواب لیتے وقت دیکھا گیا کہ ذور مانک میں نسبتاً زیادہ شور پایا جاتا ہے۔ یہاں

$$v_{s2} = V_t \cos \omega_t t + V_d \cos \omega_d t$$

$$v_{s1} = 1.2V_t \cos \omega_t t$$

اس اشارات حاصل ہوتے ہیں۔ حاصل تجویز کریں۔

$$\text{جواب: } \frac{R_4(R_1+R_2)}{R_1(R_3+R_4)} = 1.2 \frac{R_2}{R_1}$$

سوال ۱.۱۷: لوہا گھلانے والی بھٹی تختنیں دیتے وقت معلوم ہوا کہ 3 kV سے زیادہ برقی دباد پر مسائل پیدا ہوتے تھے۔ برقی دباد کو 3 kV سے کم رکھنے کی حد اطسل برقی دباد کا واپسی اشارہ درکار ہے۔ واپسی اشارے کو شکل ۱.۲۵ میں منفی ایکلینیز میں  $R_1 < R_2$  رکھتے ہوئے حاصل کیا جاتا۔ 3 kV پر 7 V - 6 V کا اشارہ درکار ہے۔ کسی بھی مزاحمت میں 30 mW سے زیادہ برقی طاقت ضائع نہیں ہونا چاہئے۔

جوابات:  $R = 8.33 \text{ M}\Omega$  اور  $R_1 = 6R = 500R_2$

سوال ۱.۱۸:  $V_{EE} = -12 \text{ V}$  اور  $V_{CC} = 12 \text{ V}$ ،  $R_1 = 2 \text{ k}\Omega$ ،  $R_2 = 10 \text{ k}\Omega$  کے داخلی سائنس اشارے کی زیادہ سے زیاد چوٹی کیا ہوگی جس پر ایکلینیز خطي خطے میں رہتا ہو۔ مشتبہ ایکلینیز کے لئے بھی جواب حاصل کریں۔

جوابات: 2.4 V اور 2 V

سوال ۱.۱۹: مستطیل پتے اشارات<sup>۸۸</sup> کے دورانیہ چوڑائی<sup>۸۹</sup> سے مراد اشارے کا 10% سے 90% تک پہنچنے کا دورانیہ ہے۔ اسی طرح دورانیہ اترائی<sup>۹۰</sup> سے مراد اشارے کا چوٹی کے 90% سے 10% تک پہنچنے کا دورانیہ ہے۔

pulses<sup>۸۸</sup>  
rise time<sup>۸۹</sup>  
fall time<sup>۹۰</sup>

۵V چوٹی اور  $1 \mu\text{s}$  دوری عرصے سے<sup>۹۰</sup> والا پکور اشارہ<sup>۹۱</sup> مستحکم کارکوف را ہم کیا جاتا ہے۔ دورانیہ چھڑائی اور دارانیہ اترائی کا مجموعہ دوری عرصے کے ۵% سے کم ہونا رکار ہے۔ فقار پالٹر حاصل کریں۔

جواب:  $\frac{160}{\mu\text{s}}$

سوال ۱.۲۰: صفحہ ۳۵ پر مجھ و منفی کارکھ کے ثابت داخنی سروں سے جبڑے  $v_{j1}$  تا  $v_{js}$  کو قصر دو رکرتے ہوئے مزاجت  $R_{js}$  کے داخلی سرے برقی زمین کے ساتھ جوڑتے ہوئے دور کا خارجی اشارہ  $v_{om}$  حاصل کریں۔ اسی طرح منفی داخلی سرے قصر دو رکرتے ہوئے خارجی اشارہ  $v_{oj}$  حاصل کریں۔ تمام داخلی اشارات کے موجودگی میں خارجی اشارہ  $v_{om} + v_{oj}$  کے برابر ہو گا۔ اس طرح مساوات<sup>۹۲</sup> حاصل کریں۔

سوال ۱.۲۱: لامددود  $A_d$  کی صورت میں مستحکم کارکا خارجی اشارہ اس کے داخلی اشارے کے برابر ہوتا ہے۔  $A_d = 1000 \frac{\text{V}}{\text{V}}$  اور  $A_d = 10000 \frac{\text{V}}{\text{V}}$  کی صورت میں خارجی اشارہ کتنے فی صد کمیاز یاد ہو گا۔

جوابات: خارجی اشارہ  $\% = 10^{-3} \times 9.999 = 0.0999 \%$

سوال ۱.۲۲: منفی کارکھ کار میں تمام مزاجت برابر ہونے کی صورت میں  $v_1$  کو صفر دو لٹ کرتے ہوئے  $v_2$  کو نظر آنے والا داخلی مزاجت کیا ہو گا۔ جواب بغیر حساب و کتاب کے بتائیں۔

جوابات:  $R, R, 2R$  اور  $R$

سوال ۱.۲۳: صفحہ ۳۸ پر منفی کارکھ کیا گیا ہے۔ مساوات<sup>۹۳</sup> اس کی خارجی مساوات ہے۔ داخلی اشارات

$$v_{s2} = v_m + \frac{v_f}{2}$$

$$v_{s2} = v_m - \frac{v_f}{2}$$

کے داخلی اشارات متفق کارکومہیا کے حباتے میں جیاں  $v_m$  کو مشترک اشارہ<sup>۹۴</sup> جبکہ  $v_f$  کو تفرقہ اشارہ<sup>۹۵</sup> کہتے ہیں۔ خارجی مساوات کو

$$(1.74) \quad v_o = A_{\underline{\text{مشترک}}} v_m + A_{\underline{\text{تفرقہ}}} v_f$$

صورت میں لکھیں۔ مشترک افزاش تفسیم تفرقہ افزاش کو مشترک اشارہ رد کرنے کے صلاحیت<sup>۹۶</sup> CMRR کہتے ہیں۔ ثابت کریں کہ

$$\text{CMRR} = \frac{A_{\underline{\text{تفرقہ}}}}{A_{\underline{\text{مشترک}}}} = \frac{1 + \frac{1}{2} \left( \frac{R_1}{R_2} + \frac{R_3}{R_4} \right)}{\frac{R_1}{R_2} - \frac{R_3}{R_4}}$$

time period<sup>۹۱</sup>  
square wave<sup>۹۲</sup>  
common mode signal<sup>۹۳</sup>  
differential mode signal<sup>۹۴</sup>  
common mode rejection ratio CMRR<sup>۹۵</sup>

کے برابر ہے۔

سوال ۱.۲۳: منفی کارہتے وقت  $\frac{R_3}{R_4} = \frac{R_2}{R_1}$  رکھا جاتا ہے جس سے اس کی مشترکہ اشارہ رد کرنے کے صلاحیت کی قیمت لامدد حاصل ہوتی ہے۔ حقیقی مزاحمتون کی قیمت ان کے پکارے گئے قیتوں سے اوپر نیچے ہوتیں ہیں۔ سوال ۱.۲۴ میں حاصل جواب کو استعمال کرتے ہوئے ثابت کریں کہ ایسی صورت میں کم سے کم مشترکہ اشارہ رد کرنے کے صلاحیت کی قیمت  $\frac{A+1+\epsilon^2}{4\epsilon}$  کے برابر ہوگی جہاں  $A = \frac{R_2}{R_1} = \frac{R_4}{R_3}$  کے برابر ہے اور مزاحمت کے قیتوں میں عنطی کے لئے  $\epsilon = 0.05$  ہوگا۔

کے قیتوں میں  $\pm 5\%$  عنطی کی گنجائش ہوتے مشترکہ اشارہ رد کرنے کے صلاحیت کی قیمت میں اگر مزاحمتون کی صورت میں جواب کیا ہوگا۔

جوابات: ۱10، ۵500

سوال ۱.۲۵:  $\pm 12\text{ V}$  پر چلے والے ایک حبابی ایکلیفائز کا حرارتی اشارہ  $V_p = 10.5\text{ V} - 10.5\text{ V} = -10\text{ V}$  بغیر بگوئے تبدیل ہو سکتا ہے۔ اسے استعمال کرتے ہوئے  $A_v = -40$  کا منفی حبابی ایکلیفائز بنایا جاتا ہے۔ داخلی اشارے کی وہ چوتھی حاصل کریں جس پر حرارتی اشارہ بگوئے گا۔

جواب:  $|V_p| > 0.2625\text{ V}$

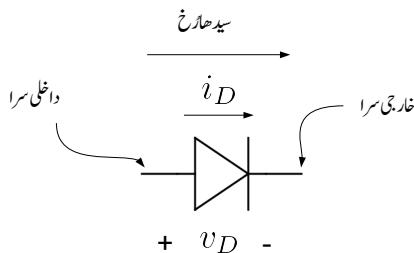


## باب ۲

### ڈائیوڈ

السیکھ انکے پر زہ جبات میں ڈائیوڈ کا یہی معتمار رکھتا ہے۔ ڈائیوڈ کی علامت شکل ۲.۱ میں دکھائی گئی ہے۔ ڈائیوڈ کی خاصیت یہ ہے کہ اس کے دو سروں کے مابین، برقی رو صرف ایک رخ میں گز سکتی ہے۔ ڈائیوڈ کی علامت میں تیر کا نشان اسی رخ کو ظاہر کرتا ہے۔ اس رخ کو ڈائیوڈ کا سیدھا رخ کہتے ہیں۔ ڈائیوڈ کے دو اقسام سلیکاٹر ڈائیوڈ اور جرمینیم ڈائیوڈ ہیں۔ سلیکان ڈائیوڈ کے خصوصیات جب میں ڈائیوڈ سے بہت بہتر ہیں۔ اسی لئے سلیکان ڈائیوڈ زیادہ مقبول ہیں۔ اس کتاب میں سلیکان ڈائیوڈ پر تی بصرہ کیا جائے گا۔ ڈائیوڈ کے دو سروں کے مابین برقی دباؤ  $v_D$  اور ڈائیوڈ میں سیدھے رخ برقی رو  $i_D$  کو تانپے کا درست طریقے اسی شکل میں دکھایا گیا ہے۔ ڈائیوڈ کے کارکردگی کی  $i_D - v_D$  مساوات مندرجہ ذیل ہے۔

$$(2.1) \quad i_D = I_S \left( e^{\frac{qv_D}{nkT}} - 1 \right)$$



شکل ۲.۱: ڈائیوڈ کی علامت

diode<sup>1</sup>

اس مساوات میں حرارتی برقی دباؤ  $V_T$  کو

$$(2.2) \quad V_T = \frac{kT}{q}$$

لکھتے ہوئے مساوات کو عسموماً یوں لکھا جاتا ہے

$$(2.3) \quad i_D = I_S \left( e^{\frac{v_D}{nV_T}} - 1 \right)$$

جہاں

$I_S$  لبریٹی برقی روڑ

$q$  اسیکر ان کا برقی بار ۱.۶ × ۱۰⁻۱۹ C

$k$  بولٹمن مرنہ کا مستقل ۱.۳۸ × ۱۰⁻۲۳ J/K

$T$  کیلو ڈینیا ش حرارت

$V_T$  حرارتی برقی دباؤ

$n$  افزائچہ جو جس کی قیمت ایک تاوہ ہوتی ہے۔ مختلط ادوار میں بنائے گئے ڈائیوڈ کا عسموماً ۱ =  $n$  جبکہ انحرافی دوسروں والے ڈائیوڈ کا ۲ =  $n$  ہوتا ہے۔ اس کتاب میں ۱ =  $n$  تصور کیا جائے گا۔

$n$  لیتے ہوئے

$$(2.3) \quad i_D = I_S \left( e^{\frac{v_D}{VT}} - 1 \right)$$

حاصل ہوتا ہے۔ اس کتاب میں یہی مساوات بطور ڈائیوڈ کی مساوات استعمال کی جائے گی۔

مثال ۲.۱: مندرجہ ذیل حرارت پر حرارتی برقی دباؤ  $V_T$  کی قیمت حاصل کریں۔

ا۔ پانی اونٹنے کے درجہ حرارت یعنی  $100^\circ\text{C}$  پر

thermal voltage <sup>۱</sup>
saturation current <sup>۲</sup>
charge <sup>۳</sup>
Boltzmann constant <sup>۴</sup>
Kelvin <sup>۵</sup>
emission coefficient <sup>۶</sup>
Celsius <sup>۷</sup>

۲۔ پانچھد ہونے کے درجہ حرارت یعنی  $0^{\circ}\text{C}$  پر

۳۔ تمیز ڈگری سلیسیس یعنی  $27^{\circ}\text{C}$  پر

حل:

۱۔ پانچھد ہونے کے درجہ حرارت یعنی  $0^{\circ}\text{C}$  پر ابلاط ہے۔ اس درجہ حرارت جو کہ ڈگری سلیسیس یعنی  $27^{\circ}\text{C}$  میں ہے کو کیلوین K حرارتی پیمائش میں تبدیل کرتے ہیں۔ پوکم  $K = ^{\circ}\text{C} + 273$  ہوتا ہے لہذا  $V_T$  کی قیمت  $373\text{ K}$  پر درکار ہے۔ یوں

$$V_T = \frac{kT}{q} = \frac{1.38 \times 10^{-23} \times 373}{1.6 \times 10^{-19}} = 0.03217\text{ V}$$

۲۔ پانچھد ہونے کے درجہ حرارت یعنی  $27^{\circ}\text{C}$  پر ابلاط ہے۔ اس حرارت پر

$$V_T = \frac{kT}{q} = \frac{1.38 \times 10^{-23} \times 273}{1.6 \times 10^{-19}} = 0.0236\text{ V}$$

یعنی  $23.6\text{ mV}$  کے برابر ہے۔

۳۔ تمیز ڈگری سلیسیس میں ہے عام زندگی کا رہائشی درجہ حرارت لیا جاتا ہے پر حرارتی برتنی دباؤ کی قیمت

$$V_T = \frac{kT}{q} = \frac{1.38 \times 10^{-23} \times 300}{1.6 \times 10^{-19}} = 0.0259\text{ V}$$

یعنی  $25.9\text{ mV}$  ہے۔

عام طور پر ایڈ کی مساوات میں حرارتی برتنی دباؤ کو  $25\text{ mV}$  لیا جاتا ہے جسے یاد رکھا تو در آسان ہے یعنی

(۲.۵)

$$V_T = 25\text{ mV}$$

مثال ۲.۲: ایک ایسے ڈائیڈ جس کا  $I_S = 5.1\text{ fA}$  کے برابر ہو کی برتنی دباؤ  $v_D$  ان برتنی دباؤ  $i_D$  پر حاصل کریں۔

$$i_D = 1\text{ mA}$$

$$i_D = 10\text{ mA}$$

$$i_D = 100\text{ mA}$$

حل: مساوات ۲.۳ میں  $V_T = 25\text{ mV}$  اور  $n = 1$  لیتے ہوئے۔

$$v_D = V_T \ln \left( \frac{i_D}{I_S} + 1 \right) = 0.025 \times \ln \left( \frac{1 \times 10^{-3}}{5.1 \times 10^{-15}} + 1 \right) = 0.65 \text{ V} .$$

$$v_D = V_T \ln \left( \frac{i_D}{I_S} + 1 \right) = 0.025 \times \ln \left( \frac{10 \times 10^{-3}}{5.1 \times 10^{-15}} + 1 \right) = 0.708 \text{ V} .$$

$$v_D = V_T \ln \left( \frac{i_D}{I_S} + 1 \right) = 0.025 \times \ln \left( \frac{100 \times 10^{-3}}{5.1 \times 10^{-15}} + 1 \right) = 0.765 \text{ V} .$$

مثال میں دئے ڈائیوڈ سے گزرتے بہت برقی رو  $i_D$  کی قیمت سو گناہ بڑھنے سے اس کے برقی دباؤ  $v_D$  کی قیمت ۰.۶۵ V سے بڑھ کر ۰.۷۶۷ V ہوتی۔ یہ ایک نہایت اہم اور عمومی نتیجہ ہے جسے استعمال کرتے ہم عام طور ایک ایسے سلیکان ڈائیوڈ جس میں سیدھے زخم برقی رو کا بہساو ہو، کے دوسروں کے مابین برقی دباؤ کو ۰.۷ V ہی تصور کرتے ہیں یعنی

$$(2.2) \quad v_D = 0.7 \text{ V}$$

یہاں بتلاتا چاہلوں کر سیدھے مائل جو ممکن ڈائیوڈ پر ۰.۲ V پائے جاتے ہیں۔

مدادات ۲.۳ میں  $I_S = 5.1 \times 10^{-15} \text{ A}$  لیتے ہوئے اسے بہت برقی دباؤ کے لئے شکل ۲.۲ میں گراف کیا گیا ہے جہاں افقی محور پر  $v_D$  کو وولٹ میں اور عمودی محور پر  $i_D$  کو آپس میں دکھایا گیا ہے۔ اس گراف سے واضح ہے کہ  $0V > v_D > 0.5V$  کے احاطے میں ڈائیوڈ سے گزرتے برقی رو متبلی ظراہداز ہے۔ اگرچہ جب بھی  $v_D > 0V$  ہو ڈائیوڈ کو سیدھا مائل تصور کیا جاتا ہے، حقیقت میں ڈائیوڈ کو  $0.5V > v_D > 0V$  کی صورت میں ہی چالا تصور کیا جاتا ہے۔ یوں  $i_D = I_S e^{\frac{v_D}{V_T}}$  کو ڈائیوڈ کی چالا برقی رو دباؤ کے بناءً کہتے ہیں۔ چالا ڈائیوڈ کی مدادات میں چونکہ

$$e^{\frac{v_D}{V_T}} >> 1$$

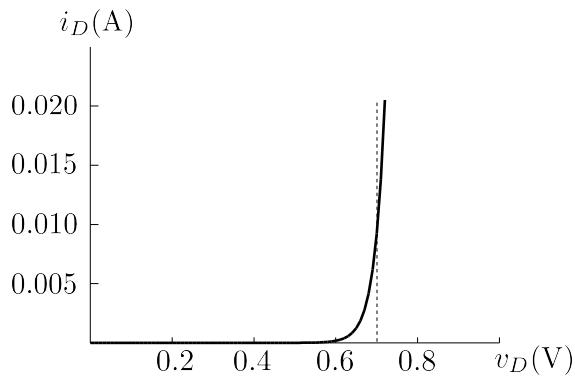
ہوتا ہے لہذا چالا ڈائیوڈ کی مدادات یوں لکھی جا سکتی ہے۔

$$(2.4) \quad i_D \approx I_S e^{\frac{v_D}{V_T}}$$

شکل ۲.۲ میں ۰.۷ V پر نقطہ دار لکھی رکھا اس بات کی وضاحت کی گئی ہے کہ سیدھے مائل ڈائیوڈ کی برقی دباؤ  $v_D$  تقریباً ۰.۷ V وولٹ رہتی ہے۔ ڈائیوڈ پر سیدھے زخم برقی دباؤ کو سیدھے زخم ڈائیوڈ پر برقی دباؤ کا گھٹاؤ کہتے ہیں جسے عموماً چھوٹا کر کے سیدھا برقی دباؤ کا گھٹاویا مسزید چھوٹا کر کے صرف سیدھا گھٹاؤ کہتے ہیں۔ یوں ڈائیوڈ کا سیدھا گھٹاؤ تقریباً ۰.۷ V وولٹ تصور کیا جاتا ہے۔

مثال ۲.۳: پچھلے مثال کے ڈائیوڈ کی برقی رو  $i_D$  ان برقی دباؤ پر حاصل کریں۔

germanium diode<sup>۹</sup>  
forward biased<sup>۱۰</sup>  
cut-in voltage<sup>۱۱</sup>



شکل ۲.۲: سیدھے مائل ڈائیوڈ کا خط

$$v_D = -10 \text{ V} \quad .1$$

$$v_D = -1 \text{ V} \quad .2$$

$$v_D = -0.1 \text{ V} \quad .3$$

حل:

$$i_D = I_S \left( e^{\frac{v_D}{V_T}} - 1 \right) = I_S \left( e^{-\frac{10}{0.025}} - 1 \right) = I_S \left( e^{-400} - 1 \right) \approx -I_S \quad .1$$

$$i_D = I_S \left( e^{\frac{v_D}{V_T}} - 1 \right) = I_S \left( e^{-\frac{1}{0.025}} - 1 \right) = I_S \left( e^{-40} - 1 \right) \approx -I_S \quad .2$$

$$i_D = I_S \left( e^{\frac{v_D}{V_T}} - 1 \right) = I_S \left( e^{-\frac{0.1}{0.025}} - 1 \right) = I_S \left( e^{-4} - 1 \right) \approx -I_S \quad .3$$

مثال ۲.۳:  $I_S$  کی قیمت درجہ حرارت بڑھنے سے ۱۵% فی کیلوان بڑھتی ہے۔  $5^\circ\text{C}$  درجہ حرارت بڑھنے سے  $I_S$  کی قیمت کتنی ہو جائے گی۔  
حل: درجہ حرارت ۱  $^\circ\text{C}$  بڑھنے سے نئی قیمت  $1.15I_S$  ہو جائے گی۔ مسندہ ۱  $^\circ\text{C}$  بڑھنے سے  $I_S$  مزید ۱۵% بڑھ کر  $1.15 \times 1.15I_S$  ہو جائے گی۔ یہ ۵  $^\circ\text{C}$  بڑھنے سے

$$1.15^5 I_S \approx 2I_S$$

ہو جائے گا۔

اس مثال سے ہم دیکھتے ہیں کہ درجہ حرارت  $5^{\circ}\text{C}$  بڑھنے سے  $I_S$  کی قیمت دگنگی ہو جاتی ہے۔ اس طرح اگر مثلاً  $25^{\circ}\text{C}$  پر  $10^{-15} \text{ A}$  پر  $30^{\circ}\text{C}$  پر  $I_S = 2 \times 10^{-15} \text{ A}$  اور  $35^{\circ}\text{C}$  پر  $I_S = 4 \times 10^{-15} \text{ A}$  ہو جائے گی۔

مشن ۲.۱:  $I_S = 10^{-15} \text{ A}$  پر  $25^{\circ}\text{C}$  سے  $I_S = 125^{\circ}\text{C}$  پر کی قیمت حاصل کریں۔  
جواب:  $2^{20} \times I_S \approx 1 \text{ nA}$

آپ نے مثال ۲.۳ میں دیکھا کہ منقی  $v_D$  کی صورت میں برقی روکی قیمت تقریباً  $I_S$  کے برابر ہوتی ہے جنی برقی روکی ڈائیوڈ میں الٹی رخ کی جہالت ہوتا ہے جبکہ اس کا کل مختار  $|I_S|$  ہوتا ہے۔ یاد رکھ کر ایک نہایت چھوٹی مختار ہے جسے عوامی اسٹریٹی میں ایک ڈائیوڈ میں الٹی رخ برقی روکی قیمت  $I_S$  سے کوئی درجہ زیادہ ہوتی ہے۔ مثلاً جگہ اٹکے مائل ڈائیوڈ کے مساوات کے مطابق  $A = 10^{-15} \text{ A}$  برقی روگزناہ پر بنے وہاں حقیقت میں الٹی رخ  $A^{-9}$  برقی روکی ممکن ہے۔ مزید یہ کہ اٹکے مائل کرنے والا برقی روکی الٹی رخ برقی روکی مختار پر انداز ہوتا ہے۔

الٹی رخ برقی روکی ایکیسٹر حصہ ڈائیوڈ میں الٹی رخ رستا برقی رو<sup>۱۰</sup> ہے جو ڈائیوڈ کے  $pn$  جوڑ کے رقبے کے ساتھ رہ راست تناسب رکھتا ہے۔ میں ڈائیوڈ کے  $pn$  جوڑ کے رقبے کے ساتھ رہ راست تناسب رکھتا ہے۔ درجہ حرارت  $5^{\circ}\text{C}$  بڑھنے سے  $I_S$  کی قیمت دگنا ہو جاتی ہے جبکہ الٹی رخ برقی روکی قیمت  $10^{\circ}\text{C}$  بڑھنے سے دگنا ہوتی ہے۔

جب ڈائیوڈ پر بیرونی لاگو برقی دباؤ ڈائیوڈ میں الٹی رخ برقی روگزارنے کی کوشش کرے ہم کہتے ہیں کہ ڈائیوڈ اٹکے مائل<sup>۱۱</sup> کی اگیا ہے اور اسی طرح بیرونی لاگو برقی دباؤ ڈائیوڈ میں سیدھے رخ برقی روگزارنے کی کوشش کرے تب ہم کہتے ہیں کہ ڈائیوڈ سیدھا مائل<sup>۱۲</sup> کیا گیا ہے۔ شکل ۲.۳ میں ڈائیوڈ کا برقی دباؤ بالقابل برقی رو<sup>(v\_D - i\_D)</sup> کا ناظر دکھایا گیا ہے جس میں ڈائیوڈ کے سیدھے مائل اٹکے مائل خط دکھائے گئے ہیں۔ اس شکل میں بے قابل خط<sup>۱۳</sup> میں دکھایا گیا ہے جو مساوات ۲.۳ سے کسی صورت اخذ نہیں کیا جاسکتے۔

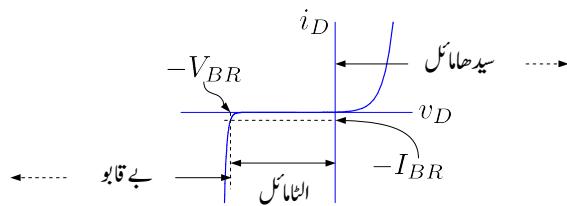
در حاصل مساوات ۲.۳ حاصل کرتے وقت ڈائیوڈ کی کمی چیز گیاں نظر انداز کی گئیں اور یوں اگر چہ یہ مساوات سیدھے مائل ڈائیوڈ کی کارکردگی کو بہتر بیان کرتا ہے، الٹے مائل ڈائیوڈ کی کارکردگی کو یہ پوری طرح صحیح بیان نہیں کرتا اور ڈائیوڈ کے بے قابل خط کو سراہر خط کر جاتا ہے۔ بے قابل خط پر آگے تبصرہ کیا جائے گا۔ یہاں صرف اتنا بتا ناضوری ہے کہ اگر ڈائیوڈ پر الٹی رخ برقی دباؤ لاگو کر کے اسے اٹکے مائل کیا جائے تو ڈائیوڈ اس برقی دباؤ کو برداشت کرتا ہے اور الٹی رخ برقی رو نہیں گزرنے دیتا۔ اگر اس اٹکے مائل کرنے والے برقی دباؤ کو برداشت رجھڑھائی جائے تو آخوند کاری ڈائیوڈ کے برداشت کے حد سے تجاوز کر جائے گا اور ڈائیوڈ کی دم الٹی رخ بے قابل خط کو برقی روگزارنے دے

reverse leakage current<sup>۱۴</sup>

reverse biased<sup>۱۵</sup>

forward biased<sup>۱۶</sup>

breakdown region<sup>۱۷</sup>



شکل ۲.۳: ڈائیوڈ کا برقی دباؤ بال مقابلہ برقی روکاخط

گل جس برقی دباؤ پر ایسا ہوا سے ڈائیوڈ کی مقابلہ برداشتی اللٹ برقی دباؤ<sup>۱۱</sup>  $V_{BR}$  کہتے ہیں۔ اگرچہ گراف میں ناتباہل برداشت برقی دباؤ منفی محور پر ہے، اس کی قیمت ثابت لکھی اور پڑھی جاتی ہے۔ مختلف ڈائیوڈ کی ناتباہل برداشت برقی دباؤ مختلف ہوتی ہے اور یہ چند ولٹ سے ہزاروں ولٹ تک ممکن ہے۔ شکل ۲.۳ میں دکھائے تین خطوں کی نشاندہی یوں کی جاتی ہے۔

$$\cdot \text{سیدھا مائل} < v_D$$

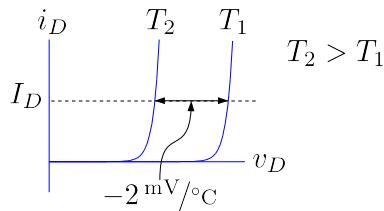
$$\cdot -V_{BR} < v_D < 0$$

$$\cdot \text{بے قابو} < -V_{BR}$$

ڈائیوڈ کی مساوات میں  $V_T$  واضح طور پر درج ہے ہمارات پر منحصر ہے۔ اگرچہ  $I_S$  کو مستقل سمجھا گیا ہے، حقیقت میں یہ بھی درج ہے ہمارات پر منحصر ہوتا ہے۔ اگر ڈائیوڈ میں سیدھے رخ برقی روکی قیمت تبدیل نہ کرتے ہوئے درج ہمارات بڑھایا جائے تو مساوات ۲.۳ میں  $V_T$  کی وجہ سے ہم موقع کرتے ہیں کہ ڈائیوڈ پر برقی دباؤ کی قیمت بھی بڑھے گی۔ جیسا شکل ۲.۳ میں دکھایا گیا ہے، حقیقت میں ایسا نہیں ہوتا اور ہم دیکھتے ہیں کہ برقی رو بدلے بغیر،  $1^{\circ}\text{C}$  درج ہمارات بڑھانے سے ڈائیوڈ پر برقی دباؤ کی قیمت  $2\text{ mV}$  گھٹتی ہے۔ دراصل درج ہمارات بڑھانے سے  $I_S$  کی قیمت بھی بڑھتی ہے اور  $I_S$  کا اثر پر عالیاب ہے۔ مزید یہ کہ حقیقت میں ائے رخ برقی روکی مقدار ائے رخ برقی دباؤ کی قیمت بڑھانے سے معمولی بڑھتی ہے۔ درج ہمارات کے ساتھ ڈائیوڈ پر برقی دباؤ کی قیمت کی تبدیلی کو برقراری میں<sup>۱۲</sup> اتنا نہیں میں بروئے کار لایا گیا ہے۔

مثال ۲.۵: میں نے لاہور میں خود کرنیا زیگکے معتام پر واقع عطا گروپ آف انڈسٹریز<sup>۱۳</sup> میں کام کرتے ہوئے قوی بریقاٹ<sup>۱۴</sup> کے میدان میں ۱۰۰ kW ۱.۵ MW کے لوپاگھانے کی بھیں<sup>۱۵</sup> بنائیں۔ قوی بریقاٹ میں

reverse breakdown voltage<sup>۱۶</sup>  
thermometer<sup>۱۷</sup>  
Atta group of industries<sup>۱۸</sup>  
power electronics<sup>۱۹</sup>  
induction furnaces<sup>۲۰</sup>



شکل ۲.۳: برقی دباؤ بال مقابل درجہ حرارت

ہزاروں ایپسیٹ اور ولٹ کے صلاحیت رکھنے والے ڈائیوڈ استعمال کئے جاتے ہیں۔ یہ مثال مجھے اس وقت دریافت شدیں میں سے لیا گیا ہے۔  
ایک ڈائیوڈ میں یکم 1000 A گزارنے سے اس پر شروع میں  $V_D = 0.724 \text{ V}$  پائے جاتے ہیں جو کچھ دیر میں گھٹتے ہوئے  $0.708 \text{ V}$  ہو کر اسی قیمت پر مسترار رہتے ہیں۔

- برقی دو گزرنے سے ڈائیوڈ کی اندر وی فری برقی طاقت میں اضافہ پیدا ہوا۔
- گرم ہونے کے بعد ڈائیوڈ میں برقی طاقت کا ضیاء حاصل کریں۔
- فوٹ طاقت کے ضیاء سے درجہ حرارت میں اضافے کو ڈائیوڈ کا حرائق مزاحمت کرتے ہیں۔ ڈائیوڈ کا حرائق مزاحمت حاصل کریں۔

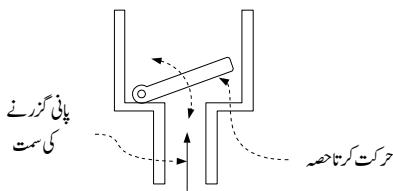
حل:

- $V_D = 0.724 - 0.708 = 0.016 \text{ V}$  یعنی  $0.016 \text{ V} / 1^\circ \text{C}$  چونکہ  $1^\circ \text{C}$  درجہ حرارت بڑھنے سے  $V_D$  میں  $2 \text{ mV}$  یعنی  $0.016 \text{ V} / 0.002^\circ \text{C}$  کا اضافہ پیدا ہوا۔
- ڈائیوڈ میں برقی طاقت کا ضیاء  $W = 708 \times 1000 = 708 \text{ W}$  ہے۔
- حرائق مزاحمت  $\frac{8}{708} = 0.011 \text{ }^\circ\text{C/W}$  ہے۔

## ۲.۱ کامل ڈائیوڈ

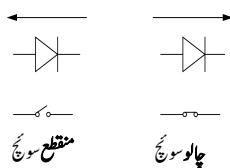
ڈائیوڈ سمجھنے کی خاطر ہم کامل ڈائیوڈ کی بات کرتے ہیں۔ کامل ڈائیوڈ<sup>۲۲</sup> حقیقت میں نہیں پایا جاتا مگر اسے سمجھنا آسان اور اسے سمجھ کر اصل ڈائیوڈ کی کارکردگی سمجھنا زیادہ آسان ہوتا ہے۔

thermal resistance<sup>r</sup>  
ideal diode<sup>r</sup>



شکل ۲.۵: پانی کے پانچ پر نسب وابو

الٹی رنگ برقی رو  
کے لئے یہ مقطع  
سوچ کی طرح  
کام کرتا ہے



سیدھی رنگ برقی  
رو کی صورت  
میں ڈائیوڈ ایک  
چالو سوچ کی  
طرح کام کرتا ہے

شکل ۲.۶: ڈائیوڈ بطور برقی سوچ

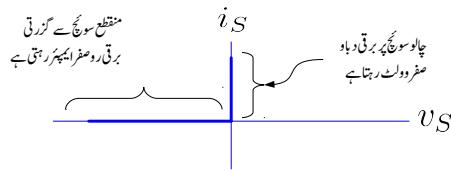
ڈائیوڈ کی کارکردگی دل کے والوں کی مانند ہے۔ دل کا والوں کو صرف ایک حباب گزرنے دیتا ہے۔ اسی طرح ڈائیوڈ برقی رو کو صرف سیدھے رنگ گزرنے دیتا ہے۔ شکل ۲.۵ میں پانی کے پانچ پر نسب والوں کا یہ گیا ہے جس کی کارکردگی شکل سے تی واثق ہے۔

برقی نظم نظر سے کامل ڈائیوڈ کا ایک ایسا خود کار برقی سوچ ۲۳ تصور کیا جاسکتا ہے جو ڈائیوڈ میں سے گزرنے برقی رو کی سمت کو دیکھتے ہوئے چالویا مقطع ۲۵ ہو سکے۔ ڈائیوڈ میں سیدھے رنگ برقی رو اسے چالو کرتی ہے جبکہ الٹی رنگ برقی رو اسے مقطع کرتی ہے۔ یوں ڈائیوڈ میں الٹی رنگ برقی رو کا گزرنے ممکن نہیں ہوتا۔ شکل ۲.۶ میں ایسا دکھایا گیا ہے۔ اس سوچ کا خط شکل ۷ میں دکھایا گیا ہے۔ اس شکل کا ڈائیوڈ کے خط کے ساتھ موازنے کریں۔ اگر ڈائیوڈ کے ۰.۷V کو نظر انداز کیا جائے تو یہ دونوں خطوط یکساں معلوم ہوتے ہیں۔

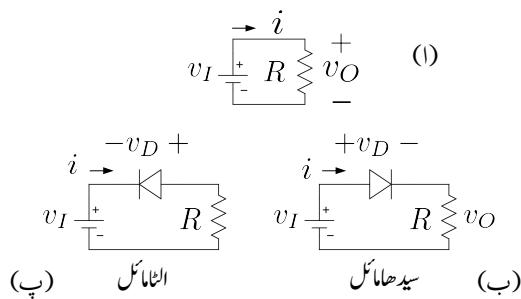
## ۲.۲ ڈائیوڈ کے چند ادوار

شکل ۲.۸ میں تین ادوار دکھائے گئے ہیں۔ شکل اف میں برقی رو ۱ آن، گھری کی سمت میں برقی رو ۲ آن پیدا کرتا ہے جسے تیر کے نشان سے ظاہر کیا گیا ہے۔ شکل ب اور شکل پ میں مزاحمت کے ساتھ سالمہ وار ڈائیوڈ بھی نسب کر دئے گئے ہیں۔ شکل ب میں ڈائیوڈ یوں جوڑا گیا ہے کہ برقی رو ۳ کی سمت شکل ۲.۱ میں دکھائے ڈائیوڈ کے سیدھے رنگ کی حباب ہے جبکہ شکل پ میں برقی رو ۴ کی سمت ڈائیوڈ کی الٹی رنگ کی حباب ہے۔ یوں

valve<sup>۱</sup>  
switch<sup>۲</sup>  
switch OFF<sup>۳</sup>



شکل ۷: ڈائیوڈ سوچ کا خط



شکل ۸: سیدھا نامک ڈائیوڈ اور الٹا نامک ڈائیوڈ

شکل ب میں برقی رو ن کا گزرنامکن ہے جبکہ شکل پ میں برقی رو ن کا گزرنامکن ہے۔ شکل ب میں برقی دباؤ  $v_I$  ڈائیوڈ کو مانکل کرتا ہے کہ یہ برقی رو کو سیدھے رخ گزرنے دے۔ ہم کہتے ہیں کہ ڈائیوڈ سیدھے رخ مانکھ کیا گیا ہے یا کہ ڈائیوڈ سیدھا مانکھ<sup>۱</sup> کیا گیا ہے۔ اس کے بر عکس شکل پ میں برقی دباؤ  $v_I$  ڈائیوڈ میں اٹھے رخ برقی رو گزارنے کی کوشش کرتا ہے۔ اس صورت میں ہم کہتے ہیں کہ ڈائیوڈ اٹھے رخ مانکھ کیا گیا ہے یا کہ ڈائیوڈ الٹا مانکھ<sup>۲</sup> کیا گیا ہے۔ ڈائیوڈ کے سیدھے مانکل حال کو چالو حال جبکہ اس کے الٹے مانکل حال کو مفکھ حال بھی کہتے ہیں۔ شکل ب کے لئے کرخونے کی مساوات برائے برقی دباؤ لکھتے ہیں۔

$$(2.8) \quad v_I = v_D + iR$$

---



---

forward biased<sup>r۱</sup>  
reverse biased<sup>r۲</sup>

مثال ۲.۶: شکل ۲.۸ میں مزاجہت کی قیمت  $1\text{ k}\Omega$  تصور کریں۔ ڈائوڈ کے برقی دباؤ  $v_D$  کو پہلے نظر انداز کرتے ہوئے اور بعد میں اسے  $0.7\text{ V}$  لیتے ہوئے مندرجہ ذیل صورتوں میں برقی رو حاصل کریں۔

$$v_I = 22.9\text{ V} \quad .1$$

$$v_I = 1.2\text{ V} \quad .2$$

حل:  $v_D$  کو نظر انداز کرتے ہوئے مساوات ۲.۸ کی مدد سے حل کرتے ہیں۔

$$i = \frac{v_I}{R} = \frac{22.9}{1000} = 22.9\text{ mA} \quad .1$$

$$i = \frac{v_I}{R} = \frac{1.2}{1000} = 1.2\text{ mA} \quad .2$$

اب  $v_D$  لیتے ہوئے دباؤ حل کرتے ہیں۔

$$i = \frac{v_I - 0.7}{R} = \frac{22.9 - 0.7}{1000} = 22.2\text{ mA} \quad .1$$

$$i = \frac{v_I - 0.7}{R} = \frac{1.2 - 0.7}{1000} = 0.5\text{ mA} \quad .2$$

اس مثال میں  $v_I = 22.9\text{ V}$  کی صورت میں  $v_D$  کے اثر کو شامل کرنے سے حاصل برقی رو  $i$  کی قیمت پر حتاط خواہ اثر نہیں پڑتا جبکہ  $v_I = 1.2\text{ V}$  کی صورت میں اس کے شمولیت سے برقی رو کی قیمت آؤٹھے سے بھی کم ہو جاتی ہے۔ اس سے ظاہر ہوتا ہے کہ  $v_D$  کو ہر جگہ نظر انداز نہیں کیا جا سکتا۔

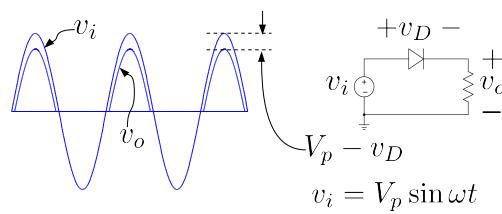
### ۲.۳ بدلستا دباؤ سے یک سمت دباؤ کا حصول (سمت کاری)

#### ۲.۳.۱ نصف لہر سمت کاری

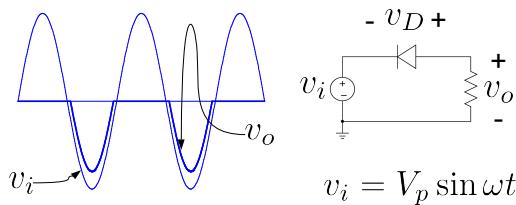
شکل ۲.۹ میں بدلستا داخنی برقی دباؤ  $v_i = V_p \sin \omega t$  کے مثبت حصے ڈائیوڈ کو ہوتا ہے جس سے اس دوران میں بدلستا داخنی برقی دباؤ کا سیدھا مائل کرتے ہیں۔ یوں اس دوران

$$v_o = v_i - v_D \approx V_p \sin \omega t - 0.7$$

ہوتا ہے جس سے اس مائل ڈائیوڈ پر برقی دباؤ کو تقریباً  $0.7\text{ V}$  لیا گیا ہے۔ اس کے بر عکس  $v_i$  کے منفی حصے ڈائیوڈ کو اس مائل کر کے منتفع کر دیتے ہیں اور یوں اس دوران میں  $v_o = 0\text{ V}$  ہوتا ہے۔ شکل ۲.۹ میں  $v_i$  اور  $v_o$  بھی گراف کے گئے ہیں۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ  $v_o$  کی چوٹی  $v_i$  کے چوٹی سے تقریباً  $0.7\text{ V}$  کم ہے۔ عمومی استعمال میں  $v_i$  کی چوٹی کی قیمت  $0.7\text{ V}$  سے گلیگا زیادہ ہوتی ہے اور یوں  $v_o$  کے چوٹی کو  $v_i$  کے چوٹی کے برابری تصور کیا جاتا ہے۔ اس دور کی مدد سے بدلستا داخنی برقی دباؤ جو مثبت اور منفی حصوں پر مشتمل ہے ایک ایسی حنارتی برقی دباؤ حاصل کی گئی ہے جس میں داخنی برقی دباؤ کے صرف مثبت حصے موجود ہیں۔ بدلستا برقی دباؤ سے نصف لہر کی یک سمت برقی دباؤ کے حصوں کو نصف لہر سمت کاری<sup>۲۸</sup> کہتے ہیں۔ یوں شکل ۲.۹ میں دو کو نصف لہر سمت کاری<sup>۲۹</sup> کہتے ہیں۔



شکل ۲.۹: نصف لہر مثبت سمت کار

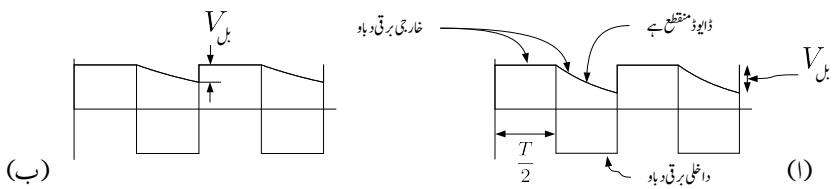


شکل ۲.۱۰: نصف لہر منفی سمت کار

نصف سمت کار جسے عام نہم میں آدھا ریکلیفائر<sup>۳۰</sup> کہتے ہیں ایک انتہائی اہم دور ہے جسے استعمال کرتے ہوئے کئی ادوار مثلاً منبع برقی دباؤ<sup>۳۱</sup>، بیسٹری چارج بر قدر<sup>۳۲</sup> وغیرہ بنائے جاتے ہیں۔ شکل ۲.۱۰ میں ڈائیوڈ کو فوت در مختلف طریقے سے جوڑا گیا ہے۔ اس صورت میں داخنی برقی دباؤ  $v_i$  کے منفی حصے ڈائیوڈ کو سیدھا مائل کرتے ہیں جبکہ اس کے بثت حصے ڈائیوڈ کو اٹھا مائل کرتے ہیں۔ یوں حنارجی برقی دباؤ میں داخنی برقی دباؤ کے صرف منفی حصے موجود ہوتے ہیں۔ اس دور کو نصف لہر منفی سمت کار<sup>۳۳</sup> کہتے ہیں۔

مثال ۲.۷: بوجھ سے لدے مثبت نصف لہر سمت کار کو  $50 \text{ Hz} \pm 15 \text{ V}$  جیطے کا مستطیل داخنی اشارہ منراہم کیا جاتا ہے جس کے مثبت اور منفی حصے بر ابر دورانیے کے ہیں۔ بوجھ  $R_L = 100 \Omega$  جبکہ  $C = 100 \mu\text{F}$  ہیں۔ حنارجی برقی دباؤ بلدر ہوتا ہے۔ اس میں بلٹ<sup>۳۴</sup> کی مقدار حاصل کریں۔ ڈائیوڈ پر برقی دباؤ کے گھنے کو نظر انداز کریں۔ حنارجی برقی دباؤ میں بلٹ کو  $1 \text{ V}$  سے کم رکھنے کی حناصر درکار کپیٹر کی قیمت حاصل کریں۔ حل: شکل ۲.۱۱ الف میں صورت حال دکھائی گئی ہے جہاں حنارجی برقی دباؤ کا بلدر ہونا واضح ہے۔ داخنی برقی دباؤ منفی

<sup>۳۰</sup>half wave rectifier<sup>۳۱</sup>voltage source<sup>۳۲</sup>موہاں فون ریمنے والے بیسٹری چارج سے نوبی آگہ ہوں گے پوکدہ بیسٹری بھسنے کے لئے ان کی ضرورت پڑتی ہے۔<sup>۳۳</sup>half wave negative rectifier<sup>۳۴</sup>ripple



شکل ۲.۱۱: نصف لبر سمت کار کے حنارجی برقی دباد میں بل

ہونے کے صورت میں ڈائیوڈ مقطوع رہتا ہے۔ اس دوران کپیٹر  $C$  برقی طاقت فنراہم کرتا ہے۔ پچھا س تعداد کے اشارے کا دوری عرصہ  $^{25}\text{ms}$  میں ملی سینٹڑے ہے۔ یوں کپیٹر سے دس ملی سینٹڑے کے لئے بار کی نکاسی ہوتی ہے۔ داخلی برقی دباد کے مقنی ہونے کے لمحے کو  $t = 0$  لیتے ہوئے کپیٹر پر برقی دباد  $v_C$  کو یوں لکھا جا سکتا ہے

$$v_C = V_p e^{-\frac{t}{RC}}$$

جبکہ  $V_p = 15 \text{ V}$  ہے۔ اس مساوات سے دس ملی سینٹڑے بعد  $v_C = 5.5 \text{ V}$  حاصل ہوتا ہے جس سے

$$\text{بل} = 15 - 5.5 = 9.5 \text{ V}$$

حاصل ہوتا ہے۔  
بل کو  $1 \text{ V}$  رکھنے کی حد اطرد دس ملی سینٹڑے کے بعد  $14 = 15 - 1 = 14 \text{ V}$  درکار ہے۔ یوں

$$14 = 15 e^{-\frac{0.01}{100C}}$$

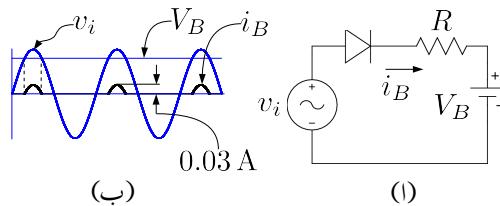
$$C = 1449 \mu\text{F}$$

حاصل ہوتا ہے۔ کپیٹر، مزاحمت و غیرہ مقنیں قیموں میں دستیاب ہوتے ہیں لہذا انہیں قیموں میں  
کے کپیٹر، مزاحمت و غیرہ چنان ہوتا ہے۔  $25 \mu\text{F}$  اور  $1500 \text{ V}$  کا کپیٹر استعمال کریں گے۔ کپیٹر کے برقی دباد کی  
صلاحیت درکار برقی دباد کی چوٹی سے زیادہ ہونالازمی ہے۔

آپ نے دیکھا کہ کپیٹر کی قیمت بڑھانے سے بل میں کمی آتی ہوتی ہے۔ یہ حقیقت برقی دباد کے مقنی میں کام آئے گی۔

مثال ۲.۸: شکل ۲.۱۲ میں نصف لبر سمت کار کے حنارجی حبانب مزاحمت کی جگہ بیٹری نسب کی گئی ہے۔ یوں نصف لبر کار بیٹری میں بار بھرتا ہے۔ اس دور میں بیٹری کا برقی دباد

time period<sup>۲۵</sup>  
voltage supply<sup>۲۴</sup>



شکل ۲.۱۲: بیسٹری چار جبر

چار جبر کی برقی رو  $v_B$  حاصل کر کے گرفت کریں۔ مزاجمت  $R$  برقی رو کی چوتھی کوڈا ڈائیوڈ اور بیسٹری کے قابل برداشت حد سے نیچے رکھتا ہے۔ حل: داخنی برقی دباؤ  $v_i$  کی قیمت مسلسل تبدیل ہوتا ہے جب تک  $v_i$  کی قیمت بیسٹری کے برقی دباؤ یعنی بارہ دو لفٹ سے کم رہے ڈائیوڈ اسماں کے گا اور اس میں برقی رو نہیں گزرے گی۔ جیسے ہی  $v_i$  کی قیمت 12 V کے تجاوز کرے ڈائیوڈ سیدھا مائل ہو کر برقی رو گزارے گا اور اس دوران  $D$  کو نظر انداز کرتے ہوئے مزاجمت پر اور ہم کے فتنوں سے ہم لکھ سکتے ہیں۔

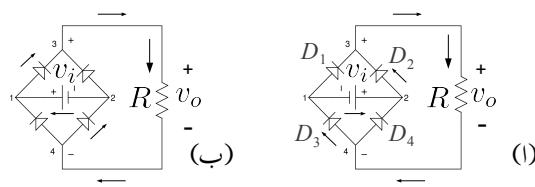
$$i_R = i_B = \frac{v_i - V_B}{R} = \frac{15 \sin 100\pi t - 12}{100} = 0.15 \sin 100\pi t - 0.12$$

شکل ۲.۱۲-ب میں بیسٹری بھرنے والی برقی رو  $i_B$  کے علاوہ  $v_i$  اور  $V_B$  بھی دکھائے گے ہیں۔ برقی دباؤ اور برقی رو کو ایک ہی جگہ گراف کیا گیا ہے تاکہ وقت  $t$  کے ساتھ مختلف متغیرات کے تعلق کی وضاحت ہو سکے۔ جیسا آپ دیکھ سکتے ہیں بیسٹری صرف ان اوقات بھری جاتی ہے جب  $v_i > V_B$  ہو۔ شکل میں نقطہ دار لکسیروں سے ایسے ایک دورانیہ کی نشاندہی کی گئی ہے جب بیسٹری بھر رہی ہو۔ کی چوتھی 30 mA ہے جسے یوں حاصل کیا گیا۔

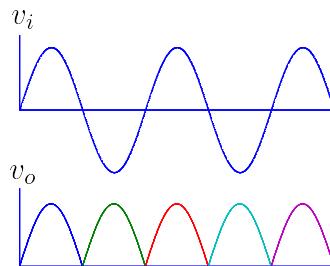
$$0.15 \sin \frac{\pi}{2} - 0.12 = 0.15 - 0.12 = 0.03 \text{ A}$$

### ۲.۳.۲ مکمل لہر سست کاری

شکل ۲.۱۳ میں مکمل لہر سست کار ۲.۳ دکھایا گیا ہے۔ اس دور میں چار ڈائیوڈ مسربع کی شکل میں جوڑے گے ہیں اور دور کو  $v_i$  بطور بدلات داخنی برقی دباؤ میا کیا گیا ہے۔ دور کی کارکردگی سمجھنے کی حنا طر شکل ۲.۱۳ افے پر تو جب رکھیں۔  $v_i$  کی قیمت بثبت ہونے کی صورت میں منع برقی دباؤ کے بثبت (+) سرے سے برقی رو بہر کی جانب ہو گی۔ چونکہ برقی رو ڈائیوڈ میں اٹھی جانب نہیں گزر سکتی لہذا یہ ڈائیوڈ  $D_2$  سے گزرے گی جبکہ اس دوران ڈائیوڈ  $D_4$  منقطع



شکل ۲.۱۲: کمل اہر سمت کار



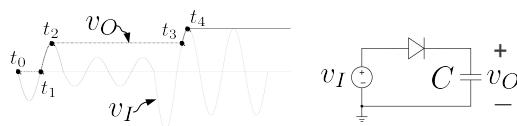
شکل ۲.۱۳: کمل اہر سمت کار کے داخنی اور خارجی خط

حال رہے گا۔ برقی روڈ ۲<sub>۲</sub> سے خناد ہو کر پونکہ D<sub>۱</sub> میں اٹی جائے نہیں گز سکتی بلکہ مسماحت R میں داخل ہوگی۔

اسی طرح منبع برقی دباؤ کے منفی سرے سے برقی روکی راہ معلوم کرنے کی حاضر ہم دیکھتے ہیں کہ منبع برقی دباؤ کے منفی (-) سرے پر برقی رو اندر کی جاناب ہوگی۔ یہ برقی رو صرف D<sub>۳</sub> کے راستے ہی ممکن ہے پونکہ D<sub>۱</sub> میں اٹی برقی رو کا گز ناممکن ہے۔ ہم دیکھتے ہیں کہ مثبت برقی دباؤ کی صورت میں برقی رو ڈائیوڈ D<sub>۲</sub> اور D<sub>۴</sub> سے گزتی ہے جبکہ ڈائیوڈ D<sub>۳</sub> اور D<sub>۱</sub> منقطع رہتے ہیں۔ اس دوران مسماحت میں برقی رو کی سمت شکل میں دکھائی گئی ہے۔

اب دیکھتے ہیں کہ منبع برقی دباؤ کی قیمت منفی ہونے کی صورت میں کیا ہوتا ہے۔ یہ صورت حال شکل ۲.۱۳-ب میں دکھائی گئی ہے۔ اس صورت میں برقی رو ڈائیوڈ D<sub>۱</sub> اور D<sub>۴</sub> سے گزرے گی جبکہ D<sub>۲</sub> اور D<sub>۳</sub> منقطع رہیں گے۔ برقی رو اب بھی مسماحت میں گزشتہ سمت میں ہی گزرے گی۔

یوں جیسا شکل ۲.۱۳ میں دکھایا گیا ہے، بدلتے داخنی دباؤ v<sub>o</sub> کی قیمت مثبت یا منفی ہو، مسماحت پر برقت برقی دباؤ v<sub>o</sub> ثابت ہی رہتا ہے۔ چونکہ v<sub>o</sub> کی سمت تبدیل نہیں ہوتی بلکہ ایک سمت برقی دباؤ ہے۔



شکل ۲.۱۵: چوٹی حاصل کار

## ۲.۳ چوٹی حاصل کار

شکل ۲.۱۵ میں پوٹھی حاصل کار <sup>۲۸</sup> دکھایا گیا ہے۔ اس دور کو بیتے آدھے لہر سمت کار میں ڈائیوڈ کے خنجری جانب مزاحمت کی جگہ کپیسٹر نسب کر کے حاصل کی گیا ہے۔ ڈائیوڈ برقی دباؤ کے  $0.7\text{V}$  گھنے کو نظر انداز کرتے ہوئے چوٹی حاصل کار کر کر دیکھیوں ہے۔ وقت  $t = 0$  پر  $v_I$  چالو کیا جاتا ہے۔ لمحے  $t_0$  یعنی  $0$  پر داخنی برقی دباؤ  $v_I$  اور خنجری برقی دباؤ  $v_O$  دونوں صفر وولٹ کے برابر ہیں۔ لمحے  $t_0$  سے لمحے  $t_1$  تک داخنی برقی دباؤ ڈائیوڈ کو الٹ مائل کرتے ہوئے ممکن طریقہ رکھتا ہے اور یوں اس دوران  $v_O$  صفر رہے گا۔  $t_1$  سے  $t_2$  تک خنجری برقی دباؤ  $v_O$  خوش اسلوبی سے داخنی برقی دباؤ  $v_I$  کی پیروی کرتے ہوئے کپیسٹر کو بھرتا ہے۔ اس دوران دور میں برقی روکی مسافت مندرجہ ذیل ہے۔

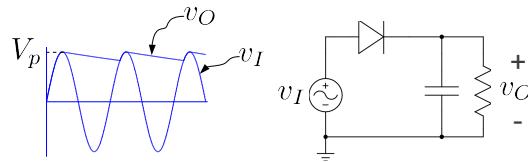
$$i = C \frac{dv_O}{dt}$$

$t_2$  گزرتے ہی  $v_I$  کی قیمت کم ہونا شروع ہو جاتا ہے۔ یوں  $t_2$  سے  $t_3$  تک  $v_O < v_I$  رہتا ہے جس کی وجہ سے ڈائیوڈ منقطع رہتا ہے۔ اس دوران کپیسٹر سے بارے نکای کا کوئی راستہ موجود نہیں ہوتا لہذا کپیسٹر پر برقی دباؤ برفتہ رہتا ہے جسے افتنی لکیرے دکھایا گیا ہے۔  $t_3$  گزرتے ہی  $v_I$  کی قیمت کپیسٹر پر بیٹے جانے والے برقی دباؤ سے بڑھ گیا ہے۔ یوں ڈائیوڈ ایک مرتبہ پھر سیدھا مائل ہوتے ہوئے چالو صورت اختیار کر لیتا ہے۔  $t_3$  تا  $t_4$  دباؤ برقی دباؤ  $v_I$  کی پیروی کرتا ہے۔  $t_4$  کے بعد کپیسٹر پر برقی دباؤ تبدیل نہیں ہوتا۔ اس تحفظیے سے واضح ہے کہ دور داخنی اشارہ کی چوٹی حاصل کر کے اس پر برفتہ رہتا ہے۔ اسی لئے اسے بیتے چوٹی حاصل کار کرنے ہیں۔ اگر اس دور میں ڈائیوڈ اسکے رنگی احبابے تو خنجری اشارہ  $v_O$  منقی چوٹی حاصل کرے گا اور یوں اس دور کو منقی چوٹی حاصل کار کہا جائے گا۔

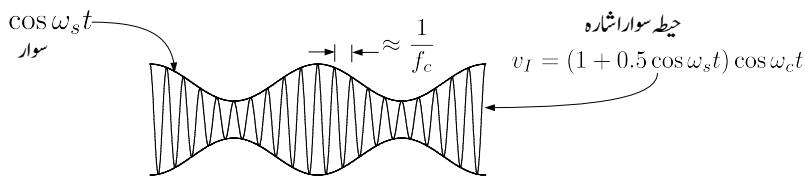
## ۲.۵ جیطہ اتار کار

بیتے چوٹی حاصل کار میں کپیسٹر کے موازی مزاحمت جوڑنے سے جیطہ اتار کار <sup>۲۹</sup> حاصل ہوتا ہے جسے شکل ۲.۱۶ میں دکھایا گیا ہے۔ جیسا کہ آپ دیکھ سکتے ہیں پوٹھی  $V_p$  کے فوراً بعد داخنی برقی دباؤ گھنٹتا ہے جبکہ خنجری جانب

<sup>۲۸</sup> peak detector  
<sup>۲۹</sup> دیگر کو نقلوں سے ظاہر کیا گیا ہے  
AM demodulator



شکل ۲.۱۶: جیٹ اتار کار



شکل ۲.۱۷: جیٹ سوار اشارہ

کپیٹر ای چوٹی پر رہ جاتا ہے۔ اس سے ڈائیڈ اسماں ہو جاتا ہے اور اس میں سے برقی روکا گزنا ممکن ہو جاتا ہے۔ ڈائیڈ کو منقطع تصور کریں تو ہمارے پاس بارے بھر اشہد کپیٹر C اور اس کے متوازی جبڑا مساحت R رہ جاتا ہے۔ کپیٹر کا بار اسی مساحت کے راستے خارج ہو کر اس پر برقی دباؤ کھاتا ہے۔ ایسا مندرجہ ذیل مساوات کے تحت ہوتا ہے۔

$$(2.9) \quad v_O = V_p e^{-\frac{t}{RC}}$$

اس مساوات میں چوٹی کو  $t = 0$  تصور کیا گیا ہے۔ کپیٹر سے بار اس لمحے تک خارج ہوتا ہے جب تک کپیٹر پر برقی دباؤ  $v_O$  دور کے داخلی برقی دباؤ  $v_I$  سے زیاد رہے۔ جیسے ہی  $v_I$  کی مقدار ایک مرتبہ بھر  $v_O$  کی مقدار سے تجاوز کر جائے، اسی لمحے ڈائیڈ دباؤ سیدھا مامکن ہو کہ کپیٹر کو دباؤ بھرنا شروع کر دیتا ہے۔ شکل میں باریک لکسیر سے داخلی برقی دباؤ جبکہ موٹی لکسیر سے خارجی برقی دباؤ کھایا گیا ہے۔ جیٹ اتار کار میں RC کو یوں رکھا جاتا ہے کہ کپیٹر پر  $v_I$  کے چھٹیوں کے برابر برقی دباؤ ہے جو دراصل  $v_O$  ہی ہے۔ یوں اصل اشارہ دباؤہ صاحب ہوتا ہے۔ کسی بھی اشارہ یعنی اطلاع  $v_S$  کو ایک جگہ سے دوسری جگہ مقتول کرنے کی حراظر اسے بلند تعداد کے سائنس اشارہ  $v_C$  کے حیط پر حیط سوار کار کی مدد سے سوار کیا جاتا ہے۔ مختلی کے مقام پر پہنچنے کے بعد حیط سوار اشارے سے جیٹ اتار کار کی مدد سے اصل اشارہ یعنی اطلاع  $v_S$  کو دباؤہ صاحب کیا جاتا ہے۔  $v_C$  کے حیط پر سوار کرنے سے صدای  $v_C$  کے حیطے کو  $v_S$  کے مطابق تبدیل کرنے کو کہتے ہیں۔ اشارہ  $v_S$  کو سوار موج کہتے ہیں جبکہ اس کی تعداد کو

---

AM modulator<sup>۱</sup>  
carrier wave<sup>۲</sup>

تعدد سوار کہتے ہیں۔ اسی طرح  $v_c$  کو سواری موج کہتے ہیں جبکہ اس کی تعداد کو تعدد سواری<sup>۳۴</sup> کہتے ہیں۔  $v_s = 0.5 \cos \omega_s t$  کو مثال بناتے ہوئے آگے بڑھتے ہیں۔ جیسا کہ اشارہ حاصل کرنے کی خاطر  $v_s$  اور  $v_c$  کو جیسا کہ اس کے لئے جس سے

$$(2.10) \quad v_I = (1 + 0.5 \cos \omega_s t) \cos \omega_c t = V_p \cos \omega t$$

حاصل ہوتا ہے۔ اس اشارہ جس کو شکل ۲.۷ میں دکھایا گیا ہے کو جیسا کہ اشارہ  $v_I$  کہتے ہیں۔  $v_I$  کے دو متوالی پچھوٹیوں کے درمیان جیسا کہ پیٹر پر قیمت دباؤ گھشتاتے ہے۔ یہ وقف تقریباً  $\frac{1}{f_c}$  کے برابر ہے ہے استعمال کرتے ہوئے مساوات ۲.۹ سے ممکنہ مکارانہ کی مدد سے وقف کے آخوند میں بر قی دباؤ

$$(2.11) \quad v_O = V_p e^{-\frac{1}{RCf_c}} \approx V_p \left( 1 - \frac{1}{RCf_c} + \dots \right)$$

حاصل ہوتا ہے۔ یوں اس دوران بر قی دباؤ میں تبدیلی

$$|\Delta v_O| = \frac{V_p}{RCf_c}$$

حاصل ہوتی ہے یعنی اس وقف کے دوران حنارجی اشارے کی وقت کے ساتھ شرح تبدیلی

$$(2.12) \quad \frac{|\Delta v_O|}{\frac{1}{f_c}} = \frac{V_p}{RC}$$

ہے۔ جیسا کہ اس میں  $RC$  کو یوں رکھا جاتا ہے کہ بھیگے گئے اشارے  $v_s$  میں زیادہ سے زیادہ تبدیلی کو بھی پکڑا جاسکے۔  $v_s$  میں تبدیلی کی شرح

$$\frac{dv_s}{dt} = -0.5\omega_s \sin \omega_s t$$

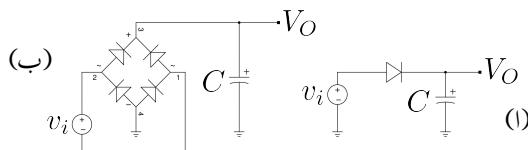
ہے جس کی زیادہ سے زیادہ قیمت  $\omega_s t = \frac{n\pi}{2}$  پر حاصل ہوتی ہے جہاں  $n = 1, 3, 5, \dots$  ہے۔ یہ قیمت

$$\left| \frac{dv_s}{dt} \right| = 0.5\omega_s$$

ہے۔ اس زیادہ سے زیادہ داخلی اشارے کے تبدیلی کی شرح کو جیسا کہ اس کے تحت تبدیلی کے شرح کے برابر رکھا جاتا ہے۔  $\omega_s t = \frac{n\pi}{2}$  پر مساوات ۲.۱۰ کے تحت  $V_p = 1$  حاصل ہوتا ہے جسے مساوات ۲.۱۲ میں استعمال کرتے ہوئے یوں

$$(2.13) \quad \frac{1}{RC} = 0.5\omega_s$$

modulating frequency<sup>۳۵</sup>  
modulating wave<sup>۳۶</sup>  
carrier frequency<sup>۳۷</sup>  
AM signal<sup>۳۸</sup>



شکل ۲.۱۸: منبع برقی دباؤ

رکھا جاتا ہے۔ یہ مساوات جیطہ آثار کار کی مساوات ہے۔ اگر کپیسٹر کو اس مساوات سے حاصل قیمت سے زیادہ رکھا جائے تو بخارجی اشارہ تیزی سے تبدیل ہونے والے داخلی اشارے کو نہیں پکڑ سکے گا۔ اگر کپیسٹر کی قیمت اس سے کم رکھی جائے تو بخارجی اشارے میں بلور زیادہ پایا جاتا گا۔

## ۲.۶ منبع برقی دباؤ

سمت کار کے بخارجی جبانب زیادہ قیمت کا پیسٹر نسب کر کے منبع برقی دباؤ حاصل ہوتا ہے جیسا شکل ۲.۱۸ اف سے میں دکھایا گیا ہے۔ اس پر کپیسٹر کے متوازنی برقی بوجھ لادا جاتا ہے جسے عموماً  $R_L$  سے ظاہر کیا جاتا ہے۔ منبع برقی دباؤ یعنی طاقت کے منبع کو گھریلو بجلی یا صنعتی بجلی فراہم کرتے ہوئے یک سمت برقی دباؤ یکتی  $V$  حاصل کیا جاتا ہے۔

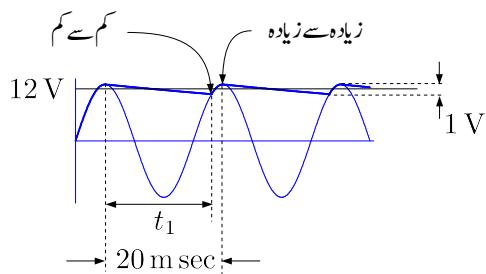
بے بوجھ منبع برقی دباؤ کی کارکردگی بالکل چوٹی حاصل کارکی طرح ہے جبکہ برقی بوجھ سے لدے منبع برقی دباؤ کی کارکردگی جیطہ اتنا کار کی طرح ہے۔ البتہ منبع میں ہماری کوشش ہوتی ہے کہ یکتی  $V$  میں بلور کم کے کم ہوتا کہ اسے یک سمت برقی دباؤ کے طور استعمال کرنا ممکن ہو۔ منبع برقی دباؤ اخنی طاقت 50 Hz کے سائنس نام  $v_i$  سے حاصل کرتا ہے اپنے  $C$  بھی اسی تعداد سے بھرتا ہے۔  $v_i$  کے دو چوٹیوں کے مابین  $20 \text{ ms} = \frac{1}{50}$  (میں ملی سینیٹ) کے وقٹے کے درون  $R_L$  کو کپیسٹر  $C$  طاقت میا کرتا ہے۔

---

مثال ۲.۹: ایک عدد  $V = 12$  کا منبع برقی دباؤ درکار ہے جس سے  $6 \text{ k}\Omega$  داخلی مسازحت کے برقی بوجھ کو طاقت میا کرنا ہے۔ برقی بوجھ کو دی جانے والے برقی دباؤ کے قیمت میں کل تبدیلی  $\pm 0.5V$  سے کم ہونا ضروری ہے۔ کپیسٹر  $C$  کی قیمت حاصل کریں۔

حل: شکل ۲.۱۹ میں ان معلومات کو دکھایا گیا ہے۔ کپیسٹر  $t_1$  دورانیہ کے لئے برقی بوجھ کو طاقت فراہم کرتا ہے اور یوں اس دوران اس سے بار کی نکایت ہوتی ہے۔ البتہ  $t_1$  کو دو چوٹیوں کے درمیان وقٹے کے برابری عموماً تصور کیا جاتا ہے۔ یوں  $20 \text{ ms} = t_1$  لیا جاتا ہے۔

اس سکنے کو دو طریقوں سے حل کرتے ہیں۔ پہلے مثال ۲.۷ کی طرح حل کرتے ہیں۔ کپیسٹر نکایت کا دورانیہ یہیں



شکل ۲.۱۹: مثال منبع برقی دباد

ملی سینکڑے ہے۔ اس دورانیہ میں کپیٹر پر برقی دباد 12.5 V سے گھٹ کر 11.5 V رہ جاتا ہے یوں

$$11.5 = 12.5 e^{-\frac{0.02}{6000C}}$$

$$C = 39.98 \mu F$$

حاصل ہوتا ہے۔ آئیں اسی مسئلے کو فر رخنے اور زیادہ آسان طریقے سے حل کریں۔ درکار بارہ دو ولٹ کو شکل ۲.۱۹ میں پختہ لکھ رے دکھایا گیا ہے۔ برقی دباد اس سے 0.5 V کم یا زیادہ ہو سکتا ہے۔ یوں برقی بوجھ میں بلٹ ۰.۵ V یا ۱ V کے برابر ہے جبکہ زیادہ سے زیادہ برقی دباد 12.5 V اور کم سے کم برقی دباد 11.5 V ہے۔ بارہ ولٹ پر  $R_L$  میں  $\frac{12}{6000} = 2 \text{ mA}$  جبکہ زیادہ سے زیادہ برقی دباد پر  $A = 2.08333 \text{ mA}$  اور کم سے کم برقی دباد پر  $\frac{11.5}{6000} = 1.9167 \text{ mA}$  کا برقی دگزرنے گا۔ برقی دباد کے تبدیلی سے برقی روکے تبدیلی کو نظر انداز کرتے ہوئے اس کی اوسط قیمت لی جاتی ہے۔ یوں ہم تصور کرتے ہیں کہ  $R_L$  میں 2 mA گزرتا ہے جس سے کپیٹر کے بارکی نکالی ہوتی ہے۔ ہم جانتے ہیں کہ

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

کے برابر ہوتا ہے۔ اس سے کپیٹر میں  $t_1$  کے دوران کپیٹر پر پائے جانے والے بار میں تبدیلی  $\Delta Q$  حاصل کرتے ہیں۔

$$\Delta Q = I \times \Delta t = (2 \times 10^{-3}) \times (20 \times 10^{-3}) = 40 \times 10^{-6}$$

کپیٹر کی مساوات  $\Delta Q = C \Delta V$  کو لکھتے ہیں جسماں  $\Delta V = 1 \text{ V}$  کے برابر ہے۔ یوں

$$\Delta Q = I \times \Delta t = C \Delta V$$

لکھا جا سکتا ہے جس سے

$$C \times 1 = 40 \times 10^{-6}$$

$$C = 40 \mu\text{F}$$

حاصل ہوتا ہے۔

آپ نے دیکھا کہ دونوں طریقوں سے حل کرتے تقریباً ابر جوابات حاصل ہوتے ہیں۔ البتہ دوسرا طریقہ استعمال کرتے ہوئے صرف کاغذ اور فلم استعمال کرتے ہوئے جواب کا حصول ممکن ہے۔

کپیسٹر کی قیمت بڑھانے سے منع کے خنجری برقی دباؤ میں بڑھ کر جا سکتا ہے۔ حقیقت میں ڈائیوڈ میں برقی دباؤ کا گھٹاؤ اور داخنی بدلتے برقی دباؤ میں تبدیلی ہمارے متابو میں نہیں ہوتے لہذا اس طرح کی منع برقی دباؤ سے قطعی یک سست برقی دباؤ کا حصول ممکن نہیں ہوتا۔ جیسا درکار یک سست برقی دباؤ کی قیمت چند ولٹ زیادہ یا کم فتنہ میں برداشت ہو دہاں اس طرح کی منع استعمال کی جا سکتی ہے۔ یک سست برقی دباؤ کی قیمت زیادہ کم ہونے کے باوجود برقی دباؤ میں بڑھ کو کپیسٹر سے فتاہ اور لکھنا ممکن ہے۔

مشق ۲.۲: 10 mA کے برقی بوجھ کو حپلانے کی حفاظت 5 V کی منع برقی دباؤ درکار ہے جس میں بڑھ  $\pm 0.1$  V سے کم ہونا ضروری ہے۔ کپیسٹر کی قیمت حاصل کریں۔ اس قسم کی منع برقی دباؤ ای برقیاتی ادوار کو حپلانے کی حفاظت عموماً درکار ہوتی ہے۔

جواب:  $1000 \mu\text{F}$

مندرجہ بالامثال کو مد نظر رکھتے ہوئے ہم دیکھتے ہیں کہ شکل ۲.۱۸ ب میں دکھائے منع برقی دباؤ میں درکار کپیسٹر کی قیمت شکل الف کے حوالے سے آدمی ہو گئی کیوں کہ اس میں ایک ڈائیوڈ یعنی آدھے سست کارکی جگہ منع ڈائیوڈ یعنی کمل سست کار استعمال کیا گیا ہے۔ کمل سست کار میں کپیسٹر ہر  $10 \text{ ms}$  10 بھر احبابے گا۔ شکل ۲.۱۸ ب کے لئے حل کرتے ہوئے  $t_1 = 10 \text{ ms}$  لیا جائے گا جس سے  $C = 20 \mu\text{F}$  حاصل ہوتا ہے۔

کامل ڈائیوڈ تصور کرتے ہوئے خنجری برقی دباؤ کی زیادہ سے زیاد قیمت  $V_p$  جبکہ اس میں کل بڑھ لکھتے ہوئے  $\Delta V$

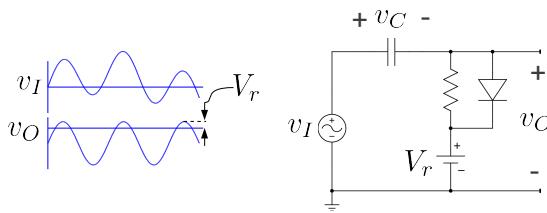
$$(2.18) \quad V_{\text{یکمی}} = V_p - \frac{\Delta V}{2}$$

حاصل ہو گا۔

## ۲.۶.۱ برقیاتی شکنخہ

عموماً برقیاتی اشارات مطلوب جگہ تک پہنچنے کا نیچہ اپنی اصل شکل کو حبّاتے ہیں۔ ایک عمومی مسئلہ اشارہ کے جیطے کا برقرار نہ رہنا ہے۔ آئیں اس کی ایک مثال دیکھیں۔

ripple<sup>۵</sup>  
voltage source<sup>۵</sup>



شکل ۲.۲۰: شکنجه

آپ جانتے ہیں کہ بدلت برقی رومقت طیس پیدا کرتی ہے اور بدلتمقت طیس میں ان برقی دباؤ کو جسم دیتا ہے۔ یوں اگر پاریک اشاراتی تاروں کے متریب عام استعمال کے گھریلو یا صنعتی بجٹی کے تار گزرس تو ان میں بدلت برقی رو پاریک اشاراتی تاروں میں برقی دباؤ پیدا کرتا ہے جس سے اشارہ کا جیط متاثر ہوتا ہے۔ شکل ۲.۲۰ میں اشارہ  $v_I$  کا جیط یوں متاثر ہوا دکھایا گیا ہے۔ یہ اشارہ دراصل سائنس کل کا حصہ لیکن یہاں تک پہنچتے پہنچنے اس کا یہ حال ہو چکا ہے۔ شکل ۲.۲۰ میں دکھایا دراصل اشارہ کے بثت جیط کو  $V_r$  کی قیمت پر زبرد سقی کھلتا ہے جس سے اشارہ کی اصل صورت رونما ہو جاتی ہے۔ گویا یہ دور اشارہ کے جیط کو شکنجه میں پکڑے رکھتا ہے۔ اسی سے اس دور کا نام برقیلہ شکنجه<sup>۵۴</sup> نہ کلائے ہے عسو ما چھونا کر کے صرف شکنجه کہتے ہیں اس دور کی کارکردگی پچھلے حصہ میں دکھلائے دور کی طرح ہے۔ اسے سمجھ کی حنا طسر ڈائیوڈ کا مسل ڈائیوڈ اور مزاہمت  $R$  کو لامدد و تصور کریں۔ یہ بھی تصور کریں کہ داخلی اشارہ  $v_I$  کے جیط  $v_p$  کی مقدار حنارجی جناب جبڑے ہیئتی کی برقی دباؤ  $V_r$  سے زیاد ہے۔

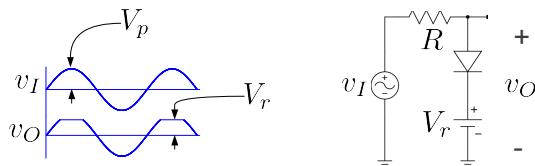
حنارجی جناب کی برقی دباؤ  $v_O$  پر غور کرتے معلوم ہوتا ہے کہ یہ کسی صورت  $V_r$  سے تجاوز نہیں کر سکتا یوں کہ جب بھی  $v_O$  کی مقدار  $V_r$  سے تجاوز کرے، ڈائیوڈ سیدھا مائل ہو جائے گا۔ سیدھے مائل ڈائیوڈ کی صورت میں  $v_O$  اور  $V_r$  برابر ہیں گے۔ کر خوف کے قانون برائے برقی دباؤ کے تحت سیدھے مائل ڈائیوڈ کی صورت میں

$$v_I = v_C + v_D + V_r$$

ہو گا۔ داخلی برقی دباؤ کے چوٹی پر  $v_D$  کو صفر والے اور  $v_I$  کو  $v_p$  لیتے ہوئے اس مساوات سے کپیٹر کا برقی دباؤ یوں حاصل ہوتا ہے۔

$$v_C = v_I - v_D - V_r \approx v_p - V_r$$

یوں کپیٹر اس برقی دباؤ پر رہتے ہوئے حنارجی برقی دباؤ کے بثت جیط کو  $V_r$  سے تجاوز کرنے سے روکتا ہے۔ جیس کہ پہلے ذکر ہوا اصل استعمال میں داخلی اشارہ کا جیط از خود کم اور زیادہ ہوتا ہے۔ اس صورت کو شکل میں دکھایا گیا ہے۔ اس صورت سے نہنے کی حنا طسر دور میں ڈائیوڈ کے متوالی مزاہمت  $R$  نسب کی گئی ہے تاکہ اس کے راستے کپیٹر کا بار حنارج ہو سکے اور یہ بعد میں آنے والی کم چوٹی کو بھی فت یو کر سکے۔



شکل ۲.۲۱: یک طرف تراش

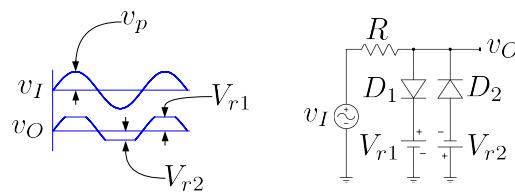
## ۲.۷. برقياتي تراش

شکنچ کے دور میں کپیمیر کی جگہ مزاحمت استعمال کرنے سے برقياتي تراش<sup>۵۳</sup> کا دور حاصل ہوتا ہے جسے شکل ۲.۲۱ میں دکھایا گیا ہے۔ برقياتي تراش<sup>۵۴</sup> ایک ایسا دور ہے جو اشارہ کے چوٹی کو ایک حد سے تجاوز نہیں کرنے دیتا بلکہ اسے کاٹ دیتا ہے۔ دکھایا در صرف ایک جناب کی چوٹی کاٹتا ہے لہذا اس کو یک طرف تراش کہا جائے گا۔ جب تک داخلي برقي دباؤ کے برقي دباؤ کے گامین ہو گا اور مزاحمت  $V_r$  میں برقي روکی مقدار صفر کی پمپر رہے گی۔ جیسے ہی داخلي برقي دباؤ کی قيمت  $V_r$  تجہ وز کر جبائے ڈائيوڈ سیدھا مائل ہو جاتا ہے۔ جتنی یہ  $V_r > V_I$  رہے اتنی دیر کے لئے ڈائيوڈ کو ہپا لو سوچ سچا جا سکتا ہے اور یوں اس دوران حتاجی برقي دباؤ کی قيمت  $V_r$  رہے گی۔ اس دوران مزاحمت اور ڈائيوڈ دونوں میں برقي روکی مقدار

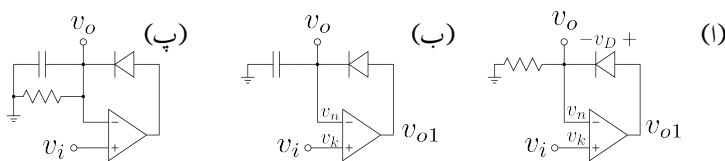
$$i_R = \frac{v_I - V_r}{R}$$

ہو گی۔

آپ نے دیکھا کہ یہ دور داخلي برقي دباؤ کو  $V_r$  پر تراشتا ہے۔ اس دور میں ڈائيوڈ کے استعمال سے دو طرف تراش<sup>۵۵</sup> حاصل ہوتا ہے جسے شکل ۲.۲۲ میں دکھایا گیا ہے۔ اس دور میں جب تک  $v_I$  کی قیمت بیش ہو ڈائيوڈ  $D_2$  کاٹ مائل رہتا ہے۔ یوں بیش داخلي برقي دباؤ کے لئے یہ دور بالکل پچھلے گئے ایک طرف کے تراش کی طرح کام کرتا ہے اور داخلي اشارہ کے بیش چوٹی کو  $V_{r1}$  پر تراشتا ہے۔ مفہوم داخلي برقي دباؤ کی صورت میں ڈائيوڈ  $D_1$  مائل رہتا ہے اور یہ دور داخلي اشارہ کے مفہوم چوٹی کو  $V_{r2}$  پر تراشتا ہے۔ شکل میں داخلي اور تراشے گئے حتاجی برقي دباؤ بھی دکھائے گئے ہیں۔



شکل ۲.۲۲: دو طرفہ تراش



شکل ۲.۲۳: کامل ادوار

## ۲.۸ حسابی ایمپلیفیاٹر کی مدد سے ڈائیوڈ کے کامل ادوار

### ۲.۸.۱ کامل نصف لہرسست کار

ڈائیوڈ پر مبنی نصف لہرسست کار کے حسارتی اشارے کی چوتھی مہیا کردہ داخلی اشارے کے چوتھی سے تقیریباً ۰.۷V کم ہوتی ہے۔ یہ حقیقت شکل ۲.۹ میں واضح کی گئی۔ حسابی ایمپلیفیاٹر استعمال کرتے ہوئے ایسا کامل نصف لہرسست کار حاصل ہوتا ہے جس کے حسارتی اشارے کی چوتھی داخلی اشارے کے چوتھی کے باکل برابر ہوتی ہے۔ شکل ۲.۲۳ الف میں ایسا کامل نصف لہرسست کار دکھایا گیا ہے جس میں حسارتی اشارہ  $v_o$  کو ڈائیوڈ کے حسارتی سے سے سے حاصل کیا گیا ہے۔ ڈائیوڈ کی مدت الشانے سے کامل نصف لہرسست کار حاصل ہو گا۔

تصور کریں کہ  $v_i = 0V$  اور یوں حسابی ایمپلیفیاٹر کا حسارتی اشارہ  $v_{o1}$  بھی صفر ہو لے ہے۔ اب تصور کریں کہ داخلی اشارہ مثبت جبانب بڑھتا ہے۔ حسابی ایمپلیفیاٹر کا حسارتی اشارہ اس فردر مثبت جبانب بڑھنے کا کہ  $v_n = v_k$  یعنی  $v_k = v_o = v_i$  ہو گا۔ آپ دکھے سکتے ہیں کہ اس صورت میں ڈائیوڈ سیدھا مامکن ہو گا۔ مزید یہ کہ  $v_{o1} = v_i + v_{o1}$  کے برابر ہو گا۔

اب تصور کریں کہ داخلی اشارہ منفی جبانب بڑھتا ہے۔ حسابی ایمپلیفیاٹر کا حسارتی اشارہ  $v_{o1}$  اس فردر منفی جبانب بڑھنے کی کوشش کرے گا کہ  $v_n = v_k$  ہوں۔ البتہ  $v_{o1}$  منفی ہوتے ہی ڈائیوڈ مامکن ہو کر منقطع ہو جاتا ہے۔ یوں حسابی ایمپلیفیاٹر کا حسارتی اشارہ  $v_k$  پر اثر انداز نہیں ہو پاتا۔ ایسی صورت میں حسابی ایمپلیفیاٹر کا حسارتی اشارہ کمبل منفی یعنی  $V_{EE} = v_{o1}$  ہو کر رہ جائے گا۔ ڈائیوڈ منقطع ہونے سے حسابی ایمپلیفیاٹر کا منفی مدد اخراجی  $R$  کے ذریعے برقراری میں سے جائز ہاتا ہے۔ حسابی ایمپلیفیاٹر کا داخلی برقراری رو صدر ہونے کے ناطے مزاجحت میں بھی برقراری رو  $I$  کا گزر

میں نہیں۔ یوں  $v_k = IR = 0$  یعنی  $V_0 = 0$  ہو گا۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ منقی داخنی اشارے کی صورت میں حسارتی اشارہ صفر رولٹ رہتا ہے۔

مثبت داخنی اشارے کی صورت میں  $v_i = v_0$  جبکہ منقی داخنی اشارے کی صورت میں  $V_0 = 0$  ہاصل ہوتا ہے جو کہ مثبت نصف لیورسٹ کار کی کار کردگی ہے۔

### ۲.۸.۲ کامل چوٹی حاصل کار

شکل ۲.۲۳ الف میں مزاحمت کی جگہ کپیسٹر نسب کرنے سے شکل ب حاصل ہوتا ہے جو کامل مثبت چوٹی حاصل کار کا دوڑ ہے۔  $v_i = 0V$  اور  $v_0 = 0V$  سے شروع کرتے ہوئے اس دور کی کار کردگی دیکھتے ہیں۔ داخنی اشارہ بیثت جناب بڑھتے پر  $v_{01}$  اس متدرج رہتا ہے کہ  $v_n = v_k = v_0$  رہتا ہے۔ یوں  $v_i = v_k = v_0$  رہتا ہے۔ جب داخنی اشارہ اپنے چوٹی پر پہنچتا ہے، اس لمحے کی پیسٹر بھی  $V_p$  اور یوں  $v_n = V_p$  ہوتا ہے۔ اس لمحے کی پیسٹر بھی  $V_p$  کے برابر ہو بر قی دباو تک بھرا جاتا ہے۔  $v_k = v_D + v_{01} = V_p + v_D$  کے حاصل کرنے کی حراطر اس لمحے کے برابر ہو۔

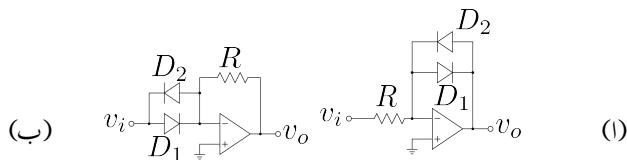
داخنی اشارہ اپنے چوٹی تک پہنچنے کے بعد کم ہونا شروع ہوتا ہے۔ حسابی ایکلینیکر کا حسارتی اشارہ  $v_{01}$  کم ہو کر کو شش کرتا ہے کہ  $v_k = V_p$  رکھ سکے۔ البتہ ڈائیڈ کے حسارتی جناب نسب کپیسٹر پر  $V_p$  بر قی دباو پا جاتا ہے اور  $v_{01}$  کی قیمت جیسے ہی  $V_p$  سے کم ہوتا ہے اسی لمحے ڈائیڈ اس مائل ہو کر مفقط ہو جاتا ہے۔ ڈائیڈ مفقط ہونے سے کپیسٹر پر بار کے بخاتی کا کوئی راستہ نہیں رہتا اور یوں اس پر بر مستار  $V_p$  بر قی دباو رہتا ہے۔ اس طرح  $V_p = v_0$  رہتا ہے۔ آپ نے دیکھا کہ کپیسٹر پر داخنی اشارے کے چوٹی کے بالکل بر قی دباو حاصل ہوتا ہے جسے بطور حسارتی اشارہ  $v_0$  لیا جاتا ہے۔ صرف ڈائیڈ پر سبنی چوٹی حاصل کار میں کپیسٹر پر داخنی اشارے کے چوٹی سے  $v_D$  برابر کم بر قی دباو پایا جاتا ہے جبکہ موجودہ دور حقیقی چوٹی حاصل کرتا ہے۔

### ۲.۸.۳ کامل جیط اتار کار

شکل ۲.۲۳ پ میں کامل جیط اتار کار دکھایا گیا ہے۔ امید کی جباتی ہے کہ اس کی کار کردگی آپ خود سمجھ پائیں گے۔

### ۲.۸.۴ ڈائیڈ لوگار تخمی ایکلینیکر

حسابی ایکلینیکر میں مزاحمت کی جگہ ڈائیڈ نسب کرنے سے شکل ۲.۲۳ الف کا لوگار تخمی ایکلینیکر<sup>۵۵</sup> حاصل ہوتا ہے۔ مثبت  $v_i$  کی صورت میں  $v_0$  منقی ہو گا جس سے  $D_1$  سیدھا مائل جبکہ  $D_2$  الشامائل ہو گا۔ اسی طرح منقی  $v_i$  کی صورت میں  $v_0$  مثبت ہو گا جس سے  $D_1$  الشامائل جبکہ  $D_2$  سیدھا مائل ہو گا۔ یوں کسی بھی وقت ایک ڈائیڈ مفقط رہتا ہے جبکہ دوسرا سیدھا مائل رہتا ہے۔ اگرچہ حقیقت میں منقی تغیرہ کا لوگار تخم نہیں پایا جاتا اور یوں دور میں صرف  $D_1$  ہونا چاہئے حتیٰ ایکن عسوماً دو ڈائیڈ استعمال کئے جاتے ہیں۔ یوں داخنی اشارہ بیثت یا منقی ممکن ہوتا ہے۔



شکل ۲.۲۳: لوگاریتمی ایمپلینیٹر

شبہت  $v_i$  کی صورت میں حصل کرتے ہیں۔ حسابی ایمپلینیٹر کے شبہت مداخل برقی زمین کے ساتھ جبڑا ہے لہذا اس پر برقی دباؤ  $v_k$  صفر ہو گا۔ مغلی مداخل پر برقی دباؤ  $v_n$  لکھتے ہوئے کر خوف کے قانون برقی روکی مدد سے

$$\frac{v_n - v_i}{R} + i_D = 0$$

کھا جا سکتا ہے جہاں  $i_D$  ڈائیوڈ  $D_1$  کی برقی رو ہے۔ اس مساوات میں 0 اور  $v_n$  اور  $i_D$  کی جگہ ڈائیوڈ کی مساوات استعمال کرتے ہوئے

$$\begin{aligned} \frac{v_n - v_i}{R} + I_S e^{\frac{v_n - v_o}{V_T}} &= 0 \\ -\frac{v_i}{R} + I_S e^{\frac{-v_o}{V_T}} &= 0 \\ \frac{v_i}{I_S R} &= e^{\frac{-v_o}{V_T}} \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے جہاں ڈائیوڈ پر برقی دباؤ کو  $v_o - v_n$  لیا گیا ہے۔ دونوں جانب قدرتی لوگاریتمیتی ہوئے حاصل ہوتا ہے۔

$$v_o = -V_T \ln \left( \frac{v_i}{I_S R} \right)$$

شکل ب میں قدرتی اللٹھ۔ لوگاریتم ایمپلینیٹر، کھایا گیا ہے۔ حسابی ایمپلینیٹر کے دونوں مداخل کو برقی زمین تصور کرتے ہوئے شبہت  $v_i$  کی صورت میں ڈائیوڈ  $D_1$  سیدھا مائل ہوتے ہوئے

$$\begin{aligned} i_D &= I_S e^{\frac{v_i - v_n}{V_T}} \\ &= I_S e^{\frac{v_i}{V_T}} \end{aligned}$$

natural log  $\Delta^1$   
natural anti-log  $\Delta^2$

برقی روگزارے گا جو حسابی ایکلینیکر کے منفی مدا خل پر مزاحمت کی جانب مسٹر جبائے گا۔ یون

$$I_S e^{\frac{v_i}{V_T}} = \frac{v_n - v_o}{R}$$

$$v_o = -I_S R e^{\frac{v_i}{V_T}}$$

حاصل ہوتا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ سے دور داخنی اشارے کا قدرتہ اللہ۔ لوگار تھم حاصل کرتا ہے۔

### ۲.۸.۵ ضرب کار

$v_A$  اور  $v_B$  کے لوگار تھم جمع کرنے سے  $\ln v_A + \ln v_B = \ln v_A v_B$  حاصل ہوتا ہے جس کا اللہ۔ لوگار تھم لینے سے  $v_A v_B$  لئنی دونوں متغیرات کا حاصل ضرب حاصل ہوتا ہے۔ اسی حقیقت کو استعمال کرتے ہوئے لوگار تھمی اور اللہ۔ لوگار تھمی ایکلینیکر استعمال کرتے ہوئے شکل ۲.۲۵ میں ضرب کار حاصل کیا گیا ہے۔ لوگار تھمی ایکلینیکر کے مساوات استعمال کرتے ہوئے ہم لکھ سکتے ہیں۔

$$v_{o1} = -V_T \ln \frac{v_{i1}}{I_S R}$$

$$v_{o2} = -V_T \ln \frac{v_{i2}}{I_S R}$$

اسی طرح جمع کار کے مساوات سے

$$v_{o3} = -(v_{o1} + v_{o2})$$

$$= V_T \ln \frac{v_{i1}}{I_S R} + V_T \ln \frac{v_{i2}}{I_S R}$$

$$= V_T \ln \frac{v_{i1} v_{i2}}{I_S^2 R^2}$$

اور اللہ۔ لوگار تھمی کے مساوات سے

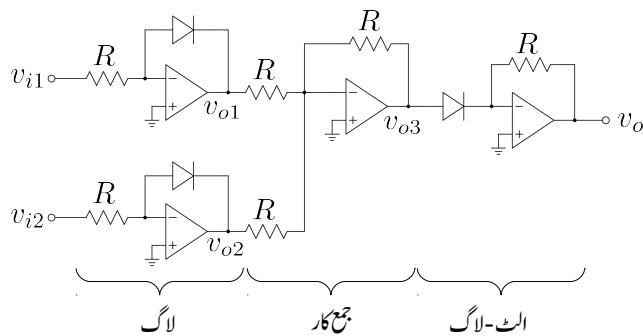
$$v_0 = -I_S R e^{\frac{v_{o3}}{V_T}}$$

$$= -I_S R e^{\ln \frac{v_{i1} v_{i2}}{I_S^2 R^2}}$$

$$= -\frac{v_{i1} v_{i2}}{I_S R}$$

حاصل ہوتا ہے۔ یہ ضرب کار داخنی متغیرات کو آپس میں ضرب دیتے ہوئے  $\frac{-1}{I_S R}$  سے بھی ضرب دیتا ہے۔

شکل میں مجھ کار کی بجائے منفی کار کے استعمال سے تقييم کار<sup>۵۹</sup> حاصل ہوتا ہے۔



شکل ۲.۲۵: ضرب کار

## ۲.۸.۶ کامل مکمل ہر سمت کار

شکل ۲.۲۶ میں کامل مکمل ہر سمت کار دکھایا گیا ہے۔ آئین اس کی کارکردگی بیتے اور منفی  $v_i$  کی صورت میں دیکھیں۔

منفی  $v_i$  کی صورت میں  $v_{o1}$  منفی ہو جائے گا جس سے  $D_1$  الشامائیل ہو کر منقطع جبکہ  $D_2$  سیدھا مائل ہو جائے گا۔  $D_2$  سیدھا مائل ہونے سے  $U_1 = v_n$  پر  $v_k = v_1$  کو منقطع اور  $U_1$  کے منفی مدار خل کو برقرار رکھنے پر تصور کرتے ہوئے شکل ۲.۲۷ اف حاصل ہوتا ہے جو کہ سیدھا مایہ جمع کار ہے جس سے

$$v_o = -v_i$$

حاصل ہوتا ہے۔ شکل ۲.۲۷ اف میں  $v_1$  بھی دکھایا گیا ہے۔ چونکہ اس کے دونوں جانب مزاجمتوں کے سرے صفر ولٹ پر ہیں لہذا اس صورت  $v_1 = 0V$  رہے گا۔ شکل ۲.۲۷ ت میں بیتے  $v_i$  کی صورت میں  $v_0$  اور  $v_1$  دکھائے گئے ہیں۔

منفی  $v_i$  کی صورت میں  $v_{o1}$  بیتے ہو جائے گا جس سے  $D_2$  الشامائیل ہو کر منقطع جبکہ  $D_1$  سیدھا مائل ہو جائے گا۔ یوں  $U_1$  حسابی ایپلیکیشن شکل ۲.۲۷ ب صورت اختیار کر لے گا جس کے لئے ہم لکھ سکتے ہیں

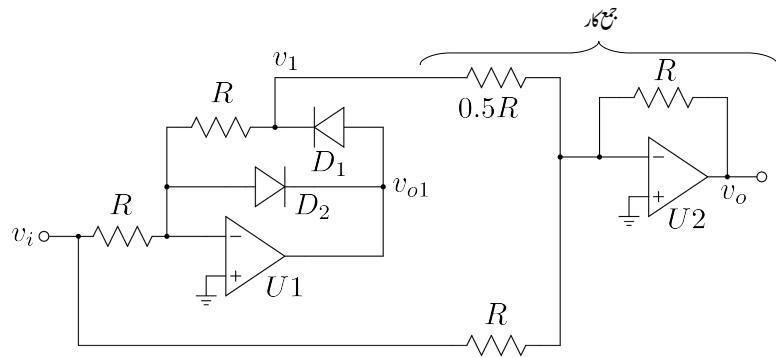
$$v_k = 0$$

$$\frac{v_n - v_i}{R} + \frac{v_k - v_1}{R} = 0$$

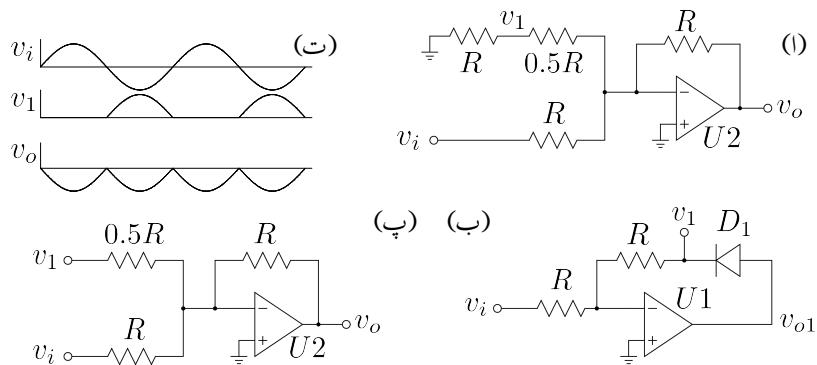
اور یوں

$$v_1 = -v_i$$

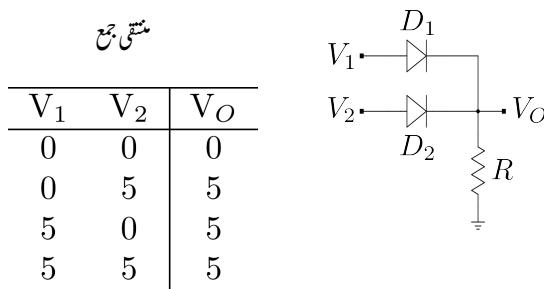
حاصل ہوتا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ  $v_D = v_1 + v_{o1}$  ہو گا جیسا کہ  $D_1$  پر برقرار رکھا ہے۔



شکل ۲.۲۶: کامل مکمل ایکسٹریمیٹ کار



شکل ۲.۲۷: کامل مکمل ایکسٹریمیٹ کار کا کارکردگی



شکل ۲.۲۸: متنقی جمع

$v_1$  کے استعمال سے جمع کار کو شکل ۲.۲۷ پ کے طرز پر بنایا جاسکتا ہے جس سے

$$v_o = -v_i - 2v_1$$

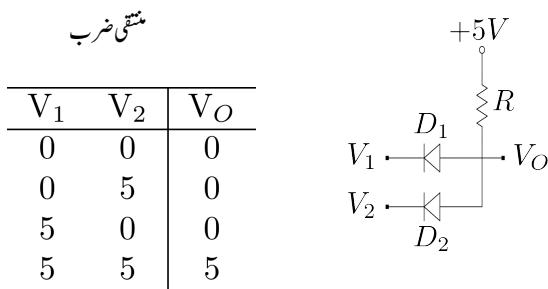
حاصل ہوتا ہے۔ شکل ۲.۲۷ میں متنقی  $v_i$  کی صورت میں  $v_1$  اور  $v_o$  دکھائے گئے ہیں۔

## ۲.۹ ڈائیوڈ کے متنقی ادوار

ڈائیوڈ پر مبنی ادوار حل کرنے کے طریقہ پر اس حصہ میں غور کیا جائے گا۔ ڈائیوڈ پر مبنی ادوار حل کرتے وقت اگر سیدھے مائل اور اٹھے مائل ڈائیوڈوں کے نشانہ تھی کروڑی جبائے تو ان ادوار کو حل کرنا بہت آسان ہو جاتا ہے۔ اس صورت میں سیدھے مائل ڈائیوڈوں کی جگہ چپا لو سوچ اور اٹھے مائل ڈائیوڈوں کی جگہ مقفلع سوچ نسب کر کے دور کو حل کیا جاسکتا ہے۔ بد قسمتی سے قبل از وقت یہ جانتا کہ کون کون سے ڈائیوڈ سیدھے مائل اور کون کون سے ڈائیوڈ اٹھے مائل ہیں عموماً ممکن ہوتا ہے۔ ڈائیوڈ کے ادوار حل کرنے کا کوئی ایک سادہ طریقہ نہیں پیاسا جاتا بلکہ گھبرانے کی بابت نہیں چونکہ ایسے ادوار حل کرنے کے مشق سے یہ اندراہ لگانا کہ کون کون سے ڈائیوڈ سیدھے یا اٹھے مائل ہیں عموماً ممکن ہوتا ہے۔ اس طریقہ کو مشق سے بہتر سمجھا جاسکتا ہے۔ ایسا کرنے کی حنا طریقہ شکل ۲.۲۸ میں دیے گئے درج گور کریں۔ اس دور میں دو ڈائیوڈ استعمال کئے گئے ہیں۔ دور کے دو غیرہ تابع داخلی برقی دباؤ (اشارات) کو  $V_1$  اور  $V_2$  جبکہ خارجی برقی دباؤ کو  $V_O$  کہا گیا ہے۔ یہ ایک مخصوص دور ہے جس کے داخلی برقی دباؤ کے دو ہی ممکن تھیں ہیں۔ یہ تو یا صفر دباؤ (0 V) اور یا پچھاپچ دباؤ (5 V) ہو سکتے ہیں۔ یوں داخلی جوانب چار ممکن صورتیں پائی جاتی ہیں جنہیں شکل میں بطور جدول دکھایا گیا ہے۔ آئیں ہماری باری ان چار صورتوں پر غور کریں۔

پہلی صورت میں دونوں داخلی برقی دباؤ صفر دباؤ ہیں یعنی  $0 = V_1$  اور  $0 = V_2$  ہیں۔ یہ جدول کی پہلی صف میں دکھایا گیا ہے۔ اس صورت میں واضح ہے کہ دور میں برقی رو ممکن نہیں۔ یوں خارجی جوانب نسب مزاحمت میں برقی رو صفر ہونے کی وجہ سے اس کے سروں کے مابین برقی دباؤ بھی صفر دباؤ ہو گا۔ جدول کی پہلی صف میں دیئیں جوانب  $O$  کی صف میں ۰ اسی کو ظاہر کرتا ہے۔

دوسری صورت  $V_1$  صفر دباؤ جبکہ  $V_2$  پانچ دباؤ کے برابر ہے یعنی  $0 = V_1$  اور  $5 = V_2$  ہے۔ اس صورت کو جدول کے دوسری صفحہ میں دکھایا گیا ہے۔ غور کرنے سے آپ دکھے سکتے ہیں کہ اس



شکل ۲.۲۹: متنی ضرب

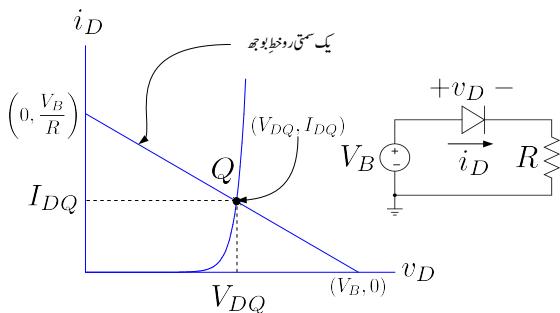
صورت میں ڈائوڈ  $D_2$  سیدھا مائل جبکہ  $D_1$  المائل ہے۔ یوں  $D_2$  کو چپ الوسیع جبکہ  $D_1$  کو منقطع سوچ تصور کر کے واضح ہے کہ حنارجی برقی دباؤ پانچ ولٹ ہے لیکن  $V_O = 5V$  ہے۔ اسی طرح جبدول کی تیسری صفت کے حوالے سے  $D_1$  سیدھا مائل جبکہ  $D_2$  المائل ہو گا اور یوں  $V_O = 5V$  ہو گا۔ جبدول کی آخری صفت میں دونوں ڈائوڈ سیدھے مائل ہوں گے اور یوں  $V_O = 5V$  ہو گا۔ اس دور کی جبدول متنی میں جمع کو ظاہر کرتی ہے لہذا یہ گھنگھی گھنگھی ہے۔ اس شکل میں مزید ڈائوڈ جوڑ کر داخنی اشارات کی تعداد بڑھائی جا سکتی ہے۔

شکل ۲.۲۹ میں ڈائوڈ پر مبنی ضرب گھنگھی ہے۔ دکھایا گیا ہے۔ پہلے جبدول میں دئے آخری صفت پر غور کرتے ہیں۔ اگر دونوں داخنی اشارات کی قیمتیں پانچ ولٹ (5V) ہوں تو مزاحمت میں برقی رو ضغیر ایمپیٹر ہو گی لہذا جبارجی برقی دباؤ پانچ ولٹ ہو گا لیکن  $V_O = 5V$  ہو گا۔ جبدول میں دئے بقیا ممکنات پر غور کرتے آپ آسانی سے تمام صورتوں میں حنارجی برقی دباؤ حاصل کر سکتے ہیں۔

## ۲.۱۰ یک سمت رو خط بوجھ

خط بوجھ کا اس کتاب میں آگے جا کر راز سفر<sup>۳</sup> کے اووار میں نہایت کارآمد ثابت ہوں گے۔ ڈائوڈ کے اووار میں اے متعارف کرنے سے ان خط کا سمجھنا بنتا آسان ہوتا ہے۔ گزشتہ صفات میں ڈائوڈ کے اووار حل کرتے سیدھے مائل ڈائوڈ کو چپ الوسیع جبکہ المائل ڈائوڈ کو منقطع سوچ تصور کیا جاتا ہے۔ ایسا کرنے سے ڈائوڈ کی حنایت نظر انداز ہو جاتی ہے۔ اگرچہ بیشتر مواقع پر ایسا کرنا درست ہوتا ہے، بہر حال کبھی کبھی ڈائوڈ کی حنایت کو مد نظر رکھنا ضروری ہوتا ہے۔ اس حصے میں ایسا ہی کیا جائے گا۔

شکل ۲.۳۰ میں دکھائے گئے دو کو مثال بناتے ہیں۔ کرخونے کے قتاون برائے برقی دباؤ کے مطابق اس دور کے



شکل ۲.۳۰: خط روختہ بوجہ اور نقطہ مالک

لئے ہم یوں کہ سکتے ہیں۔

$$(2.15) \quad V_B = v_D + i_D R$$

اس مساوات میں  $i_D$  اور  $v_D$  دو متغیرات ہیں اور یوں اسے حل کرنا ممکن نہیں۔ اسے حل کرنے کی حاضر ہمیں ڈائیوڈ کی مساوات بھی درکار ہے لیکن

$$(2.16) \quad i_D = I_S \left( e^{\frac{v_D}{V_T}} - 1 \right) \approx I_S e^{\frac{v_D}{V_T}}$$

ان دو مساوات کو کئی طریقوں سے حل کر کے  $i_D$  اور  $v_D$  اصل کے جب سکتے ہیں۔ آئیں انہیں حل کرنے کے چند طریقے دیکھیں۔

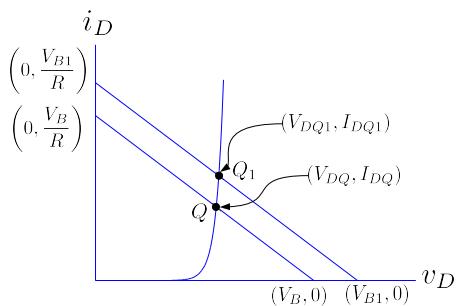
## ۲.۱۰ گراف کا طریقہ

شکل ۲.۳۰ میں مساوات ۲.۱۵ اور مساوات ۲.۱۶ کو گراف کیا گیا ہے۔ جس نقطے پر دونوں مساوات کے خط ٹکراتے ہیں یہی ان کا حل ہے یعنی  $(V_{DQ}, I_{DQ})$ ۔ اس نقطے کو کیسے سمجھ سکتے ہیں؟ یا کیسے نقطے کا کردار ہے؟

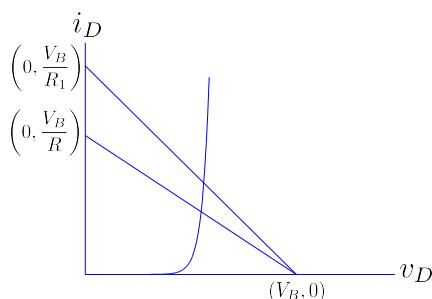
شکل ۲.۳۰ میں مساوات ۲.۱۵ کے خط کو کیسے سمجھ رہے ہیں؟ یہی کہتے ہیں۔ آئیں اس خط پر غور کرتے ہیں۔ خط روختہ بوجہ کی دھڑواڑی<sup>۱۴</sup>

$$\frac{\Delta i_D}{\Delta v_D} = -\frac{1}{R}$$

<sup>۱۴</sup> DC bias point<sup>۱۵</sup>  
یہی کہتے ہیں۔ اس  $R$  بطور بقی بوجہ کردار ادا کرتا ہے اور اس کے مساوات کے گراف کو خط روختہ بوجہ کہتے ہیں  
<sup>۱۵</sup> DC load line gradient<sup>۱۶</sup>



شکل ۲.۳۱: داخنی برقی دباؤ کا خط بوجھ پر اثر



شکل ۲.۳۲: مزاحمت کی تبدیلی کا خط بوجھ پر اثر

کے برابر ہے۔ خط بوجھ اپنی محور یعنی برقی دباؤ  $v_D$  کے محور کو  $(V_B, 0)$  پر لگراتا ہے جبکہ عمودی محور یعنی برقی رو  $i_D$  کے محور کو  $\left(0, \frac{V_B}{R}\right)$  پر لگراتا ہے۔

یوں اگر مزاحمت برقرار رکھتے ہوئے دور میں داخنی برقی دباؤ  $V_B$  کی قیمت بڑھا کر  $V_{B1}$  کر دی جائے تو خط بوجھ اپنی محور کو  $(V_{B1}, 0)$  پر لگرا گا اور عمودی محور کو  $\left(0, \frac{V_{B1}}{R}\right)$  پر لگرا گا۔

شکل ۲.۳۱ میں خطوط بوجھ کو داخنی برقی  $V_B$  اور  $V_{B1}$  کے لئے گراف کیا گیا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ بسروں برقی دباؤ  $V_B$  بڑھانے سے خط بوجھ کا ڈھلان تبدیل نہیں ہوتا اور یوں دونوں خطوط آپس میں متوازی ہوتے ہیں۔ اس کے عکس اگر بسروں برقی دباؤ  $V_B$  برقرار رکھی جائے اور مزاحمت  $R_1$  کر دیا جائے تو خط بوجھ کی ڈھلان تبدیل ہو گا جبکہ یہ اب بھی محور برقی دباؤ کو  $(V_B, 0)$  پر لگرا گا۔ محور برقی رو سے لگرانے کا معمتم تبدیل ہو کر  $\left(0, \frac{V_B}{R_1}\right)$  ہوتا ہے۔ شکل ۲.۳۲ میں اس صورت کو دکھایا گیا ہے جہاں مزاحمت کی نئی قیمت  $R_1$  کو اس کی پرانی قیمت  $R$  سے کم تصور کیا گیا ہے۔

## ۲.۱۰.۲ دہرانے کا طریقہ

عموماً مساوات دہرانے کے طریقے<sup>۱۴</sup> سے با آسانی حل کے جاتے ہیں۔ موجودہ مسئلہ بھی کچھ اسی نوعیت کا ہے اور اسے بھی دہرانے کے طریقے سے نپاہ سکتا ہے۔ اس طریقے کو مثال کی مدد سے دیکھتے ہیں۔

مثال ۲.۱۰.۲: شکل ۲.۳۰ میں  $V_D = 0.6 \text{ V}$  اور  $R = 15 \text{ k}\Omega$  اور  $V_B = 15 \text{ V}$  پر ڈائیوڈ میں  $I_D = 2 \text{ mA}$  بر قی رو گزتا ہے تو اس دور میں بر قی رو حاصل کریں۔

حل: مساوات ۲.۱۶ سے

$$I_S = \frac{i_D}{\left( e^{\frac{v_D}{V_T}} \right)} = \frac{2 \times 10^{-3}}{e^{\frac{0.6}{0.025}}} = 7.550269 \times 10^{-14} \text{ A}$$

حاصل ہوتا ہے۔ ہمیں قبل از وقت ڈائیوڈ کی بر قی رو یا اس پر بر قی دباؤ معلوم نہیں مگر دئے گئے معلومات سے ہم یہ اخذ کر سکتے ہیں کہ اگر بر قی رو دباؤ اسکی پیمائش کے فتریب ہو تو بر قی دباؤ اشاریہ چھوٹی لولٹ کے فتریب ہو گا۔  $I_{D_0} = 2 \text{ mA}$  کو لکھتے ہوئے (عین  $V_{D_0} = 0.6 \text{ V}$ ) اور  $V_{D_0}$  کو لکھتے ہوئے (عین  $V_{D_1} = 0.6 \text{ V}$ ) تم سوال حل کرتے ہیں۔ طریقہ کارکچھ یوں ہے کہ ہم اخذ کریں گے کہ ڈائیوڈ پر  $V_{D_0}$  بر قی دباؤ ہے۔ اس قیمت کو استعمال کرتے ہوئے مساوات ۲.۱۵ کی مدد سے ہم بر قی رو حاصل کریں گے جسے ہم  $I_{D_1}$  کہیں گے۔ مساوات ۲.۱۶ میں  $I_{D_1}$  کی قیمت استعمال کرتے ہوئے ڈائیوڈ پر بر قی دباؤ حاصل کیا جائے گا جسے ہم  $V_{D_1}$  کہیں گے۔

ڈائیوڈ پر  $V_{D_0}$  بر قی دباؤ اس صورت ہوتا جب اس میں  $I_{D_0}$  بر قی رو گزرنے جبکہ ہم دیکھ سکتے ہیں کہ اصل دور میں بر قی رو  $I_{D_1}$  کے فتریب ہو گی اور یوں  $I_{D_1}$  کے نسبت سے حاصل شدہ بر قی دباؤ  $V_{D_1}$  اصل قیمت کے زیادہ فتریب بر قی دباؤ ہو گا۔ یوں اگر  $V_{D_1}$  استعمال کرتے ہوئے یہ سارا سلسلہ دباؤہ دہرایا جائے یعنی مساوات ۲.۱۵ میں  $V_{D_1}$  استعمال کرتے ہوئے  $I_{D_2}$  حاصل کیا جائے تو حاصل بر قی رو مزید بہتر جواب ہو گا اور اگر مساوات ۲.۱۶ میں  $I_{D_2}$  استعمال کرتے ہوئے  $V_{D_2}$  حاصل کیا جائے تو یہ  $V_{D_1}$  سے بہتر جواب ہو گا۔ اس طریقے کو اس وقت تک دہرایا جاتا ہے جب تک حاصل قیتوں میں تبدیلی افتال نظر انداز ہو جائے۔ آئیں دہرانے کے اس طریقے کو استعمال کریں۔

مساوات ۲.۱۵ میں  $V_{D_0} = 0.6 \text{ V}$  استعمال کرنے سے

$$I_{D_1} = \frac{V_B - V_{D_0}}{R} = \frac{15 - 0.6}{15000} = 0.96 \text{ mA}$$

اور مساوات ۲.۱۶ میں  $I_{D_1}$  کے استعمال سے

$$V_{D_1} = V_T \ln \frac{I_{D_1}}{I_S} = 0.025 \times \ln \left( \frac{0.96 \times 10^{-3}}{7.550269 \times 10^{-14}} \right) = 0.58165077 \text{ V}$$

یہ برقی دباؤ گزشته اخذ کرہ قیمت سے زیادہ درست قیمت ہے لہذا اس کو استعمال کرتے ہوئے ہم ایک مرتبہ پھر مساوات ۲.۱۵ حل کرتے ہیں۔

$$I_{D_2} = \frac{15 - 0.58165}{15000} = 0.9612233 \text{ mA}$$

یہ جواب بالکل درست تب ہوتا اگر ۰.۹۶۱ ۲۲۳ ۳ mA ۰.۵۸۱ ۶۵۰ ۷۷ V پر ڈائیوڈ کا برقی دباؤ ہوتا مگر ایسا نہیں ہے لہذا انہیں ایک مرتبہ پھر ڈائیوڈ کے برقی دباؤ کا بہتر اندازہ لگانا چاہیے۔ یہ  $I_{D_2}$  کو ۰.۹۶۱ ۲۲۳ ۳ mA اور ڈائیوڈ پر برقی دباؤ کو  $V_{D_2}$  لیتے ہوئے۔

$$V_{D_2} = V_T \ln \frac{I_{D_2}}{I_S} = -0.025 \times \ln \left( \frac{0.9612233 \times 10^{-3}}{7.550269 \times 10^{-14}} \right) = 0.58168261 \text{ V}$$

حصہ صلیب ہوتا ہے۔ اور اس نئی قیمت کو استعمال کرتے ہوئے

$$I_{D_3} = \frac{V_B - V_{D_2}}{R} = \frac{15 - 0.58168261}{15000} = 0.9612211 \text{ mA}$$

حصہ صلیب ہوتا ہے۔ ہم دیکھتے ہیں کہ گزشته دو حصہ صلیب جواب یعنی  $I_{D_2}$  اور  $I_{D_3}$  تقریباً برابر ہیں۔ ایسا ہونا اس بات کی نشانی ہے کہ جواب اصل جواب کے بہت قابل تحریک ہے اور یہ  $0.96122 \text{ mA}$  کو ہم درست جواب تسلیم کر لیتے ہیں۔

---

## ۲.۱۱ کار تیکی محدود اور ترسیم

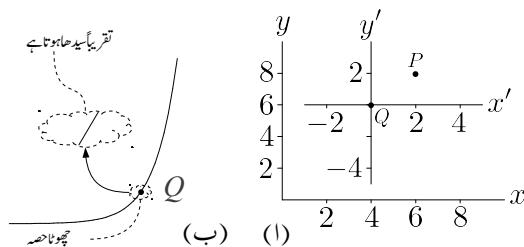
اس ہے میں کار تیکی محدود اور ترسیم پر غور کیا جائے گا جس کی اس کتاب میں کئی جگہ ضرورت پیش آئے گی۔ اگرچہ اس ہے کو کتاب کے آخر میں خیہ کے طور کھانا چاہئے حت مگر اس کی اہمیت کو دیکھتے ہوئے میں نے اس باب کا حصہ بنالیا ہے۔ طلبہ سے گزارش کی جاتی ہے کہ وہ اس ہے کو کوئی سمجھیں۔

### ۲.۱۱.۱ محدود کی منتقلی

شکل ۲.۳۳ میں دو کار تیکی محدود کھائے گئے ہیں۔  $y - x$  کار تیکی محدود میں دو نقطے  $P(6, 8)$  اور  $Q(4, 6)$  دکھائے گئے ہیں۔  $(y' - x')$  محدود میں یہی نقطے  $P'(2, 2)$  اور  $Q'(0, 0)$  بن جاتے ہیں۔

### ۲.۱۱.۲ خط کا چھوٹا حصہ سیدھا تصور کیا جاسکتا ہے

شکل ۲.۳۴ ب میں یہ حقیقت دکھایا گیا ہے کہ کسی بھی خط کے چھوٹے سے حصے کو سیدھا تصور کیا جاسکتا ہے۔ اگر کبھی آپ کسی خط کا چھوٹا حصہ لیں اور آپ کو لگے کہ یہ چھوٹا حصہ سیدھا تصور کرنے کے قابل نہیں ہے تو اس سے مزید چھوٹا حصہ لیجئے۔ اس شکل میں چھوٹے بلبے میں گھیرے خط کو بڑھے بلبے میں بڑھا پڑھا کر دکھایا گیا ہے جہاں اس کا سیدھا پان صاف واضح ہے۔



شکل ۲.۳۳: (۱) کار تی محدود۔ (۲) خط کے چھوٹے ہے کا سیدھا پن

### ۲.۱۱.۳ گراف سے قیمت حاصل کرنے کا عمل

شکل ۲.۳۳ ب کے گراف سے مختلف  $x$  پر  $y(x)$  کی قیمت حاصل کر کے انہیں جدول ۲.۱ میں دکھایا گیا ہے۔ آپ گراف سے قیمت حاصل کرنے کے اس عمل سے بخوبی واقف ہیں۔ اس شکل میں  $y(x)$  ختم دار خط ہے۔

#### جدول ۲.۱: گراف سے حاصل کی گئی قیمتیں

$x$	0	1	2	3	4	5
$y$	0	03.0	12.0	44.0	49.1	99.4

اب تصور کریں کہ  $x(t)$  وقت کے ساتھ تبدیل ہوتا فضیل ہے اور ہم چاہتے ہیں کہ وقت کے ساتھ  $y(t)$  کی تبدیلی گراف کریں۔  $x(t)$  کے وقت کے ساتھ گراف کی شکل کچھ بھی ہو سکتی ہے۔ شکل ۲.۳۳ میں  $x(t)$  کو سائن نہیں اتصور کیا گیا ہے۔

شکل ۲.۳۳ میں مختلف اوقات مثلاً  $t_0, t_1, t_2, \dots, t_n$  پر  $x_0, x_1, x_2, \dots, x_n$  کی قیمت حاصل کریں جہاں  $t_0$  سے مراد  $x(t_0)$  کی قیمت یعنی  $x(t_0)$  ہے۔  $t_0$  تا  $t_n$  نکات کی گل تعداد یعنی  $(n+1)$  کا تنسین آپ جیسے اور جتنی چھپائیں کر سکتے ہیں۔ اسی طرح کسی دو متری نکات کے مابین فاصلہ مثلاً

$$\Delta t_2 = t_3 - t_2$$

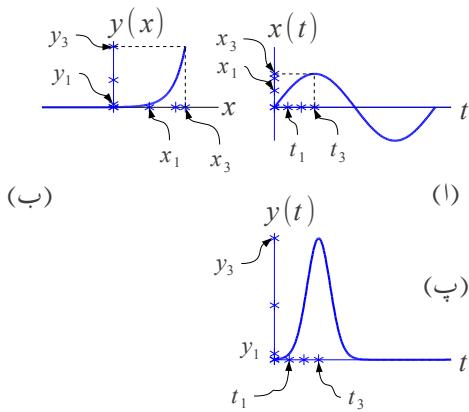
آپ جتنی چھپائیں رکھ سکتے ہیں۔ اس کے علاوہ کسی دو متری نکات کے درمیان فاصلہ مثلاً

$$\Delta t_5 = t_6 - t_5$$

اور کسی اور دو متری نکات کے درمیان فاصلہ مثلاً

$$\Delta t_8 = t_9 - t_8$$

ایک دونوں سے مختلف ہو سکتے ہیں۔ اس طرح آپ کے پاس جدول ۲.۲ حاصل ہو گا۔



شکل ۲.۳۲: وقت کے ساتھ بدلے متغیرات کی مثال

جدول ۲.۲:  $x(t)$  بال مقابل  $t$  کا جدول

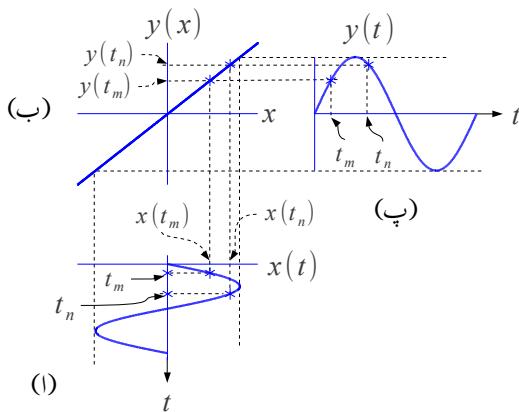
$t_0$	$t_1$	$t_2$	$\dots$	$t_n$
$x_0$	$x_1$	$x_2$	$\dots$	$x_n$

جدول ۲.۲ میں دئے  $x$  پر شکل ۲.۳ بے سے  $y$  کے قیتیں حاصل کریں۔ یوں حاصل کو استعمال کرتے ہوئے (۲.۳)  $y(t)$  بال مقابل  $t$  کا جدول حاصل ہو گا جسے شکل ۲.۳ پر کی طرح گراف کریں۔

جدول ۲.۳:  $y(t)$  بال مقابل  $t$  کا جدول

$t_0$	$t_1$	$t_2$	$\dots$	$t_n$
$y_0$	$y_1$	$y_2$	$\dots$	$y_n$

یہاں میں بستا ناچاہوں گا کہ اس مثال میں تق عمل  $(x)y$  نام دار ہے۔ اس کو استعمال کرتے ہوئے تق عمل  $x(t)$  کے تق عمل  $(y)t$  حاصل کی گئی۔ (۲.۴) اور  $y(t)$  کی ٹکنیکیں بالکل متفہم ہیں۔ مندرجہ بالاتمام عمل کو نہایت عمدگی اور نسبتاً زیادہ آسانی کے ساتھ بھی سر اخبار دیا جاتا ہے۔ آئیں اس بہتر طریقے کو شکل ۲.۳۵ کی مدد سے دیکھیں جہاں بدلتے اشارہ  $(x)(t)$  کو شکل ۲.۳۵ الف میں گھما کر دکھایا گیا ہے۔ اس مثال میں بھی  $(x)(t)$  کو سائنسی تصور کیا گیا ہے جبکہ تق عمل  $(y)$  کو سیدھا ساخت



شکل ۲.۳۵: سیدھا قاعمل اشارے کی شکل برقرار رکھتا ہے

لیجنی

$$(2.17) \quad y(x) = mx$$

تصور کرتے ہوئے شکل بے میں دکھایا گیا ہے۔<sup>۱۹</sup> جیسے کہ آپ آگے دیکھیں گے، سیدھا  $y(x)$  نہیں اہمیت کا حاصل ہے اور اس موقع سے فائدہ اٹھاتے ہوئے ہم اسی کو استعمال کرتے ہوئے آگے بڑھتے ہیں۔ مساوات ۲.۳۳ میں  $m$  شکل ۲.۳۳ بے میں نقطہ  $Q$  پر خط کے چھوٹے سیدھے حصے کی ڈھلوان ہے لیਜنی

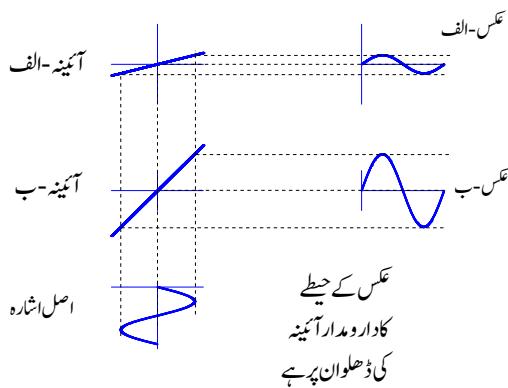
$$(2.18) \quad m = \left. \frac{\partial y}{\partial x} \right|_Q$$

شکل ۲.۳۵ میں دونوں نقطے  $t_n$  اور  $t_m$  کو مشاہداتے ہوئے پورے عمل کو سمجھایا گیا ہے۔ ان دونوں نقطوں پر  $x(t_m)$  اور  $x(t_n)$  حاصل کے جاتے ہیں۔ ان کی قیمت جب اس ضروری نہیں، بلکہ اتنا درکار ہے کہ ان کی نشاندہی گراف پر کرداری جائے۔

شکل الف اور شکل بے یوں بنائے جاتے ہیں کہ شکل بے کا  $x$  محمد شکل الف کے  $x$  مدد کے متوازی ہو اور ان کی جامات بھی برابر ہو۔ یوں شکل الف میں  $x(t_m)$  اور  $x(t_n)$  سے سیدھی لکیریں شکل بے تک لے جائیں۔ اس طرح شکل بے سے  $y(t_m)$  اور  $y(t_n)$  حاصل ہوں گے۔

شکل بے اور شکل پے یوں بنائے جاتے ہیں کہ شکل پے کا  $y$  محمد شکل بے کے  $y$  مدد کے بالکل دائیں جانب برابر کھا جائے اور ان کی جامات بھی برابر ہو۔ یوں شکل بے کے  $y(t_m)$  اور  $y(t_n)$  نقطوں سے شکل

<sup>۱۹</sup> سیدھے خط کی مساوات  $mx + c = y$  ہے جیساں وہ نقطے ہے جیساں خط  $y$  محور کو کاٹتا ہے۔ سیدھا خط  $(0, 0)$  سے گزرنے کی صورت میں  $c = 0$  ہو گا اور یوں سیدھے خط کی مساوات  $y = mx$  ہو گی۔



شکل ۲.۳۶: عکس کا جیط بالمقابل آئینے کی ڈھلوان

پتکے افی لکیریں بنائیں۔ شکل پ پر ان نقطوں کو وقت  $t_m$  اور  $t_n$  کے ساتھ گراف کریں۔ مندرجہ بالا پر اعمل شکل ۲.۳۵ کو دیکھتے ہی ایک د سمجھ آج بانا پاہے۔

شکل ۲.۳۵ میں (x) یا ایک خلی (این غیر-خمن دار) اعمل ہے۔ اسے استعمال کرتے ہوئے شکل پ ساصل کی گئی۔ شکل پ اور شکل اف ہو بہو ایک ہی طرح ہیں۔ ان کے صرف جیٹے مختلف ہو سکتے ہیں۔ یہ ایک نہایت اہم نتیجہ ہے جس کا بر قیامت کے میدان میں کلیدی کردار ہے۔ اس حقیقت کو استعمال کرتے ہوئے غیر-خمن دار اعمل کے اشکال میں چونکہ صرف جیٹے تبدیل ہوتا ہے لہذا اعموماً اشارہ (t) x کے چیزوں سے شکل ب تک اور بسا سے شکل پ تک لکیریں کمپنگ کر شکل پ کمل کر دیا جاتا ہے۔

شکل ۲.۳۶ اور شکل ۲.۳۵ میں (t) x کو دا خلی (یا اصل) اشارہ، (t) y کو خنارچی (یا منعکس<sup>۴۰</sup>) اشارہ جبکہ (x) y کو آئینے اے تصور کریں۔ یوں ہم کہہ سکتے ہیں کہ غیر-خمن دار آئینے میں اشارے کی شکل جوں کی توں رہتی ہے جبکہ خمن دار آئینے شکل باہر دیتا ہے۔ شکل ۲.۳۶ میں آئینے کی ڈھلوان کا عکس کے جیٹے پر اثر دکھایا گیا ہے۔ آئینے اف کی ڈھلوان آئینے ب کی ڈھلوان سے زیادہ ہے۔ جیسے آپ دیکھ سکتے ہیں کہ آئینے کی ڈھلوان بڑھنے سے عکس کا جیط بڑھتا ہے جبکہ آئینے کی ڈھلوان کھلانے سے عکس کا جیط گھستتا ہے۔ آئینے کی ڈھلوان یوں بھی کھی جا سکتی ہے کہ عکس کے جیٹے میں کوئی تبدیلی پیدا نہ ہو اور یہ اصل اشارہ کے جیٹے کے برابر رہے۔

مندرجہ بالا ذکرہ کو غالباً حبامہ پہناتے ہیں۔ مساوات ۲.۱۷ میں (t) x لکھتے ہوئے اس مساوات کو

یوں لکھا جا سکتا ہے۔

$$(2.19) \quad \begin{aligned} y[x(t)] &= mx(t) \\ y(t) &= mx(t) \end{aligned}$$

اس مساوات کے تحت  $y(t)$  کا حیطہ  $x(t)$  کے چیلے کا گناہ گاہیں  $m$  آئینے کی ڈھلوان ہے۔ بر قیات کے میدان میں بر قی دباؤ  $v$  اور بر قی دباؤ  $i$  کا استعمال ہوتا ہے۔ روایتی طور پر بر قی دباؤ کو  $x(t)$  جبکہ بر قی روکو  $y(t)$  تصور کیا جاتا ہے۔ شکل ۲.۳۷ میں ایسا دکھایا گیا ہے۔ آپ جانتے ہیں کہ یہ سمت بر قی دباؤ تقسیم یک سمت بر قی روکو مزاجت  $R$  جبکہ یہ سمت بر قی دباؤ کو موصیت  $G$  لکھا جاتا ہے۔ مزید یہ کہ باریک اشاراتی مزاجت کو ۲ جبکہ باریک اشاراتی موصیت کو  $g$  لکھا جاتا ہے۔ یوں مساوات ۲.۱۸ میں چھوٹے (یعنی باریک) سیدھے ہے کی ڈھلوان  $m$  کی جگہ باریک اشاراتی موصیت  $g$  کا استعمال ہو گا۔ یوں مساوات ۲.۲۰ کو بر قیات کے میدان میں استعمال کرتے وقت مندرجہ ذیل طرز پر لکھ جائے گا۔

$$(2.20) \quad i(t) = gv(t)$$

اسی طرح مساوات ۲.۱۸ کو یوں لکھا جائے گا

$$(2.21) \quad g = \left. \frac{\partial i}{\partial v} \right|_Q$$

اور باریک اشاراتی مزاجت  $r$  کے لئے یوں لکھا جائے گا۔

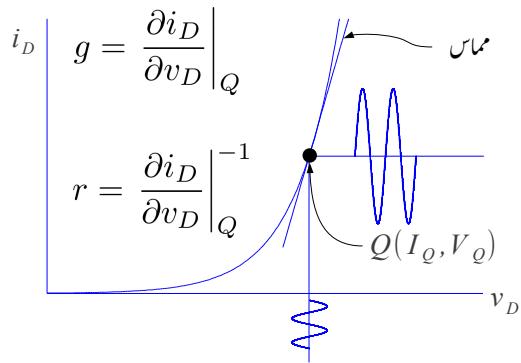
$$(2.22) \quad r = \left. \frac{\partial i}{\partial v} \right|_Q^{-1}$$

## ۲.۱۲ باریک اشاراتی تجزیہ

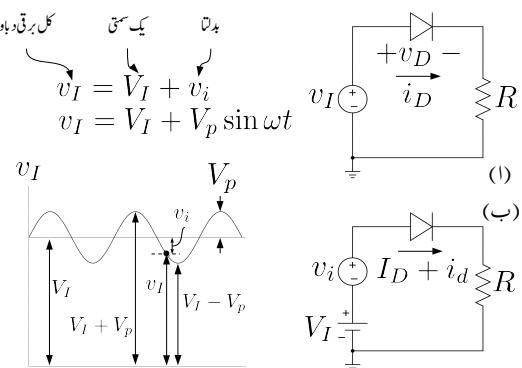
شکل ۲.۳۸ میں داخلی بر قی دباؤ  $v_I$  استعمال کی گئی ہے۔ گراف میں  $v_I$  کی قیمت ثابت رہتے ہوئے مسلسل تبدیل ہوتی دکھائی گئی ہے۔ جیسا شکل ب میں دکھایا گیا ہے،  $v_I$  کو یوں بھی تصور کیا جا سکتا ہے کہ اسے یک سمت بر قی دباؤ  $V_I$  اور بدلنے بر قی دباؤ  $v_i$  کو سالمہ وار جوڑ کر حاصل کیا گیا ہے یعنی

$$(2.23) \quad v_I = V_I + v_i$$

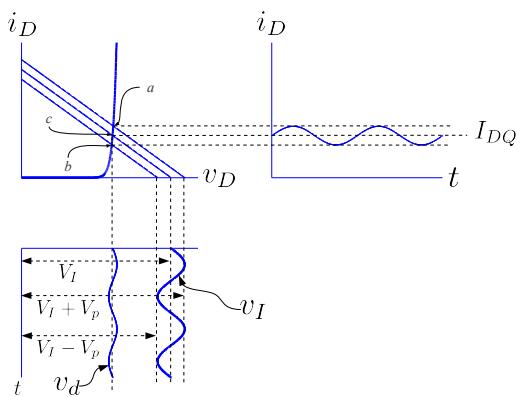
باریک اشارہ  $v$  سے مراد وہ بدلتا اشارہ ہے جس کا حیطہ دور میں پائے جانے والے یک سمت بر قی دباؤ یا یک سمت بر قی روکی قیتوں سے نہیں کم ہو (یعنی  $V_I <> v_i$ )۔



شکل ۲.۳۷: باریکے اشاراتی موصیت اور باریکے اشاراتی مزاجت



شکل ۲.۳۸: باریکے اشارہ



شکل ۲.۳۹: ڈائیوڈ پر باریکے اشارات

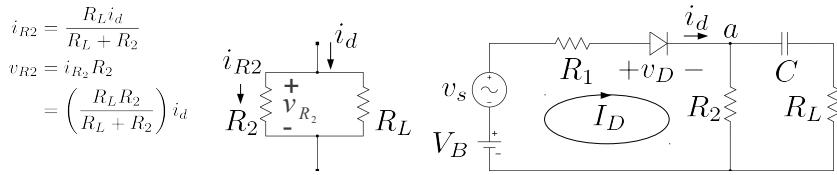
شکل ۲.۳۱ میں تغیر پذیر داخنی برقی دباؤ کا خط بوجھ پر اثر دکھایا گیا۔ اسی ترکیب کو یہاں استعمال کرتے ہوئے باریکے داخنی اشارہ  $v_I$  کی موجودگی میں ڈائیوڈ کی کارکردگی پر غور کیا جائے گا۔ تغیر پذیر داخنی برقی دباؤ  $v_I$  سے نپٹنے کی حناطہر مختلف لمحات پر وقت کوس کی تصور کرتے ہوئے ان لمحات پر داخنی برقی دباؤ کی کل قیمت لی جاتی ہے۔ ان قیمتوں پر خط بوجھ اور ڈائیوڈ کی مساوات کا خط گراف کیا جاتا ہے۔ یوں مختلف اوقات پر ڈائیوڈ کے مختلف نقطے مائل ( $V_{DQ}, I_{DQ}$ ) حاصل کے جاتے ہیں۔

شکل ۲.۳۹ میں  $0^\circ$  میں  $\omega t_0 = 90^\circ$  اور  $\omega t_0 = 270^\circ$  پر داخنی برقی دباؤ  $V_I(t_1) = v_I(t_0)$  اور  $V_I(t_0) = v_I(t_2) = V_I - V_p$  اور  $V_I(t_2) = V_I + V_p$  استعمال کرنے کا خط بوجھ گراف کئے گئے ہیں۔

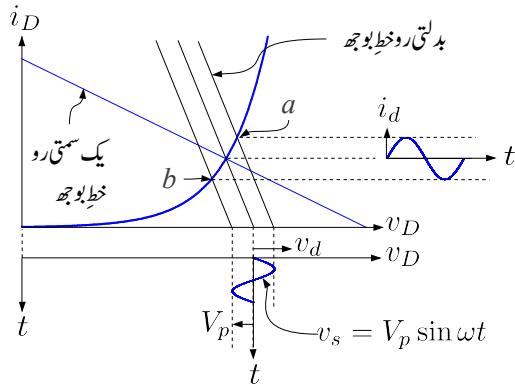
شکل ۲.۳۸ کے داخنی برقی دباؤ کے گراف کو گھٹتی کی سمت  $90^\circ$  کے زاویے گھٹ کر شکل ۲.۳۹ میں بنا یا گیا ہے۔ یوں تغیر پذیر داخنی برقی دباؤ سے خط بوجھ حاصل کرتے ہوئے دور میں بدلتا برقی روح حاصل کی جاتی ہے۔ یہ ترکیب شکل پر غور کرنے سے واضح ہو گی۔

## ۲.۱۲.۱ بدلتارو، خط بوجھ

حصہ ۲.۱۰ میں یک سمت خط بوجھ پر گفتگو کی گئی۔ اسی کو آگے بڑھاتے ہوئے بدلتا رو، خط بوجھ کو یہاں پیش کیا جائے گا جس کا اگلے باہم میں کلیدی کردار ہو گا۔ شکل ۲.۳۰ میں دکھائے ڈائیوڈ کے دور میں کپیٹر بھی استعمال کیا گیا ہے۔ تصور کریں کہ باریکے اشارہ  $v_S$  کے تعداد پر کپیٹر کو قصر دو (یعنی  $0 \rightarrow |X_C|$ ) تصور کیا جاسکتا ہے۔ چونکہ کپیٹر میں سے یک سمت برقی رو نہیں گزرتی لہذا ایک سمت برقی رو  $R_L$  سے نہیں گزرتے گی۔ کپیٹر کو یک سمت متغیرات کے لئے کھلے دور تصور کیا جاسکتا ہے۔ ایسا کرنے سے یک سمت دور حاصل ہوتا ہے جس کے یک سمت خط بوجھ کی ڈھلوان  $\frac{1}{R_1+R_2}$  ہو گی اور  $R_L$  کا اس میں کوئی کردار نہیں ہو گا۔



شکل ۲.۳۰: ڈائیوڈ کے دور میں کپیسٹر کے استعمال سے بدلتا رہا، خط بوجھ پسیدا ہوتا ہے



شکل ۲.۳۱: بدلتا رہا وہ خط بوجھ

بدلے اشارہ کے نقطے نظر سے ڈائیوڈ کے حناری جواب دو متوازی حصے میں مسازمتوں پائے جاتے ہیں جن کی کل مسازمتوں  $R_t$  ہے یعنی

$$(2.23) \quad R_t = \frac{R_L R_2}{R_L + R_2}$$

بدلے اشارہ کو  $R_t$  برقرار بوجھ دکھائی دیتا ہے۔ یوں بدلے اشارہ کے اشارہ کے خط بوجھ کی ڈھلوان  $\frac{1}{R_t}$  ہو گی جو کہ یک سمت رو خط بوجھ کی ڈھلوان سے مخالف ہے۔ یوں بدلتا رہا، خط بوجھ کمی پہنچ کر قوت وقت اس کی ڈھلوان  $\frac{1}{R_t}$  رکھی جائے گی۔ بدلے اشارہ کے تبدیل کے ساتھ بدلتا رہا، خط بوجھ بھی پہنچ کر تبدیل کرتا ہے۔ یہ بالکل ایسا ہی ہے جیسے شکل ۲.۳۹ میں یک سمت رو خط بوجھ کے لئے دکھایا گی۔ چونکہ بدلتا رہا وہ خط بوجھ کی ڈھلوان ہمیں معلوم ہے لہذا اسے گراف کرنے کی حاضر ہمیں مسازمتوں صرف اس پر ایک نقطہ درکار ہے۔ اگر بدلے اشارہ کا جیٹ کم کرتے کرتے ضفر کر دیا جائے تو یک سمت صورت حال پیدا ہوتی ہے اور ہم جانتے ہیں کہ یک سمت خوب بوجھ نقطے مائل سے گزرتا ہے۔ یوں صاف ظاہر ہے کہ بدلے خط بوجھ کمی نقطے مائل سے گزرتا ہے۔ شکل ۲.۳۱ میں دونوں خط بوجھ گراف کئے گئے ہیں۔ اس طرح پہلے یک سمت رو خط بوجھ گراف کی جاتا ہے جس سے نقطے مائل حاصل کی جاتا

ہے۔ فقط مائل سے گزرتا بدل سارو، خط بوجھ گراف کی جاتا ہے جس کی ڈھانوں بدلے اشارہ کی بوجھ سے حاصل کی جاتی ہے۔ بدلے اشارہ کے موجودگی میں بدل سارو، خط بوجھ ڈائیوڈ کے خط پر نقطہ Q کے متیر تحریک رہتے ہوئے اور b کے درمیان چال فتدی کرتا ہے۔ یہاں بھی نقطہ کارکردگی پر باریکے اشارات کے لئے ڈائیوڈ کے خط کو سیدھا تصور کرتے ہوئے مدد i<sub>d</sub> - v<sub>d</sub> بنائے جاسکتے ہیں جن سے v<sub>d</sub> اور i<sub>d</sub> کو پڑھا جاسکتا ہے۔

v<sub>d</sub> اور i<sub>d</sub> کو تخلیلی طریقے سے بھی حاصل کیا جاسکتا ہے۔ ایکرنے کی حنا طرز شکل ۲.۲۰ پر غور کرتے ہیں۔ اگر یہاں 0 = v<sub>s</sub> رکھا جائے تو باہمی دائرے میں صرف یک سست برقی رو I<sub>D</sub> گزرنے کی جس سے مزاحمت R<sub>2</sub> پر برقی دباؤ I<sub>D</sub>R<sub>2</sub> پیدا ہوگا۔ یہی برقی دباؤ جو a پر پیلا جائے گا۔ اور کپیٹر C آپس میں سلسلہ وار جڑتے ہیں۔ یوں ان کی برقی رکاوٹ R<sub>L</sub> +  $\frac{1}{j\omega C}$  ہے۔ یہ برقی رکاوٹ R<sub>2</sub> کے متوازی جڑتی ہے۔ R<sub>L</sub> اور کپیٹر مسلک برقی رکاوٹ Z پر مدد اکرتے ہیں جس کا

$$(2.25) \quad \frac{1}{Z} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_L + \frac{1}{j\omega C}}$$

$$(2.26) \quad Z = \frac{R_2 \left( R_L + \frac{1}{j\omega C} \right)}{R_2 + R_L + \frac{1}{j\omega C}}$$

کے برادر ہے۔ کپیٹر یک سست برقی رو کے لئے کھلے سرے کردار ادا کرتا ہے لہذا R<sub>L</sub> میں یک سست برقی رو کی قیمت صفر کی پسند ہوگی اور اس پر یک سست برقی دباؤ کی قیمت بھی صفر دوں ہو گا۔ کپیٹر C جو a پر پانچ جبارے والے یک سست برقی دباؤ کو برداشت کرے گا اور یہ کپیٹر پر V<sub>C</sub> = I<sub>D</sub>R<sub>2</sub> برقی دباؤ پیلا جائے گا۔ کخفف کے قانون برائے برقی دباؤ کے لئے گزرنے کے قانون برائے کخفف کے قانون برائے کخفف کے قانون برائے برقی دباؤ کے لئے کھلے سرے کردار ادا کرتا ہے۔

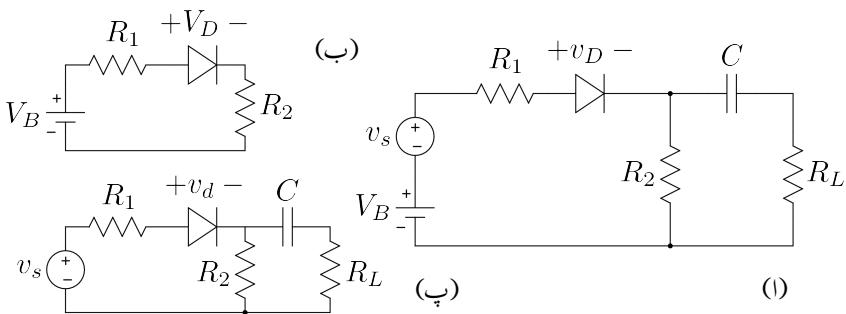
$$(2.27) \quad V_B = I_D R_1 + V_D + I_D R_2$$

آئیں اب شکل ۲.۲۰ میں یک سست برقی دباؤ V<sub>B</sub> برقرار رکھتے ہوئے v<sub>s</sub> کو صفر سے بڑھایا جاتا ہے تاہم v<sub>s</sub> << V<sub>B</sub> رکھا جاتا ہے۔ اب کل برقی رو V<sub>B</sub> + v<sub>s</sub> اب کل برقی رو i<sub>d</sub> = I<sub>D</sub> + i<sub>d</sub> پیدا کریں گے۔ I<sub>D</sub> کی کہانی تبدیل نہیں ہوتی لیستہ i<sub>d</sub> پر غور درکار ہے۔ مزاحمت R<sub>1</sub> اور ڈائیوڈ کے گزرنے کے لئے جو a پر پیچھے ہے جہاں اسے دورا سنتے ملتے ہیں۔ اس مثال کی حنا طرز کپیٹر کو یک سست برقی رو کے لئے قصر دوڑ تصور کرتے ہوئے صورت حال کو شکل میں دکھایا گیا ہے۔ i<sub>d</sub> کا کچھ حصہ R<sub>2</sub> میں گزرنے کا یعنی

$$(2.28) \quad i_{R2} = \left( \frac{R_L}{R_L + R_2} \right) i_d$$

یوں R<sub>2</sub> میں کل برقی رو کی قیمت I<sub>D</sub> + i<sub>R2</sub> ہو گی۔ کخفف کے قانون برائے برقی دباؤ کو باہمی دائرے میں استعمال کرتے ہوئے

$$\begin{aligned} V_B + v_s &= i_D R_1 + v_D + (I_D + i_{R2}) R_2 \\ &= (I_D + i_d) R_1 + (V_D + v_d) + \left[ I_D + \left( \frac{R_L}{R_L + R_2} \right) i_d \right] R_2 \end{aligned}$$



شکل ۲.۲۲: دور کا یک سمت اور بدلتے ہے میں تقسیم

لکھا جائے گا جہاں دوسرے متد پر استعمال کیا گی۔ اس مساوات کو دو مساوات میں بیوں لکھا جا سکتا ہے۔

$$(2.29) \quad V_B = I_D R_1 + V_D + I_D R_2$$

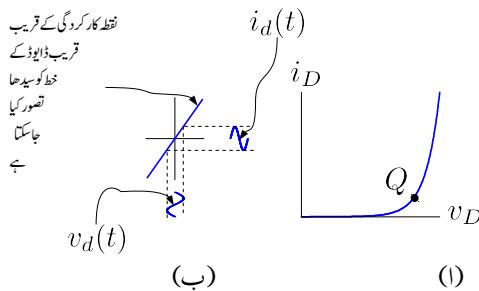
$$(2.30) \quad v_s = i_d R_1 + v_d + i_d \left( \frac{R_L R_2}{R_L + R_2} \right)$$

مندرجہ بالا مساوات کا پہلا جزو یک سمت خط بوجھ کی مساوات ہے جبکہ اس کا دوسرا جزو بدلتا رہ خط بوجھ کی مساوات ہے۔ شکل ۲.۲۰ کو شکل ۲.۲۲ میں دوبارہ لکھا گیا ہے جہاں اصل دور کے ساتھ ساتھ دو مزید دور کھائے گئے ہیں۔ شکل ۲.۲۲ ب میں صرف یک سمت منبع  $V_B$  استعمال کرتے ہوئے اصل دور کے وہ حصے دکھائے گئے ہیں جن میں یک سمت برقی رو  $I_D$  گزرتی ہے۔ اس میں کر خوف کے قانون برائے برقی دباؤ سے مساوات ۲.۲۹ کا پہلا جزو حاصل ہوتا ہے۔ اسی طرح شکل ۲.۲۲ پ میں صرف بدلتا منبع  $v_s$  استعمال کرتے ہوئے اصل دور کے وہ حصے شامل کئے گئے ہیں جن میں بدلتا برقی رو  $i_d$  گزرتی ہے۔ اس شکل میں ڈائیوڈ پر برقی دباؤ کو  $v_d$  لکھتے ہوئے اس بات کی وضاحت کی گئی ہے کہ ڈائیوڈ پر بدلتے برقی دباؤ کی بات کی جا رہی ہے۔ اس دور پر کر خوف کے قانون برائے برقی دباؤ سے مساوات ۲.۲۹ کا دوسرا جزو حاصل ہوتا ہے۔ بدلتا رد خط بوجھ کی مساوات میں ڈائیوڈ کا باریکے اشارات مزاحمت  $r_d$  استعمال کرتے ہوئے ہے اور بیوں اس خط سے  $i_d$  حاصل کیا جا سکتا ہے۔

$$v_s = i_d R_1 + i_d r_d + i_d \left( \frac{R_L R_2}{R_L + R_2} \right)$$

$$i_d = \frac{v_s}{R_1 + r_d + \left( \frac{R_L R_2}{R_L + R_2} \right)}$$

اور  $v_d = i_d r_d$  کے استعمال سے  $v_d$  حاصل کیا جا سکتا ہے۔  
بیوں اصل شکل کو شکل ب اور شکل پ کے طرز پر بناتے ہوئے یک سمت اور بدلتا برقی رو (اور بدلتے برقی



شکل ۲.۳۳: ڈائیوڈ کے باریک اشارات کا حصول

دباو) باری باری حاصل کئے جاسکتے ہیں۔ یہ نہایت اہم اور عمومی ترکیب ہے جسے برقیات کے میدان میں عموماً استعمال کیا جاتا ہے۔ اس کتاب میں اس ترکیب کا بار بار استعمال کیا جائے گا۔

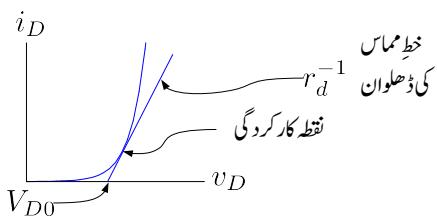
### ۲.۱۲.۲ باریک اشاراتی مزاحمت

تفیر پذیر دھنی برقی دباو میں باریک اشارات کو ظفر انداز کرتے ہوئے حاصل نقطہ مائل کو شکل ۲.۳۹ میں c سے ظاہر کیا گیا ہے۔ باریک اشارہ کی موجودگی میں یہ نقطہ تبدیل ہوتے ہوئے a اور b کے درمیان رہتا ہے۔ ان دو نقطوں کے مابین ڈائیوڈ کا خط قدر بیا ایک سیدھی لکسیر کی مانند ہے۔<sup>۴۷</sup> یاد رہے کہ مزاحمت کی برقی دباو بالقابل برقی روکاخط سیدھی لکسیر ہوتا ہے۔ اگر نقطہ c پر  $v_d - i_d$  کا اور تمی مدد دہننا یا جبائے<sup>۴۸</sup> اور گراف کو a سے b تک مدد دکر دیا جائے تو اس نقطے میں ڈائیوڈ کے مصادف اس اشاراتی مزاحمت کا گراف معلوم ہوتا ہے۔ شکل ۲.۳۳ الف کے نقطہ کارکردگی Q کے قدریب قدریب رہتے ہوئے ڈائیوڈ کے خط کو سیدھا تصور کرتے ہوئے شکل ب میں دکھایا گیا ہے۔ یوں ان دو نقطوں کے مابین ڈائیوڈ کو مزاحمت  $r_d$  تصور کیا جاسکتا ہے جیسا

$$(2.31) \quad r_d = \frac{v_d}{i_d}$$

شکل ۲.۳۳ الف میں و سچ اشاراتی مدد ( $v_D - i_D$ ) جبکہ شکل ۲.۳۳ ب میں باریک اشاراتی مدد ( $v_d - i_d$ ) استعمال کئے گئے ہیں۔ شکل ب میں یہ بھی دیکھتے ہیں کہ نقطہ کارکردگی پر ڈائیوڈ کے باریک اشاراتی مزاحمت  $r_d$  کو استعمال کرتے ہوئے ڈائیوڈ کے باریک اشاراتی برقی دباو  $v_d(t)$  پر اس کے باریک اشاراتی برقی روکاخط  $i_d(t)$  کا خط بھی نہیں آسانی کے ساتھ حاصل کیا جاسکتا ہے۔ باریک اشارہ کی موجودگی میں ڈائیوڈ کے قدریب قدریب مائل کے قدریب رہتے ہیں۔ یوں اگر نقطہ c کو ( $V_{DQ}, I_{DQ}$ ) لکھا جائے تو نقطہ a کو ( $V_{DQ} + \Delta V_{DQ}, I_{DQ} - \Delta I_{DQ}$ ) جبکہ نقطہ b کو ( $V_{DQ} - \Delta V_{DQ}, I_{DQ} + \Delta I_{DQ}$ ) لکھا جاسکتا ہے

<sup>۴۷</sup> ۲.۱۱.۲ میں دیکھا گیا کہ کسی بھی خط کے باریک ہے کو سیدھا تصور کیا جاسکتا ہے  
<sup>۴۸</sup> ۲.۱۱.۱ میں مدد کی منتقلی پر بحث کی گئی



شکل ۲.۲۲: نقطہ کارکردگی پر خط مماس سے باریکے اشاراتی مزاحمت کا حصول

ہے۔ یوں نقطہ C پر ڈائوڈ کی مزاحمت  $r_d$  یوں حاصل کی جائے گی۔

$$(2.32) \quad r_d = \left. \frac{\Delta v_D}{\Delta i_D} \right|_{I_{DQ}} = \frac{\Delta V_{DQ}}{\Delta I_{DQ}}$$

سادت ۲.۳۱ اور سادت ۲.۳۲ اس مزاحمت کو سمجھنے کے علاقے طریقے ہیں۔  
۲.۳۲ کوڈائیڈ کا باریکے اشاراتی مزاحمت<sup>۶</sup> کہتے ہیں اور اس کی قیمت نقطہ کارکردگی پر منحصر ہے۔

### ۲.۱۲.۳ خط مماس سے باریکے اشاراتی مزاحمت کا حصول

شکل ۲.۲۳ میں نقطہ کارکردگی پر خط مماس<sup>۷</sup> دکھایا گیا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ نقطہ کارکردگی پر خط مماس سے ڈائیڈ کا باریکے اشاراتی مزاحمت  $r_d$  حاصل کیا جا سکتا ہے۔ آئیں  $r_d$  کو جپ ڈائیڈ کے سادت ۲.۷ کے خط مماس سے حاصل کریں۔ نقطہ کارکردگی پر جپ ڈائیڈ کا خط مماس حاصل کرنے کی حراطر جپ ڈائیڈ کی مزاحمت کا تقریب<sup>۸</sup> لیں گے۔ اس تقریب کی قیمت نقطہ  $i_D = I_{DQ}$  پر حاصل کر کے نقطہ کارکردگی پر مزاحمت  $r_d$  حاصل کی جائے گی یعنی

$$(2.33) \quad i_D = I_S \left( e^{\frac{v_D}{V_T}} - 1 \right) \approx I_S e^{\frac{v_D}{V_T}}$$

$$\frac{di_D}{dv_D} = \frac{I_S e^{\frac{v_D}{V_T}}}{V_T}$$

---

small signal resistance<sup>۶</sup>  
tangent<sup>۷</sup>  
differentiation<sup>۸</sup>

چونکہ  $i_D = I_S e^{\frac{v_D}{V_T}}$  لہذا ہم لکھ سکتے ہیں کہ

$$(2.33) \quad \frac{di_D}{dv_D} = \frac{I_S e^{\frac{v_D}{V_T}}}{V_T} = \frac{i_D}{V_T}$$

$$\left. \frac{di_D}{dv_D} \right|_{I_{DQ}} = \frac{I_{DQ}}{V_T}$$

خط ماس کے اس ڈیلواں سے باریک اشاراتی مزاحمت حاصل کرتے ہیں۔

$$(2.35) \quad r_d = \left( \left. \frac{di_D}{dv_D} \right|_{I_{DQ}} \right)^{-1} = \frac{V_T}{I_{DQ}}$$

مثال ۲.۱۱: ایک ڈائیوڈ جس کا  $I_S = 9.32 \times 10^{-14} \text{ A}$  اور  $i_D = 25 \mu\text{A}$  کے برابر ہو کی  $V_T = 15 \text{ mA}$  کی برتنی رہی۔ روپر باریک اشاراتی مزاحمت حاصل کریں۔  
حل: مساوات ۲.۳۵ کے تحت  $i_D = 15 \text{ mA}$  پر

$$(2.36) \quad r_d = \frac{25 \times 10^{-3}}{15 \times 10^{-3}} = 1.667 \Omega$$

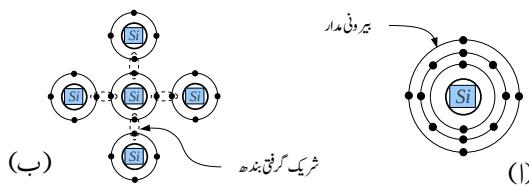
اور  $i_D = 25 \mu\text{A}$

$$(2.37) \quad r_d = \frac{25 \times 10^{-3}}{25 \times 10^{-6}} = 1000 \Omega$$

## ۲.۱۳ طبیعتِ نیم موصل اشیاء

ڈائیوڈ نیم موصل<sup>۹</sup> مواد سے بنائے جاتے ہیں۔ اس حصہ میں نیم موصل اشیاء کی طبیعت پر خورکیا جائے گا۔ اگرچہ بر قیاتی پر زہ جبات جب مسینیم یا سیکان دونوں سے بنائے جا سکتے ہیں، حقیقت میں سیکان کی عمدہ خوبیوں کی بدولت بر قیاتی پر زہ جبات زیادہ تر سیکان سے ہی بنایا جاتا ہے۔ اسی وجہ سے اس کتاب میں صرف سیکان پر بحث کی جائے گی۔  
کیئی دوسرے جدول<sup>۱۰</sup> کے چوتھے قطعہ یعنی چوتھے جماعت<sup>۱۱</sup> میں کاربن C<sup>۸۴</sup>، سیکان Si<sup>۸۳</sup>، جب مسینیم Ge<sup>۸۰</sup>

semiconductor<sup>۹</sup>  
periodic table<sup>۱۰</sup>  
group<sup>۱۱</sup>  
carbon<sup>۸۴</sup>  
silicon<sup>۸۳</sup>



شکل ۲.۷۵: سیکان ایم اور سیکان فلم میں شریک گرفتی بندہ

<sup>۸۳</sup> وغیرہ پائے جاتے ہیں۔ ان تمام عنصر کے ایئن نمونے <sup>۸۴</sup> کے بیرونی مدار <sup>۸۵</sup> میں چار الیکٹران <sup>۸۶</sup> پائے جاتے ہیں۔ یوں ان کی کھیالی گرفتہ <sup>۸۹</sup> ۴+ یا ۴- مسکن ہے۔ اس جسم کے عنصر شریک گرفتی بندہ <sup>۹۰</sup> بناتے ہیں۔ برقياتی پر زہ جہات بنانے کی حفاظت <sup>۹۱</sup> 99.99999999% نی صد حنالص سیکان درکار ہوتا ہے جسے عموماً نو-نو صاف سیکان پکارا جاتا ہے۔ اتنی حنالص سیکان حاصل کرنا از خود فنی مہارت کی انتہا ہے۔ حنالص سیکان غیر موصل ہوتا ہے البتہ اس میں، نہایت باریک مقدار میں، مختلف اجزاء کی ملاوٹ <sup>۹۱</sup> کے اس کے موصلیت <sup>۹۲</sup> کو تبدیل کر کے اسے موصل بنایا جاتا ہے۔ اسی لئے سیکان کو نیم موصل <sup>۹۳</sup> پکارا جاتا ہے۔ وزن کے لحاظے میں کے بیرونی ٹھوس سطح کا 28 سیکان پر مشتمل ہے۔ عام ریت سیکان اور آسیجن کا مسرکب  $\text{SiO}_2$  ہے۔ سیکان کا ایئٹمی عدد <sup>۹۴</sup> یا تقریباً عدد 14 ہے۔ یوں اس کے بیرونی مدار میں چار الیکٹران پائے جاتے ہیں۔ اس کے بیرونی مدار میں آٹھ الیکٹران پورا کرنے کی حفاظت یہ چار فتر بھی سیکان ایٹموں کے ساتھ شریک گرفتی بندہ بنانے کے قلم <sup>۹۵</sup> میں اس کی سادہ صورت دکھائی گئی ہے۔ حتیٰ صفر حرارت K پر موجود سیکان کے فلم میں تمام شریک گرفتی بندہ برقرار رہتے ہیں اور یوں اس میں آزاد الیکٹران کے عدم موجودگی کی وجہ سے یہ غیر موصل ہوتا ہے۔ جیسے جیسے سیکان کا درجہ حرارت بلند کی جائے، حرارتی توانائی کی بنا پر اس میں جگ جگ شریک گرفتی بندہ مقطوع ہونا شروع ہو جاتے ہیں۔ شریک گرفتی بندہ میں قید الیکٹران اس بند کے ٹوٹنے سے آزاد ہو جاتا ہے۔ بند کے ٹوٹنے سے

---

germanium <sup>۸۶</sup>
elements <sup>۸۵</sup>
atomic model <sup>۸۷</sup>
shell <sup>۸۸</sup>
electrons <sup>۸۸</sup>
valency <sup>۸۹</sup>
covalent bond <sup>۹۰</sup>
doping <sup>۹۱</sup>
conductance <sup>۹۲</sup>
semiconductor <sup>۹۳</sup>
atomic number <sup>۹۴</sup>
crystal <sup>۹۵</sup>

السیکٹران حنارج ہو کر آزاد منفی بار کے طور سیکان میں حرکت کرتا ہے اور یوں یہ فسلم کی موصلیت میں کردار ادا کرتا ہے۔ اس طرح شریک گرفتی بندھ کی قید سے آزاد ہوا السیکٹران جو اب سیکان میں آزادی سے حرکت کر سکتا ہو کر آزاد الیکٹرون<sup>۹۶</sup> یا متحرک الیکٹرون<sup>۹۷</sup> کہتے ہیں۔ اسی طرح شریک گرفتی بندھ ٹونٹ کی وحہ سے السیکٹران کے اخراج سے اس مقام پر غالباً فلاںرہ جباتا ہے اور یہاں موجود سیکان کا ایم ٹیشن بار اختیار کر لیتا ہے۔ مثبت ایم فتریب موجود شریک گرفتی بندھ سے السیکٹران کھنچنے کی کوشش کرتا ہے اور کبھی کبھار ایسا کرنے میں کامیاب ہو جاتا ہے، یوں اس ایم کا بارود سرے ایم کو مقتول ہو جاتا ہے اور ساچھی ساتھ اس خلاء کا مقام بھی تبدیل ہو کر دوسرا مقتول کے مقام پر مقتول ہو جاتا ہے۔ ایسا بار بار ہونے سے خلاء مسلسل جگ تبدیل کرتا ہے۔ خلاء اور مثبت ایم کا مقام ایک ساتھ حرکت کرتے ہیں گویا کہ خلاء از خود مثبت بار ہو۔ یوں سیکان میں آزادی سے حرکت کرتے ہیت خلاء کو آزاد غلو<sup>۹۸</sup> یا متحرک غلو<sup>۹۹</sup> کہتے ہیں۔ آزاد خلنکوں کا آزاد الیکٹرون کی طرح سیکان کی موصلیت میں کردار ادا کرتا ہے۔ آزاد خلنکوں کا السیکٹران کے بارے برابر مسکر مثبت ہوتا ہے۔

حرارت سے شریک گرفتی بندھ ٹونٹ کی وحہ سے پیدا آزاد الیکٹرون<sup>۱۰۰</sup> جبکہ اس سے پیدا آزاد غلو (مثبت بار) کو حرارت غلو<sup>۱۰۱</sup> بھی کہتے ہیں۔ چونکہ ایک شریک گرفتی بندھ ٹونٹ سے ایک آزاد السیکٹران اور ایک آزاد خلنک موجود میں آتے ہیں لہذا حرارتی السیکٹران اور حرارتی خلنکی تعداد ہر صورت پر برابر رہتی ہے۔ حرارت سے پیدا اسیکٹران اور خلنک کا قلتیع الیکٹرون<sup>۱۰۲</sup> اور قلتیع غلو<sup>۱۰۳</sup> بھی کہتے ہیں۔ حرارت سے آزاد السیکٹران اور آزاد خلنک کے پیدا اش کے عمل کو حرارتی پیدا اش<sup>۱۰۴</sup> کہتے ہیں۔ حرارتی پیدا اش کو شرح اکانھصار درج حرارت پر ہے۔

آزاد اسیکٹران اور آزاد خلنک سیکان میں بلا ترتیب حرکت کرتے ہیں اور یہاں کرنے کی کوشش بار آپس میں دوبارہ جبڑ جباتے ہیں۔ ان کے جبڑنے سے ایک آزاد اسیکٹران اور ایک آزاد خلنک موجود ختم ہو جاتا ہے۔ اس عمل کو دوبارہ جو نہ<sup>۱۰۵</sup> اجبکہ اس کی شرح کو دوبارہ جو نہ<sup>۱۰۶</sup> کی شرح<sup>۱۰۷</sup> کہتے ہیں۔

جب حرارتی پیدا اش کی شرح اور دوبارہ پیٹنے کی شرح برابر ہو تو اس صورت کو حرارتی توازن کہتے ہیں۔ یہ موصل اشیاء کی طبیعت سے معلوم ہوتا ہے کہ حرارتی پیدا اش سے پیدا اش کی تعداد کی تعداد کی کثافت<sup>۱۰۸</sup> یا آزاد خلنک کی تعداد کی کثافت<sup>۱۰۹</sup> کو مندرجہ ذیل مراتب سے حاصل کیا جاتا ہے۔

$$(2.38) \quad p_i^2 = n_i^2 = BT^3 e^{-\frac{E_g}{kT}}$$

free electron <sup>۹۱</sup>
mobile electron <sup>۹۲</sup>
free hole <sup>۹۸</sup>
mobile hole <sup>۹۹</sup>
thermal electron <sup>۱۰۰</sup>
thermal hole <sup>۱۰۱</sup>
minority electrons <sup>۱۰۲</sup>
minority hole <sup>۱۰۳</sup>
thermal generation <sup>۱۰۷</sup>
thermal generation rate <sup>۱۰۵</sup>
recombination <sup>۱۰۸</sup>
recombination rate <sup>۱۰۹</sup>
number density <sup>۱۰۸</sup>

جہاں

 $n_i$  سرارتی الیکٹران کی تعدادی مربع شنی میزہ ہے۔ $p_i$  سرارتی خلولی تعدادی مربع شنی میزہ ہے۔ $B$  کی مقدار ہر عنصر کے لئے مختلف ہے۔ سیکان کے لئے اس کی قیمت  $10^{31} \times 5.4$  ہے۔ $T$  حتیٰ سرارت ہے۔ اس کی اکائی کیلو ان  $K$  ہے۔ $k$  بولٹزمن کا مستقل  $8.62 \times 10^{-5}$  eV/K $E_G$  یہ شریک گرفتی بندہ مقاطعہ کرنے کے لئے درکار تو انہی ہے جس کی قیمت سیکان کے لئے  $1.12$  eV ہے۔

یاد رہے کہ سرارتی الیکٹران اور سرارتی خلولی تعدادی کثافتیں برابر ہوتی ہیں۔ یعنی

(۲.۳۹)

$$n_i = p_i$$

## ۲.۱۴ منفی قلم کا نیم موصل

کیساںی دوڑی جدول کے پانچیں جسامت میں نائشووجن N، فاسفورس P وغیرہ پائے جاتے ہیں۔ ان عناصر کے ایٹھوں کے بیرونی مدار میں پانچ الیکٹران پائے جاتے ہیں۔ نائشووجن کو مثال بناتے دیکھتے ہیں کہ سیکان کے قتلہ میں ان عناصر کی، نہایت باریک مقدار میں، موجودگی کے کیا اثرات سرتباً ہوتے ہیں۔ سیکان کے قتلہ میں ایٹھوں کے بیرونی مدار میں پانچ الیکٹران پائے جاتے ہیں۔ سیکان کے قتلہ میں شامل کے جہاں نو اے ملاوی نائشووجن کے ایٹھوں کی تعداد نہایت کم ہوتی ہے اور یوں نائشووجن کے ایٹھوں کی موجودگی کا قتلہ میں ایٹھوں کے ترتیب پر کوئی اثر نہیں ہوتا۔ شامل کے جہاں نو اے ملاوی نائشووجن کے ایٹھوں کی موجودگی کا قتلہ میں سیکان ایٹھ کی جگہ کر قتلہ کا حصہ بن جاتے ہیں۔ شکل ۲.۳۶ میں نائشووجن کے ایٹھ کو سیکان کے قتلہ میں بینت دکھایا گیا ہے۔ نائشووجن ایٹھ کے بیرونی مدار میں موجود پانچ الیکٹرانوں میں سے چار الیکٹران قتلہ میں بینت دکھایا گیا ہے۔ اس فتوالیکٹران کا نائشووجن ایٹھ کے ساتھ شریک گرفتی بندہ بنانے میں جبکہ پانچوں الیکٹران فتوالورہ جاتا ہے۔ اس فتوالیکٹران کا نائشووجن ایٹھ کے ساتھ کمزور بست  $10^9$  ہوتا ہے جسے الیکٹران کی سرارتی تو انہی جلد مقاطعہ کر کے الیکٹران کو آزاد کر دیتی ہے۔ اس طرح آزاد الیکٹران قتلہ میں مکمل آزادی کے ساتھ حدر کرتے کر سکتے ہیں جس سے قتلہ موصل ہو جاتا ہے۔ قتلہ میں نائشووجن ایٹھوں کی تعداد بتبدیل کر کے اس کی موصلیت پر فتاہ رکھا جاتا ہے۔ شکل ۲.۳۶ میں ایک آزاد الیکٹران  $^{110}$  کو سیکان ایٹھوں کے مابین دکھایا گیا ہے۔ یوں اگر شامل کئے گئے ملاوی نائشووجن ایٹھوں کی تعدادی کثافت  $N_D$  ایٹھ میں مربع شنی میزہ ہوتے اس سے پیدا آزاد الیکٹرانوں کی کثافت  $n_{n0}$  تقریباً اتنی ہو گی یعنی

(۲.۳۰)

$$n_{n0} \approx N_D$$

---

bond<sup>1+9</sup>  
free electron<sup>11+</sup>

اس مسادات میں حسارتی آزاد اسیکٹرانوں کی تعداد کو نظر انداز کیا گیا ہے جو کہ ایک جائز و متمد ہے۔ نیم موصل اشیاء کی طبیعت میں معلوم ہوتا ہے کہ حسارتی توازن کی صورت میں آزاد اسیکٹران کی کثافت  $n_{n0}$  اور آزاد حنلوکی کثافت  $p_{n0}$  کے ضرب کا جواب اٹھ ہوتا ہے یعنی

$$(2.31) \quad n_{n0} p_{n0} = n_i^2$$

جہاں کسی بھی درجہ حسارت پر  $i^2 n$  کی قیمت مسادات ۲.۳۸ سے حاصل ہو گی۔ یوں مقنی نیم موصل سیکان میں آزاد حنلوکی کثافت

$$(2.32) \quad p_{n0} = \frac{n_i^2}{n_{n0}} \approx \frac{n_i^2}{N_D}$$

ہو گی۔ مقنی نیم موصل میں اکثریتی الیکٹرون<sup>۱۱۱</sup> کی کثافت شامل کے جب نہ والے ملاوٹی ایٹموں کی تعداد پر منحصر ہے جبکہ اس میں اقلیتی غلو<sup>۱۱۲</sup> کی کثافت درجہ حسارت پر منحصر ہے۔ مقنی نیم موصل میں آزاد اسیکٹران کی تعداد آزاد حنلوکی تعداد سے کمی درجہ زیادہ ہو گی۔

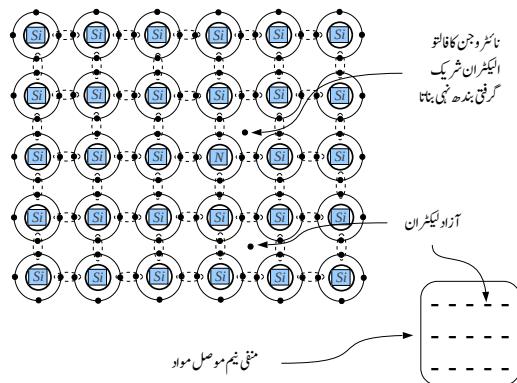
اس مثال میں نائشو جن کی شمولیت سے سیکان میں تحرک آزاد اسیکٹران یعنی متحرک منفی بار<sup>۱۱۳</sup> نے موصلیت پیدا کی۔ ایسے سیکان کو منفی قسم کا نیم موصل یا منفی نیم موصل<sup>۱۱۴</sup> کہتے ہیں۔ یوں مقنی نیم موصل تیر کرنے کی خاطر سیکان میں کیا تینی دوڑی جنہوں کے پانچیں جماعت کے عنابر طور ملاوٹ شامل کے جاتے ہیں۔ کسی بھی مکمل ایٹم میں پروٹون اور اسیکٹران کی تعداد برابر ہوتی ہے۔ یوں ایٹم کا کل بار صفر ہوتا ہے۔ سیکان میں نائشو جن بطور ملاوٹ شامل کرنے سے اس کا کل بار صفر ہی رہتا ہے۔ نائشو جن ایٹم کے فنا تو اسیکٹران کی جدائی کے بعد نائشو جن ایٹم بثبت بار رکھتا ہے۔ یوں اگرچہ قائم کا کل بار اب بھی صفر ہی ہے لیکن جس مدتام پر نائشو جن کا بثبت ایٹم موجود ہوا سل معتام پر کل بار بثبت ہو گا اور جس مدتام پر آزاد اسیکٹران موجود ہو پائیں کل بار منفی ہو گا۔

قائم میں تمام ایٹم اپنی جگہ جکڑے رہتے ہیں۔ ایسے اپنی جگہ جھول سکتے ہیں ایسکن جگہ تبدیل نہیں کر سکتے۔ ایسے ایٹموں کو ساکن تصور کرتے ہوئے ہم دیکھتے ہیں کہ قائم میں بگہ جگہ ساکن بثبت بارہ والے نائشو جن ایٹم پائے جاتے ہیں۔ یوں مقنی قسم کے نیم موصل قائم میں بثبت بارہ ساکن جبکہ اس میں مقنی بار (آزاد اسیکٹران) حرکت پذیر ہوتے ہیں۔ یوں مقنی نیم موصل میں مواد میں برقی روکا ہیں اور آزاد اسیکٹران کے حرکت سے ہوتا ہے۔ آزاد اسیکٹران نیم موصل مواد کے وجود میں بالکل اسی طرح حرکت کرتے ہیں جیسے بندوبست میں گیس کے ایٹم یا مائیکرول

حرکت کرتے ہیں۔ اسی درجہ سے آزاد اسیکٹران کو کبھی کہاں الیکٹرون گھیر<sup>۱۱۵</sup> بھی کہا جاتا ہے۔

ان دو اقسام کے باروں کا تذکرہ کرتے ہوئے ماکڑے بار<sup>۱۱۶</sup> اور متحرک بار<sup>۱۱۷</sup> کی بات کی جاتی ہے۔ یوں مقنی قسم کے نیم موصل مادے میں موصلیت صرف متحرک باروں کی وجہ سے پیدا ہوتی ہے۔ ساکن بار کا قائم کے موصلیت پیدا کرنے

majority electrons<sup>۱۱۱</sup>  
minority holes<sup>۱۱۲</sup>  
mobile negative charge<sup>۱۱۳</sup>  
 $n$ -type semiconductor<sup>۱۱۴</sup>  
electron gas<sup>۱۱۵</sup>  
immobile charges<sup>۱۱۶</sup>  
mobile charges<sup>۱۱۷</sup>



شکل ۲.۲۶: ناشرو جن کی شمولیت سے منی قلم کے نیم موصل کا حصول

میں کوئی کردار نہیں۔ منی نیم موصل مواد کو ظاہر کرنا بھی شکل میں دکھایا گیا ہے جہاں (—) آزاد ایکٹران کے وجود کو اگر کرتا ہے تو گل برقی بار کو سیکان میں بیرونی مادہ مشاہدہ ناشرو جن کی شمولیت سے پیدا آزاد ایکٹران کو اشتینکریکٹ ایکٹران<sup>۱۸</sup> بھی کہتے ہیں۔

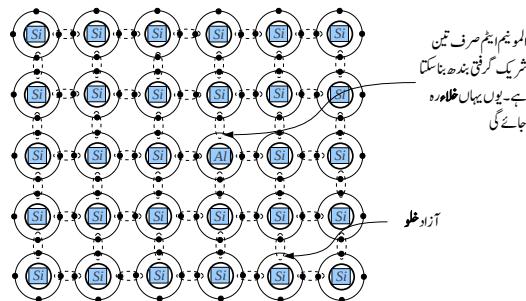
## ۲.۱۵۔ ثابت قلم کا نیم موصل

کیمیائی دوری جدول کے تیسرا جماعت میں بوران B، الومیم Al وغیرہ پائے جاتے ہیں جن کے بیرونی مدار میں صرف تین ایکٹران ہوتے ہیں۔ سیکان کے قتلہ میں اس جماعت کے عنصر کی شمولیت کے اثرات دیکھنے کی خاطر الومیم کی شمولیت کو مثال بناتے ہیں۔ سیکان کے قتلہ میں سیکان کے ایٹم ایک حصہ ترتیب سے جڑتے ہوتے ہیں۔ سیکان کے قتلہ میں ہطور ملاوٹ شامل کئے جانے والے الومیم ایٹموں کی تعداد بہت کم ہونے کی بنا پر یہ قتلہ میں ایٹموں کے ترتیب پر اضافہ نہیں ہوتے۔ شامل کئے جانے والے ملاوٹی الومیم کے ایٹم قتلہ میں جگ جگ سیکان ایٹم کی جگ لے کر قتلہ کا حصہ بن جاتے ہیں۔

شکل ۲.۲۷ میں الومیم کے ایٹم کو سیکان کے قتلہ میں بنتے دکھایا گیا ہے۔ قتلہ میں بنتے الومیم ایٹم کے بیرونی مدار میں موجود تین ایکٹران قتلہ میں فترتیب تر تین سیکان ایٹموں کے ساتھ شریک گرفتی بندھ بناتے ہیں۔ الومیم ایٹم کے بیرونی مدار میں چوتھے ایکٹران کی عدم موجودگی کی بنا پر فترتیب چوتھے سیکان ایٹم کے ساتھ شریک گرفتی بندھ بنانا ممکن نہیں ہوتا۔ یوں اس بندھ کی جگہ خلاء رہ جاتی ہے۔

شکل ۲.۲۸ کو دیکھتے ہوئے آگے پڑھیں۔ حرارتی توانائی سے عین ممکن ہوتا ہے کہ اس خلاء کے فترتیب کوئی شریک گرفتی بندھ منقطع ہو جائے اور وہاں سے ایکٹران خارج ہو جائے۔ خارج شدہ ایکٹران بھٹکتا بھٹکتا الومیم کے فترتیب خلاء کو پُر کر کے یہاں شریک گرفتی بندھ کو جسم دیتا ہے۔ ایسا ہونے سے الومیم ایٹم منی

<sup>۱۸</sup> majority electrons



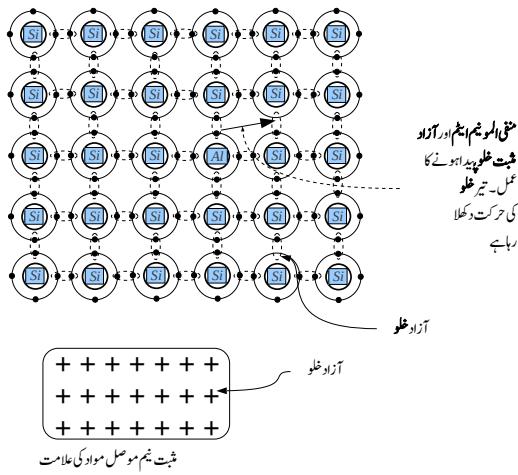
شکل ۲.۲۷: الموئیم ایٹم فسلم میں سیکان ایٹم کی جگہ لیتا ہے

بار اختیار کر لیتا ہے جبکہ جہاں سے الیکٹران خارج ہوا اس مفتام پر مثبت آزاد غلو<sup>۱۹</sup> رہ جاتا ہے۔ اس مثبت آزاد حنلوں کو حنلوں الف کہتے ہوئے گفتگو آگے بڑھاتے ہیں۔ اسی طرح حرارتی توانائی نو پیدا حنلوں الف کے متربے کسی اور شریک گرفتی بندھ کو منقطع کر کے بیساں سے الیکٹران خارج کرتے ہوئے حنلوں کے وجود کو ختم کر دے گا۔ اسی طرح آزاد حنلوں پر ہو گا وغیرہ وغیرہ۔ یوں آزاد حنلوں مسلسل جگہ تبدیل کرے گا جبکہ منقی الموئیم ایٹم سا کن رہتا ہے۔ مسلسل حرکت پذیر مثبت حنلوں (آزاد حنلوں) کی بدلت مسلم کی موصلیت وجود میں آتی ہے جبکہ سا کن منقی بار (الموئیم ایٹم) کا فسلم کی موصلیت میں کوئی کردار نہیں۔ یوں مثبت نیم موصل مواد میں بر قی روکا ہے اور آزاد حنلوں کے حرکت سے ہوتا ہے۔

چونکہ اس طرح کے فسلم میں حنلوں بطور مثبت بار کردار ادا کرتا ہے اور یہی موصلیت کو جسم دیتا ہے لہذا سے مثبت قسم کی نیم موصل مواد یا مثبت نیم موصل<sup>۲۰</sup> کہتے ہیں۔ مثبت نیم موصل مواد کو ظاہر کرنا بھی شکل ۲.۲۸ میں دکھایا گیا ہے جہاں (+) آزاد حنلوں کے وجود کو احراگ کرتا ہے ناکل برقی بار کو۔

اسی طرح آزاد حنلوں فسلم میں کمل آزادی کے ساتھ حرکت کر سکتے ہیں جس سے فسلم موصل ہو جاتا ہے۔ فسلم میں الموئیم ایٹوں کی تعداد تبدیل کر کے اس کی موصلیت پر تابور کھا جاتا ہے۔ آزاد حنلوں نیم موصل مواد کے وجود میں بالکل اسی طرح حرکت کرتے ہیں جیسے بند ڈب میں گیس کے ایٹم یا مالکیوں حرکت کرتے ہیں۔ اسی وجہ سے آزاد حنلوں کو کبھی کبھی غلو<sup>۲۱</sup> یا غلو<sup>۲۲</sup> کہتے ہیں۔ مثبت نیم موصل سیکان ہناتے وقت اگر اس میں شامل کئے جانے والے ملاوی ایٹوں کی کثافت  $N_A$  ایٹم فی سرچ میٹری میٹر ہو تو اس میں حرارتی آزاد حنلوں کو نظر انداز

free hole<sup>۱۹</sup>  
p-type semiconductor<sup>۲۰</sup>  
hole gas<sup>۲۱</sup>  
majority holes<sup>۲۲</sup>



شکل ۲.۳۸: آزاد گلو کی حرکت اور ثابت نیم موصل مواد ظاہر کرنے کی علامت

کرتے ہوئے اکثریتی آزاد گلو کی کثافت  $p_{n0}$  بھی تقریباً اتنی ہوگی لیکن

$$(2.33) \quad p_{p0} = N_A$$

جبکہ حرارتی متوازن صورت میں اس میں آزاد اسیکٹرانوں کی کثافت مساوات ۲.۳۱ کے تحت

$$(2.33) \quad n_{p0} = \frac{n_i^2}{p_{p0}} \approx \frac{n_i^2}{N_A}$$

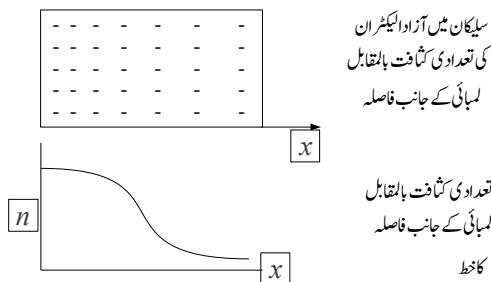
ہو گا۔ ثابت نیم موصل میں اکثریتی گلو کی کثافت شامل کے جوانے والے ملاؤ ایٹموں کی تعداد پر منحصر ہے جبکہ اس میں اقلیتی اسیکٹرانوں کی کثافت درجہ حرارت پر منحصر ہے۔

## ۲.۱۶ مال برداری

آزاد اسیکٹران اور آزاد گلو<sup>۱۲۵</sup> اور بہاو<sup>۱۲۶</sup> کے ذریعہ سلیکان میں حرکت کر کے ایک مفتام سے دوسرے مفتام منتقل ہو سکتے ہیں۔ کائنات میں وتدتی مال برداری<sup>۱۲۷</sup> ان دو خودکار طریقوں سے ہوتی ہے۔ پانی میں سیاہی کا پھیلاؤ اور دریا میں پانی کا بیساوانہ میں کی بدولت ہے۔

---

majority holes <sup>۱۲۳</sup>
minority electrons <sup>۱۲۴</sup>
diffusion <sup>۱۲۵</sup>
drift <sup>۱۲۶</sup>
transportation <sup>۱۲۷</sup>



شکل ۲.۴۹: تعدادی کثافت میں ناہواری نفوذ پیدا کرتا ہے

### ۲.۶.۱ نفوذ

نفوذ سے آزاد اسیکٹر ان اور حنلو کی وہ بلا ترتیب حرکت ہے جو حسرا رتی تو انکی کی وجہ سے پیدا ہوتی ہے۔ سیکان میں آزاد اسیکٹر ان (آزاد حنلو) کی یہ سانچہ تعدادی کثافت کی صورت میں آزاد اسیکٹر ان (آزاد حنلو) کے نفوذ سے بر قی رو پیدا نہیں ہوتی البتہ اگر کسی طرح آزاد اسیکٹر ان (آزاد حنلو) کی تعدادی کثافت ایک ممتاز پر زیادہ کر دی جائے تو اس صورت میں زیادہ تعدادی کثافت والے ممتاز سے کم تعدادی کثافت کے ممتاز کی جانب آزاد اسیکٹر انوں (حنلووں) کا بہا وہا جس سے بر قی رو پیدا ہوگی۔ ایسے بر قی رو کو **نفوذی برقی رو** کہتے ہیں۔ اس حقیقت کو شکل ۲.۴۹ کی مدد سے بہتر سمجھا جاسکتا ہے جہاں مندرجہ سیکان کے ایک سلاخ میں لمبائی کے جانب آزاد اسیکٹر انوں کی تعداد تبدیل ہوتے دکھائی گئی ہے۔ اسی شکل میں اس کا گراف بھی دکھایا گیا ہے۔ اس شکل میں آزاد اسیکٹر ان دائیں جانب نفوذ کریں گے۔ اس طرح سلاخ میں را بیک بر قی رو کی مست بائیں جانب ہو گی۔ پانی میں رنگ نفوذ کے ذریعہ حل ہوتا ہے۔ آزاد حنلو کے نفوذی بر قی رو کی مسافت شکل ۲.۵۰ کی مدد سے حاصل کرتے ہیں۔ شکل میں سیکان کی ثابت نیم موصل سلاخ دکھائی گئی ہے جس کا قبے عمودی تراش A ہے۔ شکل میں نقطہ الف پر آزاد حنلووں کی تعدادی کثافت (p) جبکہ اس کے متتباً  $\Delta x$  فاصلہ ہے۔ شکل میں نقطہ الف پر تعدادی کثافت  $p + \Delta p$  ہے۔ ان دونوں نقطوں پر سلاخ کے چھوٹی سی لمبائی  $\Delta x$  میں کل حنلووں کی تعداد ب پر تعدادی کثافت  $p + \Delta p$  ہو گی۔ ہم تصور کرتے ہیں کہ سلاخ میں حنلوں کے جانب کی حسرا کرتے کرتے ہیں۔ اس طرح حصہ الف کے آدھے حنلوں، یعنی  $pA\Delta x/2$ ، بائیں جانب اور آدھے دائیں جانب حسرا کرتے کریں گے۔ اسی طرح حصہ ب کے آدھے حنلوں یعنی  $(p + \Delta p)A\Delta x/2$ ، بائیں اور آدھے دائیں جانب حسرا کرتے کریں گے۔ یوں ان دونوں نقطوں کے درمیان نقطہ دار لکیر پر دائیں جانب گزرتے کل حنلوں کی تعداد

$$\frac{pA\Delta x}{2} - \frac{(p + \Delta p)A\Delta x}{2} = -\frac{\Delta pA\Delta x}{2}$$

ہوگی۔ حنلوں کے بار کو  $q$  لکھتے ہوئے اس لکسیر سے دایں جانب گزرتے کل بار کی مقدار کو یوں لکھا جا سکتا ہے۔

$$\Delta Q_p = -\frac{q \Delta p A \Delta x}{2}$$

تصور کریں کہ باروں کی یوں منتقلی وقت  $\Delta t$  میں عمل میں آتی ہے۔ اس طرح ساخ میں بر ق رہ =  $\Delta Q_p / \Delta t$  ہوگی یعنی

$$I_p = \frac{\Delta Q_p}{\Delta t} = -\frac{q \Delta p A \Delta x}{2 \Delta t}$$

اس بر ق رہ کی کثافت  $J_p$  کو یوں لکھا جا سکتا ہے۔

$$(2.35) \quad J_p = \frac{I_p}{A} = -\frac{q \Delta p \Delta x}{2 \Delta t}$$

کسی بھی نقطہ عمل  $y$  کے لئے ہم لکھ سکتے ہیں  $\Delta y = \frac{dy}{dx} \Delta x$  یوں موجودہ صورت میں لکھا جا سکتا ہے۔

$$(2.36) \quad \Delta p = \frac{dp}{dx} \Delta x$$

ان دو مساواتوں سے حاصل ہوتا ہے

$$(2.37) \quad J_p = \frac{I_p}{A} = -q \frac{dp}{dx} \frac{\Delta x^2}{2 \Delta t}$$

اس مساوات میں

$$(2.38) \quad D_p = \frac{\Delta x^2}{2 \Delta t}$$

لکھ کر حاصل ہوتا ہے

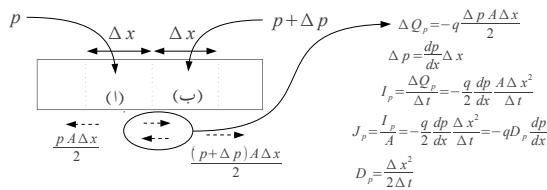
$$(2.39) \quad J_p = -q D_p \frac{dp}{dx}$$

یہ مساوات نفوذی بر ق رہ کی کثافت یا لٹافٹ نفوذی رو ۲۹ میں بیان کرتا ہے۔ ۳۰ جہاں

$J_p$  آزاد حنلوں سے پیدا نفوذی بر ق رہ کی کثافت ۳۱ ہے۔

$q$  حنلوں کے بر ق رہ کی مقدار یعنی  $C = 1.6 \times 10^{-19}$  ہے۔

۲۹ نفوذ کے ذریعے مال برداری کے اس قسم کو افغان FickAdolf نے دریافت کیا  
۳۰ نفوذی بر ق رہ کی کثافت diffusion current density  
۳۱ نفوذی بر ق رہ کی کثافت diffusion current density



شکل ۲.۵۰: آزاد حنلو سے حاصل نفوذی برقی رو

$D_p$  حنلو کے نفوذ کا مستقلہ<sup>۱۴۴</sup> ہے۔ سیکان میں  $D_p = 12 \text{ cm}^2/\text{s}$  کے برابر ہوتا ہے۔

p آزاد حنلو کی تعدادی کثافت ہے۔

آزاد اسیکٹر انوں کے لئے نفوذی برقی رو کی کثافت کی مساوات مندرجہ ذیل ہے۔

$$(2.50) \quad J_n = q D_n \frac{dn}{dx}$$

اس مساوات میں منقی کی علامت استعمال کرنے سے ہی برقی رو کی صحیح سمت حاصل ہوتی ہے۔ آزاد اسیکٹر ان کے نفوذ کا مستقلہ<sup>۱۴۴</sup> ہے جس کی قیمت سیکان کے لئے  $34 \text{ cm}^2/\text{s}$  ہے۔

## ۲.۱۶.۲ بہاو

آزاد اسیکٹر ان اور آزاد حنلو کے حرکت کرنے کا دوسرا ذریعہ ہماو<sup>۱۴۵</sup> ہے۔ بہاو سے پیدا برقی رو کو ہماو برقی رو<sup>۱۴۵</sup> کہتے ہیں۔

اگر سیکان کے ایک سلان، جس کی لمبائی L ہو، کے دو سروں کے مابین برقی دباؤ V مہیا کی جائے تو اس سالخ میں برقی اشعت<sup>۱۴۶</sup> E پیدا ہو گی جس کا

$$E = \frac{V}{L}$$

کے برابر ہے۔ برقی دباؤ کی شدت آزاد اسیکٹر ان اور آزاد حنلو کو اسرائے گا۔ آزاد حنلو کا رفتار برقی اشعت کی سمت میں جبکہ آزاد اسیکٹر اس کے اُپر سمت میں بڑھے گا۔ برقی اشعت سے پیدا ہاروں کے رفتار کو رفتار ہماو<sup>۱۴۷</sup> کہتے ہیں۔ آگے صرف آزاد اسیکٹر ان پر گفتگو کرتے ہیں اگرچہ یہ سب کچھ آزاد حنلو کے لئے بھی درست ہے۔ اس گفتگو میں آزاد اسیکٹر ان کو صرف اسیکٹر ان کہیں گے۔

---

hole's diffusion constant <sup>۱۴۴</sup>
electron's diffusion constant <sup>۱۴۴</sup>
drift <sup>۱۴۵</sup>
drift current <sup>۱۴۵</sup>
electric field intensity <sup>۱۴۴</sup>
drift speed <sup>۱۴۴</sup>

ایکٹر ان کی رفتار کے دو حصے ایں۔ ایک حصہ حسرارتی رفتار ہے جبکہ دوسرا حصہ بیا و کی رفتار پر رفتار ہے۔ اگر سیلیکان کے سلاخ میں ہر معتام پر حسرارت یکساں ہوتے اس سلاخ میں حسرارتی رفتار کی اوسط قیمت پر برادر ہوگی۔ حسرارتی رفتار بلا ترتیب ہے اور یوں سنتی حسرارتی رفتار کی اوسط قیمت صدر ہوتی ہے۔ لہذا اس صورت میں سنتی حسرارتی رفتار کا سیلیکان میں برقی روپیہ اکرنے میں کوئی کردار نہیں۔ اس کے بر عکس ایکٹر ان کی سمعتی رفتار ہماو<sup>۱۳۸</sup> برقی شدت کے الٹے سمت میں ہوتی ہے اور اس کی اوسط قیمت برقی شدت پر مخصوص ہوتی ہے۔ یوں برقی شدت کے موجودگی میں سیلیکان میں برقی دو سنتی رفتار بیا و کے وجہ سے ہوتی ہے۔ سنتی رفتار بیا و پر اب گفتگو کرتے ہیں۔

برقی شدت کی وجہ سے حسرکت کرتے بار وقت افوق تأسیکن ایٹوں کے ساتھ ٹکرائیں اپنی ضائع کر دیتے ہیں اور ان کی لحاظی سمعتی رفتار ہماو<sup>۱۳۹</sup> افسوس ہو جاتی ہے۔ ٹکرانے کے بعد یہ ایک مرتبہ پھر برقی شدت کی وجہ سے رفتار پڑتے ہیں۔ یوں ٹکرانے کی وجہ سے ایکٹر ان کی رفتار لگاتار نہیں بڑھتی بلکہ یہ کمی اوسط رفتار سے سیلیکان میں برقی شدت کے الٹے سمت حسرکت کرتے ہیں۔ اس اوسط سنتی رفتار کو اوسط سمعتی رفتار ہماویا صرف سمعتی رفتار ہماوکتے ہیں۔

سیلیکان کے فتل میں برقی شدت  $E$  کے موجودگی میں ایکٹر ان پر قوت  $-qE = F$  عمل کرے گا۔ اس قوت کی وجہ سے ایکٹر ان اسرائیل  $a$  پڑے گا جسے  $v_{t_n}$ <sup>۱۴۰</sup> کے مساوات  $F = m_n a$  سے حاصل کیا جا سکتا ہے یعنی

$$a = -\frac{qE}{m_n}$$

اگر ایکٹر ان کے ٹکرانے کا اوسط وقت  $t_n$  ہو تو اتنے وقت میں ساکن حال سے چلا ایکٹر ان رفتار  $v_{t_n}$  اختیار کرے گا جہاں

$$v_{t_n} = a \times t_n = -\frac{qEt_n}{m_n}$$

دورانیہ  $t_n$  میں یوں ایکٹر ان کا اوسط رفتار اس کے آدھا ہو گا یعنی

$$v_n = \frac{v_{t_n}}{2} = -\frac{qEt_n}{2m_n}$$

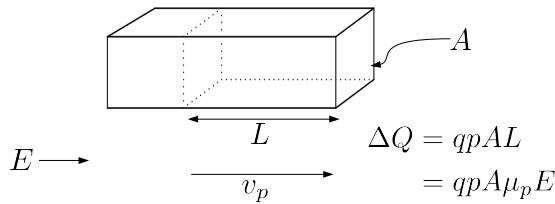
اس مساوات میں  $\mu_n = \frac{q t_n}{2 m_n}$  لکھنے سے اسے یوں لکھا جا سکتا ہے

$$(2.51) \quad v_n = -\mu_n E$$

جہاں  $\mu_n$  کو ایکٹر ان کی حرکت پذیری<sup>۱۴۱</sup> کہتے ہیں۔ اگر سنتی رفتار بیا و کو  $s/cm/s$  اور برقی شدت کو  $V/cm$  میں ناچاہے تو سیلیکان میں ایکٹر ان کی حرکت پذیری<sup>۱۴۲</sup>  $\mu_n$  کی قیمت  $1350 \text{ cm}^2/\text{Vs}$  ہے۔ اسی طرح آزاد جنلوں کے لئے

---

drift velocity <sup>۱۴۳</sup>	instantaneous drift velocity <sup>۱۴۴</sup>
Newton's law <sup>۱۴۵</sup>	electron mobility <sup>۱۴۶</sup>



شکل ۲.۵: برقی شدت سے برقی روکاپیدا ہونا

ہم لکھ سکتے ہیں۔

$$(2.52) \quad v_p = \mu_p E$$

جہاں سیکان میں آزاد حنلوکی حرکت پذیری  $\mu_p$  کی قیمت  $480 \text{ cm}^2/\text{Vs}$  کے لگے بھگے ہے۔ سیکان کے سطح پر حرکت پذیری کی قیمت گہرائی پر حرکت پذیری کی قیمت سے دس گت تک کم ہو سکتی ہے۔ یہاں گہرائی پر الیکٹران کو رکھتے پذیری اور گہرائی پر غلوکر رکھتے پذیری کی بات کی گئی۔ شکل ۲.۵ میں ثابت نیم موصل سیکان کا سالخ دکھایا گیا ہے جس میں آزاد حنلوکی تعدادی کثافت  $p$  فی متر مربع منی میزہ ہے۔ اگر اس سالخ میں برقی شدت  $E$  ہو تو اس میں آزاد حنلوکی سنتی رفتار بیساو  $v_p$  اسی سمت میں ہوگی۔ یوں ایک سیکنڈ میں آزاد حنلوکی کافی صدھارے کریں گے۔ سالخ کے لمبائی  $L$  کا جمجمہ  $A \times L \times p$  ہے اور اتنے جمجمہ میں  $A \times L \times p$  آزاد حنلوں ہوں گے۔ یوں اتنے جمجمہ میں کل آزاد بار  $v_p \Delta Q = qpAL$  ہو گا۔ اگر  $v_p$  منی میٹر لمبائی کی بات کریں تو اتنے سالخ میں موجود آزاد حنلوں کا بار  $\Delta Q = qpAv_p$  ہو گا۔ سالخ کے دائیں جانب سطح  $A$  سے یوں سیکنڈ  $J_p = qpAv_p$  بار گزرا گا اور یوں اس سالخ میں برقی روکی کثافت  $I_p$  کی قیمت  $qpAv_p$  ہوگی۔ اس برقی روکی کثافت  $J_p$  بارگزرا گا اور یوں اس سالخ میں برقی روکی کثافت  $I_p$  کی قیمت  $qpAv_p$  ہوگی۔

$$(2.53) \quad J_p = \frac{I_p}{A} = qp v_p = qp \mu_p E$$

ہو گا۔

بالکل اسی طرح آزاد الیکٹران کے لئے بھی مساوات لکھی جب سکتی ہے۔ آزاد الیکٹران کے بار کو  $(-q)$  لکھتے ہوئے چونکہ اس کے لئے  $v_n = \mu_n E$  ہے لہذا آزاد الیکٹران کے لئے اس مساوات کو یوں لکھا جا سکتا ہے۔

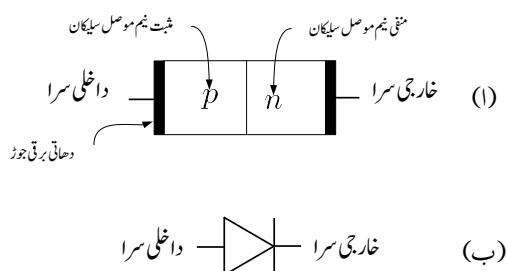
$$(2.54) \quad J_n = \frac{I_n}{A} = (-q)n v_n = (-q)n(-\mu_n)E = qn\mu_n E$$

آزاد الیکٹران اور آزاد حنلوں کے موجودگی میں برقی روکوں پاروں کی وجہ سے پیدا ہوگی اور یوں اس صورت میں ہم لکھ سکتے ہیں۔

$$(2.55) \quad J_\sigma = qn\mu_n E + qp\mu_p E = q(n\mu_n + p\mu_p)E$$

اس مساوات میں

$$(2.56) \quad \sigma = (n\mu_n + p\mu_p)$$



شکل ۲.۵۲: ڈائیوڈ کی بناؤ اور اس کی علامت

لکھنے سے اے یوں لکھا جا سکتا ہے۔

(۲.۵۷)

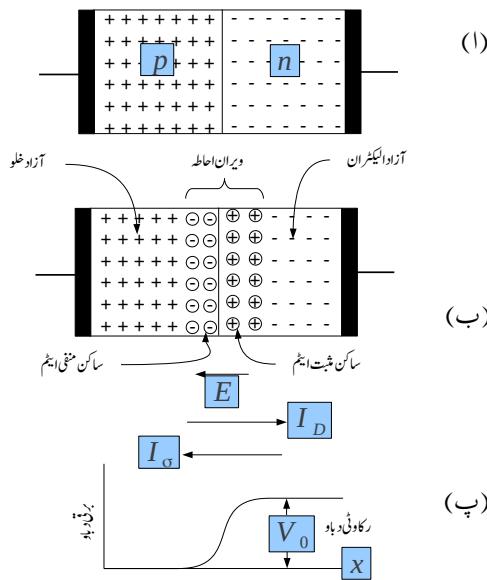
$$J_\sigma = q\sigma E$$

یہ موادت بر قی شدت کی بدولت بیاوے پیدا بر قی رو کی موادت ہے جس میں ۵ سیکان کے موصلیت کا مستقر ہے۔ موادت ۲.۵۷ در حقیقت قانون اولیہ اور میں ۲.۵۸ ہے۔

## ۲.۱. مثبت اور منفی اقسام کے نیم موصل مواد کا ملاپ

مثبت نیم موصل اور منفی نیم موصل مواد کے ملاپ سے ڈائیوڈ جو دو میں آتا ہے۔ شکل ۲.۵۲ میں اس کی بناؤ اور علامت دکھائی گئی ہے۔ حقیقت میں ڈائیوڈ سیار کرتے وقت سیکان کی ایک ہی پستری پر منفی اور مثبت قسم کے نیم موصل احاطے ملا کر بنائے جاتے ہیں۔ تصور کریں کہ مثبت نیم موصل اور منفی نیم موصل سیکان کو جوڑا جاتا ہے۔ اس وقت کا صورت حال شکل ۲.۵۳ ہے۔ اس میں دکھایا گیا ہے۔ نفوذ کی وجہ سے مثبت نیم موصل حصے سے آزاد الیکٹرون مثبت نیم موصل حصے کی جانب حرکت کریں گے اور اسی طرح منفی نیم موصل حصے سے آزاد الیکٹران مثبت نیم موصل حصے کی جانب حرکت کریں گے۔ مثبت نیم موصل حصے خلدوں کے نکل جانے سے یہاں سرحد کے فسیریب سا کن منفی ایتم نمودار یا بے پرده ہوں گے۔ اسی طرح منفی نیم موصل حصے سے الیکٹران کے نکل جانے سے یہاں سرحد کے فسیریب سا کن مثبت ایتم نمودار یا بے پرده ہوں گے۔ مثبت نیم موصل حصے میں داخل الیکٹرونوں میں سے چند سرحد کے فسیریب آزاد خلدوں سے مسل کر حستم ہو جائیں گے جبکہ بقیا اس حصے میں بطور اقلیتی باراں سرحد کے فسیریب آزاد خلدوں میں سے جنہیں اس آزاد الیکٹرونوں سے مسل کر حستم نہ ہو جائیں۔ اسی طرح منفی حصے میں داخل آزاد خلدوں میں سے جنہیں اس آزاد الیکٹرونوں سے مسل کر حستم ہو جائیں گے جبکہ بقیا اس حصے میں بطور اقلیتی باراں وقت تک بسیں گے جب تک یہ کسی خلدوں کے ساتھ مسل کر حستم نہ ہو جائیں۔

conductivity<sup>۱۳۴</sup>  
Ohm's law<sup>۱۳۵</sup>



شکل ۲.۵۳: رکاوٹی برقی دباؤ

صورت حال شکل ۲.۵۳ ب میں دکھائی گئی ہے جہاں ساکن اینیون کو گول دائزے میں بند کھایا گیا ہے۔ آزاد الیکٹرونوں اور آزاد حنلوں کے اس حرکت سے پیدا نفوذی برقی روکو  $I_D$  لکھتے ہیں جہاں نیچے کے نفوذ کے مستقل  $D$  لکھتے ہیں اس برقی روکی ہطور نفوذی برقی روپ چان کی گئی ہے۔ یہ موصول سیکان ان خود بے بار ہوتا ہے۔ شکل ب کے دونوں جانب بے بار یہ موصول سیکان ہے جبکہ ان کے درمیان سرحد پر باردار ساکن اینیم نوادر ہو چکے ہیں۔ اس درمیان نے خطے کو ویرانہ خط ۱۳۵ کہتے ہیں۔ یہاں سرحد کے دو اینیم جانب بہت اینیم جبکہ اس کے باینیم جانب مخفی اینیم موجود ہیں۔ آپ جانتے ہیں کہ ایک جانب بہت بار اور دوسرے جانب مخفی بار کا وجود برقی شدت  $E$  پیدا کرتا ہے اور ان کے مابین برقی دباؤ ۱۳۶  $V_0$  پایا جاتا ہے۔ یہاں نے میں برقی شدت  $E$  پایا جائے گا۔ اگر مخفی یہ موصول حصے سے حرارتی توانائی کی بدولت حرکت کرتا آزاد حنلوں ۱۳۷ بھسلتا ہوا ایران خطے میں داخل ہو جائے تو اس پر برقی شدت کی وجہ سے برقی قوت  $F = qE$  عمل کرے گی جو اسے بہت یہ موصول حصے میں دھیل دے گی۔ اسی طرح اگر بہت یہ موصول حصے سے آزاد حنلوں کی برقی توانائی کی بدولت ہو وقت میں داخل ہو جائے تو اسے بھی بہت یہ موصول حصے میں دھیل دیا جاتا ہے۔

neutral<sup>۱۳۳</sup>depletion region<sup>۱۳۴</sup>electric field intensity<sup>۱۳۴</sup>voltage<sup>۱۳۴</sup>

یاد ہے کہ یہ موصول سیکان میں حرارتی توانائی کی بدولت ہو وقت حرارتی بار پیدا ہوتے رہتے ہیں۔

اگر بثت نئم موصل حصے سے آزاد الیکٹران حسراقی تو انکی کی بدلت حرکت کرتا دیر ان خطے پہنچ جائے تو اس پر برقی قوت  $-qE$  عمل کر کے اسے منفی نئم موصل حصے میں دھکیل دے گی۔ اسی طرح اگر منفی نئم موصل حصے سے آزاد الیکٹران ویران خطے میں داخل ہو جائے تو اسے بھی منفی نئم موصل حصے میں دھکیل دیا جاتا ہے۔

آپ دکھ سکتے ہیں کہ یہ برقی شدت سے پیدا ہوا کا عمل ہے۔ اس عمل سے پیدا برقی رو  $I_S$  کو شکل میں دھکیلایا گیا ہے۔ چونکہ اس خطے میں کسی قسم کا آزاد بار زیادہ دیر نہیں ٹھہر سکتا اس لئے اسے ویراڑ خطے<sup>۱۴۹</sup> کہتے ہیں۔ برقی رو  $I_S$  کی معتدال کا دار و مدار حسراقی تو انکی سے حرکت کرتے اُن آزاد الیکٹرانوں اور آزاد خلدوں پر ہے جو ویران خطے میں بھک جائیں۔ اس کے بر عکس برقی رو  $I_D$  کی معتدال دونوں نئم موصل خطوں میں شمل کئے گئے ملاوٹی ایٹوں کی تعداد کی تلافت اور رکاوٹی برقی دباؤ  $V_0$  پر ہے۔ یوں  $I_D$  کی معتدال  $V_0$  بڑھنے کے مکمل ہوتی ہے۔

جس لمحہ بثت اور منفی نئم موصل سیکان کو آپس میں جوڑا جائے اس لمحہ<sup>۱۵۰</sup> صرف  $I_D$  برقی رو پائی جائے گی۔ جیسے جیسے ویران خطے کے حدود پر صیں گے ویسے ویسے  $E$  اور  $V_0$  کی معتدالیں بڑھیں گے اور یوں  $I_D$  کی معتدال رکھنے کی وجہ سے  $I_S$  کی معتدال بڑھے<sup>۱۵۱</sup> گی۔ اختر کار ان دو قسموں کی برقی رو کی معتدالیں برابر ہو جائیں گی (یعنی  $I_D = I_S$ ) اور نئم موصل حسٹرڈا سیکان متوازن صورتِ انتظام کر لے گا۔

متوازن صورتِ حال کے حصول کے بعد اگر کسی وجہ سے  $I_D$  کی قیمت بڑھ جائے تو اس سے مزید بار بردار ایٹم نمودار ہوں گے جس سے  $E$  اور  $V_0$  کی قیمت میں اضافہ ہو گا جس سے  $I_D$  کے اضافے کی روکے حتمام ہو گی اور ایک سرتے دوبارہ متوازن صورتِ حال پیدا ہو گا۔ اس کے بر عکس اگر کسی وجہ سے  $I_D$  کی قیمت میں کی آئے تو چونکہ  $I_S$  مسلسل چاہو<sup>۱۵۲</sup> رہتا ہے لہذا بار بردار ایٹوں کی تعداد میں کی آئے گی جس سے  $E$  اور  $V_0$  کی قیتوں میں کی آئے گی۔ رکاوٹی دباؤ میں کی  $I_D$  کے گھنے کو روکے گی اور ایک سرتے دوبارہ متوازن صورتِ حال پیدا ہو گا۔

شکل میں دھکیلایا برقی دباؤ  $V_0$  نفوذ کے عمل کروتا ہے۔ اسی لئے اسے کا دلٹ بڑھ دباؤ<sup>۱۵۳</sup> کہتے ہیں۔ سیکان میں رکاوٹی برقی دباؤ کی عسوی قیمت  $V$  ۰.۶ V تا ۰.۸ V رہتی ہے۔ اس کی اوست آقیمت کو عسوماً ۰.۷ V لیا جاتا ہے۔

مثال ۲.۱۲: اگر ڈائیوڈ کے سروں کے مابین برقی تار جوڑی جائے تو کیا رکاوٹی برقی دباؤ کی وجہ سے برقی تار میں برقی رو پیدا ہو گی؟ حل: بیرگز نہیں۔ اگر ایسا ممکن ہوتا تو ہم ڈائیوڈ سے لگاتار تو انکی حاصل کر سکتے ہو تو جو کہ فتنوں برائے بقائے تو انکی کے خلاف ہے۔

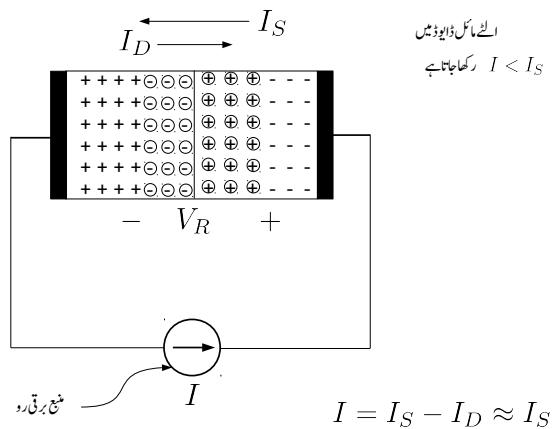
حقیقت میں ڈائیوڈ کے سروں پر نئم موصل اور دھاتی برقی تار کے جوڑ پر برقی دباؤ پیدا ہوتا ہے جو رکاوٹی برقی دباؤ کے عین برابر اور اس کے الٹے جہاں ہوتا ہے۔ اس طرح بیرونی برقی تار میں برقی رو نہیں پیدا ہوتی۔ نئم موصل اور برقی تار کے جوڑ پر پیدا برقی دباؤ ان کے آپس میں چھوٹنے سے پیدا ہوتا ہے۔

<sup>۱۴۹</sup> depletion region: ایسا بھی ویران خطے پر نہیں ہوا ہوتا لہذا  $I_S$  صفر ہوتا ہے

<sup>۱۵۰</sup> اس کی قیمت حسراقی تو انکی سے حرکت کرتے آزاد باروں کے ویران خطے میں بھٹکنے پر مختصر ہے۔ ویران خطے کے حدود بڑھنے سے ایسا ہونے کے امکانات بڑھ جاتے ہیں۔

<sup>۱۵۱</sup> عام حالات میں ویران خطے کے حدود نہیں کم تبدیل ہوتے ہیں لہذا  $I_S$  کی قیمت کو غیر تغیر پذیر یعنی اٹل تصور کیا جاتا ہے۔

<sup>۱۵۲</sup> blocking voltage



شکل ۲.۵۷: اگلے مائل ڈائیوڈ

**مثال ۲.۱۳:** رکاوٹی برقی دباؤ  $V_0$  کو وولٹ میسٹر <sup>۱۵۳</sup> سے کیسے نپاہاتا ہے۔ حل: رکاوٹی برقی دباؤ کو وولٹ میسٹر سے ناپنا ممکن نہیں۔ رکاوٹی برقی دباؤ کا پتہ قوت جیسے ہی میسٹر کی برقی تاریں ڈائیوڈ کے سروں کو چھوتے ہیں، ان سروں پر برقی دباؤ پسیدا ہوتا ہے جو رکاوٹی برقی دباؤ کے بالکل برابر اور اس کے الٹے سمت میں ہوتا ہے۔ یوں وولٹ میسٹر صفر وولٹ جواب دیتا ہے۔

## ۲.۱۸ اگلے مائل ڈائیوڈ

اگلے مائل ڈائیوڈ میں برقی رو نہیں گزرتی لیکن اگلے مائل ڈائیوڈ <sup>۱۵۴</sup> مفقط <sup>۱۵۵</sup> رہتا ہے۔ اس حقیقت پر اس حصہ میں غور کیا جائے گا۔ اگلے مائل ڈائیوڈ کی کارکردگی سمجھنا اس میں الٹی جانب برقی رو پر غور کرنے سے زیادہ آسان ہوتا ہے۔ اگلے مائل ڈائیوڈ پر شکل ۲.۵۸ کی مدد سے غور کرتے ہیں جہاں: سیدونی منبع برقی رو <sup>۱۵۶</sup> ڈائیوڈ میں الٹی جانب برقی رو  $I$  گزارتا ہے۔ منبع برقی رو اس آک کہتے ہیں جو درکار برقی رو مہیا کر سکے۔ تصور کریں کہ  $I$  کی قیمت ڈائیوڈ کے اندر ہونی بہساوے پسیدا برقی رو  $I_S$  کے کم ہے۔ عام حالات میں اگلے مائل ڈائیوڈ میں ایسا ہی ہوتا ہے۔ حصہ ۲.۱۹ میں اس صورت پر غور ہو گا جب  $I$  کی قیمت  $I_S$  سے تجاوز کر جائے۔

volt meter<sup>۱۵۷</sup>  
cut off<sup>۱۵۸</sup>  
current source<sup>۱۵۹</sup>

بیرون ڈائیوڈ، برقی رو موصل تار میں الٹا مائیل کی حسکت سے پیدا ہوتی ہے۔ برقی تار میں الٹا مائیل برقی رو I کے الٹ جناب حسکت کرتے ہیں۔ یوں شکل میں ڈائیوڈ کے دائیں جناب یعنی اس کے منفی نیم موصل حصے سے آزاد الٹا مائیل کر برقی تار میں داخل ہوتے ہیں جس سے اس خطے میں مزید ایمپلے پر وہ یعنی بار بردار ہو کر ویر ان خطے کی لمبائی بڑھاتے ہیں۔

ای طرح شکل میں ڈائیوڈ کے بائیں جناب یعنی اس کے بثبت نیم موصل حصے میں برقی تار سے الٹا مائیل بچتے ہیں۔ آزاد خنلوں سے کے جناب حسکت کر کے ان الٹا مائیل کے ساتھ مسل کر حستم ہوتے ہیں۔ بثبت نیم موصل میں آزاد خنلوں کے حستے کی وجہ سے یہاں بار بردار ایمپلے کی تعداد بڑھتی ہے اور یہاں کے ویر ان خطے کا رقبہ بھی بڑھتا ہے۔

ڈائیوڈ میں ویر ان خطے کے بڑھنے سے رکاوٹی برقی دباؤ کی قیمت میں  $V_R$  کا اضافہ ہوتا ہے جس سے نفوذی برقی رو  $I_D$  کی قیمت نہیں کم ہو جاتی ہے۔ یہ اضافی رکاوٹی برقی دباؤ یعنی  $V_R$  ڈائیوڈ کے سروں پر نمودار ہو جاتا ہے جسے ولٹ میٹر کی مدد سے نیچا جاسکتا ہے۔

کرخوف کے تاثون برائے برقی رو کے تحت

(۲.۵۸)

$$I = I_S - I_D$$

اگر  $I_D$  کی قیمت نہیں کم ہو جائے، جیسا کہ عوام ہوتا ہے، تو اس صورت میں اس مساوات کو یوں لکھ سکتے ہیں۔

(۲.۵۹)

$$I \approx I_S$$

اس مساوات کے تحت الٹے مائل ڈائیوڈ میں الٹی جناب برقی رو کی قیمت  $I_S$  کے برابر ہوتی ہے۔ مساوات ۲.۳ بھی کہتا ہے۔  $I_S$  کی قیمت نہیں کم ہوتی ہے اور اسے عموماً صفر تصور کیا جاتا ہے۔ یوں ڈائیوڈ کو الٹا مائیل کرنے سے اس میں الٹی جناب لحاظی برقی رو  $10^{-158}$  گزرتی ہے جو رکاوٹی برقی دباؤ کو تیزی سے اتنا بڑھادیت ہے کہ ڈائیوڈ میں صرف  $I_S$  کے برابر برقی رو وہ جبائے۔

آپ نے دیکھا کہ اگر منع برقی دباؤ  $10^{159}$  کے ذریعے ڈائیوڈ کو الٹا مائیل کیا جائے تو جب تک الٹے برقی دباؤ کی قیمت ڈائیوڈ کے حد سے تجاوز نہ کر جائے اس وقت تک ڈائیوڈ میں الٹی جناب صرف  $I_S$  برقی رو گز رے گی جو کہ ایک نہیں کم معتدرا ہے۔ اس لئے الٹے مائل ڈائیوڈ کو مقتطع  $10^{160}$  تک تصور کیا جاتا ہے۔

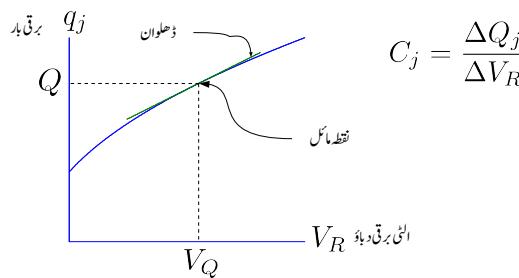
یہاں یہ بتانا ضروری ہے کہ حقیقت میں الٹے مائل ڈائیوڈ میں  $I_S$  سے کئی گناہ زیادہ برقی رو گزرتی ہے اور اس کی قیمت درحقیقت الٹے لالگ برقی دباؤ پر مخصوص ہوتی ہے۔ اس کی وجہ یہ ہے کہ اپر دیا گیا نظر سے حقیقی حالات کا ایک سادہ نمونہ ہے جو الٹے مائل صورت کی پیچیدگیاں ظہر انداز کرتا ہے۔ ایک ڈائیوڈ جس کی  $I_S$  کی قیمت  $10^{-15}$  A کے برابر ہو حقیقت میں الٹی جناب  $10^{-9}$  A تک برقی رو گزار سکتا ہے۔ چونکہ حقیقت میں الٹی جناب گزرتی برقی رو کی قیمت بھی نہیں کم ہوتی ہے لہذا الٹے مائل ڈائیوڈ کو مقتطع ہی تصور کیا جاتا ہے۔

<sup>۱۵۷</sup> میں کہتے ہو اسخطے الٹے مکالمہ دورانیہ کا ڈائیوڈ کو اس ہے گزرتی رو برقی الٹی میں ڈائیوڈ کے دورانیہ جس

reverse recovery time<sup>۱۵۸</sup>

voltage source<sup>۱۵۹</sup>

cut off<sup>۱۶۰</sup>



شکل ۲.۵۵: بار بال مقابل الشامائیل ڈائیوڈ بطور کپیٹر پسندیدن

### ۲.۱۸.۱ الشامائیل ڈائیوڈ بطور کپیٹر

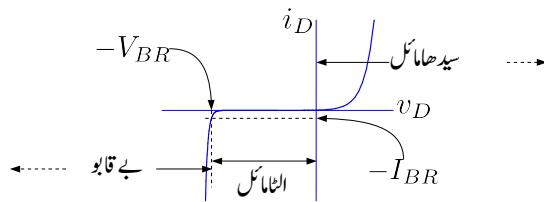
آپ نے دیکھا کہ ڈائیوڈ میں جوڑ کے ایک حبانب مثبت ایٹم اور دوسری حبانب منفی ایٹم نمودار ہو جاتے ہیں۔ یوں جوڑ کے ایک حبانب ویران نظر میں ثابت ہر ( +q ) اور دوسری حبانب ویران نظر میں اس کے برابر مگر منفی باریعنی ( -q ) پسیدا ہوتا ہے۔ ان دو اقسام کے بادوں کے درمیان رکاوٹی برقی دباؤ  $V_0$  پسیدا ہوتا ہے۔ اگر ڈائیوڈ پر الٹی برقی دباؤ  $V_R$  بارہ سے لگو کی جب تے تو مزید بار بردار ایٹم نمودار ہوتے ہیں جس سے جوڑ کے دونوں حبانب بار کی مقدار بڑھ جاتی ہے اور رکاوٹی برقی دباؤ میں  $V_R$  کا اضافہ ہو جاتا ہے۔ جوڑ پر بار  $q$  اور بیسروٹی برقی دباؤ  $V_R$  کا خط شکل ۲.۵۵ میں دکھایا گیا ہے۔ یہاں ایک لمحہ رک کر غور کریں کہ کیا ویران نظر کے دونوں حبانب بار کے تھے اور ان کے مابین رکاوٹی برقی دباؤ ایک کپیٹر<sup>۱۶۱</sup> نہیں ہے۔ یقیناً ایسا ہی ہے۔ آپ کپیٹر کی مساوات

$$(2.20) \quad Q = CV$$

سے بخوبی آشنائی ہوں گے۔ اس مساوات میں برقی دباؤ اور بار خلی تسلیت رکھتا ہے اور مساوات کا مستقل یعنی  $C$  کپیٹر کی قیمت ہے۔ شکل ۲.۵۵ میں برقی دباؤ اور بار کا تعلق مفترض مختلف ہے۔ اس خط پر کسی بھی نقطہ پر  $j$  کو یوں بیان کیا جاتا ہے۔

$$(2.21) \quad C_j = \left. \frac{dq_j}{dV_R} \right|_{V_Q}$$

شکل میں آپ دیکھ سکتے ہیں کہ کسی بھی نقطہ پر کپیٹر کی قیمت درحقیقت اس نظر پر خط کے ڈھلوان کے برابر ہوتا ہے۔ یوں اس خط کی مدد سے کسی بھی نقطہ پر ڈائیوڈ کی کپیٹر پسندیدن حاصل کرنے کی حنا طریقہ اس نظر پر مساں کا خط بنائیں اور اس خط کی ڈھلوان حاصل کریں۔ یہی ڈائیوڈ کی کپیٹر پسندیدن ہو گی۔ ڈائیوڈ کی کپیٹر پسندیدن  $C_j$  کی قیمت مساوات ۲.۲۲ سے بھی حاصل کی جاسکتی ہے۔ یہ مساوات درحقیقت



شکل ۲.۵۶: ڈائیوڈ کے برقی دباؤ بالمقابل برقی روکاخط

شکل ۲.۵۵ کے خط کو الجبراً طور سے حل کرنے سے حاصل ہوتا ہے۔

$$(2.22) \quad C_j = \frac{C_{j0}}{\left(1 + \frac{V_R}{V_0}\right)^m}$$

جوڑ کے ایک جانب  $n$  ملاوٹی ایٹوں کی تعدادی کثافت کو جس انداز سے تبدیل کرتے ہوئے جوڑ کے دوسرے جانب  $p$  ملاوٹی ایٹوں کی تعدادی کثافت حاصل کی جاتی ہے،  $m$  کی قیمت اسی پر منحصر ہوتی ہے۔  $m$  کو شرح جو  
بدھ کرتے ہیں۔  $m$  کی عسموی قیمت  $\frac{1}{3}$  تا  $\frac{1}{2}$  ہے۔  $C_j$  کو ڈائیوڈ کے جوڑ کی کپیٹنسی یا ڈاؤن کلکپیٹنسی<sup>۱۲۲</sup> کہتے ہیں۔

سیدھے مالک ڈائیوڈ کی اٹی کپیٹنسی  $C_j$  مساوات ۲.۲۲ میں  $V_R$  کی جگہ  $-V_{DQ}$  کے استعمال سے حاصل کرتے وقت دیکھا گیا ہے کہ چیج حاصل نہیں ہوتا بلکہ اسیدھے مالک ڈائیوڈ میں اس کی قیمت مندرجہ ذیل مساوات سے حاصل کی جاتی ہے۔

$$(2.23) \quad C_j = 2C_{j0}$$

## ۲.۱۹ بے فتا بوصورت

اگر ڈائیوڈ کا مالک کرنے والے برقی دباؤ کو بہتر ریج بڑھایا جائے تو آخوند کار یہ ڈائیوڈ کے برداشت کی حد سے تجاوز کر جائے گا اور ڈائیوڈ کیم الٹی جانب بے فتا برقی روگزرنے دے گا۔ اس برقی دباؤ کو ماتا بلکہ برداشت برقی دباؤ<sup>۱۲۳</sup>  $V_{BR}$  کہتے ہیں۔ ڈائیوڈ میں کیدم الٹی جانب برقی روگزرناد مختلف وجوہات کی بنا پر عمل میں آلتا ہے۔ نیم موصل سیکان میں باروں کے تودہ<sup>۱۲۴</sup> کی وجہ سے یا پھر زینزینہ اثر<sup>۱۲۵</sup> سے ڈائیوڈ میں کیدم بے فتا برقی روگزرنگا سکتا ہے۔ آئین ان دونوں کو سمجھیں۔ جب بھی اٹھے مالک ڈائیوڈ کے ویران خلطے میں آزاد بار داحسن ہو، اس پر برقی شدت  $E$  عمل کرتا ہے جس کی وجہ سے یہ تیزی سے ایک جانب ویران خلطے سے نکل جاتا ہے۔ یوں اگر ایک آزاد الیکٹرون ویران خلٹے میں

<sup>۱۲۴</sup> junction capacitance

<sup>۱۲۵</sup> break down voltage

<sup>۱۲۶</sup> avalanche

<sup>۱۲۷</sup> گلار نس میل و ان زینٹر ZenerMelvinClarence نے زینٹر ڈائیوڈ کا باد کیا

داخل ہو تو یہاں کی برقی شدت E اس الیکٹران کو منفی نیم موصل خطے کی جانب دھکیل دیتا ہے۔ آزاد الیکٹران برقی شدت سے میکانی توانائی حاصل کرتے ہوئے اور ایٹھوں کے ساتھ بار بار لگراتے ہوئے ویران خطے سے باہر جانب حرکت کرتا ہے۔

اگر آزاد الیکٹران برقی شدت سے اتنی میکانی توانائی حاصل کرے کہ اس کے مکرانے سے سیکان ایٹھ ایک الیکٹران کھو بیٹھے تو اس صورت میں ویران خطے میں ایک آزاد الیکٹران جلد دوسرا آزاد الیکٹران پیدا کرے گا۔ یہ دو آزاد الیکٹران برقی شدت سے میکانی توانائی حاصل کرتے ہوئے دو منزید ایٹھوں سے لگراتے ہوئے دو اور آزاد الیکٹران پیدا کریں گے اور یوں آزاد الیکٹرانوں کی تعداد بے قت بڑھ رہی ہے جس سے ڈائیوڈ میں الٹی جانب بے قت بربوت روگز رہے گی۔ یہ تمام بالکل بر فنا توانہ گرنے کی طرح کام عمل ہے اور اسی لئے اس عمل کو بے قابل بوجہ قوہ<sup>۱۲۲</sup> کہتے ہیں۔

ڈائیوڈ کے الٹی جانب بے قت ابو ہونے کا دوسرا ذریعہ زینر علٹ کہلاتا ہے۔ اگر اٹھ مائل کرنے والے برقی دباؤ کے بڑھانے سے ویران خطے میں برقی شدت کی قیمت اتنی بڑھ جائے کہ اس کے سمجھنے سے ہی الیکٹران ایٹھوں سے جدابہ ہو سکیں تو اس برقی دباؤ پر یکم الٹی جانب بے قت بربوتی روگز رہے گی۔ اس طرح الٹی جانب برقی روگز ارنے والے ڈائیوڈ کو زینر ڈائیوڈ<sup>۱۲۳</sup> کہتے ہیں اور اس برقی دباؤ Z کو زینر برقی دباؤ<sup>۱۲۴</sup> کہتے ہیں۔ زینر ڈائیوڈ کے خطے کے بے قت ابو حصہ کی ڈھلوان انتہائی زیادہ ہوتی ہے۔ زینر ڈائیوڈ اس کے علاوہ بالکل عام ڈائیوڈ کی مانند ہوتا ہے اور اسے عام ڈائیوڈ کی جگہ استعمال کیا جا سکتا ہے۔

عمومی طور پر پانچ ولٹ سے کم برقی دباؤ پر بے قت ابو ہونا زینر عمل کی نشانی ہوتی ہے جبکہ سات ولٹ سے زیادہ برقی دباؤ پر بے قت ابو ہونا تو وہ کے عمل کی نشانی ہوتی ہے۔ پانچ تا سات ولٹ کے مابین بے قت ابو ہونا زینر اور تو وہ دونوں کی وجہ سے ممکن ہوتا ہے۔

## ۲.۱۹ زینر برقی دباؤ بالمقابل درجہ حرارت

تقریباً ۷V زینر برقی دباؤ کے زینر ڈائیوڈ کی زینر برقی دباؤ درجہ حرارت تبدیل ہونے سے تبدیل نہیں ہوتا۔ اس سے زیادہ زینر برقی دباؤ والے زینر ڈائیوڈ کی زینر برقی دباؤ درجہ حرارت بڑھانے سے بڑھتا ہے جبکہ اس سے کم زینر برقی دباؤ والے زینر ڈائیوڈ کی زینر برقی دباؤ درجہ حرارت بڑھانے سے گھشتتا ہے۔ یوں برقی دباؤ کے تبدیلی کی عمومی شرح کو ایک فی اکائی سیلیسیس لیتی ہوئے درجہ حرارت  $1^{\circ}\text{C}$  ۱ بڑھانے سے ۷V زینر ڈائیوڈ کی زینر برقی دباؤ 7.07V ہو جائے گا۔

## ۲.۲۰ سیدھا مائل ڈائیوڈ

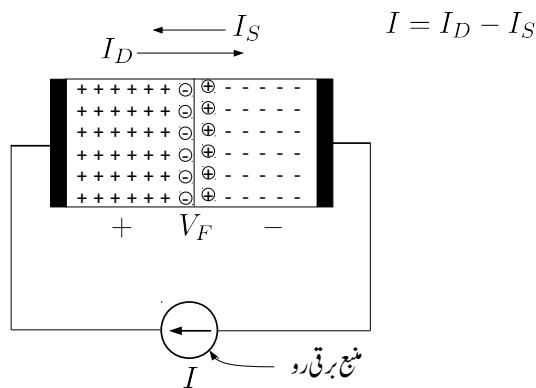
سیدھے مائل چالو حوال ڈائیوڈ پر شکل ۲.۵ کی مدد سے غور کرتے ہیں جہاں ڈائیوڈ کو بیرونی مٹھ برقی رو<sup>۱۲۵</sup> کی مدد سے I فشار اہم کی گئی ہے۔ بیرونی برقی رو I، ڈائیوڈ کے دونوں سروں پر اکثریت بار فشار اہم کرتی ہے لیکن منفی نیم موصل خطے کی مدد سے I اور مثبت نیم موصل کو آزاد حنلو۔ منفی نیم موصل کو فشار اہم کر دہ آزاد الیکٹران اس جانب ویران خطے میں مثبت ایٹھوں کے ساتھ مسل کرنا نہیں بے بار بنتا ہے مجبکہ مثبت نیم موصل خطے میں مہیا کر دہ آزاد حنلو اس جانب ویران خطے میں منفی ایٹھوں کے ساتھ مسل کرنا نہیں بے بار بنتا ہے۔ یوں ویران خطے کی لمبائی کم ہو جاتی ہے اور یہاں کی رکاوٹی برقی

avalanche breakdown<sup>۱۲۶</sup>

zener diode<sup>۱۲۷</sup>

zener voltage<sup>۱۲۸</sup>

current source<sup>۱۲۹</sup>



شکل ۲.۵۷: سیدھا مائل ڈائیوڈ

دباو کی قیمت بھی کم ہو جاتی ہے۔ رکاوٹی برقی دباو کی قیمت کم ہونے سے نفوذی برقی رو  $I_D$  میں اضافہ ہوتا ہے۔ کرخونے کے مساوات برقی رو کے مطابق یہ

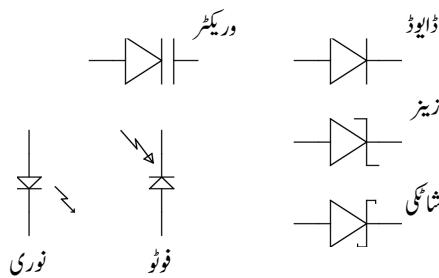
$$(2.23) \quad I = I_D - I_S$$

ہو گا۔ سیدھے مائل ڈائیوڈ کی رکاوٹی برقی دباو میں  $V_F$  ولٹ کی کمی آتی ہے۔ یہ برقی دباو یعنی  $V_F$  ڈائیوڈ کے سروں پر نمودار ہوتا ہے جسے ولٹ میٹر کی مدد سے ناچاہتا ہے۔  $V_F$  ناپتے وقت ڈائیوڈ کا مشتبہ نیم موصل سر ازیادہ برقی دباو ہوتا ہے۔ اسی طرح اگر ڈائیوڈ کو منع برقی دباو  $V_F$  سے سیدھا مائل کیا جائے تو ڈائیوڈ کی اندرونی رکاوٹی برقی دباو میں  $V_F$  ولٹ کی کمی پیدا ہو گی اور اس میں مساوات ۲.۶۲ کے تجھے برقی رو گزرا گی۔

## ۲.۲۰.۱ سیدھے مائل ڈائیوڈ کی نفوذی کپیسٹنس

حصہ ۱.۱۸ میں ائمہ مائل ڈائیوڈ کے ویران خطے کی دونوں جانب باروں کے جمع ہونے سے پیدا کیا جاتا ہے کپیسٹنس پر غور کیا گیا جہاں آخر میں سیدھے مائل ڈائیوڈ کی کپیسٹنس کا بھی ذکر کیا گی۔ سیدھے مائل ڈائیوڈ میں ایک اور نوعیت کی کپیسٹنس پائی جاتی ہے جس پر اس حصے میں غور کیا جائے گا۔ اس کپیسٹنس کو ڈائیوڈ کی نفوذی کپیسٹنس اپکارا جائے گا۔ آپ جانتے ہیں کہ ڈائیوڈ میں الیکٹران ایک حنالی جگہ سے دوسری حنالی جگہ مقتول ہو کر برقی رو کو جنم دیتا ہے۔ اگر ایک حنالی جگہ سے دوسری حنالی جگہ مقتول ہونے کے لئے درکار اوس طور اسی ۲ سینکڑہ ہوتے اوس ط

volt meter<sup>۱۴۰</sup>  
diffusion capacitance<sup>۱۴۱</sup>



شکل ۲.۵۸: مختلف ڈائیوڈ کے علامت

برقی رو  $I_D = \frac{Q}{\tau}$  ہو گی جہاں  $Q$  اوس طبقہ ہے۔ یوں ڈائیوڈ کی مسادات کو یوں لکھا جاتا ہے۔

$$(2.25) \quad I_D = \frac{Q}{\tau} = I_S e^{\frac{V_D}{V_T}}$$

اگر ہم سیدھے کپیسٹر کی تعریف  $C_d = \frac{dQ}{dV_D}$  کریں تو مندرجہ بالامسادات سے

$$(2.26) \quad C_d = \frac{I_D \tau}{V_T}$$

حاصل ہوتا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ اس کپیسٹر کی قیمت سیدھے برقی رو کے برائے راست متناسب ہے اور یوں اس کی قیمت کافی زیادہ ممکن ہے۔ مثلاً کے طور پر اگر  $s = 1 \text{ s}$  اور  $I_D = 1 \text{ mA}$  تو  $C_d = 40 \text{ pF}$  ہے جبکہ ڈائیوڈ استعمال کرتے تیز رفتار عددی اور  $2^{-2}$  اسیں میں یہ کپیسٹر کی حد تک تینیں کرتا ہے۔

## ۲.۲۱ ڈائیوڈ کے دیگر اقسام

زینر ڈائیوڈ کی علاوہ دیگر اقسام کے ڈائیوڈ بھی پائے جاتے ہیں۔ اس حصے میں ان کا تعارف کرایا جائے گا۔ شکل ۲.۵۸ میں ان کے علامتیں دی گئی ہیں۔

### ۲.۲۱.۱ شاگنی ڈائیوڈ

مخفی نیم موصل اور مشبت نیم موصل کے ملاپ کے ڈائیوڈ وجود میں آتا ہے۔ نیم موصل کے ساتھ دھات جوڑنے سے بھی ڈائیوڈ وجود میں آتا ہے جس کے شاگنی ڈائیوڈ کہتے ہیں۔ ڈائیوڈ کے علامت میں انگریزی حروف تجھی S کی شمولیت سے رشاگنی ڈائیوڈ کی علامت حاصل ہوتی ہے۔ رشاگنی ڈائیوڈ مخفی نیم موصل اور دھات مسئلہ پلاٹ ہم  $^{2.27}$  کے ملاپ سے

بنایا جاتا ہے۔ شاکلی ڈائیوڈ میں رکاوٹی برقی دباد کی قیمت  $V = 0.12 \text{ V}$  تا  $0.45 \text{ V}$  ہوتا ہے جسے عسموی طور پر  $0.3 \text{ V}$  تصور کیا جاتا ہے۔

سیدھے مائل شاکلی ڈائیوڈ میں منفی نیم موصل سے الیکٹران کی ویران خطے سے گزر کر دھات تک پہنچنے پر برقی رو وجد میں آتی ہے۔ چونکہ دھات میں الیکٹران کی حرکت با آسانی ہوتی ہے لہذا ادوبارہ چلنے کا دورانیہ ۲ نہایت کم ہوتا ہے۔  $\tau$  کی قیمت  $10 \text{ ps}$  کے لگ بھگ ہوتا ہے جو کہ  $pn$  ڈائیوڈ کے دورانیہ سے کئی درجے کم ہے۔ اس طرح  $I_D = 1 \text{ ms}$  پر شاکلی ڈائیوڈ کا خوفزدہ کمیٹر مسافت  $2.22 \text{ cm}$  سے  $C_d = 0.4 \text{ pF}$  حاصل ہوتا ہے۔

ان ڈائیوڈ میں نہایت کم بارہ خیرہ ہوتا ہے۔ یوں انہیں انتہائی تیزی سے سیدھے مائل ہپا لو حوال سے لئے مائل منقطع حوال یا لئے مائل منقطع حوال سے سیدھے مائل ہپا لو حوال میں لایا جاسکتا ہے۔ نہایت بلند تعداد پر چلنے والے ادوار میں ان کا استعمال عام ہے۔

یہاں یہ بتانا ضروری ہے کہ نیم موصل اور دھات کا ہر جوڑ شاکلی ڈائیوڈ نہیں بناتا۔ کسی بھی ڈائیوڈ کو استعمال کرنے کی خطا اس کے سروں پر دھاتی برقی تار جوڑ جاتا ہے۔ ایسے جوڑ جہاں شاکلی ڈائیوڈ پیدا نہیں ہوتا کو مرزا گھٹھ جوڑ<sup>۱۴۵</sup> کہتے ہیں۔ مرا گھٹھ جوڑ نہایت زیادہ ملاوجے والے نیم موصل ٹیپ پر دھات جوڑ کرنا ہے جاتے ہیں۔

## ۲.۲۱.۲ وریکٹر ڈائیوڈ

الٹ مائل ڈائیوڈ کے ویران خطے کے دونوں جانب بارپائے جاتے ہیں جس سے کپیٹر کا اثر پیدا ہوتا ہے۔ اس کپیٹر  $C_z$  کی قیمت الشامائل کرنے والے برقی دباد  $V_R$  پر مخصوص ہے۔ یوں  $V_R$  تبدیل کر کے  $C_z$  کی قیمت تبدیل کی جاسکتی ہے۔ یوں الشامائل ڈائیوڈ بطور تبدیل کپیٹر کے استعمال کیا جاسکتا ہے جس میں ریڈیو کو کسی چیز پر بیوں کرنے کے لئے استعمال کیا جاتا ہے۔ اس مقصد کے لئے خناص ڈائیوڈ بنائے جاتے ہیں جن میں  $C_z$  کی قیمت اور اس میں تبدیلی کی تجربہ کیا جائیں کہ زیادہ رکھا جاتا ہے۔ ان ڈائیوڈ کو وریکٹر ڈائیوڈ<sup>۱۴۶</sup> کہتے ہیں۔ اس کی علامت میں کپیٹر کی علامت شامل کر کے پہچان کی جاتی ہے۔

## ۲.۲۱.۳ فوٹو ڈائیوڈیا شمسی ڈائیوڈ

ڈائیوڈ کے نسبت۔ منفی جوڑ پر روشنی چکانے سے ویران خطے میں ضایا ڈرے یعنی فوٹون<sup>۱۴۷</sup> اشکیک<sup>۱۴۸</sup> گرفتہ بندھ<sup>۱۴۹</sup> کو توڑ کر آزاد الیکٹران اور آزاد خنلو پیدا کرتے ہیں۔ ویران خطے میں برقی شدت ان باروں کو یہاں سے باہر بکال جاتے ہیں۔ یوں ڈائیوڈ میں اٹھے رخ برقی رو گزرتی ہے۔ ایسے ڈائیوڈ کو شکر<sup>۱۴۹</sup> یا فوٹو ڈائیوڈ کا رہا جاتا ہے۔ فوٹو ڈائیوڈ کو بطور شکر<sup>۱۵۰</sup> چادر<sup>۱۵۱</sup> استعمال کرنے کا رجحان دن بدن بڑھ رہا ہے اور یہ صاف و شفاف بجلی پیدا کرنے کا ذریعہ ہے۔ اس کی علامت میں تیر والے لکھیے رہ شنی چکانے کے عمل کو ظاہر کیا جاتا ہے۔ روشنی کا ایک ذرہ ایک شرکیے گرفتہ بندھ توڑتا ہے۔ یوں روشنی کی شدت بڑھا کر زیادہ آزاد بار پیدا کئے جاسکتے ہیں۔

ohmic contact<sup>۱۵۲</sup>

varactor diode<sup>۱۵۳</sup>

photon<sup>۱۵۴</sup>

covalent bond<sup>۱۵۵</sup>

photo diode<sup>۱۵۶</sup>

solar panel<sup>۱۵۷</sup>



شکل ۲.۵۹: ضیائی وابستہ کار اور ضیائی ذرائع ابلاغ

## ۲.۲۱.۳ نوری ڈائیوڈ

فوٹو ڈائیوڈ کے بر عکس نوری ڈائیوڈ<sup>۱۸۱</sup> میں جب سیدھے رُخ بر قی رو گزاری جائے تو باروں کے ملاپ سے روشنی پیدا کی جا سکتی ہے۔ ایک الیکٹران اور ایک حنلوں کے ملاپ سے ایک فوٹان وجود میں آتا ہے۔ یہ بر قی رو کے بڑھانے سے پیدا رہنے کی شدت بڑھتی ہے۔ اس کی علامت میں تیر دالے لکیس سے روشنی خارج کرنے کا عمل دکھ کر پچھان کی جاتی ہے۔

## ۲.۲۱.۴ ضیائی وابستہ کار

شکل ۲.۵۹ الف میں ضیائی وابستہ کار<sup>۱۸۲</sup> دکھایا گیا ہے جسے نوری ڈائیوڈ اور شمعی ڈائیوڈ کو ایک ہی ڈبے میں یوں بند کرتے ہیں یا گیا ہے کہ نوری ڈائیوڈ سے خارج شعاع میں شمعی ڈائیوڈ پڑیں۔ یوں اگر ضیائی وابستہ کار کے باہم جبانب نوری ڈائیوڈ میں بر قی رو گزاری جائے تو اس کے دائیں جانب شمعی ڈائیوڈ سے بر قی دادھا صل ہو گا۔ اس طرح ضیائی وابستہ کار کے دونوں اطراف کا آپس میں بر قی طور پر مکمل منقطع ہونے کے باوجود ایک جبانب سے دوسری جبانب بر قی اشارہ منقطع کیا جاتا ہے۔ اس آر کو ایسے معمتمات پر استعمال کیا جاتا ہے جہاں دو دوار کو بر قی طور پر منقطع رکھتے ہوئے ان کے مابین معلومات کی ترسیل کی ضرورت ہو۔

ضیائی وابستہ کار کے استعمال سے دو دوار کے مابین بر قی شور<sup>۱۸۳</sup> کے منتقلی کو رونے میں مدد ملتی ہے۔ اس کا استعمال عددی دوار کے علاوہ قدر<sup>۱۸۴</sup> میں بھی بہت اہم ہے جہاں پانچ دوار پر چلنے والے محنلوں دو دوار کی مدد سے ہزاروں دوار پر چلنے والے قوی بر قیاتی دوار کو فتوکیا جاتا ہے۔ طبی آلات میں اس کے استعمال سے میریض کو بر قی جھٹکا لگتے کے امکانات کو ختم کیا جاتا ہے۔

## ۲.۲۱.۵ ضیائی ذرائع ابلاغ

شکل ۲.۵۹ ب میں ضیائی ذرائع ابلاغ<sup>۱۸۵</sup> کا نظام دکھایا گیا ہے جس کی کارکردگی کچھ یوں ہے۔ نوری ڈائیوڈ اور شمعی ڈائیوڈ کے مابین شیش ریشہ<sup>۱۸۶</sup> یوں نسب کیا جاتا ہے کہ نوری ڈائیوڈ سے خارج شعاع میں شیش ریشہ میں داخل ہوں

light emitting diode LED <sup>۱۸۱</sup>
optocoupler <sup>۱۸۲</sup>
electrical noise <sup>۱۸۳</sup>
digital circuits <sup>۱۸۴</sup>
power electronics <sup>۱۸۵</sup>
optical communication <sup>۱۸۶</sup>
optical cable <sup>۱۸۷</sup>

اور شیش ریٹھ کے دوسرے سرے سے خارج ہوتی شعاعیں شمی ڈائیڈ پر پڑیں۔ یوں ایک جناب نوری ڈائیڈ میں برقی رو گزارنے سے تار کے دوسری جناب برقی دباؤ حاصل ہوتا ہے۔ اس نظم کو استعمال کرتے ہوئے ایک مقام سے دوسرے مقام اشارہ بھیجا جاتا ہے۔ موجودہ نظام ابلاغ اسی پر مقصود ہے۔ شیش ریٹھ ایک ایسی تار کو کہتے ہیں جس میں روشنی کے شعاع بغیر گھٹے گزرتی ہے۔

## ۲.۲۲ ڈائیڈ کے ریاضی نمونے

انجینئرنگ کے شعبے میں کسی چیز کا حاصل بنانے سے پہلے اس کا ریاضی نمونہ<sup>۱۸۸</sup> تیار کیا جاتا ہے۔ اس ریاضی نمونے پر مختلف تجربے کئے جاتے ہیں۔ ان تجربات کے نتائج کو مد نظر رکھتے ہوئے ڈیزائن کو بہتر بنایا جاتا ہے اور صرف اس وقت حاصل تیار کیا جاتا ہے جب ڈیزائن کا میاں ثابت ہو۔ موجودہ دور میں کپیوٹر کا استعمال اس پہلو سے نہایت اہم ہے۔ یہاں یہ بستانا ضروری ہے کہ انجینئرنگ مفہومات کے بغیر، کپیوٹر کے ریاضی نمونے استعمال کرتے کبھی بھی کوئی چیز تیرنا نہیں کی جا سکتی۔ کپیوٹر صرف ایک آلة ہے اور اس سے حاصل جوابات کی اہمیت کپیوٹر استعمال کرنے والے کی قابلیت پر مختص ہے۔

### ۲.۲۲.۱ سیدھے خطوط کا ریاضی نمونہ

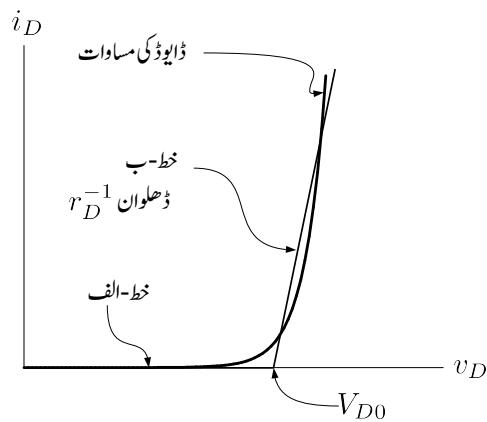
ڈائیڈ کی برقی دباؤ ڈائیڈ کی مساوات سے حاصل کی جا سکتی ہے۔ عموماً اوقات ہمیں عصموی جوابات مطلوب ہوتے ہیں اور ہم اس مساوات کو حاصل کرنے کی بیچیدگیوں میں نہیں پڑنا چاہتے۔ یہ بات حاصل کر اس وقت کے لئے درست ہے جب قائم کاغذ سے جواب حاصل کرنے کی کوشش کی جبارے ہو۔

شکل ۲.۲۰ میں ڈائیڈ کی مساوات کا گراف دکھایا گیا ہے۔ زیادہ باریکیوں کو نظر انداز کرتے ہوئے ڈائیڈ کے گراف کو دو سیدھے خط تصور کیا جاتا ہے جنہیں خط اور خط ب کہا گیا ہے۔ خط الف برقی دباؤ کے محور پر  $(0, 0)$  سے  $(V_{D0}, 0)$  تک ہے اور اس کی ڈھلوان صدر ہے جبکہ خط ب  $(V_{D0}, 0)$  سے شروع ہوتا ہے اور اس کی ڈھلوان  $\frac{1}{r_D}$  ہے۔ خط ب کی ڈھلوان اور نقطہ  $(V_{D0}, 0)$  اٹل نہیں ہیں بلکہ ان کو تبدیل کرتے ہوئے مختلف خطوں میں بہتر جوابات حاصل کئے جا سکتے ہیں۔ موجودہ مثال میں گراف کے اوپر والے حصے میں ڈائیڈ کی مساوات اور خط ب سے حاصل جوابات میں مندرجہ کرنے کی حاضر خط ب کی ڈھلوان بڑھائی جا سکتی ہے۔ ان دو سیدھے خطوط کو الجبراً طرز پر یوں بیان کیا جائے گا

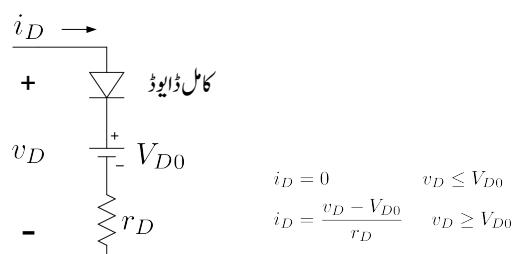
$$(2.27) \quad i_D = \begin{cases} 0 & v_D < V_{D0} \\ \frac{v_D - V_{D0}}{r_D} & v_D \geq V_{D0} \end{cases}$$

اور ان مساوات سے شکل ۲.۲۱ میں دکھایا و سینچ اشاراتی سیدھے خطوط کا ریاضی نمونہ<sup>۱۸۹</sup> حاصل ہوتا ہے۔ ڈائیڈ کے سینچ اشاراتی سیدھے خطوط کے ریاضی نمونے کو استعمال کرتے ہوئے  $i_D$  اور  $v_D$  کے تقریباً درست جوابات و سینچ حدود کے اندر حاصل کئے جا سکتے ہیں۔ بعض اوقات ہمیں کسی ایک نقطے کے متیر کے متیر رہتے ہوئے زیادہ درست جواب درکار ہوتا ہے۔ شکل ۲.۲۲ الف میں اس نقطے Q پر ڈائیڈ کی مساوات کا خط ماسن دکھایا گی

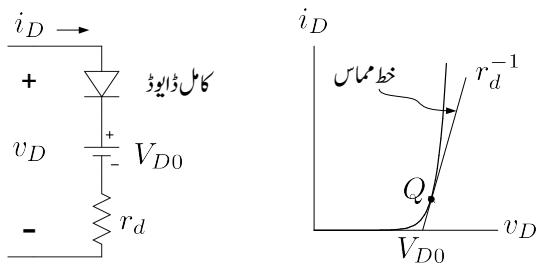
mathematical model<sup>۱۸۸</sup>  
piece wise linear model<sup>۱۸۹</sup>



شکل ۲.۲۰: مساوات کا سیدھے خطوط سے اظہار



شکل ۲.۲۱: و سچ اشارتی سیدھے خطوط کا ڈائیوڈ ریاضی نمونہ



شکل ۲.۲۲: باریک اشاراتی سیدھے خطوط کا ڈائیوڈ ریاضی نمونہ

ہے جس کی ڈھالوان  $r_d^{-1}$  ہے۔ ڈائیوڈ کے سیدھے خطوط کے ریاضی نمونے میں  $r_d^{-1}$  استعمال کرتے ہوئے اس نقطے کے وضیب بہترین جوابات حاصل ہوتے ہیں۔ باریک اشاراتی سیدھے خطوط کا ریاضی نمونہ<sup>۱۹۰</sup> شکل ۲.۲۲ میں دکھایا گیا ہے۔

مثال ۲.۲۳: شکل ۲.۲۳ میں دئے گئے سیدھے خط کی مساوات حاصل کریں۔ شکل ۲.۲۰ کے ساتھ اس کا موازنہ کرتے ہوئے مساوات ۲.۲۷ میں خپلے جزو کی مساوات حاصل کریں۔  
حل: کسی بھی سیدھے خط جس کی ڈھالوان  $m$  ہو کی مساوات یوں لکھی جا سکتی ہے

$$m = \frac{y - y'}{x - x'}$$

جبکہ  $(x', y')$  اس خط پر کوئی نقطہ ہے۔ شکل میں  $(X_0, 0)$  ایسا نقطہ ہے جو خط پر پہلا جبرا تا ہے۔ یوں اس خط کی مساوات یوں لکھی جا سکتی ہے۔

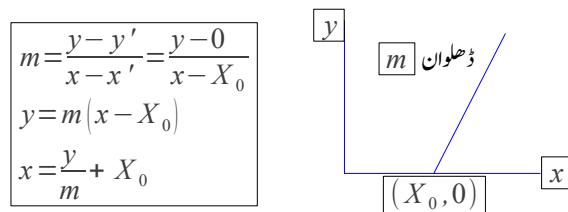
$$m = \frac{y - 0}{x - X_0}$$

اس کو مزید یوں دو طرح لکھا جا سکتا ہے۔

$$(2.28) \quad \begin{aligned} y &= m(x - X_0) \\ x &= \frac{y}{m} + X_0 \end{aligned}$$

شکل ۲.۲۰ پر غور کرتے ہوئے ہم دیکھتے ہیں کہ وہاں  $x$  اور  $y$  کی جگہ  $v_D$  اور  $i_D$  کا استعمال ہے جبکہ ڈھالوان  $\frac{1}{r_D}$  اور خط پر پہلے جزو کو اس طرح لکھا جائے گا۔

$$i_D = \frac{1}{r_D}(v_D - V_{D0}) = \frac{v_D - V_{D0}}{r_D}$$



شکل ۲.۲۳: سیدھے خط کی مساوات

مثال ۲.۱۵: شکل ۲.۲۳ الف میں ڈائیوڈ کی جگہ اس کے وسیع اشاراتی سیدھے خط کا ریاضی نمونہ استعمال کرتے ہوئے اسے حل کریں۔ اس ریاضی نمونے میں  $V_{D0} = 0.58\text{ V}$  اور  $r_D = 100\Omega$  اور  $I_D = 4.018\text{ mA}$  ہے۔

حل: شکل ب میں ڈائیوڈ کی جگہ اس کا ریاضی نمونہ نسب کیا گیا ہے جس سے

$$I_D = \frac{V_B - V_{D0}}{R + r_D} = \frac{5 - 0.58}{1000 + 100} = 4.018\text{ mA}$$

اور ڈائیوڈ پر بر قی دباؤ

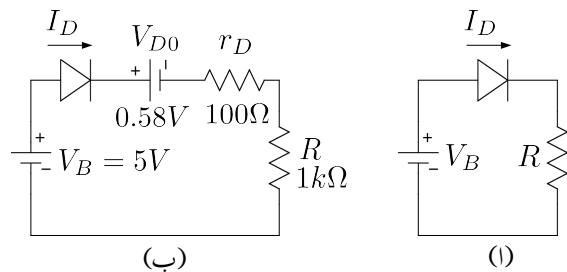
$$V_D = V_{D0} + I_D r_D = 0.58 + 4.018 \times 10^{-3} \times 100 = 0.9818\text{ V}$$

حاصل ہوتا ہے۔

### 2.22.2 کامل ڈائیوڈ ریاضی نمونہ

مندرجہ بالا ریاضی نمونوں میں سیدھے مائل ڈائیوڈ پر بر قی دباؤ  $v_D$  کو مختلف طریقوں سے پیش گیا۔ عسوماً درمیں مختلف بر قی دباؤ کی قیمتیں  $v_D$  سے کئی گناہوتی ہیں اور اس صورت  $v_D$  کی قیمت کو ظنرا انداز کیا جاسکتا ہے۔ ایسی جگہوں پر  $v_D = 0\text{ V}$  لیا جاسکتا ہے اور سیدھے مائل ڈائیوڈ کو کامل ڈائیوڈ تصور کیا جاسکتا ہے۔

مثال ۲.۱۶: مثال ۲.۱۵ میں اگر  $V_B = 200\text{ V}$  اور  $R = 100\text{ k}\Omega$  ہوں تب اس میں بر قی روسیدھے خطوط کے ریاضی نمونہ کی مدد سے اور دباؤ کا مائل ڈائیوڈ ریاضی نمونے کی مدد سے حاصل کریں۔



شکل ۲.۲۳: سید ہے خطوطڈائیڈریاضی نمونے کی مثال

حل سیدھے خطوط ریاضی نوں سے

$$I_D = \frac{V_B - V_{D0}}{R + r_D} = \frac{200 - 0.58}{100000 + 100} = 1.9922 \text{ mA}$$

کامل ڈاؤڈ کے رپاٹنی نمونے سے

$$I_D = \frac{V_B}{R} = \frac{200}{100000} = 2 \text{ mA}$$

آپ دیکھ سکتے ہیں کہ دونوں جواب تقریباً ابر ہیں۔

۲۴۴۳ ڈاکوڈ کا یہ ست تعداد باریک اشاراتی ریاضی نمونہ

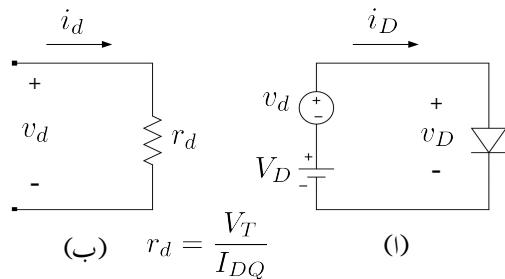
حصہ ۲.۱۲ میں باریکے اشاراتی مساحت  $r_d$  پر تذکرہ کیا گیا۔ اس حصے میں اس پر مسزید غور کیا جائے گا۔ شکل ۲.۲۵ الف میں  $V_D$  ڈائڈ کا نقطہ کار کر دی گی تین کرتا ہے جبکہ  $v_d$  باریکے اشارہ ہے۔ یوں کسی بھی لمحے ڈائڈ پر کل بر قی دیا جاوے

$$(2.49) \quad v_D = V_D + v_d$$

ہو گا اور اس میں برقی رو

$$(r, \angle \bullet) \qquad \qquad i_D \equiv I_D + i_d$$

وہی  $v_d = 0$  کی سمت مقدارسیں دراصل  $V_{DQ}$  اور  $I_{DQ}$  ہیں۔ صفر اشارہ یعنی  $V_D$  اور  $I_D$  کی



شکل ۲.۲۵: پست تحدیداریکے اشاراتی ریاضی نوٹ

صورت میں  $v_D = V_D$  ہو گا اور ڈائیوڈ کی مسادات سے

$$(2.21) \quad i_D = I_S e^{\frac{V_D}{V_T}} = I_{DQ}$$

حاصل ہوتا ہے۔ بدلتے اشارہ کی موجودگی میں ڈائیوڈ کی مسادات کو یوں لکھ سکتے ہیں۔

$$(2.22) \quad i_D \approx I_S e^{\frac{v_D}{V_T}} = I_S e^{\frac{V_D + v_d}{V_T}} = I_{DQ} e^{\frac{v_d}{V_T}}$$

جہاں مسادات ۲۴۲.۷۱ استعمال کیا گی۔ سلسلہ مکارا<sup>۱۹۲</sup> سے اسے مزید یوں لکھ سکتے ہیں۔

$$(2.23) \quad i_D = I_{DQ} \left[ 1 + \frac{1}{1!} \frac{v_d}{V_T} + \frac{1}{2!} \left( \frac{v_d}{V_T} \right)^2 + \dots \right]$$

اس مسادات میں اگر  $v_d$  کی قیمت  $V_T$  کے قیمت سے بہت کم ہو (یعنی  $v_d < < V_T$ ) تو پہلے دو جزو کے علاوہ بقیہ کو نظر انداز کرنا ممکن ہو گا اور اسے یوں لکھا جاسکتا ہے۔

$$(2.24) \quad i_D \approx I_{DQ} \left( 1 + \frac{v_d}{V_T} \right)$$

جس سے حاصل ہوتا ہے

$$(2.25) \quad i_D \approx I_{DQ} + \left( \frac{I_{DQ}}{V_T} \right) v_d = I_{DQ} + \frac{v_d}{r_d}$$

جہاں مسادات ۲۳۵ میں حاصل کیا گی؛ ڈائیوڈ کا باریکے اشاراتی مراہم خاص کیا گی۔ چونکہ  $i_D = I_{DQ} + i_d$  ہوتا ہے لہذا مسادات ۲۷.۲ کا پہلا جزو نظر کارکردگی پر یک سمت رفتہ رکھ دیا گی۔

$(e^x = 1 + \frac{x}{1!} + \frac{x^2}{2!} + \dots)$  Maclaurin's series<sup>۱۹۳</sup>

$$\begin{aligned}
 r_d &= \frac{V_T}{I_{DQ}} \\
 C_j &= \frac{C_{j0}}{\left(1 - \frac{V_{DQ}}{V_o}\right)^n} & V_{DQ} < 0 \\
 C_j &\approx 2C_{j0} & V_{DQ} > 0 \\
 C_d &= \frac{\tau I_{DQ}}{V_T}
 \end{aligned}$$

شکل ۲.۲۶: بلند تعداد باریکے اشاراتی ڈائیڈ ریاضی نمونہ

ہے جبکہ اس کا دوسرا حصہ بدلتے اشارہ  $v_d$  پر مخصوص بر قرروں  $i_d$  ہے یعنی

$$(2.74) \quad i_d = \frac{v_d}{r_d}$$

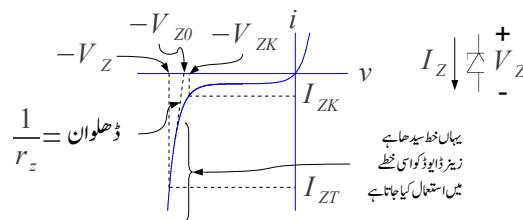
ڈائیڈ کا پہتے تعداد باریکے اشاراتی ریاضی نمونہ شکل ۲.۲۵ ب میں دکھایا گیا ہے۔ آپ تسلی کر سکتے ہیں کہ پہتے تعداد باریکے اشاراتی ریاضی نمونہ بھی بر قرروں  $i_d$  پر مساوات ۲.۷۶ کی طرح بر قرروں  $v_d$  دیتا ہے۔ ڈائیڈ کا باریکے اشاراتی ریاضی نمونہ صرف ڈائیڈ کے باریکے اشاراتی مزاجمت  $r_d$  پر مشتمل ہے۔

### ۲.۲۲.۳ ڈائیڈ کا بلند تعداد باریکے اشاراتی ریاضی نمونہ

اب تک ہم ڈائیڈ کے وہ ریاضی نمونے دیکھتے رہے ہو کہ تعداد پر ڈائیڈ کے کارکردگی پر صحیح اترتے ہیں۔ اگر بلند تعداد کے اشارات پر ڈائیڈ کا کارکردگی پر غور کرنا ہو تو ڈائیڈ کا بلند تعداد باریکے اشاراتی ریاضی نمونہ استعمال کرنا ہو گا جو ڈائیڈ کے اندر ونی کپیسٹر کا بھی حساب رکھتا ہو۔ ڈائیڈ کے اندر ونی کپیسٹر دو طرح کے ہوتے ہیں۔ پہلا کپیسٹر  $C_j$  ویران خطے کے دونوں جانب الٹ بر قرروں کی وجہ سے پیدا ہوتا ہے جبکہ دوسرے قسم کا کپیسٹر  $C_d$  باروں کے بیباوے پیدا ہوتا ہے۔ ان کپیسٹروں کو ڈائیڈ کے پہتے تعداد باریکے اشاراتی ریاضی نمونہ میں مزاجمت  $r_d$  کے متوازن سب کر کے ڈائیڈ کا بلند تعداد باریکے اشاراتی ریاضی نمونہ ۱۹۳ حاصل ہوتا ہے جسے شکل ۲.۲۶ میں دکھایا گیا ہے۔ وسیع طیکے اشارات کے استعمال کے لئے اس ریاضی نمونے میں وسیع اشارہ کے کپیسٹر  $C_D$  استعمال کئے جائیں گے۔

### ۲.۲۳ زینرڈائیڈ اور اس کاریاضی نمونہ

شکل ۲.۲۷ میں زیر ڈائیڈ کے بر قرروں  $v_d$  اور اس کی علامت دکھائی گئی ہے۔ اس کی علامت میں انگریزی حروفِ تجھی Z شامل کر کے اس کی بہچان کی جاتی ہے۔ سیدھا مائل زینرڈائیڈ بالکل ایک عام ڈائیڈ کے مانند کام کرتا ہے اور اسے آپ عام ڈائیڈ کی جگہ استعمال کر سکتے ہیں۔ اس سے ڈین میں رکھیں کہ عام ڈائیڈ استعمال کرتے وقت ہم کبھی نہیں ہپاتے کہ یہ الٹ بر قرروں گزرنے والے جبکہ زینرڈائیڈ کو عسوماً ان معمتمات پر



شکل ۲.۲۷: زینر ڈائیوڈ کے خط پر اہم نقطے

استعمال کیا جاتا ہے جہاں اس میں الٹی برقی رو ہی گزاری جاتی ہے۔ زینر ڈائیوڈ کے خط پر جہاں برقی رو بڑھنے شروع ہوتی ہے اسے زینر ڈائیوڈ کا گھنٹا<sup>۱۹۳</sup> کہتے ہیں۔<sup>۱۹۴</sup> زینر ڈائیوڈ بنانے والے صنعت کار زینر ڈائیوڈ کے لئے پر برقی دباؤ  $V_{ZK}$  اور برقی رو  $I_{ZK}$  کی قیمت فراہم کرتے ہیں۔ چونکہ زینر ڈائیوڈ عوامی اسلامی رکھا جاتا ہے لہذا، جیسا کہ شکل ۲.۲۷ میں دکھایا گیا ہے، اس پر برقی دباؤ اور اس میں برقی رو عالم ڈائیوڈ کے الٹ نالی ہے۔ اس طرح اگر خط پر منقی تیس وولٹ ۳۰ V پر زینر گھنٹا جائے تو صنعت کا اس کی قیمت  $V_{ZK} = 30\text{ V}$  فراہم کرے گا۔ اسی طرح صنعت کا، زینر برقی دباؤ  $V_Z$  کی عوامی قیمت کی حساس برقی رو  $I_{ZT}$  پر ناپ کر فراہم کرتا ہے۔ زینر ڈائیوڈ کو عوامی اس کے زینر برقی دباؤ سے بھی پکا جاتا ہے لیکن  $V_Z = 10\text{ V}$  کی صورت میں اسے دس وولٹ کا تھیس کہا جائے گا۔ اگر زینر ڈائیوڈ پر برقی دباؤ  $V_Z$  اور اس میں گزرتی برقی رو  $I_Z$  ہو تو اس میں برقی طاقت کے ضایع<sup>۱۹۵</sup>  $P$  کا تخمینہ یوں لگایا جاتا ہے۔

$$(2.77) \quad P = V_Z \times I_Z$$

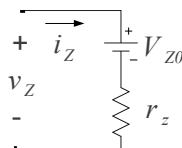
صنعت کا زینر ڈائیوڈ میں برقی طاقت کے ضایع کی مقدرہ حد بھی فراہم کرتا ہے۔ زینر ڈائیوڈ استعمال کرتے وقت اس حد سے کسی صورت تجاوز کرنے سے زینر ڈائیوڈ تباہ ہو جاتا ہے۔ یوں اگر  $0.25\text{ W}$  اور  $5.6\text{ V}$  کے زینر میں  $0.25\text{ mA}$  کا برقی رو گزرا ہو تو اس میں برقی طاقت کا ضایع  $56\text{ mW} = 5.6 \times 0.01$  ہو گا جو کہ اس زینر ڈائیوڈ کے طاقت کے ضایع کی حد لیکن  $0.25\text{ W}$  کے کم ہے لہذا زینر ڈائیوڈ صبح سلامت کام کرتا ہے گا اس کے بر عکس اگر اسی زینر میں  $100\text{ mA}$  برقی رو گزرا ہو تو اس میں برقی طاقت کا ضایع  $5.6 \times 0.1 = 0.56\text{ W}$  ہو گا جو کہ  $0.25\text{ W}$  سے زیاد ہے۔ اس صورت زینر ڈائیوڈ گرم ہو کر تباہ ہو جائے گا۔ ڈیزائن انجینئر<sup>۱۹۶</sup> اسے ما زینر ڈائیوڈ میں برقی طاقت کے ضایع کو مقدرہ حد کے نصف سے بیچھے رکھتے ہیں۔ یوں اس زینر ڈائیوڈ میں ڈیزائن انجینئر کبھی بھی  $22\text{ mA}$  سے زیادہ برقی رو نہیں گزرنے دے گا۔  $22\text{ mA}$  پر طاقت کا ضایع  $W = 0.123\text{ W} = 0.123 \times 0.022 = 0.025\text{ W}$  تقریباً ۰.۰۲۵ W کا نصف ہے۔

<sup>۱۹۳</sup> ای ریزستنٹ پر زینر گھنٹا بالکل اس ان لٹکھنے کی طرح معلوم ہوتا ہے۔

knee<sup>۱۹۴</sup>

power loss<sup>۱۹۵</sup>

design engineer<sup>۱۹۶</sup>



شکل ۲.۲۸: زینرڈائیڈ کا ریاضی نمونہ

زینرڈائیڈ میں برقی طاقت کے ضیاء سے حسراتی تو انی پیدا ہوتی ہے جس سے زینرڈائیڈ کا درجہ حرارت بڑھتا ہے۔ اگر زینرڈائیڈ سے حسراتی طاقت کے اخراج کی شرح اس میں برقی طاقت کے ضیاء سے پیدا حسراتی طاقت کی شرح سے کم ہو تو زینرڈائیڈ کا درجہ حرارت بڑھتے بڑھتے ناتبل برداشت ہو جاتا ہے جس سے یہ تباہ ہو جاتا ہے۔ برقیائی پر زندگی عموماً اسی طریقے سے تباہ ہوتے ہیں۔ درجہ حرارت بڑھنے سے نیم موصل مادہ پگھل جاتا ہے اور یوں پر زندگی ہو جاتا ہے۔

زینرڈائیڈ کے خط کی ڈھلوان اور اس کے باریکے اشارات لئے زینرڈرامحتہ  $v_Z$  کا تسلق عام ڈائیڈ کی طرح ہی ہے یعنی

$$(2.28) \quad \frac{1}{r_z} = \frac{1}{\text{ڈھلوان}} - \frac{\Delta v_Z}{\Delta i_Z}$$

بس منقص صرف اتنا ہے کہ زینرڈائیڈ یوں بنایا جاتا ہے کہ اس کی ڈھلوان زیادہ سے زیادہ ہو۔ یوں اس کی اشاراتی زینرڈرامحتہ کم کے کم ہوتی ہے جس سے زینرڈائیڈ میں برقی روکے تبدیلی سے اس پر برقدباد میں کم کے کم تبدیلی روٹا ہوتی ہے۔ چونکہ  $\frac{\Delta v_Z}{\Delta i_Z} = r_z$  ہوتا ہے لہذا اس بات کو یوں لکھا جاسکتا ہے

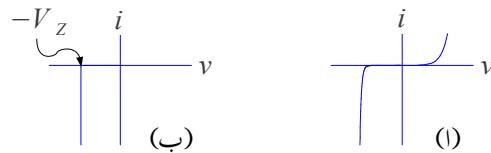
$$(2.29) \quad \Delta v_Z = \Delta i_Z r_z$$

آپ دیکھ سکتے ہیں کہ  $r_z$  کی قیمت جتنی کم ہو برقدباد کے تبدیلی سے برقدباد میں اتنی کم تبدیلی روٹا ہو گی۔ زینرڈائیڈ کا ریاضی نمونہ حاصل کرنے کی حاضر اس کے خط کو نقطہ  $(V_Z, I_Z)$  سے ڈھلوان  $\frac{1}{r_z}$  کے نقطے دار کیسے افقي محور تک پہنچایا جاتا ہے جہاں یہ محور کو  $V_{Z0}$  — پر گمراہتا ہے۔ اس خط کی مساوات کو یوں لکھا جاسکتا ہے۔

$$(2.30) \quad v_Z = V_{Z0} + i_Z r_z$$

اس مساوات سے زینرڈائیڈ کا ریاضی نمونہ حاصل ہوتا ہے جسے شکل ۲.۲۸ میں دکھایا گیا ہے۔ زینرڈرامحتہ کے فتریب خط کافی زیادہ مژرتا ہے جبکہ زیادہ برقدباد (یعنی  $I_Z > > I_{ZK}$ ) پر یہ خط تقیریباً سیدھا رہتا ہے۔ زینرڈائیڈ کا عمومی استعمال اس سیدھے نقطے میں ہی کیا جاتا ہے۔

زینرڈائیڈ کو عموماً یہ گھنٹے کے فتریب استعمال نہیں کیا جاتا۔ زینرڈرامحتہ کے فتریب خط کو نظر انداز کرتے ہوئے اور  $r_z = 0$  لیتے ہوئے زینرڈائیڈ کے خط کو سادہ شکل دی جا سکتی ہے جسے شکل میں دکھایا گیا ہے۔ شکل ۲.۲۷ میں زینرڈائیڈ کا بیرونی برقدباد روپ مصاہی کر دکھایا گیا ہے تاکہ شکل میں اہم نکات دکھانا ممکن ہو۔ شکل ۲.۲۹ الف میں زینرڈائیڈ کے خط کو صحیح جسمات کے لیاظ سے دکھایا گیا ہے جہاں آپ دیکھ سکتے ہیں کہ لبریزی برقدباد نظر انداز ہوتی ہے۔



شکل ۲.۲۹: زینرڈائوڈ کا خط اور اس خط کی سادہ شکل

جیسا اپر ذکر ہوا کہ زینرڈائوڈ کو عسموماً اسی مائل کیا جاتا ہے اور ایسا کرتے وقت زینرڈائوڈ کے فتریب خط کے استعمال سے گزینہ کیا جاتا ہے۔ اگر زینرڈائوڈ کے فتریب خط کو نظر انداز کیا جائے اور  $r_z = r_z$  تصور کیا جائے تو زینرڈائوڈ کے خط کو شکل ۲.۲۹-ب کے طرز پر بنایا جاتا ہے۔ اس سادہ خط کے مطابق زینرڈائوڈ وہی صورت اختیار کر سکتا ہے۔ پہلی صورت میں اس پر برقی دباؤ تبدیل ہو سکتی ہے مگر اس میں برقی روکی قیمت صدر رہتی ہے لیکن

$$(2.81) \quad \begin{aligned} 0 &\leq |v_Z| < |V_Z| \\ |i_Z| &= 0 \end{aligned}$$

اس صورت میں اے نقطہ حالت میں تصور کیا جائے گا۔ دوسری صورت میں اس پر برقی دباؤ  $V_Z$  رہتا ہے جبکہ اس میں برقی روکی تبدیل ہے لیکن

$$(2.82) \quad \begin{aligned} |v_Z| &= |V_Z| \\ 0 &\leq |i_Z| \leq |I_{Zmax}| \end{aligned}$$

جبکہ  $I_{Zmax}$  وہ برقی روہ ہے جس پر زینرڈائوڈ میں برقی طاقت کا ضیاع متاثر ہو داشت حد کے برابر ہوتا ہے۔ اس صورت میں اے بے تابو حالت میں تصور کیا جائے گا۔

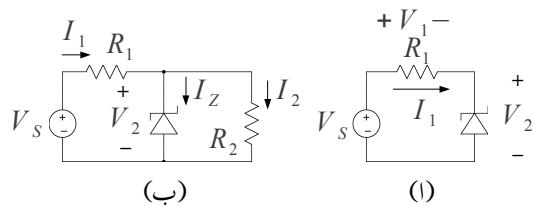
شکل ۲.۲۹-ب زیادہ آسانی اور جلدی سے متاثر ہو سکتی ہے اسی وجہ سے اس کا حاصل کرنے میں رکھ کر اس دور کو عسموماً اسی منبع برقی دباؤ (یعنی برقی دباؤ کی منبع) کے طور استعمال کیا جاتا ہے جس کی حرارتی یا سخت برقی دباؤ کی قیمت  $V_Z$  کے برابر ہوتا ہے۔ اس پر جیسا شکل ب میں دکھایا گیا ہے، برقی یوچہ کو مسماحت  $R_2$  کی جگہ نب کیا جاتا ہے۔ اس منبع کے مختلف پہلو پر چند مثالیں دیکھتے ہیں۔

مثال ۲.۷۰: شکل ۲.۷۰-الف میں زینرڈائوڈ  $V_Z$  کی قیمت ۵.۶ V ہے جبکہ

۔۔۔ مندرجہ ذیل  $V_S$  پر کامیل زینرڈائوڈ کے برقی دباؤ اور اس میں گزری برقی روکی حاصل کریں۔

$$V_S = 3 \text{ V}$$

$$V_S = 8 \text{ V}$$



## شکل ۷۔ زینرڈ ایوڈ کا استعمال

$$V_S = 20 \text{ V}$$

**حل:** شکل ۷۔۲ ب کو استعمال کرتے ہوئے حل کرتے ہیں۔

- ا۔ لگو برقی دباؤ  $V_S = 3V$  کو شش کرے گا کہ زینرڈائیوڈ میں برقی روگزارے۔ البتہ زینرڈائیوڈ کے مطابق زینرڈائیوڈ میں  $V_Z$  سے کم برقی دباؤ پر مفتوح رہتا ہے یعنی مساوات ۲.۸۱ کے تحت  $I_Z = 0$  ہو گا۔ یوں اس دور میں مزاحمت  $R_1$  پر اوہم کے قانون سے

$$V_1 = V_S - V_2 = I_1 \times R_1 = 0$$

$$V_2 = V_S$$

$$V_2 = 3 \text{ V}$$

حاصل ہوتا ہے یعنی زینرڈ ایوڈ پر V 3 بر قی دباو ہو گا جبکہ اس میں صفر بر قی رو ہو گا۔

- ۲۔ اس مرتبہ لاگو برقی دباؤ سے زیادہ ہے لہذا زینٹر ڈائیوڈ برقی روگزارے گا۔ مساوات ۲.۸۲ کے تحت اس صورت زینٹر ڈائیوڈ پر  $V_Z$  ۵.۶ V کا برقی دباؤ ہو گا جبکہ مساحت پر اوہم کے قانون کے تحت

$$\begin{aligned}V_1 &= V_S - V_Z = I_1 \times R_1 \\&= 8 - 5.6 = I_1 \times 1000 \\I_1 &= 2.4 \text{ mA}\end{aligned}$$

ہو گا۔ چونکہ یہی برقی روز یہ سرڈاں کو سے بھی گزرتا ہے لہذا  $I_7 = 2.4 \text{ mA}$  حاصل ہوتا ہے۔

- ۳۔ یہاں بھی لاگو برقی دماؤزی سرڈیوں میں بر قی رو گزارنے کی صلاحیت رکھتا ہے لہذا

$$\begin{aligned}V_1 &= V_S - V_Z = I_1 \times R_1 \\&= 20 - 5.6 = I_1 \times 1000 \\I_1 &\equiv 14.4 \text{ mA}\end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے جس سے  $I_7 = 14.4 \text{ mA}$  حاصل ہوتا ہے۔

مثال ۲.۱۸: شکل ۲.۷۰ الف میں زینرڈ ایڈ کے متوازی مسازamt  $R_2 = 1\text{ k}\Omega$  جو کر شکل ۲.۷۰ ب حاصل ہوتا ہے۔ مثال ۲.۱۷ میں دئے معلومات استعمال کرتے ہوئے برقی دباؤ  $V_2$  حاصل کریں۔

ا۔ گزشته مثال میں  $V_S = 3\text{ V}$  پر دیکھا گیا کہ زینرڈ ایڈ منقطع رہتا ہے اور یوں  $I_Z = 0$  ہو گا۔ منقطع زینرڈ کو دوسرے کالا جبا سلتا ہے۔ ایسا کرنے سے دو سلسلہ وار مسازamt رہ جاتے ہیں جن سے

$$V_2 = \frac{V_S \times R_2}{R_1 + R_2} = \frac{3 \times 1000}{1000 + 1000} = 1.5\text{ V}$$

حاصل ہوتا ہے۔ چونکہ زینرڈ ایڈ میں صفر برقی رو گزرتا ہے لہذا ادونوں مسازamt میں برابر برقی رو گزرے گا جسے یوں حاصل کیا جاسلتا ہے۔

$$I_1 = I_2 = \frac{V_S}{R_1 + R_2} = \frac{3}{2000} = 1.5\text{ mA}$$

۲۔ یہاں  $V_S = 8\text{ V}$  ہونے سے یوں معلوم ہوتا ہے کہ زینرڈ ایڈ بے-وتا بوجاں میں ہو گا مگر غور کرنے سے ثابت ہوتا ہے کہ ایسا نہیں ہے۔ یہ ایک دلچسپ مثال ہے جسے حل کرنے سے سوچ میں وسعت پیدا ہوتی ہے۔

شکل ۲.۷۰ ب کے تحت زینرڈ ایڈ دو ہی صورتوں میں رہ سکتا ہے یعنی منقطع یا بے فتاب۔ اب نہیں دو صورتوں کو مساوات ۲.۸۱ اور مساوات ۲.۸۲ بیان کرتے ہیں۔

آئیں موجودہ مثال میں زینرڈ کو منقطع تصور کریں۔ منقطع زینرڈ ایڈ کا دور پر کسی قسم کا کوئی اثر نہیں ہوتا اور اسے کمکل طور کالا جبا سلتا ہے۔ ایسا کرنے سے ہمارے پاس دو سلسلہ وار مسازamt رہ جاتے ہیں جن سے

$$V_2 = \frac{V_S \times R_2}{R_1 + R_2} = \frac{8 \times 1000}{1000 + 1000} = 4\text{ V}$$

حاصل ہوتا ہے۔  $V_2 = 4\text{ V}$  ہونے سے صاف ظاہر ہے کہ زینرڈ ایڈ منقطع رہے گا۔ یوں زینرڈ ایڈ کو منقطع تصور کرنا درست ہے۔ منقطع زینرڈ ایڈ میں  $I_Z = 0$  رہے گا جبکہ مسازamt میں

$$I_1 = I_2 = \frac{V_S}{R_1 + R_2} = \frac{8}{2000} = 4\text{ mA}$$

حاصل ہوتا ہے۔

اسی مثال کو یوں بھی حل کر سکتے ہیں کہ پہلے تصور کیا جائے کہ دور میں زینرڈ ایڈ نہیں لگایا گی۔ اس طرح  $V_2 = 4\text{ V}$  حاصل ہوتا ہے۔ اب اگر زینرڈ ایڈ نسب کر دیا جائے تو یہ منقطع ہی رہے گا۔

آئیں اسی مثال کو تیسرا مرتبہ یوں حل کریں کہ زینر ڈائیوڈ کو بے فتا بوصوت میں تصور کیا جائے۔ چونکہ بے فتا بوزینر ڈائیوڈ پر زینر برقی دباؤ ہی پیلا جاتا ہے لہذا یوں 5.6 V =  $V_Z = V_2$  ہے۔

$$I_1 = \frac{V_S - V_2}{R_1} = \frac{8 - 5.6}{1000} = 2.4 \text{ mA}$$

$$I_2 = \frac{V_2}{R_2} = \frac{5.6}{1000} = 5.6 \text{ mA}$$

حاصل ہوتے ہیں۔ زینر ڈائیوڈ اور دونوں مسماحت کے مشترک جزو پر کر خوف کے متanon برائے برقی روکے تھتے ہوں گا۔  $I_1 = I_2 + I_Z$

$$I_Z = I_1 - I_2 = 2.4 \text{ mA} - 5.6 \text{ mA} = -3.2 \text{ mA}$$

حاصل ہوتا ہے۔ منفی زینر برقی روکا مطلب ہے کہ زینر ڈائیوڈ میں برقی روکی سمیت شکل ۲.۷۰ بے کے الٹا ہے۔ ایسا ہونے سے صاف ظاہر ہے کہ زینر ڈائیوڈ ہرگز بے فتا بوصوت میں نہیں ہے۔ بے فتا بوصوت میں برقی روکشکل میں دکھائے رکھ میں ہوتا ہے۔ یوں ہم نے زینر ڈائیوڈ کو عناطہ حالت میں تصور کیا تھا اور یہ بے فتا بوصوت میں نہیں ہے۔ اس طرح زینر ڈائیوڈ متفق ہے۔ یہاں سے ہم پہلے ہی حل کر چکے ہیں۔

۳۔ اس مثال کو بھی کئی طریقوں سے حل کیا جاسکتا ہے۔ ہم تصور کرتے ہیں کہ زینر ڈائیوڈ بے فتا بوصوت میں  $V_2 = V_Z = 5.6 \text{ V}$  ہو گا۔ یوں اوہم کے متanon سے

$$I_1 = \frac{V_S - V_2}{R_1} = \frac{20 - 5.6}{1000} = 14.4 \text{ mA}$$

$$I_2 = \frac{V_2}{R_2} = \frac{5.6}{1000} = 5.6 \text{ mA}$$

حاصل ہوتے ہیں۔ کر خوف کے متanon برائے برقی روکے

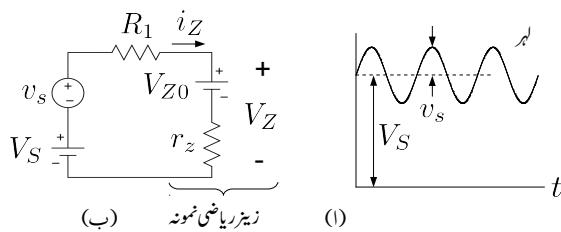
$$I_1 = I_2 + I_Z$$

$$14.4 \text{ mA} = 5.6 \text{ mA} + I_Z$$

$$I_Z = 8.8 \text{ mA}$$

حاصل ہوتا ہے۔ چونکہ زینر ڈائیوڈ میں بے فتا برقی روکے رخ ہی برقی روکر رہی ہے لہذا اجواب درست ہے۔

آپ دیکھ کرے ہیں کہ جب تک  $I_1$  کی قیمت  $I_2$  کی قیمت سے زیاد ہو اس صورت میں زینر ڈائیوڈ میں بے فتا برقی روگزرے گا جس کی قیمت  $I_Z = I_1 - I_2 = I_1 - 5.6 \text{ mA}$  ہو گی۔ اس کے علاوہ یہی ممکن ہے کہ  $I_2 = I_1$  اور  $I_Z = 0$  ہو۔ تیسرا صورت جہاں  $I_1$  کی قیمت  $I_2$  کی قیمت سے کم حاصل ہو درست نہیں اور اسے رد کیا جاتا ہے۔



شکل ۲.۷: زینرڈ منع

شکل ۲.۷۰ الف کے برقی دباؤ کی منع کو داخلی جا باب برقی دباؤ میا کیا گیا ہے جس کو شکل ۲.۷۰ الف میں دکھایا گیا ہے۔ غور کرنے سے معلوم ہوتا ہے کہ داخلی برقی دباؤ مکمل طور یک سمت نہیں ہے بلکہ اس میں ناپسندیدہ لہر  $v_s$  پلیاحاتا ہے جبکہ یک سنتی برقی دباؤ  $V_S$  اس کا میشور ہے۔ ان دونوں حصوں کی ناشاندہی شکل میں کی گئی ہے۔ زینرڈ ایڈیٹے بنائی گئی برقی دباؤ کے منع سے توقع کی جاتی ہے کہ اس میں لہر کی مقدار کم ہو گی۔

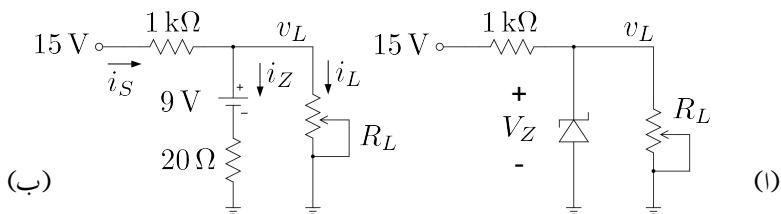
**مثال ۲.۱۹:** شکل ۲.۷۰ الف میں  $R_1 = 1\text{ k}\Omega$  اور  $v_s = 1.2 \sin \omega t$ ،  $V_S = 15\text{ V}$  میں زینرڈ ایڈیٹے کے ریاضی نمونے کے حبزوں کی صورت میں حنارتی برقی دباؤ  $V_Z$  حاصل کریں۔  
**حل:** شکل ۲.۷۰ الف میں زینرڈ ایڈیٹے کا ریاضی نمونہ استعمال کرتے ہوئے شکل ۲.۷ ب حاصل ہوتا ہے۔ حنارتی برقی دباؤ حاصل زینرڈ پر پائے جانے والا برقی دباؤ  $V_Z$  ہی ہے جسے یوں حاصل کرتے ہیں۔  
پہلے دور میں برقی رو حاصل کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned} i_Z &= \frac{V_S + v_s - V_{Z0}}{R_1 + r_z} \\ &= \frac{15 + 1.2 \sin \omega t - 5.6}{1000 + 10} \\ &= (9.3 + 1.18811 \sin \omega t) \times 10^{-3} \text{ A} \end{aligned}$$

اس سے زینرڈ برقی دباؤ حاصل کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned} V_Z &= V_{Z0} + i_Z r_z \\ &= 5.6 + (9.3 + 1.18811 \sin \omega t) \times 10^{-3} \times 10 \\ &= 5.693 + 0.01188 \sin \omega t \end{aligned}$$

آپ دیکھ سکتے ہیں کہ داخلی برقی دباؤ میں لہر، یک سمت ہے  $\frac{1.2}{15} \times 100 = 8\%$  بنتا ہے جبکہ حنارتی برقی دباؤ میں لہر صرف  $0.02086\% = \frac{0.01188}{5.693} \times 100$  بنتا ہے۔ زینرڈ ایڈیٹے کے استعمال سے لہر نہیں آتی کم ہو گئی ہے۔



شکل ۲.۲۷: زینر منع پر بدلتا یوچ

مثال ۲.۲۰: شکل ۲.۷۷ میں زینر منع کے متوازی برقی یوچ  $R_L$  نسب کیا گیا ہے تاکہ برقی یوچ کو مستقیم دباؤ میں کی جائے۔ برقی یوچ کو تقریباً نو دوائیں درکار ہیں لہذا نو دوائیں کا زینر استعمال کیا جاتا ہے۔ زینرڈ ایڈ کا  $V_{Z0} = 9\text{ V}$  جبکہ اس کا  $r_z = 20\Omega$  ہے۔ برقی یوچ کی مسماحت  $2\text{ k}\Omega$  تا  $9\text{ k}\Omega$  تبدیل ہو سکتی ہے۔ ان حدود میں برقی یوچ پر برقی دباؤ  $v_L$  کا تنہیہ لگائیں۔

حل: شکل ب میں اس کا باریک مساوی دور دھایا گیا ہے۔ ہم تصور کرتے ہیں کہ زینرڈ ایڈ بے فتا ب صورت میں رہتا ہے۔ یہی زینرڈ ایڈ اور برقی یوچ پر تقریباً  $9\text{ k}\Omega$  رہتے ہیں اور

$$i_S = \frac{15 - 9}{1000} = 6\text{ mA}$$

ہو گا۔ اگر  $R_L = 2\text{ k}\Omega$  ہوتے

$$i_L = \frac{9}{2000} = 4.5\text{ mA}$$

اور

$$i_Z = 6\text{ mA} - 4.5\text{ mA} = 1.5\text{ mA}$$

ہوں گے۔ اس طرح حقیقت میں

$$(2.83) \quad v_L \Big|_{R_L=2\text{ k}\Omega} = V_{Z0} + i_Z r_z = 9 + 1.5 \times 10^{-3} \times 20 = 9.03\text{ V}$$

پایا جائے گا۔

اب چونکہ ہمیں زینرڈ ایڈ پر پائے جانے والے برقی دباؤ کی زیادہ درست قیمت دریافت ہو گی ہے لہذا ہم مندرجہ بالاتم معلومات دوبارہ حاصل کر سکتے ہیں۔ اس طرح  $i_L = 4.515\text{ mA}$ ,  $i_S = 5.97\text{ mA}$  اور

$i_Z = 1.455 \text{ mA}$  حاصل ہوتے ہیں جن سے  $v_L = 9.0291 \text{ V}$  حاصل ہوتا ہے جو تقریباً مساوات ۲.۸۳ میں دیا گیا جواب ہی ہے۔ آپ اس نئی قیمت کو استعمال کرتے ہوئے اور بہتر جواب حاصل کر سکتے ہیں لیکن جیسا کہ آپ نے دیکھا پہلا جواب عموماً اتل مقبول ہوتا ہے۔ یوں  $2 \text{ k}\Omega$  کے برقی بوجھ پر زینر منع  $9.03 \text{ V}$  برقی دباؤ میں اکرتی ہے۔

برقی بوجھ  $6 \text{ k}\Omega$  کرنے سے  $i_S$  پر کوئی اثر نہیں ہوتا۔ بقیا یا معلومات حاصل کرتے ہیں۔ یوں

$$i_L = \frac{9}{6000} = 1.5 \text{ mA}$$

اور

$$i_Z = 6 \text{ mA} - 1.5 \text{ mA} = 4.5 \text{ mA}$$

ہوں گے۔ اس طرح حقیقت میں برقی بوجھ پر

$$(2.83) \quad v_L \Big|_{R_L=6 \text{ k}\Omega} = V_{Z0} + i_Z r_z = 9 + 4.5 \times 10^{-3} \times 20 = 9.09 \text{ V}$$

پائے جائیں گے۔

آپ نے دیکھ کر برقی بوجھ کا  $2 \text{ k}\Omega$  تبدیل ہونے سے اس کی برقی رو ۴.۵ mA ۹.۰۳ V تبدیل ہوتی ہے۔ زینر منع کا برقی دباؤ صرف  $9.03 \text{ V}$  ہے۔ یعنی  $9.03 \text{ V}$  تبدیل ہوتا ہے۔ چونکہ ہم نو ولٹ کی منع بنانے کے تھے لہذا نو ولٹ کی نسبت سے دیکھتے ہوئے بوجھ کے برقی دباؤ میں صرف

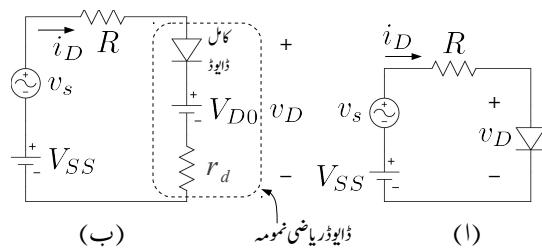
$$\frac{9.09 - 9.03}{9} \times 100 = 0.66 \%$$

کی تبدیلی آتی ہے۔ زینر منع کے برقی دباؤ میں تبدیلی کا دار و مدار زینر ڈائیوڈ کے برقی رو میں تبدیلی پر ہے۔ اگر کسی طرح زینر ڈائیوڈ کے برقی رو میں تبدیلی کو کم کیا جائے تو منع سے حاصل برقی دباؤ میں تبدیلی مزید کم ہوگی۔ جسے ۲.۲۲ میں ایسا کرنا کہایا جائے گا۔

## ۲.۲۲ یک سمت اور بدلتے متغیرات کے حساب کی علیحدگی

شکل ۲.۷۳ الف میں ڈائیوڈ کا دور دکھایا گیا ہے۔ اس دور میں ڈائیوڈ کی جگہ اس کا ہماریکے اشاراتی ریاضی نمائش (شکل ۲.۷۲) نسبت نے شکل ۲.۷۳ بے حاصل ہوتا ہے۔ اس دور کو حل کرنے سے حاصل ہوتا ہے

$$(2.85) \quad \begin{aligned} V_{SS} + v_s &= V_{D0} + i_D(R + r_d) \\ &= V_{D0} + (I_D + i_d)(R + r_d) \\ &= V_{D0} + I_D R + I_D r_d + i_d R + i_d r_d \end{aligned}$$



شکل ۲.۷: یک سمت اور بدلے متغیرات کی ملیحدگی

بدلت اشارہ کے عدم موجودگی میں (یعنی جب  $v_d$  اور  $i_d$  کے قیمتیں صفر ہوں) اس مساوات کو پوں لکھا جائے گا۔

$$(2.82) \quad V_{SS} = V_{D0} + I_D R + I_D r_d$$

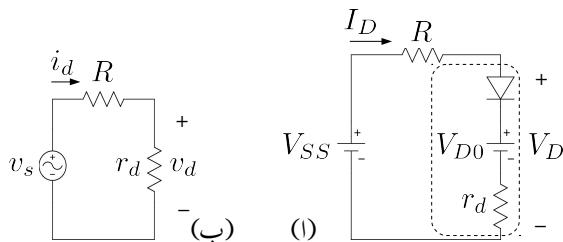
بدلے متغیرات کے موجودگی میں مساوات ۲.۸۵ کو پوں حل کر سکتے ہیں۔

$$(2.87) \quad \begin{aligned} \widehat{V_{SS}} + v_s &= \widehat{V_{D0} + I_D R + I_D r_d} + i_d R + i_d r_d \\ v_s &= i_d R + i_d r_d \end{aligned}$$

جہاں مساوات ۲.۸۶ کی مدد سے دائیں اور باعین بازو کے یک سمت مقداروں کی نشاندہی کرتے ہوئے انہیں کاٹ کر مساوات کا دوسرا جزو حاصل کیا گی۔ مساوات ۲.۸۷ کے دوسرے جزو کے ادوار شکل ۲.۷۳ میں دکھائے گئے ہیں۔ شکل ۲.۷۴ ب اس دور کا مساوی باریکے اشاراتی دور کہلاتا ہے۔ ڈائیوڈ کے باریکے اشارات  $i_d$  اور  $v_d$  یوں حاصل کیا جائیں گے۔

$$(2.88) \quad \begin{aligned} i_d &= \frac{v_s}{R + r_d} \\ v_d &= i_d r_d = \frac{r_d v_s}{R + r_d} \end{aligned}$$

مندرجہ بالا طریقہ کاریکے عمومی طریقہ کارہے جس کو استعمال کرتے ہوئے ڈائیوڈ کے ادوار بالعموم اور ٹرانزسٹر کے ادوار بالخصوص حل کئے جاتے ہیں۔ اس طریقہ میں ادوار حل کرتے وقت پہلے بدلے اشارات کو نظر انداز کرتے ہوئے نقطہ مائل حاصل کیا جاتا ہے۔ اس نقطے پر ڈائیوڈ (ٹرانزسٹر) کے باریکے اشاراتی ریاضی نمونے کے احوزاء حاصل کئے جاتے ہیں۔ باریکے اشاراتی حساب و تاب کی حنا طرد مساوی باریکے اشاراتی دور بنایا جاتا ہے جس میں تمام یک سمت منبع برقی دباؤ کو قصر دو کرتے ہوئے ڈائیوڈ (ٹرانزسٹر) کی جگہ اس کا باریکے اشاراتی ریاضی نمونہ نسب کیا جاتا ہے۔ یوں حاصل مساوی باریکے اشاراتی دور کو عالم برقی دور کے مانند حل کرتے ہوئے باریکے اشاراتی برقی دباؤ اور باریکے اشاراتی برقی رو حاصل کئے جاتے ہیں۔



شکل ۲.۷۳: یک سمت اور باریکے اشاراتی مساوی ادوار

یک سمت اور باریکے اشاراتی حساب و کتاب کا یوں علیحدہ کرنا بر قیات کے میدان میں عموماً استعمال کیا جاتا ہے۔ اگلے بابوں میں اس طریقے کا روکا بار بروئے کار لایا جائے گا۔

مثال ۲.۷۳: شکل ۲.۷۳ میں  $R = 5 \text{ k}\Omega$  اور  $v_s = 0.5 \sin \omega t$ ،  $V_{SS} = 12 \text{ V}$  میں یتھے ہوئے ڈائیوڈ سے گزرنی بدلتا برقی رو  $i_d$  اور اس پر بدلتا برقی دباؤ  $v_d$  حاصل کریں۔ حل: اس دور کا مساوی باریکے اشاراتی دور شکل ۲.۷۳ ب میں دکھایا گیا ہے جسے حل کرنے کی حر طر ڈائیوڈ کے باریکے اشاراتی مزاجحت  $r_d$  کی قیمت جاننا ضروری ہے۔ ڈائیوڈ کا باریکے اشاراتی مزاجحت نقطہ مائلے مساوات ۲.۷۵ سے حاصل کیا جاتا ہے۔ شکل ۲.۷۳ کے یک سمت حلے

$$(2.89) \quad I_D = I_{DQ} = \frac{V_{SS} - 0.7}{R} = \frac{12 - 0.7}{5000} = 2.26 \text{ mA}$$

حاصل ہوتا ہے جس سے

$$(2.90) \quad r_d = \frac{V_T}{I_{DQ}} = \frac{0.025}{0.00226} = 11.062 \Omega$$

حاصل ہوتا ہے۔ یوں شکل ۲.۷۳ ب کے دورے

$$(2.91) \quad \begin{aligned} i_d &= \frac{v_s}{R + r_d} \\ &= \frac{0.5 \sin \omega t}{5000 + 11} \\ &= 9.978 \times 10^{-5} \sin \omega t \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} v_d &= i_d r_d \\ &= (9.978 \times 10^{-5} \sin \omega t) \times 11 \\ &= 1.0976 \times 10^{-3} \sin \omega t \end{aligned}$$

حصہ میں ہوتے ہیں۔

## ۲.۲۵ فتاون مربع جیٹھ اتار کار

اس باب میں زیادہ طاقت یعنی زیادہ جیٹھ کے اشارے کی صورت میں جیٹھ اتار کا پر غور کیا گیا جہاں جیٹھ اتار کا حنا رجی بر قی دباؤ کے داخنی بر قی دباؤ کے چوٹی کے برابر ہوتا ہے۔ اس حصے میں کم طاقت یعنی کم جیٹھ کے اشارے کی صورت میں جیٹھ اتار کا رکار کار کر کر دیگی پر غور کیا جائے گا جہاں آپ دیکھیں گے کہ جیٹھ اتار کا حنا رجی بر قی دباؤ کے داخنی بر قی دباؤ کے مربع کے راستے تناسب ہوتا ہے۔ اس حصے میں آپ یہ بھی دیکھیں گے کہ کم طاقت والے اشارے کی طاقت کو جیٹھ اتار کا نیا جہا سکتا ہے۔

شکل ۲.۷۵ میں مزاحمت  $R_S$  کو ریڈیو اسٹارڈ  $v_i$  فرہام کیا گیا ہے۔ دراصل جس بھی دور کو ریڈیو اسٹارڈ فرہام کیا جا رہا ہوا اس دور کے داخنی مزاحمت کو  $R_S$  سے ظاہر کیا جاتا ہے۔ ذرا لفظ ابلاغ<sup>۱۹۸</sup> کے ادوار میں  $R_S$  کی قیمت عموماً  $\Omega = 50$  ہوتی ہے۔ آپ جانتے ہیں کہ سائنس برقی دباؤ  $V_p \cos \omega t$  کی موثر<sup>۱۹۹</sup> قیمت کو  $V_{rms} = \frac{V_p}{\sqrt{2}}$  کے برابر ہے۔ یوں مزاحمت  $R_S$  میں برقی طاقت کے ضیاء کو

$$(2.92) \quad P = \frac{V_{rms}^2}{R_S} = \frac{V_p^2}{2R_S}$$

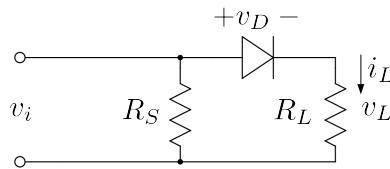
لکھا جب سکتا ہے۔ اس طاقت کو ناپنے کی عندرض سے  $R_S$  کے متوازن ڈایوڈ اور مزاحمت  $R_L$  نسب کے گئے ہیں جہاں سلسلہ وار جبڑے ڈایوڈ اور  $R_L$  کے کل مزاحمت کی قیمت  $R_S$  کے قیمت سے بہت زیادہ رکھ جاتی ہے تاکہ ان کی شمولیت داخنی اشارے پر بوجھنے والے اگرچہ ایسا تصور کرنا ضروری نہیں لیکن ہم اس حصے میں تصور کریں گے کہ ڈایوڈ کو معقولی یک سست برقی دباؤ کے سیدھا مائل رکھا گیا ہے۔ شکل میں اس یک سست برقی دباؤ کو نہیں دکھایا گیا ہے۔ آئیں اب تحلیلی تجزیے کریں۔

کسی بھی خدا راقص عمل  $(x)f$  کو سلسلہ طاقت<sup>۲۰۰</sup>

$$f(x) = c_1 x + c_2 x^2 + c_3 x^3 + \dots$$

سے ظاہر کیا جاتا ہے۔ اسی طرح اس شکل میں ڈایوڈ اور مزاحمت  $R_L$  کے بر قی دباؤ اور داخنی بر قی دباؤ  $v_i = V_p \cos \omega t$  کے سلسلہ طاقت سے یوں ظاہر کیا جاتا ہے۔

$$\begin{aligned} i_L &= c_1 v_i + c_2 v_i^2 + c_3 v_i^3 + \dots \\ &= c_1 V_p \cos \omega t + c_2 V_p^2 \cos^2 \omega t + \dots \end{aligned}$$



شکل ۲.۷۵: ڈائیوڈ نون مسرج جیٹہ اتار کار

اس مساوات میں  $\cos^2 \omega t = \frac{1+\cos 2\omega t}{2}$  استعمال کرتے ہوئے

$$\begin{aligned} i_L &= c_1 V_p \cos \omega t + c_2 V_p^2 \left( \frac{1 + \cos 2\omega t}{2} \right) + \dots \\ &= \frac{c_2 V_p^2}{2} + c_1 V_p \cos \omega t + \frac{c_2 V_p^2}{2} \cos 2\omega t + \dots \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے جہاں یک سمت جزو کے پہلے رکھا گیا ہے۔ لہذا  $R_L$  پر برقی دباؤ  $v_L = i_L R_L$  یعنی لکھا جاسکتا ہے۔

$$v_L = \frac{c_2 V_p^2 R_L}{2} + c_1 V_p R_L \cos \omega t + \frac{c_2 V_p^2 R_L}{2} \cos 2\omega t + \dots$$

اس برقی دباؤ کو فلٹر کرتے ہوئے اس میں سے ہن اس یک سمت جزو کو علیحدہ کیا جاسکتا ہے۔  $R_L$  کے متوازی ایک عدد کمیٹر نسب کرنے سے ہی بدلتے اجزاء کو حتم کرتے ہوئے

$$(2.93) \quad v_L = \frac{c_2 V_p^2 R_L}{2}$$

حاصل کیا جاسکتا ہے۔ اس مساوات کے تحت کم طاقت کے داخلی اشارے کی صورت میں ڈائیوڈ کا خارجی یک سمت برقی دباؤ اس کے داخلی بدلتے برقی دباؤ کے مسرج کے راست تناسب ہوتا ہے۔ اس کے بر عکس چوٹی عاصل کا خارجی برقی دباؤ کے چوٹی کے برابر ہوتا ہے۔ مساوات ۲.۹۳ کا قانونِ مرحلہ ۰۰۰ کی ایک شکل ہے۔

مساوات ۲.۹۳ کو مساوات ۲.۹۲ کے ساتھ ملاتے ہوئے

$$(2.93) \quad v_L = c_2 R_L R_S P = c P$$

لکھا جاسکتا ہے جہاں  $c = c_2 R_L R_S$  یہ قانونِ مرحلہ کی دوسری شکل ہے جس کے تحت کم طاقت پر مسماحت  $R_L$  کا ایک سمت برقی دباؤ اور  $R_S$  میں طاقت کا ضائع راست تناسب کا تعلق رکھتے

ہیں۔ اس حقیقت کو استعمال کرتے ہوئے ذرائع ابلاغ میں ڈائیڈ کے استعمال سے اشارے کی طاقت نالی جاتی ہے۔ ڈائیڈ کے اس دور کو ڈائیڈ قانونی مرحلہ شناختہ ۲۰۲ کہتے ہیں۔

## ۲.۲۶ سپاٹس ریاضی نمونہ

انجینئرنگ کے میدان میں کپیوڑ کا استعمال ناگزیر ہے۔ بر قیافی ادوار عسموماً کپیوڑ پروگرام استعمال کرتے ہوئے تخلیق دے جاتے ہیں۔ کپیوڑ پر ہی دور کی کارکردگی دیکھتے ہوئے اس میں رو بول پیدا کیا جاتا ہے حتیٰ کہ درکار نتائج حاصل ہوں۔ اس کے بعد اصل دور بننے کا مرحلہ آتا ہے۔ اس قسم کا نہایت مقبول کپیوڑ پروگرام سپاٹس<sup>۲۰۳</sup> کہلاتا ہے۔ آپ سے گزارش کی جاتی ہے کہ سپاٹس<sup>۲۰۴</sup> کا بھرپور استعمال کریں۔ اس حصے میں سپاٹس میں استعمال کے جانے والے ڈائیڈ کے ریاضی نمونے پر تبصرہ کیا جائے گا۔ یہاں یہ بتانا ضروری ہے کہ بر قیافت کو سچے بغیر کپیوڑ کی مدد سے کسی صورت کام کرتا ہو اور تخلیق دینا ممکن ہے۔

شکل ۲.۷ میں ڈائیڈ کا سپاٹس ریاضی نمونہ دکھایا گیا ہے جو کو و سچ اشاراتی ریاضی نمونے ہے۔ اس ریاضی نمونے میں ڈائیڈ کے ثابت اور مقنی خطوط کے مزاجمت کو  $R_S$  کہا گیا ہے۔ اس کی قیمت اکلی تابہی کے حدود میں ہوتی ہے۔ یہ مزاجمت ڈائیڈ کی ناپسندیدہ خوبیوں میں سے ایک ہے۔

ڈائیڈ کے سائیلک سست رو حوال کو اس کے  $v_D - i_D$  مساوات سے یہ حاصل کیا جاتا ہے جبکہ بدلت رو حوال میں ڈائیڈ کی تغیری پذیر کمیشن  $C_D$  بھی کردار ادا کرتا ہے۔ شکل میں  $C_D - v_D - i_D$  کی مساواتیں دی گئی ہیں۔ باریک اشاراتی تخلیق کے وقت سپاٹس پروگرام ڈائیڈ کا باریک اشاراتی مزاجمت  $r_d$  اور اس کی باریک اشاراتی کمیشن  $C_d$  اور  $C_j$  استعمال کرتا ہے۔

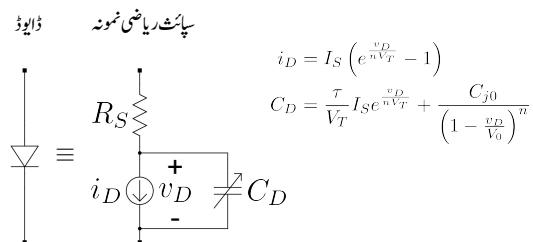
جدول ۲.۳ ڈائیڈ کے سپاٹس ریاضی نمونے کے تمام اجزاء اور ان کے عسمومی قیمتیں پیش کرتا ہے۔ اگر سپاٹس پروگرام استعمال کرتے وقت ان اجزاء کی قیمتیں فراہم سے کی جائیں تو سپاٹس پروگرام جدول ۲.۲ میں دے گئے قیمتیں استعمال کرتا ہے۔

---

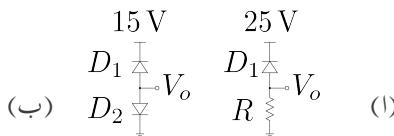
diode square law detector<sup>۲۰۴</sup>  
spice<sup>۲۰۵</sup>  
<sup>۲۰۴</sup> پی اسپاٹس کپیوڑ پروگرام کیلئے فونی، برنسٹلے کے یونور سٹی میں تیار کیا گیا۔

### جدول ۲.۲: سپاٹس ریاضی نمونے کے حصہ

ریاضی نمونے کے حصہ کا نام	علامت	سپاٹس کا حصہ	قیمت
$10^{-14} \text{ A}$	IS	$I_S$	لبریزی بر قی رو
$0\Omega$	RS	$R_S$	مسراحت
1	N	$n$	اخنوجی حصہ
0 s	TT	$\tau_T$	اوسط دورانیہ عبور
0 F	CJ0	$C_{j0}$	صفر بر قی دباؤ پر الٹی کپیشن
0.5	M	$m$	حصہ شدہ بندی
$\infty \text{ V}$	BV	$V_{ZK}$	ناتابیں برداشت بر قی دباؤ
$10^{-19} \text{ A}$	IBV	$I_{ZK}$	ناتابیں برداشت بر قی رو
1 V	VJ	$V_0$	رکاوٹی بر قی دباؤ



شکل ۲.۲: ڈائیوڈ کا سپاٹس ریاضی نمونہ



شکل ۲.۷: لٹر برقی روکی ناپ

**سوالات**

سوال ۱: ایک ڈائوڈ جس کا  $n = 1$  میں برابر ہے میں  $1 \text{ mA}$  برقی روگزرتے وقت اس پر  $0.61 \text{ V}$  کا برقی دباؤ پایا جاتا ہے۔ اس ڈائوڈ پر جب  $0.66 \text{ V}$  برقی دباؤ پایا جائے تو اس میں برقی رو حاصل کریں۔ اس ڈائوڈ کی  $I_S$  حاصل کریں۔

$$\text{جوابات: } I_S = 2.53 \times 10^{-14} \text{ A}, 7.389 \text{ mA}$$

سوال ۲: ایک ڈائوڈ کو  $0.57 \text{ mA}$  اور  $8.167 \text{ mA}$  پر چلاتے ہوئے اس پر  $0.65 \text{ V}$  اور  $0.72 \text{ V}$  برقی دباؤ پائے جاتے ہیں۔ اس ڈائوڈ کی  $n$  اور  $I_S$  حاصل کریں۔

$$\text{جوابات: } I_S = 10^{-14} \text{ A}, n = 1.05$$

سوال ۳: الٹے مائل ڈائوڈ سے رستا برقی رو کو ناپنے کے لئے شکل ۲.۷ الف میں دکھایا ور استعمال کرتے ہیں۔ اتنا حساس اشارہ ناپنے کی حناظر نہیں زیادہ داخلی مزاحمت رکھنے والا آہ استعمال کیا جاتا ہے۔  $30^\circ\text{C}$  پر شکل میں  $V_0 = 0.2 \text{ V}$  ناپا جاتا ہے۔  $0^\circ\text{C}$  پر  $60 \text{ mV}$  کیا ناپے جائیں گے۔  $R = 500 \text{ k}\Omega$  ہے۔

$$\text{جوابات: } 0.025 \text{ V}, 1.6 \text{ V}$$

سوال ۴: شکل ۲.۷ ب میں دونوں ڈائوڈاں کلیکاں ہیں جن کا  $1$  اور  $n = 10 \text{ mA}$  اور  $n = 1$  میں برقی دباؤ میں تبدیل ہے۔  $25^\circ\text{C}$  پر  $V_0 = 0.11 \text{ V}$  ناپا جاتا ہے۔

۰. اثاراتا برقی رو حاصل کریں۔

۰. اثراتا برقی رو لبریزی برقی رو  $I_S$  کے کتنے گنے ہے۔

$$\text{جوابات: } 81.45, 13.8 \text{ pA}$$

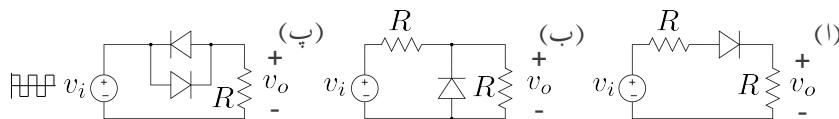
سوال ۵: ایک ڈائوڈ کی برقی رو  $57.56 \text{ mV}$  کردی جاتی ہے۔  $1 = n$  اور  $2 = n$  کی صورت میں برقی دباؤ میں تبدیلی حاصل کریں۔

$$\text{جوابات: } 34.657 \text{ mV}, 17.328 \text{ mV}$$

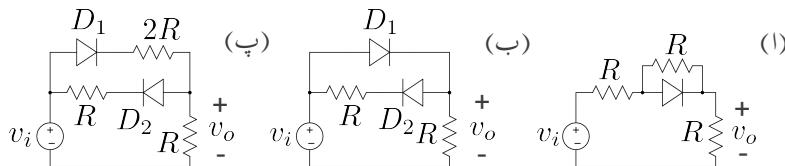
سوال ۶: ایک ڈائوڈ کی برقی رو  $57.56 \text{ mV}$  کردی جاتی ہے۔  $1 = n$  اور  $2 = n$  کی صورت میں برقی دباؤ میں تبدیلی حاصل کریں۔

$$\text{جوابات: } 115 \text{ mV}, 57.56 \text{ mV}$$

سوال ۷: ایک ڈائوڈ میں  $2 \text{ A}$  گزارنے سے اس پر شروع میں  $V_D = 0.69 \text{ V}$  پائے جاتے ہیں جو کچھ دیر میں گھٹتے ہوئے  $0.64 \text{ V}$  ہو کر اسی قیمت پر رہتے ہیں۔ برقی رو گزرنے سے ڈائوڈ کی اندرونی درجہ حرارت میں کتنا



شکل ۲.۷۸: ڈائیوڈ کے سوالات



شکل ۲.۷۹: ڈائیوڈ کے دیگر سوالات

اضافہ پیدا ہوا۔ گرم ہونے کے بعد ڈائیوڈ میں برقی طاقت کا ضیاء حاصل کریں۔ فی وادی طاقت کے ضیاء سے درجہ حرارت میں اضافہ حاصل کریں۔ اس کو ڈائیوڈ کی حرارتی مزاحمت  $20^{\circ}\text{C}$  کہتے ہیں۔  
جو بابت:  $1.28\text{W}$  اور  $19.53\text{^{\circ}C}$

سوال ۲.۷۸: شکل ۲.۷۸ کے تینوں ادوار میں کامل ڈائیوڈ تصور کرتے ہوئے مستطیل داخنی اشارہ  $v_i$  سے حnarجی اشارہ  $v_o$  حاصل کریں۔ داخنی اشارے کا جیٹ  $1\text{V} \pm 1$  ہے۔

جو بابت: (الف) صرف بیت  $0.5\text{V}$  ہے۔ (ب) صرف بیت  $0.5\text{V}$  ہے۔ (پ) باکل داخنی اشارے کی طرح  $1\text{V} \pm 1$  ہے۔

سوال ۲.۷۹: شکل ۲.۷۸ کے تینوں ادوار میں سیدھے ڈائیوڈ پر  $0.7\text{V}$  کا گھناؤ لیتے ہوئے مستطیل داخنی اشارہ  $v_i$  سے حnarجی اشارہ  $v_o$  حاصل کریں۔ داخنی اشارے کا جیٹ  $1\text{V} \pm 1$  ہے۔

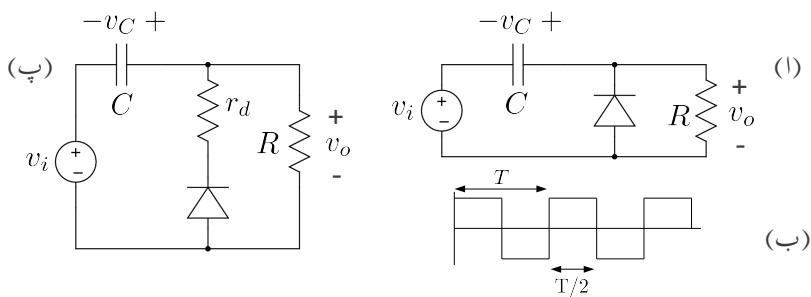
جو بابت: (الف) مستطیل اشارہ جس کا بیت جیٹ  $0.15\text{V}$  جبکہ منقی جیٹ صفر ہے۔ (ب) مستطیل جس کا بیت جیٹ  $0.5\text{V}$  جبکہ منقی جیٹ  $-0.7\text{V}$  ہے۔ (پ) مستطیل  $0.3\text{V} \pm 1$  ہے۔

سوال ۲.۸۰: شکل ۲.۷۸ کے تینوں ادوار میں کامل ڈائیوڈ تصور کرتے ہوئے داخنی اشارے  $v_i$  کو سائن-منیٹر ہوئے حnarجی اشارے  $v_o$  حاصل کریں۔ داخنی اشارے کا جیٹ  $1\text{V} \pm 1$  ہے۔

سوال ۲.۸۱: شکل ۲.۷۸ کے تینوں ادوار میں سیدھے مائل ڈائیوڈ پر  $0.7\text{V}$  برقی دباد کا گھناؤ تصور کرتے ہوئے داخنی اشارے  $v_i$  کو سائن-منیٹر ہوئے حnarجی اشارے  $v_o$  حاصل کریں۔ داخنی اشارے کا جیٹ  $1\text{V} \pm 1$  ہے۔

سوال ۲.۸۲: شکل ۲.۷۹ میں  $15\text{V} \pm 1$  ہے۔ کامل ڈائیوڈ تصور کرتے ہوئے داخنی اشارے کے وقت ڈائیوڈ اسماں ہو گا لبذا  $5\text{V} = v_o$  ہو گا۔ منقی داخنی اشارے کے وقت ڈائیوڈ اسماں ہو گا لبذا  $5\text{V} = v_o$  ہو گا۔

حل: (ا) بیت داخنی اشارے کی صورت میں ڈائیوڈ سیدھا مائل ہو گا لبذا  $v_o = 7.5\text{V}$  ہو گا۔ منقی داخنی اشارے کے وقت ڈائیوڈ اسماں ہو گا لبذا  $5\text{V} = v_o$  ہو گا۔ (ب) بیت  $v_i$  کے وقت  $D_1$  سیدھا مائل اور یوں



شکل ۲.۸۰: شکنجہ

سوال ۲.۱۴: شکل ۲.۸۰ افے میں ٹنچ دکھایا گیا ہے۔ اسے شکل ب میں دکھایا گا تار مستطیلی دخنی اشارہ مہیا کیا جاتا ہے جس کا حیطہ  $10V \pm 10V$  ہے۔  $\frac{T}{2} = RC$  کی صورت میں کامل ڈائیوڈ تصور کرتے ہوئے خارجی اشارے کا خط کھینچیں۔

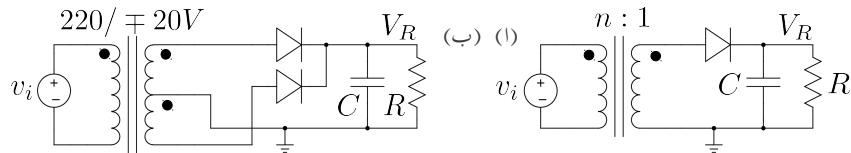
جواب: دخنی اشارہ متفق ہوتی ہی خارجی اشارہ  $0V$  ہو جاتا ہے جبکہ کپیٹر جلدی سے  $10V = v_C$  پہنچتا ہے۔ دخنی اشارہ بثت ہوتی ہی خارجی اشارہ  $20V$  ہو جاتا ہے جو  $T/2$  سینکڑوں میں گھستے ہوئے  $7.36V$  رہ جاتا ہے۔

سوال ۲.۱۵: شکل ۲.۸۰ پ میں ڈائیوڈ کی مزاجمت  $r_d$  کو داشت ہوئے ٹنچ دکھایا گیا ہے۔ اسے شکل ب میں دکھایا گا تار مستطیلی دخنی اشارہ مہیا کیا جاتا ہے جس کا حیطہ  $10V \pm 10V$  ہے۔  $\frac{T}{2} = RC$  اور  $r_d C \ll T$  کی صورت میں خارجی اشارے کا خط کھینچیں۔

جواب: پہچلنے والی کم طرح دخنی اشارہ بثت ہونے کے لئے پر  $10V = v_C$  اور خارجی اشارہ  $20V$  ہوتا ہے۔  $\frac{T}{2}$  سینکڑ بعد خارجی اشارہ  $7.36V$  جبکہ  $7.36V - 2.64V = -2.64V = v_C$  ہوتے ہیں۔ جیسی ہی دخنی اشارہ متفق ہوتا ہے اس کے لئے  $v_0 = -12.64V$  ہوگا۔  $r_d C \ll T$  ہونے کے ناطے یہ صورت زیادہ دیر نہیں پائی جائے گی اور جلدی کپیٹر  $r_d$  کے راستے  $10V$  پر پہنچ جائے گا جس سے  $v_0 = 0V$  ہو جائے گا۔ یوں دخنی اشارہ متفق ہونے کے لحاظ پر خارجی اشارے پر متفق سوئی نسبتی دیا پیا جائے گا۔

سوال ۲.۱۶: شکل ۲.۸۱ افے میں گھریلو اپاٹ ۲۰۰۱ کی بجلی استعمال کرتے ہوئے بارہ ولٹ کی منع بٹانی گئی ہے۔  $R_L = 1.2k\Omega$  ہے جبکہ یک سست برقی دباؤ میں بلٹ  $1V \pm 1V$  سے کم رکھنا ہے۔ ٹرانسفارمر کی شرح ۱ :  $n$  اور کپیٹر کی قیمت حاصل کریں۔ واپس  $50Hz$  تعداد کی  $220 \cos \omega t$  ہے جس کی موثر ۲۰۰V قیمت ہے۔ ڈائیوڈ برقی دباؤ کے گھٹاؤ کو ظسل انداز کریں۔

جواب:  $n = 23.93$  ،  $100 \mu F$



شکل ۲.۸۱: بارہ وولٹ کے برقی دباؤ کی منع

سوال ۲.۱۶: شکل ۲.۸۱ ب میں تدریجی ڈیفیرمر استعمال کرتے ہوئے دیوڈ کی مدد سے مکمل سمتی کار حاصل کیا گی۔ ڈیفیرمر کے داخلی جناب گزشتہ سوال کی طرح واپس اکی بھلی فنراہم کی گئی ہے۔ ڈیفیرمر کے داخلی جناب 220 V موثریت کا برقی دباؤ فنراہم کیا جاتا ہے۔ خارجی جناب ڈیفیرمر کے درمیان پنیا کو برقی زمین تصور کرتے ہوئے باقی دو پیوں پر آپس میں الٹے یہس وولٹ حاصل ہوتے ہیں۔  $C = 4700 \mu\text{F}$  اور  $R = 50 \Omega$  کی صورت میں خارجی یک سمت برقی دباؤ  $V_R$  اور اس میں بلحہ حاصل کریں۔ کامل ڈیوڈ تصور کریں۔

جواب: تقریباً  $27.68 \text{ V} \pm 0.6 \text{ V}$

سوال ۲.۱۷:  $I_S = 5 \text{ fA}$  کے ڈیوڈ کے برقی دباؤ بالتفاسی برقی روکاخط کھینچیں۔ اس پر سے چپ لاکر دباؤ کا تخمینہ لائیں۔

سوال ۲.۱۸: ڈیوڈ پر برقی دباؤ 50 mV ہونے سے برقی رو  $i_{D1}$  اور  $i_{D2}$  کی شرح حاصل کریں۔ یہی شرح 100 mV، 200 mV اور 500 mV کے لئے بھی حاصل کریں۔

سوال ۲.۱۹: برقی دباؤ سے ڈیوڈ کے برقی دباؤ میں تبدیلی حاصل کریں۔ برقی دباؤ کرنے سے ڈیوڈ کے برقی دباؤ میں تبدیلی حاصل کریں۔

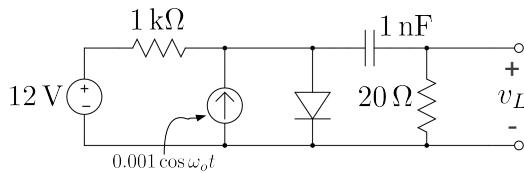
جواب: 115 mV, 57 mV:

سوال ۲.۲۰: ڈیوڈ کے مساوات  $i_D = I_0 e^{\frac{v_D}{V_T}}$  کامکلاڑی سلسلہ ۲۰۰۸ میں حاصل کریں۔ اگر  $V_T \ll v_D$  ہو تو اس سلسلہ کے صرف پہلے دو حصے لیتے ہوئے ثابت کریں کہ  $i_D \approx I_0 + \frac{v_d}{r_d}$  کہا جا سکتا ہے جہاں  $r_d = \frac{V_T}{I_0}$  کے رابر ہے۔

سوال ۲.۲۱: شکل ۲.۸۲ میں ڈیوڈ کا دور کھایا گیا ہے۔  $I_S = 10 \text{ fA}$  اور  $V_T = 25 \text{ mV}$  لیتے ہوئے ڈیوڈ میں یک سمت برقی دوہرانے کے طریقے ۲۹ میں حاصل کریں۔

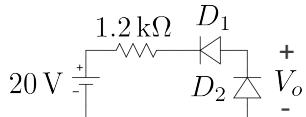
جواب:  $V_D = 0.7 \text{ V}$  تصور کرتے ہوئے 11.3 mA حاصل ہوتا ہے جسے استعمال کرتے ہوئے  $V_D$  کی قیمت 0.69383 V حاصل ہوتا ہے۔ اسی طرح متوازن حل کرتے ہوئے  $11.306 \text{ mA}$ ،  $0.69384 \text{ V}$ ،  $11.306 \text{ mA}$  حاصل ہوتے ہیں۔ یوں اس آخری جواب کو یک سمت برقی رو سیا جاتا ہے۔

سوال ۲.۲۲: مندرجہ بالامثال کے نتائج استعمال کرتے ہوئے  $s$ /rad/s پر شکل میں بدلتا برقی دباؤ  $v_L$  حاصل کریں۔



شکل ۲.۸۲: دہرانے کے طریقے کی مثال

$$i_D = \begin{cases} 2 \times 10^{-3}v_D^2, & v_D \geq 0 \\ -I_o, & v_D < 0 \end{cases}$$



شکل ۲.۸۳: ڈائیوڈ کی مربع مساوات

جوابات:

$$\begin{aligned} r_d &= 2.2\Omega \\ 0.000044 \cos(5 \times 10^6 t + 1.55) \\ 0.0018 \cos(5 \times 10^8 t + 0.42) \\ 0.00198 \cos(5 \times 10^{10} t + 0.0045) \end{aligned}$$

سوال ۲.۲۳: ڈائیوڈ کے خط کے گول ہے کو دیکھتے ہوئے یوں معلوم ہوتا ہے جیسے یہ  $x^2 = y$  کا خط ہے۔ ڈائیوڈ کے خط کو کبھی کبھار سادہ بنانے کے عنصر میں  $i_D = \alpha v_D^2$  لکھا جاتا ہے۔ شکل ۲.۸۳ میں بالکل یکساں ڈائیوڈ استعمال کئے گئے ہیں جن کی مساوات بھی شکل میں دی گئی ہے۔  $V_o$  حاصل کریں۔

$$V_o = 10 - 600I_o$$

سوال ۲.۲۴: شکل ۲.۸۳ میں  $V_D = 0.68\text{ V}$  پر ڈائیوڈ میں  $I_D = 30\text{ mA}$  گزارتا ہے۔

۱. ڈائیوڈ کے خط پر یک سمت خط پوچھ کھینچ کر نقطہ مائل حاصل کریں۔

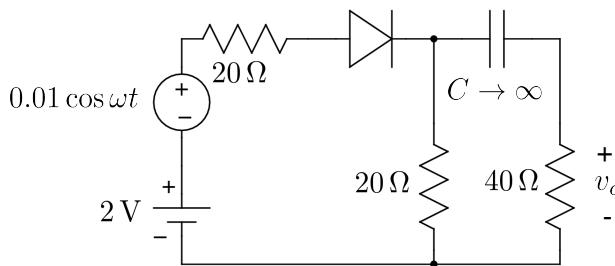
۲. نقطہ مائل پر ڈائیوڈ کی مسازاحت  $r_d$  حاصل کریں۔

۳. بدلتا برقی دباؤ  $v_o$  حاصل کریں۔

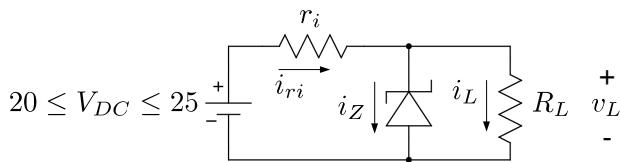
۴. نقطہ مائل پر بدلتا راو، خط پوچھ کھینچیں۔

جوابات:  $0.0019 \cos \omega t$ ,  $36.7\Omega$ ,  $0.68\text{ V}$ ,  $33\text{ mA}$

سوال ۲.۲۵: شکل ۲.۸۵ میں دکھائے زینتر ڈائیوڈ پر اس وقت تک  $12\text{ V}$  کا برقی دباؤ برقرار رہتا ہے جب تک اس میں  $200\text{ mA}$  اور  $2\text{ mA}$  کا برقی رو گزرا رہا ہو۔  $R_L = 60\Omega$  ہے۔



شکل ۲.۸۳: خط بوجھ کا سوال

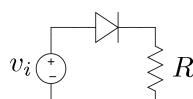


شکل ۲.۸۵: زینر ڈائیوڈ کا سوال

۱.  $r_i$  کی وہ قیمت حاصل کریں جس پر یک سست برقی دباؤ 20 V اور 25 V تبدیل کرتے ہوئے زینر ڈائیوڈ پر 12 V برفتار اریں۔

۲. زینر ڈائیوڈ میں زیادہ طاقت کا ضیاء حاصل کریں۔

جوابات: جب تک زینر پر بارہ دوائے رہیں تو  $i_L = \frac{12}{60} = 0.2 A$  رہے گا۔ لہذا حاصلی برقی دباؤ تبدیل کرنے سے صرف زینر ڈائیوڈ میں برقی رو تبدیل ہوتا ہے۔ 20 V پر زینر میں کم میں کم 2 mA رکھتے ہوئے  $i_{ri} = 0.202 A$  ہو گا جس سے  $r_i = 39.6 \Omega$  حاصل ہوتا ہے۔ داھنی برقی دباؤ 30 V کرنے سے  $i_{ri} = 1.5384 A$  ہو گا جس سے  $i_Z = 0.3282 A$  اور طاقت کا ضیاء  $1.5384 W = 0.3282 A \times 12 V = 3.9384 W$  ہو گا۔



شکل ۲.۸۲: ڈائیوڈ کی برقدرو

سوال ۲.۲۶ میں بدلتے مزاجت  $R_L$  اور بدلتے داخلی برقی دباؤ کی صورت میں  $v_L$  کو زینترڈائوڈ کے مدد سے برقرار کیا گیا ہے۔ اس سوال میں  $R_L$  کی قیمت  $150 \Omega$  اور  $1200 \Omega$  جبکہ داخلی برقی دباؤ  $20.2 V$  اور  $20.2 V$  تبدیل ہو سکتے ہیں۔ گزشتہ سوال میں اس زینترڈائوڈ کے خصوصیات بیان کئے گئے ہیں۔

۱. درکار  $r_i$  کی قیمت حاصل کریں۔
۲. حاصل کردہ  $r_i$  کو استعمال کرتے ہوئے  $\Omega = 150$  بوجھ اور  $20.2 V$  داخلی برقی دباؤ پر  $i_L$ ،  $i_{ri}$  اور  $i_Z$  حاصل کریں۔
۳. حاصل کردہ  $r_i$  کو استعمال کرتے ہوئے  $\Omega = 150$  بوجھ اور  $25 V$  داخلی برقی دباؤ پر  $i_L$ ،  $i_{ri}$  اور  $i_Z$  حاصل کریں۔
۴. حاصل کردہ  $r_i$  کو استعمال کرتے ہوئے  $\Omega = 1200$  بوجھ اور  $20.2 V$  داخلی برقی دباؤ پر  $i_L$ ،  $i_{ri}$  اور  $i_Z$  حاصل کریں۔
۵. حاصل کردہ  $r_i$  کو استعمال کرتے ہوئے  $\Omega = 1200$  بوجھ اور  $25 V$  داخلی برقی دباؤ پر  $i_L$ ،  $i_{ri}$  اور  $i_Z$  حاصل کریں۔

جوابات:

$$1. r_i = 100 \Omega$$

$$2. i_L = 80 \text{ mA}, \quad i_{ri} = 82 \text{ mA}, \quad i_Z = 2 \text{ mA}$$

$$3. i_L = 80 \text{ mA}, \quad i_{ri} = 130 \text{ mA}, \quad i_Z = 50 \text{ mA}$$

$$4. i_L = 10 \text{ mA}, \quad i_{ri} = 82 \text{ mA}, \quad i_Z = 72 \text{ mA}$$

$$5. i_L = 10 \text{ mA}, \quad i_{ri} = 130 \text{ mA}, \quad i_Z = 120 \text{ mA}$$

سوال ۲.۲۷ میں  $\Omega = 100 \Omega$  استعمال کیا جاتا ہے۔ داخلی برقی دباؤ  $20.2 V$  کی صورت میں  $r_i = 100 \Omega$  کر دیا جاتا ہے۔ اس صورت میں  $i_L$ ،  $v_L$  اور  $i_Z$  حاصل کریں۔

جوابات:  $V = 6.7333 V$ ،  $i_L = 134.666 \text{ mA}$  اور زینتر گھنے کے کم برقی دباؤ پر زینترڈائوڈ میں برقی رو  $0 A$  ہوتی ہے۔

سوال ۲.۲۸ میں آدھا سمت کارڈ کھایا گیا ہے جسے کم برقی دباؤ پر زینترڈائوڈ میں برقی رو  $1 A$  کی اوسط برقی رو برداشت کر سکتا ہے۔ مزاجت کی کم سے کم قیمت حاصل کریں۔

جواب: زینترڈائوڈ آدھے لہر کے لئے چا اور ہستا ہے۔ آدھے لہر کی اوسط برقی رو  $\frac{V_p}{\pi R}$  کے برابر ہے۔ یہ  $R = 98.676 \Omega$  حاصل ہوتا ہے۔



## باب ۳

### ٹرانزسٹر (دوجو ڈنگن)

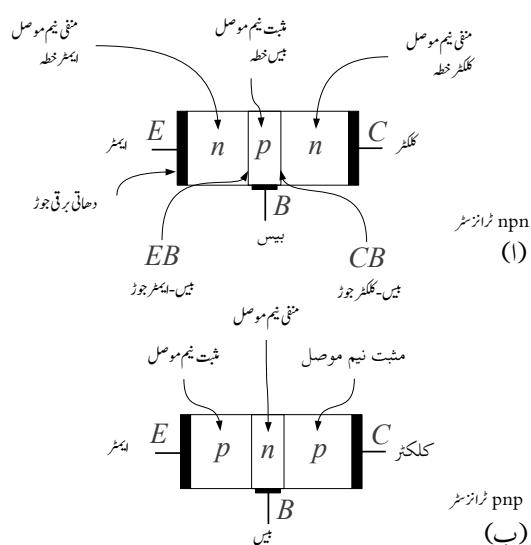
برقیات میں دو اقسام کے پڑھ جاتے ہیں۔ ان میں مزاحمت، کپیسٹر، امالہ اور ڈائیوڈ کو خیہر عاملہ<sup>۱</sup> اپر زہ جاتے پکار جاتا ہے جبکہ ٹرانزسٹر<sup>۲</sup> کے دیگر اقسام کو عاملہ<sup>۳</sup> پڑھ جاتے پکار جاتا ہے۔ برقیات کی ترقی ٹرانزسٹر کی ایجاد کی وجہ سے ہے۔ اس باب میں دوجو ڈنگن پر غور کیا جائے گا۔ دوجو ڈنگن پر ٹرانزسٹر کو عموماً صرف ٹرانزسٹر کہتے ہیں۔ اگلے باب میں برقی میدان سے چلنے والے ٹرانزسٹر پر غور کیا جائے گا۔ برقی میدان سے چلنے والے ٹرانزسٹر کو اس کتاب میں میدانی ٹرانزسٹر<sup>۴</sup> کہا جائے گا۔

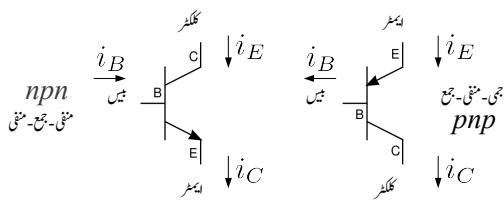
#### ۳.۱ ٹرانزسٹر کی ساخت اور اس کی بنیادی کارکردگی

شکل ۳.۱ میں دو اقسام کے ٹرانزسٹروں کی بناءٹ دکھائی گئی ہے۔ شکل اف۔ میں دو منی نیم موصل خطوں کے مابین ایک ثابت نیم موصل خط سیٹاگیا ہے۔ اس قم کے ٹرانزسٹر کو منفی<sup>۵</sup>-ججع<sup>۶</sup>-منفی ٹرانزسٹر<sup>۷</sup> npn ٹرانزسٹر کہتے ہیں۔ ان تین نیم موصل خطوں کو ایمپٹ خط<sup>۸</sup>، بیئر خط<sup>۹</sup> اور کلکٹر خط<sup>۱۰</sup> کہتے ہیں۔ شکل میں ان کی وضاحت کی گئی ہے۔ اس کے برخلاف شکل ب میں دو ثابت نیم موصل خطوں کے مابین ایک منی نیم موصل خط سیٹاگیا ہے۔ اس قم کے ٹرانزسٹر کو ججع<sup>۱۱</sup>-منفی<sup>۱۲</sup>-ججع ٹرانزسٹر<sup>۱۳</sup> pnp ٹرانزسٹر کہتے ہیں۔ منی<sup>۱۴</sup>-ججع<sup>۱۵</sup>-منی ٹرانزسٹر کے تین برقی سرے ہیں جنہیں ایمپٹ<sup>۱۶</sup> E، کلکٹر<sup>۱۷</sup> C اور بیئر<sup>۱۸</sup> B کہتے ہیں۔ اس ٹرانزسٹر میں منی نیم موصل n اور ثابت نیم

passive<sup>۱</sup>  
transistor<sup>۲</sup>  
active<sup>۳</sup>  
field effect transistor<sup>۷</sup>  
emitter<sup>۸</sup>  
base<sup>۹</sup>  
collector<sup>۱۰</sup>  
emitter<sup>۱۱</sup>  
collector<sup>۱۲</sup>  
base<sup>۱۳</sup>

باب ۳. ٹرانزسٹر (دیجیٹر ایٹم)





شکل ۳.۲: ٹرانزسٹر کے علامات

جدول ۳.۲: ٹرانزسٹر کے تین مختلف انداز کارکردگی

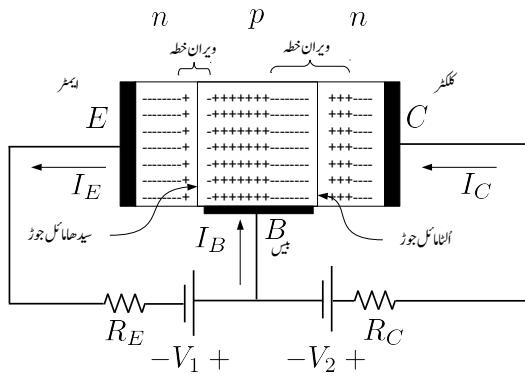
انداز کارکردگی	بیس-بیٹری جوڑ	بیس-گلکشن جوڑ
افزاں نہیں کارکردگی	سیدھا مائل	غیر سیدھا مائل
افزاں نہیں کارکردگی	سیدھا مائل	سیدھا مائل
متفقہ حالت	الٹامائل	الٹامائل

موصل  $p$  خطوں کے درمیان دو  $n-p$  جوڑ ہیں جنہیں بیس-بیٹری جوڑ اور بیس-گلکشن جوڑ  $BC$  جوڑ کہتے ہیں۔ شکل ۳.۲ میں دو جوڑ ٹرانزسٹر کے واقعیات کے علامات کہائے گئے ہیں۔ بیس-بیٹری جوڑ پر تیر کا نشان ٹرانزسٹر میں اس جوڑے گرتی بر قی صحیح سمت دکھلاتا ہے۔ یوں  $npn$  ٹرانزسٹر میں بیٹری سرے سے بر قی رو  $E$  نا باہر کی جانب کو جبکہ باقی دوسروں پر بر قی رو ٹرانزسٹر کے اندر جانب کو ہوگی۔ ٹرانزسٹر میں بیٹری سرے پر بر قی رو اندر جانب جبکہ باقی دوسروں پر بر قی رو کی سمت ٹرانزسٹر کے باہر جانب کو ہوگی۔ ٹرانزسٹر کے بیس-بیٹری جوڑ کو سیدھا مائل یا الٹا مائل کر کے ٹرانزسٹر کو تین مختلف طریقوں پر چالایا جاسکتا ہے۔ جدول ۳.۲ میں ٹرانزسٹر مائل کرنے کے تین ممکن طریقے دکھائے گئے ہیں۔ ٹرانزسٹر کو جطور ایک پیغام استعمال کرنے کی خاطر اسے افراہنہ "حال" میں رکھا جاتا ہے۔ عددی ادوار ۱۱ میں ٹرانزسٹر کے غیر افراہنہ "حال" اور متفقہ "حال" دونوں استعمال ہوتے ہیں۔

### ۳.۲ افزاں نہیں کارکردگی - جمع - متفہی $npn$ ٹرانزسٹر کی

شکل ۳.۲ میں متفہی - جمع - متفہی  $npn$  ٹرانزسٹر کو اس طرح بر قی دباد مہیا کئے گئے ہیں کہ اس کا بیس-بیٹری جوڑ سیدھا مائل جبکہ اس کا بیس-گلکشن جوڑ  $BC$  جوڑ الٹا مائل ہو۔ یوں بیس-بیٹری  $BE$  جوڑ پر سیدھا اور ان خطے کی لمبائی کم ہو جائے گی جبکہ بیس-گلکشن  $BC$  جوڑ پر سیدھا اور ان خطے کی لمبائی بڑھ جائے گی۔ شکل میں متفہی - جمع - متفہی  $npn$

active<sup>۱۱</sup>  
digital circuits<sup>۱۲</sup>  
saturation<sup>۱۳</sup>  
cutoff<sup>۱۴</sup>



شکل ۳.۳: بیس-ایمپر جوڑ سیدھا مائل جبکہ بیس-مکل جوڑ اٹ مائل کیا گیا ہے

ٹرانزسٹر کے بر قی سروں پر بر قی روکی مستیں دکھائی گئی ہیں۔ شکل میں یہس خطے کے لمبائی کو بڑھا چھڑھا کر دکھایا گیا ہے۔  $npn$  ٹرانزسٹر کی کارکردگی کا داروں مدار و  $n$  خطوں کا انتباہی متریب متریب ہونے پر ہے۔ یہں حقیقت میں یہس خطے کی لمبائی ماسٹیک و میٹر  $\mu m$  ہوتی ہے۔ شکل ۳۔۲ میں اس ٹرانزسٹر میں باروں کے حسرکت کی وضاحت کی گئی ہے۔ یہس ٹیکٹر جوڑ بالکل ڈیلوڈ کی مانند عمل کرتا ہے۔ یہ رونی بر قی دادا کی وجہ سے آزاد الیکٹران ٹیکٹر خطے سے یہس خطے میں داخل ہوتے ہیں۔ ان الیکٹرانوں کو شکل میں مداغلہ الیکٹران<sup>۱۵</sup> کہا گیا ہے۔ اسی طرح یہس خطے سے آزاد خنلوں ٹیکٹر خطے میں داخل ہوتے ہیں۔ ان خنلوں کو شکل میں مداغلہ غلو<sup>۱۶</sup> کہا گیا ہے۔ مقنی-جع- مقنی ٹرانزسٹر کی کارکردگی مدا خنل الیکٹرانوں پر محصسر ہوتی ہے جبکہ مدا خنل خنلاس میں کوئی کردار ادا نہیں کرتے۔ چونکہ مدا خنل الیکٹرانوں کی تعداد ایٹم میں ملاوٹی ایٹم کی تعداد کثافت<sup>۱۷</sup>  $N_D$  پر محصسر ہے جبکہ مدا خنل خنلوں کی تعداد ایٹم میں ملاوٹی ایٹم کی تعداد کثافت<sup>۱۸</sup>  $N_A$  پر محصسر ہے لہذا ٹرانزسٹر کے یہس خطے میں  $N_D$  کی قیمت یہس خطے میں  $N_A$  کی قیمت سے کمی درجہ زیادہ رکھی جاتی ہے۔ شکل ۳۔۵ میں مقنی-جع- مقنی ٹرانزسٹر میں باروں کی حسرکت دکھائی گئی ہے۔ چونکہ روائی بر قی دادا ایکٹران کے بیسا کی مستیں اپس میں الٹے ہوتی ہیں لہذا اس ٹرانزسٹر کے یہس سرے پر ایکٹران کا پیداوارنکری جتابن ہو گا۔ فرش کریں کہ یہس سرے پر ہر سینکڑا  $x$  ایکٹران ٹرانزسٹر میں داخل ہوتے ہیں۔ الیکٹران کا پر قی بار<sup>۱۹</sup>  $-q$  لکھتے ہوئے یہس سرے پر قی دو  $E_I$  کی قیمت

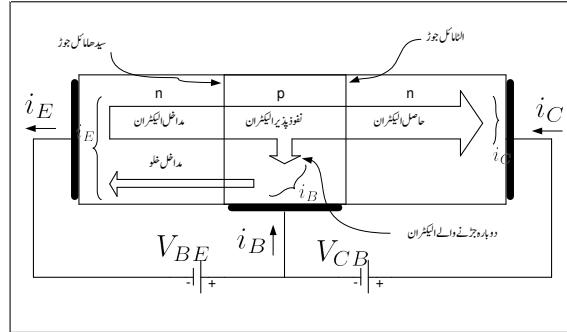
$$(\mathfrak{r},!)$$

بیرونی بر قی دبا نیس۔ بکھر جوڑ کو سیدھا مائل کئے ہوئے ہیں۔ یوں اس جوڑ میں بالکل سیدھے مائل ڈایوڈ کی طرح ہوگی۔ بیرونی بر قی دبا نیس۔ بکھر جوڑ کو سیدھا مائل کئے ہوئے ہیں۔ یوں اس جوڑ میں بالکل سیدھے مائل ڈایوڈ کی طرح ہوگی۔ بیرونی بر قی دبا نیس۔ بکھر جوڑ کو سیدھا مائل کئے ہوئے ہیں۔ یوں اس جوڑ میں بالکل سیدھے مائل ڈایوڈ کی طرح ہوگی۔ بیرونی بر قی دبا نیس۔ بکھر جوڑ کو سیدھا مائل کئے ہوئے ہیں۔ یوں اس جوڑ میں بالکل سیدھے مائل ڈایوڈ کی طرح ہوگی۔ بیرونی بر قی دبا نیس۔ بکھر جوڑ کو سیدھا مائل کئے ہوئے ہیں۔ یوں اس جوڑ میں بالکل سیدھے مائل ڈایوڈ کی طرح ہوگی۔

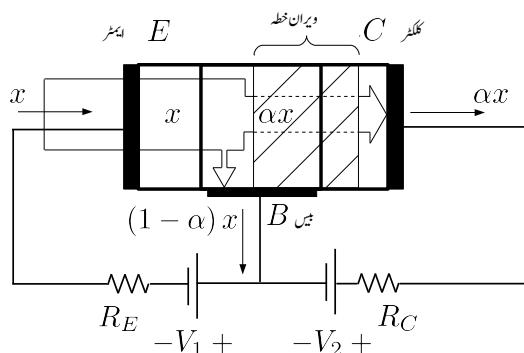
injected electrons<sup>15</sup>  
 injected holes<sup>14</sup>  
 number density<sup>12</sup>  
 charge<sup>18</sup>

<sup>19</sup> میں حنلوکے بہا و کو نظر انداز کس آگے۔ اس کی بات آگے حاکر ہو گی

### ۳.۲. افراستہ حال مفہی-جع-مفہی $npn$ ٹرانزسٹر کی کارکردگی



شکل ۳.۲:  $npn$  ٹرانزسٹر میں باروں کی حرکت



شکل ۳.۵:  $npn$  ٹرانزسٹر میں اسیکٹ انوں کا بیباو

جانب نفوذ پذیر ہوں گے۔ جیسا پہلے ذکر ہوا یہ میں خط کا بیشتر حصہ ویران خط بن چکا ہے۔ یہ میں خط میں مداخلہ ایکٹر ان اس باریکے لمبائی والے یہ میں خط سے ٹرانزسٹر کے بیرونی سرے  $B$  تک پہنچنے کی کوشش کریں گے۔ ایسے ایکٹر ان حسروں کی بدولت یہ میں خط میں ہر جانب نفوذ پذیر ہوں گے تاہم بیرونی برقی دباؤ  $V_L$  کی وجہ سے ان کی اوپر رفتار برقی سرے  $B$  کی جانب ہوتی ہے۔ ان ایکٹر انوں میں سے متعدد ایکٹر ان اس سفر کے دوران یہ میں گلکشہ جوڑ کے دیران خط میں داخل ہو جاتے ہیں۔ جیسا کہ آپ جانتے ہیں کہ اس ویران خط سے منفی بار تیزی سے دائیں جانب لیجنی گلکشہ خط میں تقتل ہو جاتے ہیں۔ یہاں  $x$  ایکٹر انوں کا بیشتر حصہ گلکشہ خط میں پہنچ جاتا ہے اور یہاں سے ٹرانزسٹر کے بیرونی گلکشہ سرے پر پہنچ کر برقی رو  $I_C$  پیدا کرتا ہے۔ گلکشہ خط پہنچنے والے ایکٹر انوں کی تعداد کو  $\alpha x$  لکھا جا سکتا ہے جہاں  $\alpha$  کی قیمت عموماً ۰.۹۹ ہوتی ہے۔ یہاں گلکشہ سرے پر برقی رو  $I_C$  کی قیمت

$$(3.2) \quad I_C = \alpha x q$$

ہو گی۔ بقیا ایکٹر ان یعنی  $(1 - \alpha)$  ایکٹر ان ٹرانزسٹر کے بیرونی یہ میں سرے پہنچ کر برقی رو  $I_B$  کو جسم دیتے ہیں یعنی

$$(3.3) \quad I_B = (1 - \alpha)x q$$

ان تین مساواتوں سے حاصل ہوتا ہے

$$(3.4) \quad \begin{aligned} I_E &= x q \\ I_C &= \alpha x q = \alpha I_E \\ I_B &= (1 - \alpha)x q = (1 - \alpha)I_E \\ I_E &= I_B + I_C \end{aligned}$$

ان سے مزید حاصل ہوتا ہے

$$(3.5) \quad \begin{aligned} I_C &= \alpha I_E = \frac{\alpha}{1 - \alpha} I_B = \beta I_B \\ I_E &= I_C + I_B = (\beta + 1) I_B \end{aligned}$$

جہاں

$$(3.6) \quad \beta = \frac{\alpha}{1 - \alpha}$$

لکھا گیا ہے۔ مساواتے ۳.۵ کو گلکشہ میں دوبارہ لکھتے ہیں۔

$$(3.7) \quad I_C = \alpha I_E$$

$$(3.8) \quad \beta = \frac{I_C}{I_B}$$

$$(3.9) \quad I_E = (\beta + 1) I_B$$

چونکہ  $\alpha \approx 1$  ہوتا ہے لہذا مساوات ۳.۷ سے ظاہر ہے کہ  $I_C$  کی قیمت تقریباً  $I_E$  کے برابر ہوگی۔ مساوات ۳.۸ سے ظاہر ہے کہ  $\beta$  ٹرانزسٹر کی افزائش برقی روشن ہے۔  
مساوات ۳.۹ کو یوں بھی لکھ سکتے ہیں

$$(3.10) \quad \alpha = \frac{\beta}{\beta + 1}$$

مثال ۳: مندرجہ ذیل کے لئے  $\beta$  حاصل کریں۔

$$\alpha = 0.9 .1$$

$$\alpha = 0.99 .2$$

$$\alpha = 0.999 .3$$

حل:

$$\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha} = \frac{0.9}{1-0.9} = 9 .1$$

$$\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha} = \frac{0.99}{1-0.99} = 99 .2$$

$$\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha} = \frac{0.999}{1-0.999} = 999 .3$$

مثال ۴:  $\beta = 74$  کے لئے  $\alpha$  حاصل کریں۔

$$\alpha = \frac{\beta}{\beta+1} = \frac{74}{74+1} = 0.987$$

مثال ۵: ایک ٹرانزسٹر میں ہر سینکڑہ  $10^{15} \times 6$  الیکٹرون ہیس-بیٹر جوڑ سے گزرتے ہیں۔ اگر  $\alpha = 0.993$  ہو تو اس کے برقی سروں پر برقی رو حاصل کریں۔  
حل: الیکٹرون کا بار  $C = 1.6 \times 10^{-19}$  آئیٹی ہوئے

$$I_E = -nq = 6 \times 10^{15} \times 1.6 \times 10^{-19} = 9.6 \times 10^{-4} = 0.96 \text{ mA}$$

$$(3.11) \quad I_C = \alpha I_E = 0.993 \times 0.96 \times 10^{-3} = 0.95328 \text{ mA}$$

$$I_B = I_E - I_C = 6.72 \mu\text{A}$$

ٹرانزسٹر کی ایمیت  $\beta$  سے ملکے ہے۔ مساوات ۳.۸ کہتا ہے کہ  $I_C = \beta I_B$  ہے۔ یعنی گلکش سرے کا برقی رو بیس سرے کے برقی رو کے  $\beta$  گناہ ہے۔ یوں اگر  $\beta$  کی قیمت ۳۵ ہوتے تو بیس کے برقی رو کی میازیادہ کرنے سے گلکش سرے پر برقی رو کی قیمت ۳۵ گن کی میازیادہ ہو گی۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ بیس سرے پر تجویزی مقدار میں برقی رو گلکش سرے پر زیادہ مقدار کے برقی رو کو فتو اور کرنے ہے۔ اس عمل کو افرائٹ " کہتے ہیں۔ یوں  $\beta$  کو ٹرانزسٹر کی افرائٹ برقی رو " کہیں گے۔ ٹرانزسٹر کے افزاں کی صلاحیت ہی کی وجہ سے برقيات کے میدان کا وجود ہے۔

ٹرانزسٹر کا BE جوڑ بالکل سادہ ڈائوڈ کی طرح کردار ادا کرتا ہے۔ یوں اس جوڑ کے برقی رو کو

$$I_E = I'_S \left( e^{\frac{V_{BE}}{V_T} - 1} \right)$$

لکھتے ہوئے

$$I_C = \alpha I'_S \left( e^{\frac{V_{BE}}{V_T} - 1} \right)$$

$$I_B = \frac{\alpha I'_S}{\beta} \left( e^{\frac{V_{BE}}{V_T} - 1} \right)$$

لکھا جا سکتا ہے۔ اگر ہم  $\alpha I'_S$  کو لکھیں تو ان مساوات کو

$$(3.12) \quad I_E = \frac{I_C}{\alpha} \left( e^{\frac{V_{BE}}{V_T} - 1} \right)$$

$$I_C = I_S \left( e^{\frac{V_{BE}}{V_T} - 1} \right)$$

$$I_B = \frac{I_S}{\beta} \left( e^{\frac{V_{BE}}{V_T} - 1} \right)$$

لکھا جا سکتا ہے۔ اس کتاب میں مساوات ۳.۱۲ کے استعمال کے جواب میں گے۔ آپ نے دیکھا کہ  $I_B$  کی میازیادہ کرنے سے  $I_C$  بھی کی میازیادہ ہوتی ہے۔ حقیقت میں  $V_{BE}$  کی میازیادہ کرنے سے  $I_B$  کی میازیادہ کیا جاتا ہے۔ بیس۔ یونٹر جوڑ پر برقی رو بادے کی میازیادہ کرنے سے  $I_E$  کے مساوات ۳.۱۲ کے تحت کی میازیادہ ہو گی اور  $I_B$  بھی کی میازیادہ ہو گی۔ اور  $I_B$  کی شرح  $\beta$  رہے گا۔ اب تک کی گفتگو سے ظاہر ہے کہ  $n-p-n$  ٹرانزسٹر میں مداخل خلدوں کا  $I_C$  کے پیاد کرنے میں کوئی کردار نہیں۔ اسی لئے جیسا شروع میں ذکر ہوا مداخل خلدوں کی تعداد کم سے کم کوئی جوابی ہے۔

$\text{gain}^{rr}$   
current gain<sup>rr</sup>

مندرجہ بالا گفتگو میں یہیں۔ گلکشہر جوڑ کو اُن مائل رکھا گیا۔ اُنکے مائل ڈائیوڈ کی طرح اس جوڑ میں اٹی جناب برقی رو  $I_S$  گزرنے لگی۔ ڈائیوڈ کی طرح حقیقت میں اٹی برقی رو کی اصل قیمت تجزیے سے حاصل  $I_S$  کی قیمت سے کمی درجہ زیادہ ہوتی ہے اور اس کی قیمت اٹی برقی دباؤ پر مخصوص ہوتی ہے۔ ٹرانزسٹر میں اس برقی رو کو  $I_{CB0}$  کہا جاتا ہے۔  $I_{CB0}$  میں سردار اینڈسٹر سرے کو کھلے سرے رکھتے ہوئے ہیں۔ گلکشہر جوڑ پر اٹی برقی رو ہے۔ اور سادت حاصل کرتے وقت  $I_{CB0}$  کو نظر انداز کیا گیا ہے۔ یوں حقیقت میں

(۳.۱۳)

$$I_C = \alpha I_E + I_{CB0}$$

کے برابر ہے۔  $I_{CB0}$  کی قیمت درجہ حرارت  $10^{\circ}\text{C}$  بڑھانے سے تقریباً دو گنی ہوتی ہے۔ جب یہ ٹرانزسٹروں میں یہی  $I_{CB0}$  متاثر نہ ہو تو اس کتاب میں ہم  $I_{CB0}$  کو نظر انداز کریں گے۔  $npn$  ٹرانزسٹر اسی صورت افرازندہ رہتا ہے جب اس کے یہیں۔ یہ جوڑ کو سیدھا مائل جبکہ اس کے یہیں۔ گلکشہر جوڑ کو غیر چالو رکھا جاتا ہے۔ یوں ٹرانزسٹر کو افرازندہ حال رکھنے کی خاطر اس کے یہیں۔ یہ جوڑ پر برقی دباؤ  $V_{BE}$  مثبت رکھتی ہے جبکہ اس کے یہیں۔ گلکشہر جوڑ پر برقی دباؤ  $V_{BC}$  کو یا تو مفہی رکھا جاتا ہے اور یا اسے چالو کر کہ برقی دباؤ یعنی  $0.5\text{V}$  سے کم رکھا جاتا ہے۔ سیدھے مائل یہیں۔ یہ جوڑ پر کسی بھی سیدھے مائل جمع۔ مفہی جوڑ کی طرح برقی دباؤ کو  $0.7\text{V}$  تصور کیا جاتا ہے۔

اب تک کے بحث میں  $\beta$  کو مستقل تصور کیا گیا۔ درحقیقت میں  $\beta$  کی قیمت از خود  $i_n$  پر مخصوص ہوتی ہے۔ شکل ۳.۶ میں کسی ایک ٹرانزسٹر کو مثال بنتا ہے  $\beta$  اور  $i_n$  کا تقاضہ رکھا یا گیا ہے۔ کسی بھی ٹرانزسٹر کو عموماً کسی حنصال برقی رو کے لگ گے استعمال کیا جاتا ہے۔ شکل میں اس کی نشاندہی کی گئی ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ اس خطے میں  $\beta$  کی قیمت بہت زیادہ تبدیل نہیں ہوتی اور یوں  $\beta$  میں تبدیلی کو نظر انداز کرتے ہوئے اس خطے میں اوسط  $\beta$  کے قیمت کو ٹرانزسٹر کا  $\beta$  تصور کیا جاتا ہے۔ اس کتاب میں  $i_n$  کے تبدیلی سے  $\beta$  کے تبدیلی کو نظر انداز کیا جائے گا۔

$\beta$  دو یک سست برقی رو یعنی  $I_C$  اور  $I_B$  کی شرح ہے جسے عوام  $h_{FE}$  بھی لکھا جاتا ہے یعنی

(۳.۱۴)

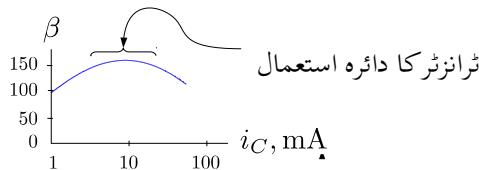
$$\beta = h_{FE} = \frac{I_C}{I_B}$$

ٹرانزسٹر کو اشارے کی افراز اش کے لئے استعمال کیا جاتا ہے جو کہ یک سست نہیں بلکہ بدلتا برقی دبایہ بدلتا برقی رو ہوتا ہے۔ یوں ٹرانزسٹر استعمال کرتے ہوئے ہمیں اس کے  $\frac{i_c}{i_b}$  یعنی  $\frac{\Delta i_c}{\Delta i_b}$  سے زیادہ دلچسپی ہے۔ اس شرح کو  $h_{fe}$  کہتے ہیں یعنی

(۳.۱۵)

$$h_{fe} = \frac{\Delta i_c}{\Delta i_b} = \frac{i_c}{i_b}$$

یوں  $h_{FE}$  کو ٹرانزسٹر کا یک سست افراز اش برقی رو جبکہ  $h_{fe}$  کو اس کا بدلتا افراز اش برقی رو کہا جاتا ہے۔ اگرچہ  $h_{FE}$  اور  $h_{fe}$  کے قیتیں مختلف ہوتی ہیں لیکن ان میں فرق بہت زیادہ نہیں ہوتا۔ اس کتاب میں  $h_{FE}$  اور  $h_{fe}$  میں فرق کو نظر انداز کرتے ہوئے نہیں ایک ہی قیمت کا تصور کرتے ہوئے  $\beta$  سے ظاہر کیا جائے گا۔



شکل۔۳: افناش بالقابل برقی رو

$$V_{BC} = V_B - V_C$$

$$V_{BE} = V_B - V_E$$

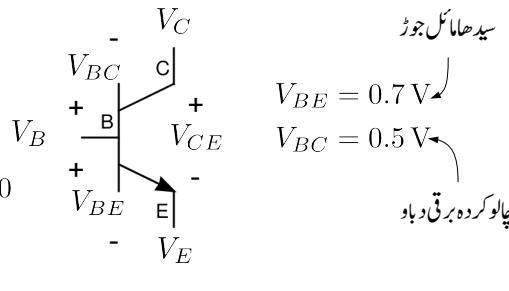
$$V_{CE} = V_C - V_E$$

$$V_{CE} + V_{BC} - V_{BE} = 0$$

$$V_{CE} = V_{BE} - V_{BC}$$

$$= 0.7 - 0.5$$

$$= 0.2 \text{ V}$$



شکل۔۴: ٹرانزسٹر کی غیر افناشندہ کردہ برقی دباؤ

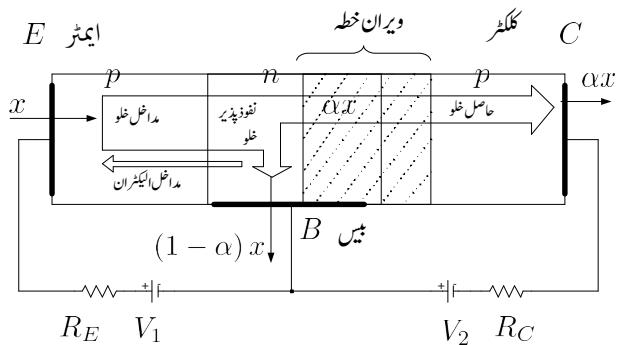
### ۳.۳ غیر افناشندہ کردہ برقی دباؤ

شکل۔۴ میں ٹرانزسٹر کے سیدھے مائل یعنی پیٹر جوڑ پر  $V_{BE} = 0.7 \text{ V}$  جبکہ اس کے بیس-گلکسٹ جوڑ پر  $V_{BC} = 0.5 \text{ V}$  دکھائے گے ہیں۔ جیسا شکل میں دکھایا گیا ہے اس صورت میں برقی دباؤ  $V_{CE}$  کی قیمت  $0.2 \text{ V}$  ہوتی ہے۔ اگر یہ میں۔ گلکسٹر جوڑ پر برقی دباؤ کو اس حد (یعنی پالو کرده برقی دباؤ) سے بڑھای جائے تو  $V_{CE}$  کی قیمت  $0.2 \text{ V}$  سے کم ہو جائے گی اور ٹرانزسٹر غیر افناشندہ صورت اختیار کر لے گا۔ لہذا افناشندہ حالت ٹرانزسٹر پر برقی دباؤ  $V_{CE}$  کی قیمت  $0.2 \text{ V}$  سے زیادہ رہتی ہے۔  $V_{CE}$  کے اس قیمت کو ٹرانزسٹر کا غیر افناشندہ برقی دباؤ غیر افناشندہ کہتے ہیں یعنی

$$(3.12) \quad V_{CEsat} = 0.2 \text{ V}$$

---


$$V_{CEsat}$$



شکل ۳.۸.۸ pnp ٹرانزسٹر میں خلوکاپیاو

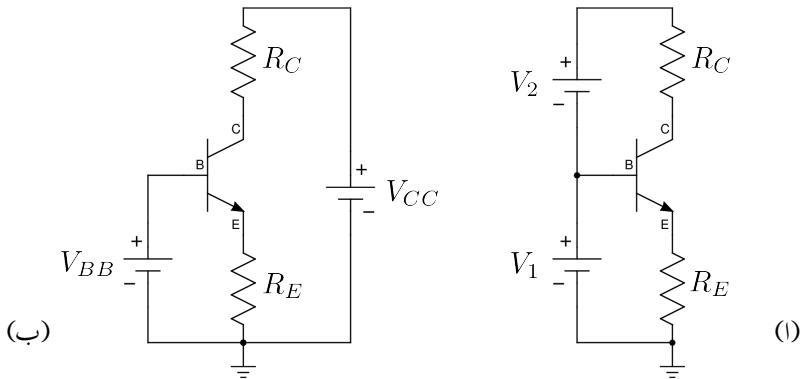
### ۳.۲.۲ افزاں نہدہ حال جمع-منفی- جمع pnp ٹرانزسٹر کی کارکردگی

شکل ۳.۸ میں pnp ٹرانزسٹر کے تیس-بیٹھر جوڑ کو سیدھا مائل جبکہ یہس-گلکٹر جوڑ کو اسماں مائل کرتے ہوئے اسے افزاں نہدہ خطے میں رکھا گیا ہے۔ pnp ٹرانزسٹر کی کارکردگی بالکل npn ٹرانزسٹر کی طرح ہے۔ منرق صرف اتنا ہے کہ npn ٹرانزسٹر میں برقی روکا و جوڈ ٹرانزسٹر میں الیکٹرون کی حرکت سے ہوتا ہے جبکہ pnp ٹرانزسٹر میں برقی روکا و جوڈ ٹرانزسٹر میں ٹلوواڑ کی حرکت سے ہوتا ہے۔

جیسا شکل میں دکھایا گیا ہے، بیرونی الگ برقی دباؤ  $V_1$  بیٹھر-یہس خلے میں بیٹھر خلے سے بیٹھر خلے میں اسیکٹر ان داخل ہوتے ہیں۔ چونکہ یہس سے بیٹھر خلے میں اسیکٹر ان کی تعداد اور کثافت بیٹھر میں خلوکی تعداد اور کثافت سے کمی درجے کم رکھی جاتی ہے لہذا بیٹھر خلے میں داخل ہونے والے خلوکوں کی تعداد یہس سے بیٹھر داخل ہونے والے اسیکٹر انوں کی تعداد اور کم درجے زیادہ ہوتی ہے۔ یہس خلے کی لمبا نہایت کم ہوتی ہے اور یہوں یہس خلے میں داخل ہونے والے خلوکوں کا بیشتر حصہ یہس۔ گلکٹر جوڑ پر پائے جانے والے ان خلے تک پہنچتا ہے۔ ویران خلے میں خلوکا داخل ہوتے ہیں میں جانے والے خلوکوں کا بیشتر حصہ یہس۔ گلکٹر میں دھلیل دے جاتے ہیں۔ یہوں بیٹھر سے یہس میں حnarج کئے جانے والے خلوکوں کا بیشتر حصہ گلکٹر پہنچ کر  $I_C$  پیدا کرتا ہے۔ گلکٹر کے دھلتی جوڑ پر پہنچنے والاہر خلوک، ٹرانزسٹر میں باہر سے آنے والے اسیکٹر ان کے ساتھ مسل کر ختم ہوتا ہے۔ یہوں بیرونی دور میں برقی روکا اسیکٹر ان کے حرکت سے جبکہ pnp کے اندر برقی روکلے کے حرکت سے پیدا ہوتا ہے۔

### ۳.۲.۳ $V_{EC}$ اور $V_{EB}$ کے pnp

$V_{CE}$  ٹرانزسٹر کے سیدھے مائل تیس-بیٹھر جوڑ پر  $V_{BE} = 0.7 \text{ V}$  پایا جاتا ہے اور  $0.2 \text{ V} =$  غیر افزاں نہدہ  $V_{CE}$  پر ٹرانزسٹر غیر افزاں نہدہ ہو جاتا ہے۔ pnp ٹرانزسٹر میں کہی ایسا ہی ہوتا ہے پس جوڑ کے نام اٹکھنے پڑتے ہیں لیکن یہی pnp کے سیدھے مائل ایمٹر۔ یہس جوڑ پر  $0.7 \text{ V}$  پایا جاتا ہے اور  $0.2 \text{ V} =$  غیر افزاں نہدہ  $V_{EC}$  پر ٹرانزسٹر غیر افزاں نہدہ ہو جاتا ہے۔



شكل ۹: ڈرائیور کو افسزائندہ حال مائل کرنے کے طریقے

۳.۵ نقطے کار کر دیگی اور یک سمت ادوار کا تخلیلی تحبز ہے

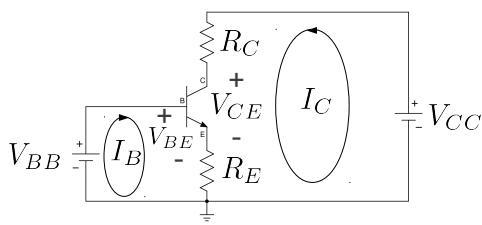
ٹرانزسٹر کے ساتھ مزاجحت (مسزاہتیں) اور یک سمت منبع برقی دباؤ (برقی دو) نسلکے کر کے اسے تین مختلف طرز پر چالایا جاسکتا ہے۔ ان تین طرز یوں کو جدول ۱۔۳ میں بیان کیا گیا ہے۔ ٹرانزسٹر کے قطعے کارکردگی (قطعہ ماں) پر اس کے یک سمت برقی رکو،  $I_E$ ،  $I_C$ ،  $I_B$  اور یک سمت برقی دباؤ کو،  $V_{BC}$ ،  $V_{BE}$ ،  $V_{CE}$  لکھتے ہیں۔ ڈائیوڈ کے قطعے ماں کی طرز پر ان قیمتوں کے لکھتے کا درست انداز  $I_{EQ}$ ،  $I_{CQ}$ ،  $I_{BQ}$  وغیرہ ہے۔ اس کتاب میں جہاں عنطیٰ کی گنجائش سے ہو، ان قیمتوں کو پہلی طرز پر لکھا جائے گا جیسے  $I_{CQ}$  کو  $I_C$  لکھا جائے گا۔ اس حصے میں ٹرانزسٹر کے یک سمت ادوار حل کرنے پر غور کیا جائے گا جس اس ٹرانزسٹر کے مختلف حال یعنی افراہنده حال، غیر افراہنده حال اور منقطعے حال باری باری دیکھے جائیں گے۔

۳.۵ افزائندہ ٹرانزسٹر کے یک سمت ادوار کا حل

ٹرانزسٹر کی علامت استعمال کرتے ہوئے شکل ۵.۳ کو شکل ۵.۶ کا میں دوبارہ دکھایا گیا ہے۔ شکل ۵.۶ کو شکل ۵.۷ کے طرز پر بھی بنایا جاسکتا ہے جسas  $V_1$  کی جگہ  $V_{CC}$  لکھا گیا ہے اور  $(V_1 + V_2)$  کی جگہ  $V_{CC}$  لکھا گیا ہے۔ ٹرانزسٹر ادا کو عموماً شکل ب کی طرز برنا پایا جاتا ہے۔

**مثال ۳.۹:** شکل ۳.۹ میں  $V_1$  کی قیمت تین ولٹ اور  $V_2$  کی قیمت آٹھ ولٹ ہونے کی صورت میں اس کے مساوی دور شکل ۳.۹ ب میں  $V_{CC}$  اور  $V_{BB}$  کی قیمتیں حاصل کریں۔

### ۳.۵ نقطہ کار کردگی اور یک سمت ادوار کا تحلیلی تجزیہ



$$\begin{aligned}V_{BB} &= V_{BE} + (I_B + I_C) R_E \\&= V_{BE} + I_E R_E \\I_E &= \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_E} \approx I_C \\V_{CC} &= I_C R_C + V_{CE} + I_E R_E \\&\approx I_C R_C + V_{CE} + I_C R_E \\V_{CE} &= V_{CC} - I_C (R_C + R_E)\end{aligned}$$

شکل ۳.۵: ٹرانزسٹر کا بنیادی دور

حل:

$$(3.17) \quad V_{BB} = V_1 = 3 \text{ V}$$

$$(3.18) \quad V_{CC} = V_1 + V_2 = 3 + 8 = 11 \text{ V}$$

لبذا  $V_{BB}$  کی قیمت تین ولٹ جبکہ  $V_{CC}$  کی قیمت گیارہ ولٹ ہے۔

شکل ۳.۶ میں ٹرانزسٹر کا دور کھایا گیا ہے۔ داخلی حبائب کر خوف کے وظائف برائے برقی دباؤ کی مدد سے ہم ٹرانزسٹر میں برقی دیوبنڈ حاصل کر سکتے ہیں۔

$$\begin{aligned}(3.19) \quad V_{BB} &= V_{BE} + (I_B + I_C) R_E \\V_{BB} &= V_{BE} + I_E R_E \\I_E &= \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_E} \\I_C &= \alpha I_E \\I_B &= \frac{I_E}{\beta + 1}\end{aligned}$$

جہاں دوسرے وتم پر  $I_E = I_B + I_C$  لکھا گیا ہے۔ ٹرانزسٹر کے ادوار حل کرتے ہوئے عسموماً  $I_C$  کے برائی تصور کیا جاتا ہے۔ ٹرانزسٹر کے سیدھے مائل نیمس۔ یعنی جوڑ پر برقی دباؤ کو  $V_{BE}$  لکھا جاتا ہے جس کی عسموی قیمت کسی بھی سیدھے مائل ڈائیوڈ کی طرح ۰.۷ V نظر کی جاتی ہے۔ یعنی

$$(3.20) \quad V_{BE} = 0.7 \text{ V}$$

اسی طرح خارجی حبائب کر خوف کے وظائف برائے برقی دباؤ کی مدد سے ٹرانزسٹر کے گلکسٹر۔ یعنی سروں کے مابین برقی

دباو  $V_{CE}$  یوں حاصل کی جاتی ہے۔

$$\begin{aligned}
 V_{CC} &= I_C R_C + V_{CE} + (I_B + I_C) R_E \\
 V_{CC} &= I_C R_C + V_{CE} + I_E R_E \\
 V_{CE} &= V_{CC} - I_C R_C - I_E R_E \\
 V_{CE} &\approx V_{CC} - I_C (R_C + R_E)
 \end{aligned}
 \tag{۳.۲۱}$$

جب اس نری متم پر  $I_E \approx I_C$  لیا گی۔ حاصل کردہ برقی دباو  $V_{CE}$  کی قیمت غیر افزاں ہے  $V_{CE, درست}$  کے کم ہونے کی صورت میں ٹرانزسٹر غیر افزاں ہے ہو گا اور مندرجہ بالا جوابات درست نہیں ہوں گے۔ اس صورت حاصل پر آگے جا کر تجزیے کیا جائے گا۔

### مثال ۳.۵: شکل ۳.۱۰ میں

$$\begin{aligned}
 V_{CC} &= 12 \text{ V} \\
 V_{BB} &= 1.2 \text{ V} \\
 R_C &= 10 \text{ k}\Omega \\
 R_E &= 1 \text{ k}\Omega
 \end{aligned}$$

ہونے کی صورت میں بر قی رو  $I_C$  اور بر قی دباو  $V_{CE}$  حاصل کریں۔  
حل: مادت ۳.۱۹ کی مدد سے

$$\begin{aligned}
 I_E &= \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_E} = \frac{1.2 - 0.7}{1000} = 0.5 \text{ mA} \\
 I_C &\approx I_E = 0.5 \text{ mA}
 \end{aligned}$$

اور مادت ۳.۲۱ کی مدد سے

$$\begin{aligned}
 V_{CE} &\approx V_{CC} - I_C (R_C + R_E) \\
 &= 12 - 0.5 \times 10^{-3} (10000 + 1000) \\
 &= 6.5 \text{ V}
 \end{aligned}$$

چونکہ حاصل کردہ  $V_{CE}$  کی قیمت غیر افزاں ہے لہذا افزاں ٹرانزسٹر افزاں ہے حاصل ہے اور یوں تمام حاصل کردہ جوابات درست ہیں۔

مثال ۳.۶: مثال ۳.۵ میں ٹرانزسٹر کی افزاں کش بر قی رو  $99 = \beta$  تصور کرتے ہوئے بر قی رو  $I_C$  اور بر قی دباو  $V_{CE}$  کی اصل قیمتیں حاصل کریں۔ ان قیتوں کا گزشتہ مثال میں حاصل کی گئی قیتوں سے موازنہ کریں۔

### ۳.۵ نقطہ کار کردگی اور یک سمت ادوار کا تحلیلی تجزیہ

۱۹۳

$$\text{حل: مسافت } ۳.۰ \text{ سے } \alpha = \frac{\beta}{\beta+1} = \frac{99}{99+1} = 0.99 \text{ ہے} \\ \text{یوں جبکہ مسافت } ۳.۲ \text{ سے } I_C = \alpha I_E = 0.99 \times 0.5 \text{ mA} = 0.495 \text{ mA}$$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C - I_E R_E \\ = 12 - (0.495 \times 10^{-3} \times 10000) - (0.5 \times 10^{-3} \times 1000) \\ = 6.55 \text{ V}$$

چونکہ حاصل کردہ  $V_{CE}$  کی قیمت غیر امنہ ہے لہذا اثر انز سٹر انزا نہ ہے حال ہے اور یوں یوں  
تم حاصل کردہ جوابات درست ہیں۔  
آپ دیکھ سکتے ہیں کہ  $\alpha$  کی قیمت ایک (۱) تصور کر کے یعنی اس کے اثر کو ظفر انداز کرتے ہوئے  $I_C$  کی قیمت  
کے بجائے ۰.۵ mA کا حاصل ہوتی ہے۔ دونوں جوابات میں صرف ۱.۰۱ % فرق ہے یعنی

$$\left| \frac{0.495 \times 10^{-3} - 0.5 \times 10^{-3}}{0.495 \times 10^{-3}} \right| \times 100 = 1.01 \%$$

اسی طرح دونوں مثابوں میں حاصل کئے گئے بر قی دباؤ  $V_{CE}$  میں ۰.۷۶ فن صدھا مندرجہ ہے یعنی

$$\left| \frac{6.55 - 6.5}{6.55} \right| \times 100 = 0.76 \%$$

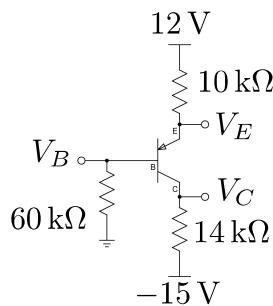
گزشتہ دو مثابوں سے ظاہر ہے کہ اثر انز سٹر کے ادوار حل کرتے ہوئے  $\alpha$  کی قیمت ایک (۱) تصور کی جاسکتی ہے۔ اثر انز سٹر کے ادوار فیلم و گانڈی کی مدد سے حل کرتے ہوئے عسموماً ایسا ہی کیا جاتا ہے اور نتیجتاً  $I_E$  کی جگہ  $I_C$  کی قیمت استعمال کی جاتی ہے۔  $I_E \approx I_C$  لینے کا مطلب  $I_B$  کو ظفر انداز کرنا ہے۔

مثال ۳.۳: شکل ۳.۱۱ میں  $V_E = 2.584 \text{ V}$  اور  $V_B = 1.884 \text{ V}$  میں۔ اثر انز سٹر کا  $\beta$  حاصل کریں۔ مزید  $I_C$  کا بھی تخمینہ لائیں۔  
حل: شکل کو دیکھ کر

$$I_B = \frac{1.884}{60000} = 31.4 \mu\text{A} \\ I_E = \frac{12 - 2.584}{10000} = 0.942 \text{ mA}$$

لکھے جاسکتے ہیں جن سے

$$\beta + 1 = \frac{I_E}{I_B} = \frac{0.942 \text{ mA}}{31.4 \mu\text{A}} = 30$$

شکل ۳.۳: ٹرانزسٹر کے  $\beta$  کا حصول۔

یعنی  $29 = \beta$  حاصل ہوتا ہے۔ اس طرح

$$I_C = \beta I_B = 29 \times 31.4 \mu\text{A} = 0.91 \text{ mA}$$

اور

$$V_C = 0.91 \times 10^{-3} \times 14000 - 15 = -2.26 \text{ V}$$

حاصل ہوتے ہیں۔

مثال ۳.۸: شکل ۳.۱۲ میں

$$V_{CC} = 12 \text{ V}$$

$$V_{BB} = 1.2 \text{ V}$$

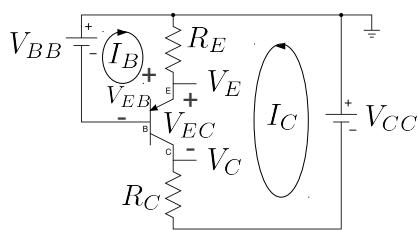
$$R_C = 10 \text{ k}\Omega$$

$$R_E = 1 \text{ k}\Omega$$

یہ۔  $I_C$  اور  $V_{EC}$  حاصل کریں۔  
حل: یہیں جانب کر خوف کے متanon برائے برقی دباؤ کی مدد سے

$$\begin{aligned} V_{BB} &= (I_B + I_C) R_E + V_{EB} \\ &= I_E R_E + V_{EB} \end{aligned}$$

### ۳.۵. نقطہ کار کردگی اور یہ سمت ادوار کا تحلیلی تجزیہ



$$\begin{aligned}V_{BB} &= (I_B + I_C) R_E + V_{EB} \\&= I_E R_E + V_{EB}\end{aligned}$$

$$I_E = \frac{V_{BB} - V_{EB}}{R_E} \approx I_C$$

$$\begin{aligned}V_{CC} &= I_E R_E + V_{EC} + I_C R_C \\&\approx I_C R_E + V_{EC} + I_C R_C \\V_{EC} &= V_{CC} - I_C (R_E + R_C)\end{aligned}$$

شکل ۳.۱۲: جمع منقی جمع ٹرانزسٹر کا سادہ دور

لکھا جا سکتا ہے جہاں دوسرے متد م پر  $I_E = I_B + I_C$  کو لکھا گیا ہے۔ یوں

$$I_E = \frac{V_{BB} - V_{EB}}{R_E} = \frac{1.2 - 0.7}{1000} = 0.5 \text{ mA}$$

$$I_C \approx I_E = 0.5 \text{ mA}$$

حصہ اصل ہوتا ہے۔ اسی طرح کر خوف کے متanon برائے برقی بادوکی مدد سے

$$\begin{aligned}V_{CC} &= (I_B + I_C) R_E + V_{EC} + I_C R_C \\&= I_E R_E + I_C R_C + V_{EC}\end{aligned}$$

لکھا جا سکتا ہے۔ اگر  $I_E \approx I_C$  ہے تو اسے تب

$$\begin{aligned}V_{EC} &= V_{CC} - I_C (R_E + R_C) \\&= 12 - 0.5 \times 10^{-3} \times (1000 + 10000) \\&= 6.5 \text{ V}\end{aligned}$$

حصہ اصل ہوتا ہے۔ اس مثال کا مثال ۳.۵ کے ساتھ موازنے کریں۔

مثال ۳.۶: شکل ۳.۱۳ میں دکھائے گئے ٹرانزسٹر دور میں

$$V_{CC} = 15 \text{ V}$$

$$V_{BB} = 1.1 \text{ V}$$

$$R_C = 5.6 \text{ k}\Omega$$

$$R_E = 900 \Omega$$

$$\beta = 36$$

بیں۔ اس دور میں ٹرانزسٹر کے تینوں سروں پر بر قی دباؤ اور بر قی روح حاصل کریں۔  
حول: ٹرانزسٹر کے داخلی جابے کر خوف کے متاثر برائے بر قی دباؤ کی مدد سے  $I_E$  حاصل کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned}V_{BB} &= V_{BE} + I_E R_E \\I_E &= \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_E} \\&= \frac{1.1 - 0.7}{900} \\&= 0.44 \text{ mA}\end{aligned}$$

عموماً  $I_C$  کو  $I_E$  کے برابر ہی تصور کیا جاتا ہے لیکن چونکہ یہاں خصوصی طور پر تمام بر قی روماگی کی ہیں لہذا ہم ان کی اصل قیمتیں حاصل کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned}\alpha &= \frac{\beta}{\beta + 1} \\&= \frac{36}{36 + 1} \\&= 0.97297\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}I_C &= \alpha I_E \\&= 0.97297 \times 0.4444 \times 10^{-3} \\&= 0.432 \text{ mA}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}I_B &= \frac{I_E}{\beta + 1} \\&= \frac{0.4444 \times 10^{-3}}{36 + 1} \\&= 12.01 \mu\text{A}\end{aligned}$$

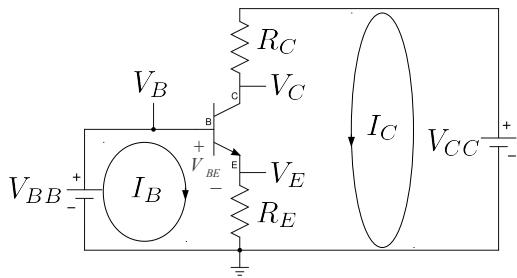
آپ دیکھ سکتے ہیں کہ  $\beta$  کی قیمت کم ہونے کی صورت میں  $I_C$  اور  $I_E$  کی قیتوں میں فرق بڑھ جاتا ہے اگرچہ انہیں پھر بھی، فسلم و کاغذ کی مدد سے حاصل کرتے ہوئے، برابری تصور کیا جاتا ہے۔  
ٹرانزسٹر کے سروں پر بر قی دباؤ حاصل کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned}V_C &= V_{CC} - I_C R_C \\&= 15 - 0.432 \times 10^{-3} \times 5.6 \times 10^3 \\&= 12.581 \text{ V}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_E &= I_E R_E \\&= 0.4444 \times 10^{-3} \times 900 \\&\approx 0.4 \text{ V}\end{aligned}$$

### ۳. نقطہ کار کردگی اور یہ سمت ادوار کا تحلیلی تجزیہ

۱۹۷



$$V_{BB} = V_{BE} + (I_B + I_C) R_E$$

$$= V_{BE} + I_E R_E$$

$$I_E = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_E} \approx I_C$$

$$V_C = V_{CC} - I_C R_C$$

$$V_E = I_E R_E$$

$$V_B = V_E + V_{BE}$$

$$= I_E R_E + V_{BE}$$

$$V_{CE} = V_C - V_E$$

$$= V_{CC} - I_C R_C - I_E R_E$$

شکل ۳.۱۲: ٹرانزسٹر دور کی مثال

$$\begin{aligned} V_B &= V_E + V_{BE} \\ &= 0.4 + 0.7 \\ &= 1.1 \text{ V} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{CE} &= V_C - V_E \\ &= 12.581 - 0.4 \\ &= 12.181 \text{ V} \end{aligned}$$

چونکہ ٹرانزسٹر کے بیس پر 1.1 V لگا کیا گیا ہے لہذا انٹرپریتی و باد کو یوں بھی حاصل کیا جاتا ہے

$$V_E = V_B - V_{BE} = 1.1 - 0.7 = 0.4 \text{ V}$$

مثال ۳.۱۰: شکل ۳.۱۲ میں دکھائے گئے ٹرانزسٹر دور میں

$$V_{CC} = 15 \text{ V}$$

$$V_{BB} = 1.1 \text{ V}$$

$$R_C = 5.6 \text{ k}\Omega$$

$$R_E = 900 \Omega$$

$$\beta = 36$$

بیں۔ اس دور میں ٹرانزسٹر کے تینوں سروں پر برقی دباؤ اور برقی روح حاصل کریں۔  
حکل: ٹرانزسٹر کے داخلی جابے کرخوف کے متاثر برائے برقی دباؤ کی مدد سے  $I_E$  حاصل کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned} V_{BB} &= I_E R_E + V_{EB} \\ I_E &= \frac{V_{BB} - V_{EB}}{R_E} \\ &= \frac{1.1 - 0.7}{900} \\ &= 0.44 \text{ mA} \end{aligned}$$

عسموماً اور  $I_C$  کے لیے یہ قیمتیں حاصل کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned} \alpha &= \frac{\beta}{\beta + 1} \\ &= \frac{36}{36 + 1} \\ &= 0.97297 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_C &= \alpha I_E \\ &= 0.97297 \times 0.4444 \times 10^{-3} \\ &= 0.432 \text{ mA} \end{aligned}$$

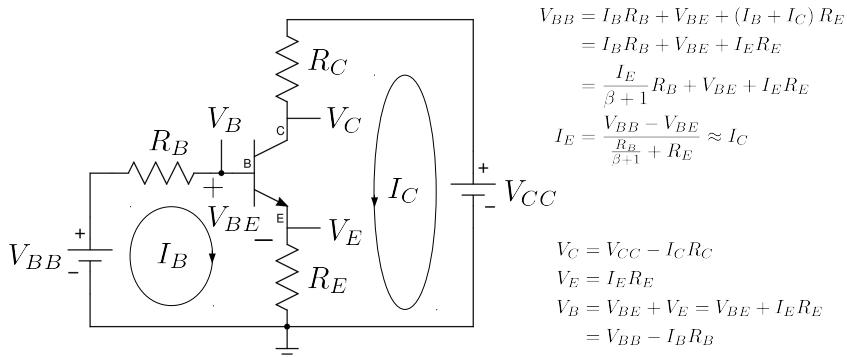
$$\begin{aligned} I_B &= \frac{I_E}{\beta + 1} \\ &= \frac{0.4444 \times 10^{-3}}{36 + 1} \\ &= 12.01 \mu\text{A} \end{aligned}$$

ٹرانزسٹر کے سروں پر برقی دباؤ حاصل کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned} V_C &= -V_{CC} + I_C R_C \\ &= -15 + 0.432 \times 10^{-3} \times 5.6 \times 10^3 \\ &= -12.581 \text{ V} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_E &= -I_E R_E \\ &= -0.4444 \times 10^{-3} \times 900 \\ &\approx -0.4 \text{ V} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_B &= V_E - V_{EB} \\ &= -0.4 - 0.7 \\ &= -1.1 \text{ V} \end{aligned}$$



شکل ۳.۲۷: مزادر جہاں تینوں سروں کے ساتھ مزاحمت منلکے ہیں

$$\begin{aligned}
 V_{EC} &= V_E - V_C \\
 &= -0.4 + 12.581 \\
 &= 12.181 \text{ V}
 \end{aligned}$$

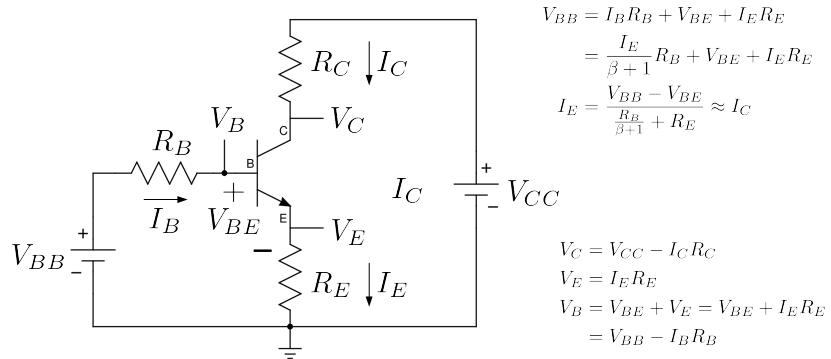
چونکہ تیس پر بر قی دباؤ  $1.1 \text{ V}$  لگ کر بھی حاصل کیا جاسکتا ہے یعنی

$$V_E = V_B + V_{EB} = -1.1 + 0.7 = -0.4 \text{ V}$$

شکل ۳.۲۸ میں دکھائے دوئے دھنی جناب  $R_B$  نصب کیا گیا ہے۔ اس دور کو بھی گزشتہ دوروں کی طرح حل کیا جاتا ہے۔ دھنی جناب کر خون کے قوت انہیں بر قی دباؤ کی مدد سے

$$\begin{aligned}
 V_{BB} &= I_B R_B + V_{BE} + (I_B + I_C) R_E \\
 V_{BB} &= \frac{I_E}{\beta + 1} R_B + V_{BE} + I_E R_E \\
 I_E &= \frac{V_{BB} - V_{BE}}{\frac{R_B}{\beta + 1} + R_E} \approx I_C
 \end{aligned} \tag{۳.۲۲}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اسی طرح دور کے حنارجی جناب ہم لکھ سکتے ہیں



شکل ۳.۱۵

$$(3.23) \quad V_{CC} = I_C R_C + V_{CE} + (I_B + I_C) R_E$$

$$(3.24) \quad V_{CC} = I_C R_C + V_{CE} + I_E R_E$$

$$(3.25) \quad V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C - I_E R_E$$

$$(3.26) \quad V_{CE} \approx V_{CC} - I_C (R_C + R_E)$$

مثال ۳.۱۵ میں

$$V_{CC} = 15 \text{ V}$$

$$V_{BB} = 1.1 \text{ V}$$

$$R_C = 5.6 \text{ k}\Omega$$

$$R_E = 900 \Omega$$

$$R_B = 3.3 \text{ k}\Omega$$

$$\beta = 36$$

ہونے کی صورت میں  $I_C$  اور  $V_{CE}$  حاصل کریں۔

حل: شکل میں ٹرانزسٹر کے تینوں سروں پر ٹرانزسٹر کے بر قی روکھے گئے ہیں۔ یوں میں جواب

$$\begin{aligned} V_{BB} &= I_B R_B + V_{BE} + I_E R_E \\ &= \left( \frac{I_E}{\beta + 1} \right) R_B + V_{BE} + I_E R_E \\ &= \left( \frac{R_B}{\beta + 1} + R_E \right) I_E + V_{BE} \end{aligned}$$

لکھ جاسکتا ہے جس سے

$$I_E = \frac{1.1 - 0.7}{\frac{3300}{36+1} + 900} = 0.404 \text{ mA} \approx I_C$$

حاصل ہوتا ہے۔ اسی طرح حنارجی جواب

$$\begin{aligned} V_{CC} &= I_C R_C + V_{CE} + I_E R_E \\ &\approx (R_C + R_E) I_C + V_{CE} \end{aligned}$$

۔

$$V_{CE} = 15 - 4.04 \times 10^{-4} \times (5600 + 900) = 12.374 \text{ V}$$

حاصل ہوتا ہے۔ چونکہ  $V_{CE}$  ہے لہذا ٹرانزسٹر افزاں نہ حال ہے اور  $V_{CE}$  کا بھی درست جواب ہے۔

مثال ۳.۱۲: شکل ۳.۱۲ میں

$$V_{CC} = 12 \text{ V}$$

$$V_{BB} = 1.2 \text{ V}$$

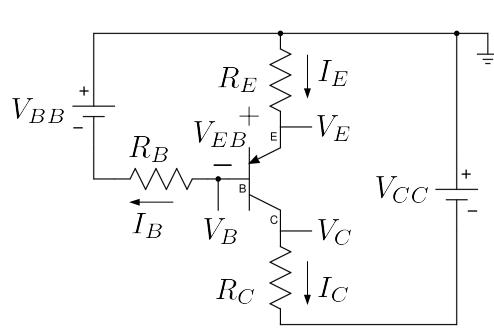
$$R_C = 4.7 \text{ k}\Omega$$

$$R_E = 1.2 \text{ k}\Omega$$

$$R_B = 2.8 \text{ k}\Omega$$

$$\beta = 27$$

ہونے کی صورت میں  $I_C$  اور  $V_{EC}$  حاصل کریں۔



$$\begin{aligned}V_{BB} &= I_E R_E + V_{EB} + I_B R_B \\&= I_E R_E + V_{EB} + \frac{I_E}{\beta+1} R_B \\I_E &= \frac{V_{BB} - V_{EB}}{\frac{R_B}{\beta+1} + R_E} \approx I_C\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_C &= -V_{CC} + I_C R_C \\V_E &= -I_E R_E \\V_B &= V_E - V_{EB} = -I_E R_E - V_{EB} \\&= -V_{BB} + I_B R_B\end{aligned}$$

شکل ۳.۱۶

### حل: میں جانب

$$\begin{aligned}V_{BB} &= I_E R_E + V_{EB} + I_B R_B \\&= I_E R_E + V_{EB} + \left( \frac{I_E}{\beta+1} \right) R_B \\&= V_{EB} + \left( R_E + \frac{R_B}{\beta+1} \right) I_E\end{aligned}$$

←

$$\begin{aligned}I_E &= \frac{V_{BB} - V_{EB}}{R_E + \frac{R_B}{\beta+1}} \\&= \frac{1.2 - 0.7}{1200 + \frac{2800}{27+1}} \\&= 0.385 \text{ mA}\end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اسی طرح ہم لکھ سکتے ہیں۔

$$\begin{aligned}V_{CC} &= I_E R_E + V_{EC} + I_C R_C \\&\approx V_{EC} + I_C (R_E + R_C)\end{aligned}$$

جس سے

$$\begin{aligned} V_{EC} &= V_{CC} - I_C (R_E + R_C) \\ &= 12 - 0.385 \times 10^{-3} \times (1200 + 4700) \\ &= 9.73 \text{ V} \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے۔ چونکہ حاصل  $V_{EC}$  کی قیمت  $0.2 \text{ V}$  سے زیاد ہے لہذا انزسٹر انفائزندہ ہی ہے اور یہی درست جوابات ہیں۔

انزسٹر کو انفائزندہ حال رکھنے کی حاضر اس کے بیس۔ انزسٹر جوڑ کو سیدھا مائل جبکہ اس کے بیس۔ گلکسٹر جوڑ کو غیر چپ اور کھا جاتا ہے۔ اب تک دکھائے گئے ادوار میں ایسا کرنے کی حاضر دو عدد منبع برقی دباؤ یعنی  $V_{BB}$  اور  $V_{CC}$  استعمال کئے گئے۔ انزسٹر کے دونوں جوڑوں کو صرف ایک عدد منبع برقی دباؤ کی مدد سے بھی درست مائل کیا جاسکتا ہے۔ اس عمل کو دیکھتے ہیں۔

شکل ۳.۱۷۔۱ الف میں داخلی جانب  $R_1$  اور  $R_2$  نسب کئے گئے ہیں۔ شکل ۳.۱۷۔۳ ب میں اسی دور کو فائدہ مختلف طرز پر بنایا گیا ہے جہاں داخلی جانب کے حصے کو نقطے دار لکسیر سے گھیرا گیا ہے۔

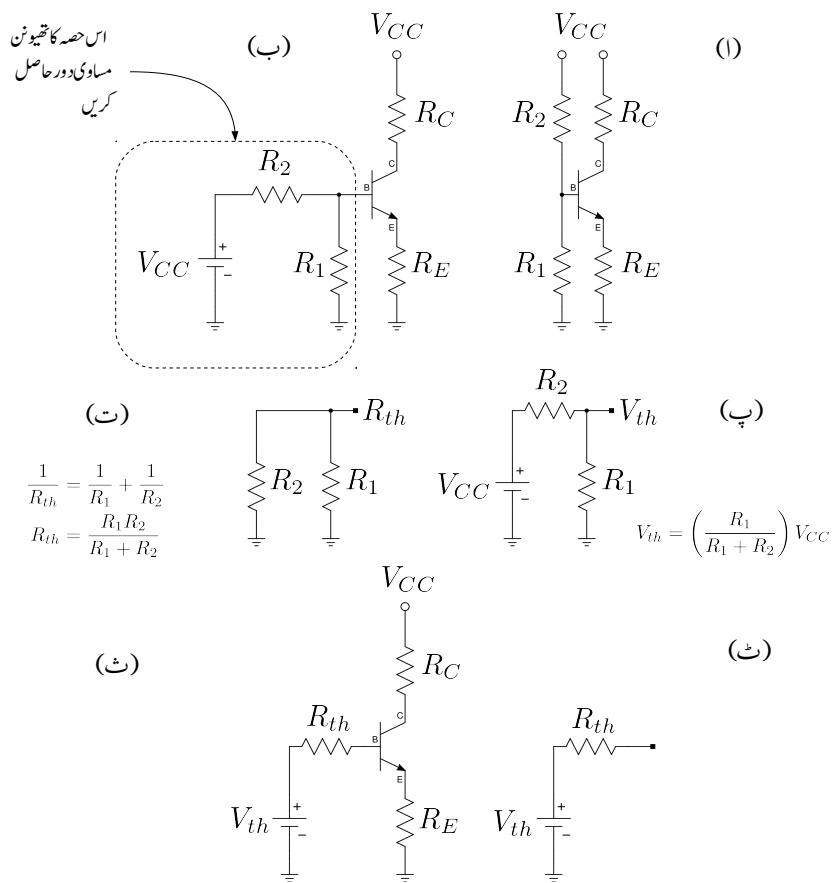
مسئلہ تھون کے مطابق کسی بھی دور کا مساوی تھون دوڑ حاصل کیا جاسکتا ہے جو ایک عدد تھون مسماحت  $R_{th}$  اور ایک عدد تھون برقی دباؤ  $V_{th}$  پر مشتمل ہوتا ہے۔

جن دو برقی سروں پر تھون مساوی دور درکار ہو ان سروں کو آزاد یعنی کھلے سرے رکھ کر یہاں کا برقی دباؤ حاصل کیا جاتا ہے۔ یہی تھون برقی دباؤ  $V_{th}$  کہلاتا ہے۔ یہ عمل شکل ۳.۱۷۔۳ پ میں دکھایا گیا ہے۔ اسی طرح تھون مسماحت  $R_{th}$  حاصل کرنے کی حاضر دور کے اندر وہی منبع برقی دباؤ کو قصر دور کر کے انجیں دو سروں پر برقی مسماحت حاصل کی جاتی ہے۔ یہی تھون مسماحت ہوتی ہے۔ یہ عمل شکل ۳.۱۷۔۳ ت میں دکھایا گیا ہے۔ یہاں

$$\begin{aligned} V_{th} &= \frac{R_1 V_{CC}}{R_1 + R_2} \\ \frac{1}{R_{th}} &= \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \\ R_{th} &= \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \end{aligned} \quad (3.27)$$

یہ نقطے دار لکسیر میں گھیرے ہے کامساوی تھون دور شکل ۳.۱۷۔۳ میں دکھایا گیا ہے۔ شکل ۳.۱۷۔۳ میں داخلی جانب اس مساوی تھون دور کے استعمال سے شکل ۳.۱۷۔۳ حاصل ہوتا ہے جو کہ ہو بہو شکل ۳.۱۷۔۳ میں دکھایا ہو رہا ہے۔ منطق صرف اتنا ہے کہ  $V_{th}$  کو  $V_{BB}$  اور  $R_B$  کو  $R_{th}$  کھا گیا ہے۔ شکل ۳.۱۷۔۳ میں دکھائے دور کو بالکل شکل ۳.۱۷۔۳ میں دکھائے دور کی طرح حل کیا جاتا ہے۔ آئیں اس کی ایک مثال دیکھیں۔

<sup>۳۳</sup> اندر وہی منبع برقی دو کھلے سرے کیا جاتا ہے



شکل ۷۔۳: ایک عدد منبع برقی دباؤ کی مدد سے ٹرانزسٹر کا مائل کرنا

مثال ۳.۱۷: شکل ۳.۱۸ میں

$$V_{CC} = 12 \text{ V}$$

$$R_C = 5.6 \text{ k}\Omega$$

$$R_E = 820 \Omega$$

$$R_1 = 8.9 \text{ k}\Omega$$

$$R_2 = 99 \text{ k}\Omega$$

$$\beta = 100$$

بین۔ ٹرانزسٹر کی برقی رو  $I_C$  اور اس پر برقی دباؤ  $V_{CE}$  حاصل کریں۔  
حل: اس طرح کے ادوار حل کرنے کا طریقہ شکل ۳.۱۸ میں وتم بقدم دکھایا گیا ہے۔ مساوات  
۳.۲۷ کی مدد سے

$$V_{th} = \frac{12 \times 8900}{8900 + 99000} = 0.9898 \text{ V}$$

$$R_{th} = \frac{8900 \times 99000}{8900 + 99000} = 8166 \Omega$$

ان مساوی تھوون مقتداروں کو استعمال کرتے ہوئے شکل ۳.۱۸ میں مساوی دور دکھایا گیا ہے جسے حل کر کے  
 $V_{CE} = 9.9366 \text{ V}$  اور  $I_C = 0.3214 \text{ mA}$   
خیر امنزاسڈ،  $V_{CE}$  سے زیادہ ہے لہذا ٹرانزسٹر امنزاسڈ حال ہے اور یہ حاصل کردہ جوابات درست ہیں۔

مثال ۳.۱۹: شکل ۳.۱۹ میں

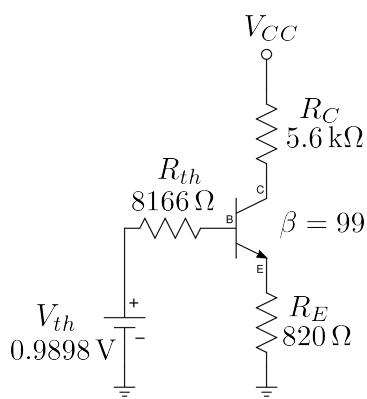
$$V_{CC} = 20 \text{ V}, \quad R_C = 10 \text{ k}\Omega, \quad R_B = 200 \text{ k}\Omega \\ R_E = 100 \Omega, \quad \beta = 99$$

بین۔ نقطے کار کردگی حاصل کریں۔  
حل: ٹرانزسٹر کے گلکش پر کر خوف کے مت نون برائے برقی رو کی مدد سے

$$I_{RC} = I_B + I_C$$

لکھ جائیں گا۔ یہ کر خوف کے مت نون برائے برقی دباؤ کے  
استعمال سے

$$V_{CC} = I_E R_C + I_B R_B + V_{BE} + I_E R_E$$



$$\begin{aligned}V_{th} &= I_B R_{th} + V_{BE} + (I_B + I_C) R_E \\&= \frac{I_E}{\beta+1} R_{th} + V_{BE} + I_E R_E \\I_E &= \frac{V_{th} - V_{BE}}{\frac{R_{th}}{\beta+1} + R_E} \\&= \frac{0.9898 - 0.7}{\frac{8166}{99+1} + 820} = 0.3214 \text{ mA}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_{CC} &= I_C R_C + V_{CE} + (I_B + I_C) R_E \\&= I_C R_C + V_{CE} + I_E R_E \\&\approx I_C R_C + V_{CE} + I_C R_E \\V_{CE} &\approx V_{CC} - I_C (R_C + R_E) \\&= 12 - 0.3214 \times 10^{-3} \times (5600 + 820) \\&= 9.9366 \text{ V}\end{aligned}$$

شکل۔۳۔۱۸: مسئلہ تھون کی مدد سے دور حل کرنے کا عمل

لکھ کر  $i_B = \frac{I_E}{\beta+1}$  حاصل ہوتا ہے

$$I_E = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_C + \frac{R_E}{\beta+1} + R_E}$$

دیگر قسمتیں پر کرتے ہوئے

$$\begin{aligned}I_E &= \frac{20 - 0.7}{10000 + \frac{200000}{99+1} + 100} \\&= 1.595 \text{ mA}\end{aligned}$$

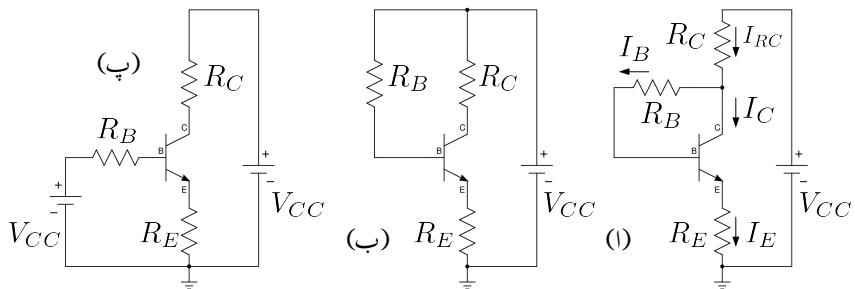
حاصل ہوتا ہے۔ کر خوف کے وسائل برائے برقی دباؤ کو حناری جواب یوں لکھا جاتا ہے

$$V_{CC} = I_E R_C + V_{CE} + I_E R_E$$

جس سے

$$\begin{aligned}V_{CE} &= V_{CC} - I_E (R_C + R_E) \\&= 20 - 1.595 \times 10^{-3} \times (10000 + 100) \\&= 3.89 \text{ V}\end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے۔



شکل ۳.۱۹: یک عدد منع بر قید باوے استعمال سے نقطہ کار کردگی کے دیگر اشکال

### مثال ۳.۱۵: شکل ۳.۱۹ ب میں

$$V_{CC} = 20 \text{ V}, \quad R_C = 1 \text{ k}\Omega, \quad R_B = 500 \text{ k}\Omega \\ R_E = 1 \text{ k}\Omega, \quad \beta = 99$$

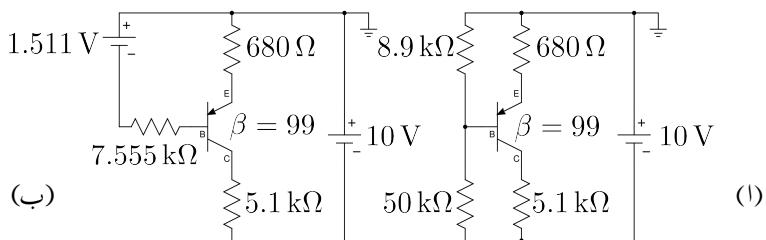
بیں۔ نقطہ کار کردگی حاصل کریں۔

حل: شکل پے میں اسی کو دوبارہ بنایا گیا ہے جہاں داخلی اور خارجی حبابے بالکل علیحدہ و واضح نظر آتے ہیں۔ داخلی حبابے کرخونے کے قانون برائے بر قید باوے

$$\begin{aligned} V_{CC} &= I_B R_B + V_{BE} + I_E R_E \\ &= \frac{I_E}{\beta + 1} R_B + V_{BE} + I_E R_E \\ &= V_{BE} + I_E \left( \frac{R_B}{\beta + 1} + R_E \right) \end{aligned}$$

لکھا جاسکتا ہے جس میں دی گئی قیمتیں پر کرنے سے

$$\begin{aligned} I_E &= \frac{V_{CC} - V_{BE}}{\frac{R_B}{\beta + 1} + R_E} \\ &= \frac{20 - 0.7}{\frac{500000}{99 + 1} + 1000} \\ &= 3.21 \text{ mA} \end{aligned}$$



شکل ۳.۲۰

حاصل ہوتا ہے۔ اسی طرح حنارجی حبائب

$$V_{CC} = I_C R_C + V_{CE} + I_E R_E$$

$$\text{میں لیتھے } I_C \approx I_E$$

$$\begin{aligned} V_{CE} &= V_{CC} - I_C (R_C + R_E) \\ &= 20 - 3.21 \times 10^{-3} (1000 + 1000) \\ &= 13.58 \text{ V} \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے۔

مثال ۳.۱۶: شکل ۳.۲۰ میں  $I_C$  اور  $V_{EC}$  حاصل کریں۔  
حل: شکل تھونن کیمدے شکل ۳.۲۰ بے حاصل ہوتا ہے جس میں

$$V_{th} = \frac{-10 \times 8900}{8900 + 50000} = -1.511 \text{ V}$$

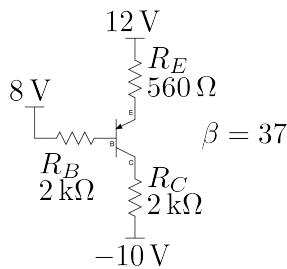
$$R_{th} = \frac{8900 \times 50000}{8900 + 50000} = 7.555 \text{ k}\Omega$$

بین۔ یہ شکل بے سے

$$\begin{aligned} 1.511 &= 680 \times I_E + 0.7 + 7555 \times I_B \\ &= 680 \times I_E + 0.7 + 7555 \times \frac{I_E}{99 + 1} \end{aligned}$$

لکھتے ہوئے

$$I_C \approx I_E = 1.07 \text{ mA}$$



شکل ۳.۲۱

حاصل ہوتا ہے۔ اسی طرح شکل ب سے ہی

$$10 \approx I_C (680 + 5100) + V_{EC}$$

$$= 1.07 \times 10^{-3} \times (680 + 5100) + V_{EC}$$

یعنی

$$V_{EC} = 3.81 \text{ V}$$

حاصل ہوتا ہے۔ چونکہ حاصل  $V_{EC}$  کی قیمت  $0.2 \text{ V}$  سے زیاد ہے لہذا ٹرانزسٹر افنسائز ائندہ ہی ہے اور یہی درست جوابات ہیں۔

مثال ۳.۷: شکل ۳.۲۱ میں ٹرانزسٹر کے تینوں سروں پر برقی دباؤ حاصل کریں۔  
حل: یہیں جواب کرنے کے قانون برائے برقی دباؤ سے

$$12 - 8 = I_B R_B + V_{EB} + I_E R_E$$

$$\text{لکھ جاسکتا ہے جس میں } I_B = \frac{I_E}{\beta + 1} \text{ پر کرنے ہیں۔}$$

$$4 = \frac{I_E}{37 + 1} \times 2000 + 0.7 + I_E \times 560$$

$$I_E = 5.39 \text{ mA}$$

حاصل ہوتا ہے۔ یوں

$$V_E = 12 - I_E R_E = 12 - 5.39 \times 10^{-3} \times 560 = 8.98 \text{ V}$$

$$V_B = V_E - V_{EB} = 8.98 - 0.7 = 8.28 \text{ V}$$

$$V_C = -10 + I_C R_C \approx -10 + 5.39 \times 10^{-3} \times 2000 = 0.78 \text{ V}$$

حاصل ہوتے ہیں۔

مثال ۳.۱۸: مثال ۳.۱۳ کے تمام مزاجمت میں برقی طاقت کا ضیاء حاصل کریں۔ ٹرانزسٹر کے دونوں جوڑ پر بھی طاقت کا ضیاء حاصل کریں۔

حل: مزاجمت  $R_E$  میں  $0.3214 \text{ mA}$  برقی روے اس میں برقی طاقت کا ضیاء یعنی  $W = I_E^2 R_E = 0.3214^2 \times 0.26 = 0.096 \text{ mW}$  ہے۔ اسی طرح  $I_C = I_E$  لیتے ہوئے  $R_C$  میں  $W = 0.096 \times 0.96 = 0.0900 \text{ mW}$  ہوتا ہے۔ ٹرانزسٹر کے بیندر سے پر برقی دباؤ  $V_E$  کی قیمت  $0.26 \text{ V}$  اور یوں اس کے سس سے پر  $I_E R_E = 0.096 \times 0.96 = 0.0900 \text{ mW}$  ہو گا۔ یوں  $R_1$  میں طاقت کا ضیاء  $W = \frac{0.96 \times 0.96}{8900} = 0.00096 \text{ mW}$  جبکہ  $R_2$  میں  $W = \frac{(12 - 0.96)^2}{99000} = 1.23 \text{ mW}$  ہو گا۔

ٹرانزسٹر کے گلکش پر  $10.2 \text{ V} = 12 - 0.3214 \text{ mA} \times 5.6 \text{ k}\Omega$  ہے لہذا اس کا بیمس  $V_C = 10.2 - 0.96 = 9.24 \text{ V}$  ہے۔ اس جوڑ پر طاقت کا ضیاء  $W = 0.0900 \text{ mW}$  ہے۔ ٹرانزسٹر کے بیندر سے  $I_C = 0.3214 \text{ mA} = 2.97 \text{ mW}$  ہو گا۔ بیمس  $V_B = 0.7 \text{ V}$  لیتے ہوئے اس جوڑ پر طاقت کا ضیاء  $W = 0.225 \text{ mW}$  ہو گا۔

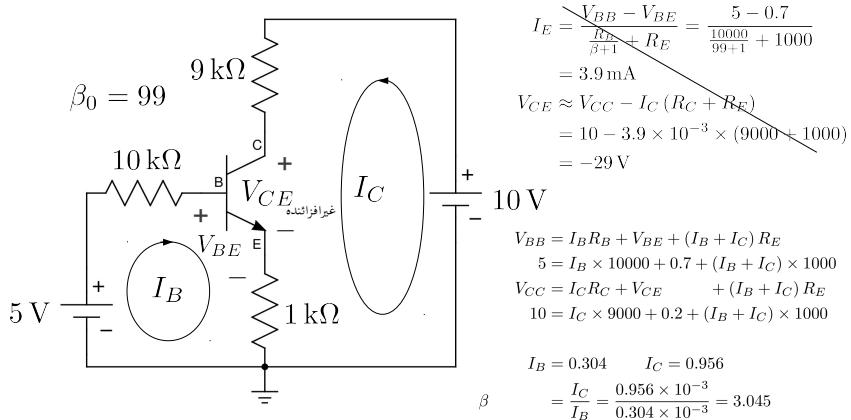
مندرجہ بالا مثال سے یہ حقیقت سامنے آتی ہے کہ عمومی استعمال میں طاقت کے ضیاء کا بیشتر حصہ ہیں۔ گلکش جوڑ پر پایا جاتا ہے، کم طاقت کے ٹرانزسٹر عموماً پلاٹک ڈبیا میں بند ہمیا کے جہاتے ہیں۔ پلاٹک ڈبیا سے ٹرانزسٹر کے تینوں سرے باہر لٹکے پائے جاتے ہیں۔ زیادہ طاقت کے ٹرانزسٹر کو عموماً دھاتی ڈبے میں بند ہمیا کیا جاتا ہے۔ ایسے ٹرانزسٹر کے بیندر گزرتا ہے  $I_E$  کے برابر ہی لیا گیا ہے۔ بیندر ہمیز پر برقی دباؤ  $V = 0.7 \text{ V}$  لیتے ہوئے اس جوڑ پر طاقت کا ضیاء  $W = 0.0900 \text{ mW}$  ہوتا ہے۔ ہوائی ڈبے میں گری کے منتقلی سے جوڑ ٹھنڈا ہوتا ہے۔ ہوائی ڈبے میں گری کے منتقلی سے جوڑ ٹھنڈا ہوتا ہے۔ اگر ضرورت دریش آئے تو دھاتی ڈبے کو از خود زیادہ بڑی جسامت کے سردد کارڈ  $2^{\circ}\text{C}$  کے ساتھ جوڑا جاتا ہے جس سے گری کی منتقلی مزید بڑھ جاتی ہے۔

جب بھی کوئی دور بنا یا جائے، اس میں استعمال تمام اجزاء میں طاقت کا ضیاء حاصل کیا جاتا ہے۔ اگر کسی پر زے میں طاقت کا ضیاء اس پر زے کی برداشت حد سے تجاوز کر جائے تو ایسا پر زہ جبل کر تباہ ہو جائے گا۔ ایسی صورت سے پچنے کی حناطر یا تو ڈیناٹ کو تبدیل کیا جائے گا اور یا پھر زیادہ برداشت والا پر زہ استعمال کیا جائے گا۔

### ۳.۵.۲ غیر افنسائزد ٹرانزسٹر کے دور کا حل

شکل ۳.۲۲ میں دکھائے دور میں اگر ٹرانزسٹر کو افنسائزدہ حال تصویر کرتے ہوئے حل کیا جائے تو  $V_{CE}$  کی قیمت منقی اسیست وولٹ  $V = 29$ ۔ حل کیا جائے جو کہ غیر افنسائزدہ  $V_{CE}$  کے کم ہے۔ یوں ٹرانزسٹر کو افنسائزدہ تصویر کرنا درست نہیں اور اس جواب کو رد کنا ہو گا۔ شکل میں اس جواب پر توجیہ لکیسا کر رکھیا گیا ہے۔

ٹرانزسٹر ادار حمل کرتے ہوئے اسی طرح پہلے ٹرانزسٹر کو افنسائزدہ حال تصویر کرتے ہوئے دور کو حل کیا جاتا ہے۔ اگر حل کی قیمت  $V_{CE}$  کی قیمت غیر افنسائزدہ  $V$  سے زیادہ یا اس کے برابر ہو تو جوابات کو درست تسلیم کر لیا



شکل ۳.۲۲: غیر افزاں نہ مائل ٹرانزسٹر کا حل

جاتا ہے ورنہ ان بوابات کو رد کرتے ہوئے، ٹرانزسٹر کو غیر افزاں نہ تصور کر کے دور کو دوبارہ حل کیا جاتا ہے۔

غیر افزاں نہ ٹرانزسٹر پر پائے جانے والے برقی دباد  $V_{CE}$  کی قیمت غیر افزاں نہ ۰.۲ V یعنی ۰.۲ V ہوتی ہے۔ مزید یہ کہ مساوات ۳.۸ اور مساوات ۳.۲ اور مساوات ۳.۰ میں صرف افزاں نہ حال ٹرانزسٹر کے لئے بیان کئے گئے۔ ان حقائق کو مد نظر رکھتے ہوئے غیر افزاں نہ ٹرانزسٹر کے ادوار حل کرتے ہوئے  $\beta_0$  کو زیر استعمال نہیں لایا جاتا۔ دور کو بالکل ایک سادہ برقی دور کے طرز پر حل کیا جاتا ہے جیسا کہ  $V_{BE} = 0.7 \text{ V}$  اور  $V_{CE} = 0.2 \text{ V}$  لیا جاتا ہے۔ شکل ۳.۲۲ میں دور کے حل کرنے کا درست طریقہ دکھایا گیا ہے جیسا کہ  $I_B = 0.304 \text{ mA}$  اور  $I_C = 0.956 \text{ mA}$  افزاں نہ  $= 3.045$  ہے۔  $\beta$  حاصل کیا گیا ہے۔ ان قیتوں سے غیر افزاں نہ ٹرانزسٹر کی افزاں نہ  $\beta_0 = 99$  کے نہایت کم ہے۔

اگر دور کرنے سے پہلے یہ غیر افزاں نہ  $\beta$  معلوم ہو تو اسے بالکل افزاں نہ حال کی طرح حل کیا جاسکتا ہے۔ قوی برقيات کے میدان میں ٹرانزسٹر بطور برقياتی سوچ استعمال کیا جاتا ہے جیسا کہ فی سینئنڈ کی مرتبا غیر افزاں نہ اور منقطع کیا جاتا ہے۔ افزاں نہ صورت میں یہ چاپو سوچ اور منقطع صورت میں منقطع سوچ کا کردار ادا کرتا ہے۔ تخلیق کا قبل از تخلیق فیصلہ کرتا ہے کہ ٹرانزسٹر کو کس حد تک غیر افزاں نہ کیا جائے گا۔

## مثال ۳.۲۲ میں شکل

$$\begin{aligned}V_{CC} &= 10 \text{ V} \\R_C &= 9 \text{ k}\Omega \\R_B &= 10 \text{ k}\Omega \\R_E &= 1 \text{ k}\Omega \\\beta_0 &= 99\end{aligned}$$

یہ رکھتے ہوئے  $V_{BB}$  کی وہ قیمت دریافت کریں جہاں ٹرانزسٹر افنسائزدہ حال سے نکل کر غیر افنسائزدہ صورت اختیار کر لیتا ہے۔  
حل: جس لمحے ٹرانزسٹر افنسائزدہ سے غیر افنسائزدہ صورتِ حال اختیار کرتا ہے اس وقت دور حل کرنے کی حنا طریقہ اس کی عسمی افنسائزش  $\beta_0 = 99$  میں استعمال ہوتی ہے لیکن مساوات ۳.۸ اور مساوات ۳.۹ فتبیل استعمال ہیں۔ مزیدیے کہ اس لمحے پر  $V_{CE} = 0.2 \text{ V}$

$$\alpha = \frac{\beta_0}{\beta_0 + 1} = \frac{99}{99 + 1} = 0.99$$

$$\begin{aligned}V_{BB} &= I_B R_B + V_{BE} + (I_B + I_C) R_E \\&= V_{BE} + I_E \left( \frac{R_B}{\beta_0 + 1} + R_E \right) \\&= 0.7 + I_E \times 1100 \\V_{CC} &= I_C R_C + V_{CE} + (I_B + I_C) R_E \\&= V_{CE} + I_E (\alpha R_C + R_E) \\&= 0.2 + I_E \times 99100\end{aligned}$$

نچلی مساوات میں پونکہ  $I_E = 0.9889 \text{ mA}$  ہے لہذا اس سے  $V_{CC} = 10 \text{ V}$  حاصل ہوتا ہے  
استعمال کرتے ہوئے دوسری مساوات سے  $V_{BB} = 1.78779 \text{ V}$  حاصل ہوتا ہے۔

---



---

## مثال ۳.۲۰ میں شکل

$$\begin{aligned}V_{CC} &= 10 \text{ V} \\V_{BB} &= 5 \text{ V} \\R_C &= 9 \text{ k}\Omega \\R_E &= 1 \text{ k}\Omega \\\beta_0 &= 90\end{aligned}$$

رکھتے ہوئے  $R_B$  کی وہ قیمت دریافت کریں جس سے ٹرانزسٹر اس حد تک غیر افزاں دہ صورت اختیار کر لے گا کہ اس کی  $30 = \frac{\beta}{\text{غیر افزاں دہ } \beta}$  ہو۔ اس کو یوں بھی بیان کیا جاتا ہے کہ ٹرانزسٹر کو تین گن غیر افزاں دہ کریں لیکن غیر افزاں دہ  $\beta$  کی قیمت  $\beta_0$  سے تین گن کم ہو۔  
حل: یہاں غیر افزاں دہ  $\beta$  کی قیمت دی گئی ہے جسے استعمال کیا جاتا ہے یوں

$$\alpha = \frac{\beta}{\beta + 1} = \frac{30}{30 + 1} = 0.9677$$

$$V_{CC} = I_C R_C + V_{CE} + I_E R_E$$

$$V_{CC} = \alpha I_E R_C + V_{CE} + I_E R_E$$

$$10 = 0.2 + 9709 \times I_E$$

$$I_E = 1.009 \text{ mA}$$

اے استعمال کرتے ہوئے

$$V_{BB} = I_B R_B + V_{BE} + I_E R_E$$

$$V_{BB} = V_{BE} + I_E \left( \frac{R_B}{\beta + 1} + R_E \right)$$

$$5 = 0.7 + 1.009 \times 10^{-3} \times \left( \frac{R_B}{30 + 1} + 1000 \right)$$

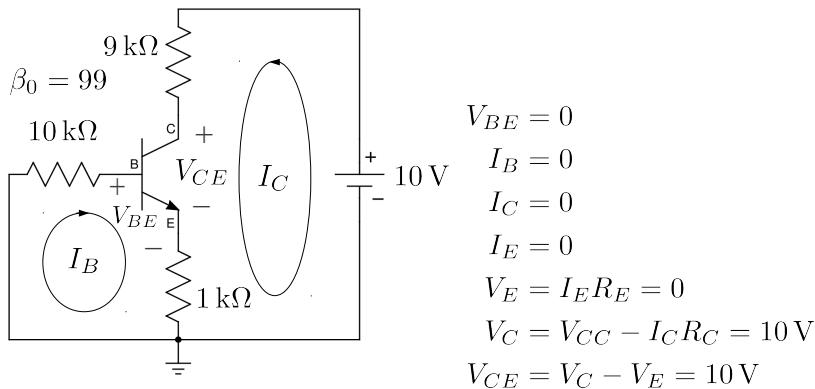
$$R_B = 101.1 \text{ k}\Omega$$

حصہ مل ہوتا ہے۔

### ۳.۵.۳ منقطع ٹرانزسٹر کے دور کا حل

جدول کے تحت یہیں۔ یہ چوڑ کو غیر۔ چپ لو کرنے سے ٹرانزسٹر منقطع صورت اختیار کر لیتا ہے۔ حقیقت میں ٹرانزسٹر کو منقطع کرنے کی حاضر اس کے یہیں۔ یہ چوڑ کو عموماً اسٹائل کیا جاتا ہے۔ ایسا کرتے وقت اس بات کا دھیان رکھا جاتا ہے کہ الٹ برقی دباؤ اس چوڑ کے متالی برداشت الٹ برقی دباؤ کی حد سے تجاوز نہ کر جائے۔ عموماً الٹ برقی دباؤ کی قیمت چند ولٹ ہی ہوتی ہے۔

منقطع ٹرانزسٹر بالکل ایک منقطع برقی سوچ کی طرح عمل کرتا ہے لیکن اس میں سے کوئی رو نہیں گزرتی۔ عموماً یہ صورت، دور کو دیکھتے ہی واضح ہو جاتی ہے جیسے شکل ۳.۲۳ میں ہے۔ اس شکل میں داخلی جانب کوئی برقی دباؤ مہیا نہیں کیا گی۔ یوں ٹرانزسٹر کا یہیں۔ یہ چوڑ غیر چپ لو ہو گا۔ لہذا داخلی جانب برقی رو کی قیمت ضرور ہو گی۔  $I_B$  ضرور ہونے کی وجہ سے ٹرانزسٹر کے باقی دو سروں پر بھی برقی رو کی قیمت ضرور ہو گی۔ جیسے شکل میں حل کر کے دکھایا گیا اس صورت میں  $V_{CE} = V_{CC}$  ہو گا۔



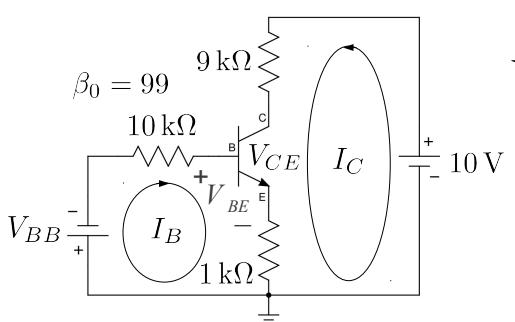
شکل ۳.۲۳: منقطع حال ٹرانزسٹر۔ یہ سیمیٹر جوڑ سیدھا مائل نہیں ہے

مثال ۳.۲۱: شکل ۳.۲۳ میں داخنی جوڑ اسٹامائل ہے اور یوں ٹرانزسٹر منقطع ہو گا۔ اگرچہ اس دور کو دیکھتے ہیں کہ یہ منقطع ہے، ہم پھر بھی اسے حل کر کے دیکھتے ہیں۔ ایسا کرتے ہوئے تصور کریں کہ ٹرانزسٹر انسزاں نہیں ہے۔ یوں آپ  $V_{BE} = 0.7 \text{ V}$  لیں گے۔

$$\begin{aligned}
 V_{BB} &= V_{BE} + I_B R_B + I_E R_E \\
 I_E &= \frac{V_{BB} - V_{BE}}{\frac{R_B}{\beta+1} + R_E} \\
 &= \frac{-3 - 0.7}{\frac{10000}{100} + 1000} \\
 &= -3.36 \text{ mA}
 \end{aligned}$$

اس ناممکن جواب کو رد کیا جاتا ہے

یہاں دھیان رہے کہ  $V_{BB} = -3 \text{ V}$  ہے۔ حاصل جواب منفی ہونے کا مطلب ہے کہ برقی روکی سمت عسوی سمت کے الٹ ہے۔ جب بھی ٹرانزسٹر میں اٹھی جبانب یک سمت برقی روپیہ انکرنے کی کوشش کی جائے یہ منقطع صورت اختیار کر لیتا ہے لہذا اس جواب کو رد کرتے ہوئے ٹرانزسٹر کو منقطع تصور کیا جائے گا اور اس کے تمام سروں پر برقی روکی قیمت صفر تصور کی جائے گی۔ یوں  $V_{CE} = 10 \text{ V}$  ہو گا۔



داخلی جانب میہا کردہ برقی دباؤ  
میں۔ بیٹری جوڑ کو اٹامائیں کرتا ہے۔  
المذاں جوڑ سے برقی دباؤ نہیں  
گزرنے کا یوں داخلی برقی دباؤ صفر  
ہو گی جس کی وجہ سے خارجی  
برقی دباؤ بھی صفر ہو گی۔

شکل ۳.۲۳: اسٹامائیں داخلی جوڑ

### ۳.۶ ڈارلینگٹن جوڑی

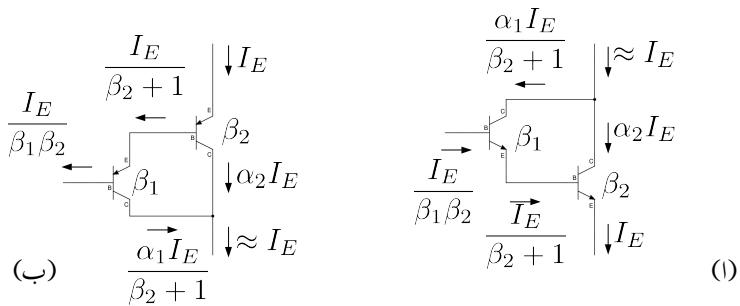
شکل ۳.۲۵ الف میں دو عدد npn ٹرانزسٹر کو مخصوص طرز پر جوڑا گیا ہے جسے npn ڈارلینگٹن جوڑی<sup>۱۶</sup> یا ڈارلینگٹن ٹرانزستر<sup>۱۷</sup> کہتے ہیں۔ شکل ب میں pnp ڈارلینگٹن جوڑی دکھائی گئی ہے۔

شکل الف میں اگر  $Q_2$  کے بیٹری پر  $I_E$  برقی روپاً بحابے تو اس کے گلکش پر  $\alpha_2 I_E$  اور اس کے بیس پر  $\frac{I_E}{\beta_2+1}$  برقی روپاً بحابے گا۔  $Q_2$  کے بیس پر برقی دباؤ  $Q_1$  کے بیٹری پر برقی روپاً ہے لہذا  $Q_1$  کے بیٹری پر  $\frac{I_E}{\beta_2+1}$  ہی پیا بحابے گا۔ یوں  $Q_1$  کے گلکش پر  $\alpha_1 \frac{I_E}{\beta_2+1}$  اور اس کے بیس پر  $\frac{I_E}{(\beta_1+1)(\beta_2+1)}$  پیا بحابے گا جو قدریباً  $\frac{I_E}{\beta_1 \beta_2}$  کے رابرے۔ یہ تمام شکل پر بھی دکھائے گئے ہیں۔ یوں اس جوڑی کو اخود ٹرانزسٹر تصور کیا جاسکتا ہے جس کی افزاں ش  $\beta_1 \beta_2$  کے برابر ہے۔ اسی طرز پر تین ٹرانزسٹر جوڑ کر  $\beta_1 \beta_2 \beta_3$  حاصل ہو گا۔ یقیناً زیادہ ٹرانزسٹر جوڑ کر زیادہ  $\beta$  حاصل کرنا ممکن ہے۔

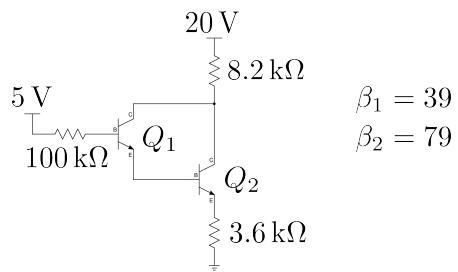
مثال ۳.۲۶: شکل ۳.۲۶ کو حل کریں۔  
حل: یہیں جواب کر خون کے فتنوں برائے برقی دباؤ سے

$$5 = I_{B1} \times 100000 + V_{BE1} + V_{BE2} + I_{E2} \times 3600$$

<sup>۱۶</sup> جناب سٹنی ڈارلینگٹن نے اس شکل کو دریافت کیا۔  
<sup>۱۷</sup> npn darlington pair



### شکل ۲۵: ڈار لسگٹن جوڑیاں



## شکل ۲۶: ڈار لسگٹن جوڑی کا دور

### ۷.۳. تعین نقطے سے نقطہ کارکردگی کا انحراف

۲۱۷

لکھا جا سکتا ہے۔ اس میں  $I_{B1} = \frac{I_{E2}}{(\beta_1+1)(\beta_2+1)}$  اور  $V_{BE} = 0.7\text{V}$

$$5 = \frac{I_{E2}}{40 \times 80} \times 100000 + 0.7 + 0.7 + I_{E2} \times 3600$$

$$I_{E2} = 0.991 \text{ mA}$$

حاصل ہوتا ہے۔ یوں

$$V_{E2} = I_{E2}R_{E2} = 0.991 \times 10^{-3} \times 3600 = 3.5676 \text{ V}$$

$$V_{B2} = V_{E2} + V_{BE2} = 3.5676 + 0.7 = 4.2676 \text{ V}$$

$$V_{B1} = V_{E1} + V_{BE1} = V_{B2} + V_{BE1} = 4.9676 \text{ V}$$

$$V_{C2} \approx 20 - 0.991 \times 10^{-3} \times 8200 = 11.87 \text{ V}$$

اور

$$I_{B2} = I_{E1} = \frac{I_{E2}}{\beta_2 + 1} = \frac{0.991 \times 10^{-3}}{79 + 1} = 12.39 \mu\text{A}$$

$$I_{B1} = \frac{I_{E1}}{\beta_1 + 1} = \frac{12.39 \times 10^{-6}}{39 + 1} = 309.7 \text{ nA}$$

حاصل ہوتے ہیں۔

### ۷.۴. تعین نقطے سے نقطہ کارکردگی کا انحراف

#### ۷.۴.۱. تبدیلی $\beta$ سے لاحق مسائل استوار نے کا شرط

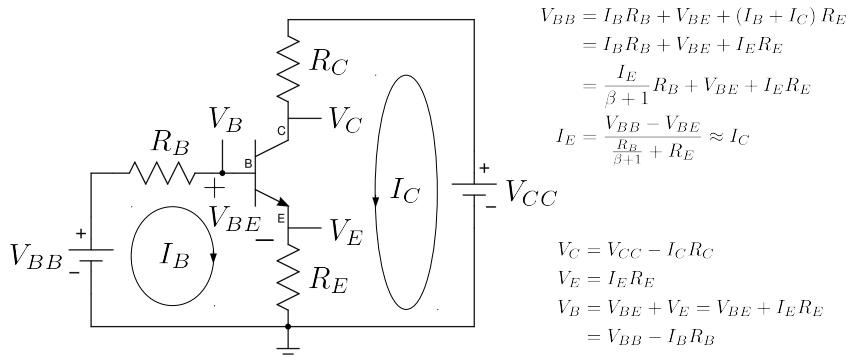
مثال ۷.۱ سے ظاہر ہے کہ  $\alpha$  کی قیمت میں ذرا سی تبدیلی سے  $\beta$  کی قیمت میں نیاں تبدیلی پیدا ہوتی ہے۔ ٹرانزسٹر بننے والوں کی کوشش ہوتی ہے کہ ان کے کسی ایک قسم کے تمام ٹرانزسٹروں کے  $\beta$  کی قیمت یکساں ہو۔ ان کے تمام تر کوششوں کے باوجود ایسا ممکن ہو سکا ہے اور کسی بھی ایک قسم کے ٹرانزسٹروں کے عسوی  $\beta_0$  کی قیمت دو حصوں کے مابین رہتی ہے لیکن

$$(7.28) \quad \text{کمتر } \beta \times \text{بندہ } \beta \approx 3$$

سزا دیے کہ بندہ  $\beta$  کی قیمت کمتر  $\beta$  کے تقریباً تین گناہوں ہے لیکن

$$(7.29) \quad \text{کمتر } \beta = 3 \times \text{بندہ } \beta$$

آئیں ایک مثال کی مدد سے دیکھیں کہ اس سے کس قسم کا مسئلہ پیدا ہو سکتا ہے۔



شکل ۳.۲۷: مثال ۳.۲۳ کا دور

مثال ۳.۲۳: شکل ۳.۲۷ کے دور میں

$$\begin{aligned}
 V_{CC} &= 12 \text{ V} \\
 V_{BB} &= 2.7 \text{ V} \\
 R_C &= 9 \text{ k}\Omega \\
 R_E &= 1 \text{ k}\Omega \\
 R_B &= 100 \text{ k}\Omega
 \end{aligned}$$

بیں۔ مزید یہ کہ اس دور میں استعمال کئے جانے والے ٹرانزسٹر کے عموی اندازش بر قی رو  $\beta_0$  کی قیمت ایک سو ہے (یعنی  $100 = \beta_0$ )۔

۱. اس صورت میں عموی نقطہ کار کردگی پر بر قی رو  $I_{CQ}$  اور بر قی دباؤ  $V_{CEQ}$  حاصل کریں۔

۲. کہتے  $\beta$  اور بند تر  $\beta$  پر بھی  $I_C$  اور  $V_{CE}$  کی قیمتیں حاصل کریں۔

حل:

۱. مساوات ۳.۲۲ اور مساوات ۳.۲۳ کی مدد سے عموی بر قی رو اور عموی بر قی دباؤ حاصل کرتے ہیں

$$\begin{aligned} I_{EQ} \approx I_{CQ} &= \frac{V_{BB} - V_{BE}}{\frac{R_B}{\beta_0 + 1} + R_E} \\ &= \frac{2.7 - 0.7}{\frac{100000}{100+1} + 1000} \\ &= 1.004975 \text{ mA} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{CEQ} \approx V_{CC} - I_{CQ} (R_C + R_E) \\ = 12 - 1.004975 \times 10^{-3} \times (9000 + 1000) \\ = 1.95 \text{ V} \end{aligned}$$

چونکہ حاصل کردہ  $V_{CE}$  کی قیمت غیر مترادف،  $V_{CE}$  سے زیادہ ہے لہذا اثر اسٹرائنر افزاں نہ حال ہے اور یوں حاصل کردہ جوابات درست ہیں۔

۲۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ  $\beta_0 = 50$  اور  $\beta_{کرت} = 150$  = بندز  $\beta$  کے برابر ہیں چونکہ ان دو حدوں کے مابین عسموی قیمت 100 ہے یعنی

$$\beta_0 = \frac{\beta_{بندز} + \beta_{کرت}}{2} = \frac{150 + 50}{2} = 100$$

اور آپ دیکھ سکتے ہیں کہ  $\beta_{کرت} \approx \beta_{بندز}$  بھی ہے۔  
 $\beta_{کرت}$  کی قیمت استعمال کرتے ہوئے حاصل ہوتا ہے

$$\begin{aligned} I_{EQ} \approx I_{CQ} &= \frac{V_{BB} - V_{BE}}{\frac{R_B}{\beta_{کرت} + 1} + R_E} \\ &= \frac{2.7 - 0.7}{\frac{100000}{50+1} + 1000} \\ &= 0.6755 \text{ mA} \end{aligned}$$

یہ قیمت عسموی قیمت سے 32.78% کم ہے یعنی

$$\frac{1.004975 - 0.6755}{1.004975} \times 100 = 32.78 \%$$

اور

$$\begin{aligned} V_{CEQ} \approx V_{CC} - I_{CQ} (R_C + R_E) \\ = 12 - 0.6755 \times 10^{-3} \times (9000 + 1000) \\ = 5.245 \text{ V} \end{aligned}$$

آپ دیکھ سکتے ہیں کہ سخت  $\beta$  استعمال کرتے ہوئے جوابات تبدیل ہو گئے ہیں۔ حاصل کردہ  $V_{CE}$  کی قیمت غیر امنزائندہ  $V_{CE}$  سے زیاد ہے لہذا ٹرانزسٹر اب بھی امنزائندہ حال ہو گا۔  
 $150 = \text{بنتڑم} \beta$  کی قیمت استعمال کرتے ہوئے حاصل ہوتا ہے۔

$$\begin{aligned} I_{EQ} \approx I_{CQ} &= \frac{V_{BB} - V_{BE}}{\frac{R_B}{\beta+1} + R_E} \\ &= \frac{2.7 - 0.7}{\frac{100000}{150+1} + 1000} \\ &= 1.2032 \text{ mA} \end{aligned}$$

اور

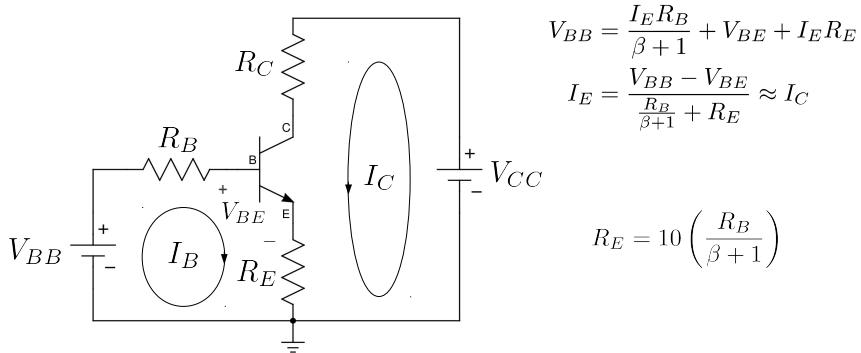
$$\begin{aligned} V_{CE} &\approx V_{CC} - I_{CQ} (R_C + R_E) \\ &= 12 - 1.203 \times 10^{-3} \times (9000 + 1000) \\ &= -0.03 \text{ V} \quad \text{اس ناممکن جواب کو رد کیا جاتا ہے} \\ &= 0.2 \text{ V} \quad \text{لہذا درست جواب یہ ہے} \end{aligned}$$

چونکہ حاصل کردہ  $V_{CE}$  کی قیمت غیر امنزائندہ ہے لہذا ٹرانزسٹر غیر امنزائندہ حال ہو گا اور یہ بطور ایک پلینائز کام نہیں کرے گا۔

مثال ۳.۲۳ سے ایک اہم حقیقت سامنے آتی ہے۔ چونکہ ایک ہی فرم کے وعدہ ٹرانزسٹر کے  $\beta$  کی قیمتیں اس کے عمومی قیمت  $\beta_0$  سے اخراج کر سکتے ہیں لہذا ادو بالکل ایک ہی طرح بنائے گئے ادوار میں ٹرانزسٹروں کے نقطہ کار کر دی گئی اپنی متعین جگہ سے سر کے سکتی ہے جیسا کہ اس مثال میں دکھایا گیا، عین ممکن ہے کہ کسی ایک دور میں ٹرانزسٹر امنزائندہ حال اور دوسرے میں غیر امنزائندہ حال ہو۔ آج کل لاتھدار بر قیانی آلات مثلاً موبائل فون و غیرہ بنائے جاتے ہیں اور ایسے ہر ایک عدالت میں لاتھدار ٹرانزسٹر استعمال ہوتے ہیں۔ ان آلات کے درست کار کر دی گئے کے لئے یہ ضروری ہے کہ ان میں استعمال کئے گئے ٹرانزسٹر، ڈیزائن کردہ نقطہ کار کر دی گئی پر ہی رہیں۔ آئین دیکھتے ہیں کہ ایسا کس طرح ممکن بنایا جاسکتا ہے۔

شکل ۳.۲۸ میں مزاجستوں اور منفعت بر قی دیا کی مدد سے ٹرانزسٹر مائل کیا گیا ہے۔ یاد دہنی کی حاضر مساوات ۳.۲۲ اور مساوات ۳.۲۳ کو یہاں دوبارہ پیش کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned} V_{BB} &= I_B R_B + V_{BE} + (I_B + I_C) R_E \\ (3.30) \quad &= \frac{I_E}{\beta + 1} R_B + V_{BE} + I_E R_E \\ I_E &= \frac{V_{BB} - V_{BE}}{\frac{R_B}{\beta+1} + R_E} \approx I_C \end{aligned}$$



شکل ۷۔۲۸: تبدیلی  $\beta$  سے لاحق مسئلہ استوار نے کا شرط

$$(7.31) \quad \begin{aligned} V_{CC} &= I_C R_C + V_{CE} + (I_B + I_C) R_E \\ &= I_C R_C + V_{CE} + I_E R_E \\ V_{CE} &= V_{CC} - I_C R_C - I_E R_E \\ &\approx V_{CC} - I_C (R_C + R_E) \end{aligned}$$

مساویات ۷۔۳۰ کے مطابق اگر جپ  $I_C$  پر  $\beta$  کے اثر کو ختم نہیں کیا جائے تو  $R_E$  کی قیمت کو کم کرنا ممکن ہے یعنی قیمت سے بڑھا کر اس اثر کو کم سے کم کرنا ممکن ہے یعنی

$$(7.32) \quad R_E \gg \frac{R_B}{\beta + 1}$$

عموماً شکل ۷۔۲۸ کے طرز پر بنائے گئے ادوار میں  $\beta$  کے اثرات کو کم کرنے کی حراطر  $R_E$  کی قیمت کو  $\frac{R_B}{\beta + 1}$  سے دس گتار کھا جاتا ہے یعنی

$$(7.33) \quad R_E = \frac{10R_B}{\beta_0 + 1}$$

$R_E$  کی قیمت کو  $\frac{R_B}{\beta + 1}$  کے دس گتار قیمت سے مزید بڑھانے سے دیگر معاملات متاثر ہوتے ہیں۔ مساوات ۷۔۳۳ نے ادوار تحلیق دینے میں اہم کردار ادا کرتا ہے۔ مساوات ۷۔۳۳ کو تبدیل  $\beta$  سے لاحق مسئلہ استوار نے کا شرط کہتے ہیں۔ آئیں مساوات ۷۔۳۳ کے تحت بنائے گئے دور کی مثال دیکھیں۔

## مثال ۳.۲۸ میں

$$\begin{aligned}V_{CC} &= 12 \text{ V} \\V_{BB} &= 1.8 \text{ V} \\R_C &= 9 \text{ k}\Omega \\R_E &= 1 \text{ k}\Omega \\R_B &= 10.1 \text{ k}\Omega\end{aligned}$$

بی جبکہ  $\beta_0$  کی عسموی قیمت 100 ہے۔ اس دور میں برقی رو  $I_C$  اور  $V_{CE}$  کی ممکنہ حد دو حاصل کریں۔  
حل: اس مثال میں دے گئے  $R_B$  اور  $R_E$  کے قیمتیں مساوات ۳.۳۳ کے عین مطابق ہیں۔ جیسا مثال  
میں دیکھا گیا کہ  $\beta = 50$  اور  $\beta = 150$  بنتے  $\beta$  ہیں۔

۱۔  $\beta_0$  پر برقی رو اور برقی دباؤ حاصل کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned}I_{EQ} \approx I_{CQ} &= \frac{V_{BB} - V_{BE}}{\frac{R_B}{\beta_0 + 1} + R_E} \\&= \frac{1.8 - 0.7}{\frac{10100}{100 + 1} + 1000} \\&= 1 \text{ mA}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_{CE} &\approx V_{CC} - I_{CQ} (R_C + R_E) \\&= 12 - 1 \times 10^{-3} \times (9000 + 1000) \\&= 2 \text{ V}\end{aligned}$$

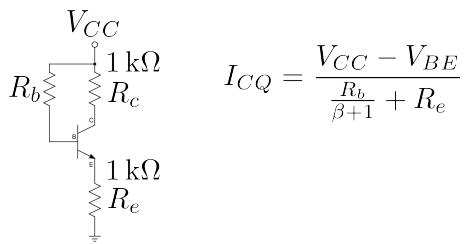
۲۔ کمترافزارش 50 پر ان کی قیمتیں

$$I_{EQ} \approx I_{CQ} = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{\frac{R_B}{\beta + 1} + R_E} = \frac{1.8 - 0.7}{\frac{10100}{50 + 1} + 1000} = 0.918 \text{ mA}$$

$$\begin{aligned}V_{CE} &\approx V_{CC} - I_{CQ} (R_C + R_E) \\&= 12 - 0.918 \times 10^{-3} \times (9000 + 1000) \\&= 2.82 \text{ V}\end{aligned}$$

ہوں گی۔ برقی رو اپنی عسموی قیمت سے 8.2% کم ہو گئی ہے یعنی

$$\frac{1 \times 10^{-3} - 0.918 \times 10^{-3}}{1 \times 10^{-3}} \times 100 = 8.2 \%$$



شکل ۳.۲۹

۳۔ بلند ترا فراز اش ۱۵۰ = بہت زیر  $\beta$  پر ان کی قیمتیں

$$I_{EQ} \approx I_{CQ} = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{\frac{R_B}{\beta+1} + R_E} = \frac{1.8 - 0.7}{\frac{10100}{150+1} + 1000} = 1.031 \text{ mA}$$

$$\begin{aligned} V_{CE} &\approx V_{CC} - I_{CQ} (R_C + R_E) \\ &= 12 - 1.031 \times 10^{-3} \times (9000 + 1000) \\ &= 1.69 \text{ V} \end{aligned}$$

ہوں گی۔ بر قی روپی عسموی قیمت سے ۳.۱ % بڑھ گئی ہے لیکن

$$\frac{1.031 \times 10^{-3} - 1 \times 10^{-3}}{1 \times 10^{-3}} \times 100 = 3.1 \%$$

مثال ۳.۲۳ میں آپ نے دیکھا کہ مساوات ۳.۳۳ پر پورے اترتے دور میں بر قی روکی قیمت اس کی عسموی قیمت سے دس فی صد سے کم اخراج کرتی ہے۔ اس مثال میں زیادہ سے زیادہ اخراج ۸.2 فی صد رہا ہے۔ منع بر قی دباؤ اور مسماجستون کے استعمال سے ٹرانزسٹر مائل کرتے ہوئے تخلیق کار مساوات ۳.۳۳ کو بروئے کار لا کر اس بات کو یقینی بناتا ہے کہ ٹرانزسٹر تخلیق کردہ نقطے کار کردگی سے زیادہ تباہ اور نہیں کرے گا۔ بعض اوقات ٹرانزسٹر استعمال کرنے سے پہلے اس کا  $\beta$  نلا جاتا ہے۔ ایسی صورت میں چونکہ  $\beta$  کی قیمت تھیک نہیں معلوم ہوتی ہے لہذا مساوات ۳.۳۳ کے تحت دور تخلیق دین لازم نہیں ہوتا۔ آئین ایسی مثال دیکھیں جس میں مساوات ۳.۳۳ کو استعمال نہیں کیا گیا۔

مثال ۳.۲۵: شکل ۳.۲۹ میں  $V_{CC} = 12 \text{ V}$  جبکہ  $\beta$  کی قیمت تھیک ۵۰ ہے۔  $I_{CQ}$  اور  $V_{CEQ}$  حاصل کریں۔

حل: داخلی جناب کر خوف کے فتوں برائے برقی دباؤ کے مطابق

$$V_{CC} = I_B R_b + V_{BE} + I_E R_e$$

$$= V_{BE} + I_E \left( \frac{R_b}{\beta+1} + R_e \right)$$

بے جہاں دوسرے وتدم پر لکھتے ہوئے  $I_{CQ} \approx I_{EQ}$  کیا گی۔ یوں

$$I_E = (\beta + 1) I_B$$

$$\begin{aligned} I_E &\approx I_C = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{\frac{R_b}{\beta+1} + R_e} \\ &= \frac{12 - 0.7}{\frac{150000}{49+1} + 1000} \\ &= 2.825 \text{ mA} \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے۔ حنارجی جناب ہم لکھ کتے ہیں

$$\begin{aligned} V_{CC} &= I_{CQ} R_c + V_{CEQ} + I_{EQ} R_e \\ &\approx V_{CEQ} + I_{CQ} (R_c + R_e) \end{aligned}$$

جس سے

$$V_{CEQ} = 6.35 \text{ V}$$

حاصل ہوتا ہے۔

---

### ۳.۷.۲ تبدیلی $V_{BE}$ سے نقطہ کار کردنی کا سرکے جانا

ڈائیوڈ کے باب میں صفحہ ۲.۸ پر شکل ۲.۹ میں درج حسارت کے تبدیلی سے سیدھے مائل ڈائیوڈ کی برقی دباؤ  $V_D$  کا تبدیل ہونا دکھایا گیا۔ اس باب کے حصہ ۳.۹ میں آپ دیکھیں گے کہ ٹرانزسٹر کا  $V_{BE}$  بھی بالکل اسی طرح درج حسارت کے ساتھ تبدیل ہوتا ہے۔ مساوات ۳.۰ پر دوبارہ غور کرنے سے معلوم ہوتا ہے کہ  $V_{BE}$  کے تبدیل ہونے سے  $I_C$  تبدیل ہو گا اور یوں نقطہ کار کردنی اپنے معین جگہ سے سرکے جائے گا۔ آئیں نقطہ کار کردنی کے سرکے کا تخمینہ لگائیں اور اس سے خبات حاصل کرنے کے طریقے سمجھیں۔

و مختلف درج حسارت  $T_1$  اور  $T_2$  پر  $V_{BE1}$  اور  $V_{BE2}$  لکھتے ہوئے مساوات ۳.۰ کے تحت و مختلف برقی رہ  $I_{C1}$  اور  $I_{C2}$  حاصل ہوں گے جہاں

$$(3.33) \quad I_{C1} = \frac{V_{BB} - V_{BE1}}{\frac{R_B}{\beta+1} + R_E}$$

$$(3.34) \quad I_{C2} = \frac{V_{BB} - V_{BE2}}{\frac{R_B}{\beta+1} + R_E}$$

برقی روکی تبدیلی حاصل کرتے ہیں۔

$$(3.36) \quad \Delta I_C = I_{C2} - I_{C1} = \frac{V_{BE1} - V_{BE2}}{\frac{R_B}{\beta+1} + R_E} = - \left( \frac{\Delta V_{BE}}{\frac{R_B}{\beta+1} + R_E} \right)$$

جہاں  $\Delta V_{BE}$  کو  $V_{BE2} - V_{BE1}$  کو لکھا گیا ہے۔ اگر انہیں سڑکا یہ دور مساوات ۳.۳۳ پر پورا تھا تو تب مندرجہ بالامساوات میں  $R_E$  کی قیمت  $\frac{R_B}{\beta+1}$  کے قیمت سے بہت زیاد ہو گی اور اس صورت میں اسے یوں لکھا جائے گا۔

$$(3.37) \quad \begin{aligned} \Delta I_C &= - \left( \frac{\Delta V_{BE}}{\frac{R_B}{\beta+1} + R_E} \right) \\ &\approx - \left( \frac{\Delta V_{BE}}{R_E} \right) \end{aligned}$$

مساویات ۳.۳۳ تبدیلی  $V_{BE}$  کی وجہ سے نقطے کارکردگی کے سرکے جانے کی مساوات ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ  $R_E$  بڑھانے سے  $I_C$  میں تبدیلی کم کی جا سکتی ہے۔

### ۳.۷.۳ نقطے کارکردگی سوارنے کے اسباب

حصہ ۳.۷.۲ اور حصہ ۳.۷.۳ میں نقطے کارکردگی سرکے جانے کے وجوہات بتائے گئے۔ اس مسئلے کو نہایت عملگی سے یوں پیش کیا جاسکتا ہے۔ کوئی بھی تابع تقاضا عمل مثلاً  $(I_C(\beta, V_{BE}, \dots))$  جو آزاد متغیرات مثلاً  $\beta, V_{BE}$  وغیرہ کے تابع ہو، کی قیمت ان آزاد متغیرات پر منحصر ہو گی۔ یوں اگر ان آزاد متغیرات میں  $\beta, \Delta\beta, \Delta V_{BE}, \dots$  کی باریک تبدیلی پیدا ہو تو تابع تقاضا عمل کی قیمت میں کل باریک تبدیلی یوں حاصل کی جائے گی۔

$$(3.38) \quad \Delta I_C = \frac{\partial I_C}{\partial \beta} \Delta \beta + \frac{\partial I_C}{\partial V_{BE}} \Delta V_{BE} + \dots$$

اس مساوات میں

$$(3.39) \quad S_\beta = \frac{\partial I_C}{\partial V_{BE}}$$

$$(3.40) \quad S_{V_{BE}} = \frac{\partial I_C}{\partial V_{BE}}$$

⋮

لکھتے ہوئے اسے یوں لکھا جاسکتا ہے۔

$$(3.41) \quad \Delta I_C = S_\beta \Delta \beta + S_{V_{BE}} \Delta V_{BE} + \dots$$

جب  $S_{V_{BE}}$  وغیرہ کو نقطہ کارکردگی کے سوارنے کے اباجے<sup>r^8</sup> ابھائے گا۔ آئین ان اسباب کا تجھیں گائیں۔

$$(3.32) \quad S_{V_{BE}} = - \left( \frac{1}{\frac{R_B}{\beta+1} + R_E} \right) \approx - \frac{1}{R_E}$$

حاصل ہوتا ہے۔

ساوات ۳.۳۵ میں نقطہ کارکردگی سوارنے کے اباجے کو تفرقہ کے ذریعہ سمجھایا گیا ہے۔ جہاں متغیرات میں کم تبدیلی پائی جائے وہاں تفرقہ لیتے ہوئے درست جوابات حاصل ہوتے ہیں۔ ٹرانزسٹر کے  $\beta$  میں تبدیلی کو کم تصور نہیں کیا جاتا بلکہ  $S_\beta$  حاصل کرتے وقت دو مختلف  $\beta$  پر  $I_C$  حاصل کرتے ہوئے برقی رو میں کل تبدیلی  $\Delta I_C$  حاصل کی جاتی ہے میں کل تبدیلی  $\Delta \beta$  سے تقسیم کرتے ہوئے کیا  $S_\beta$  جاتا ہے۔ آئین اس عمل کو دیکھیں۔

$$(3.33) \quad I_{C1} = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{\frac{R_B}{\beta_1+1} + R_E} \approx \frac{\beta_1 (V_{BB} - V_{BE})}{R_B + (\beta_1 + 1) R_E}$$

$$(3.34) \quad I_{C2} = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{\frac{R_B}{\beta_2+1} + R_E} \approx \frac{\beta_2 (V_{BB} - V_{BE})}{R_B + (\beta_2 + 1) R_E}$$

مندرجہ بالا سوات میں دوسری سوات سے پہلی سوات سے منفی کرنے سے  $\Delta I_C$  حاصل ہوتا ہے۔ البتہ اس سوات کی بہتر شکل بھی حاصل کی جا سکتی ہے۔ ایسا کرنے کی حاطر دوسری سوات کو پہلی سوات سے تقسیم کرتے ہوئے حاصل سوات کے دونوں جانب سے ایک (1)

منفی کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned}
 \frac{I_{C2}}{I_{C1}} &= \left( \frac{\beta_2(V_{BB} - V_{BE})}{R_B + (\beta_2 + 1)R_E} \right) \times \left( \frac{R_B + (\beta_1 + 1)R_E}{\beta_1(V_{BB} - V_{BE})} \right) \\
 &= \frac{\beta_2[R_B + (\beta_1 + 1)R_E]}{\beta_1[R_B + (\beta_2 + 1)R_E]} \\
 \frac{I_{C2}}{I_{C1}} - 1 &= \frac{\beta_2[R_B + (\beta_1 + 1)R_E] - \beta_1[R_B + (\beta_2 + 1)R_E]}{\beta_1[R_B + (\beta_2 + 1)R_E]} \\
 \frac{I_{C2} - I_{C1}}{I_{C1}} &= \frac{\Delta I_C}{I_{C1}} = \frac{\beta_2 R_B + \beta_2 \beta_1 R_E + \beta_2 R_E - \beta_1 R_B - \beta_1 \beta_2 R_E - \beta_1 R_E}{\beta_1 [R_B + (\beta_2 + 1)R_E]} \\
 \frac{\Delta I_C}{I_{C1}} &= \frac{(\beta_2 - \beta_1)(R_B + R_E)}{\beta_1 [R_B + (\beta_2 + 1)R_E]} \\
 &= \frac{(R_B + R_E)}{\beta_1 [R_B + (\beta_2 + 1)R_E]} \Delta \beta
 \end{aligned}$$

جہاں آخوندی و تدبی پر  $(\beta_2 - \beta_1)$  کو  $\Delta \beta$  لکھا گیا ہے۔ اس سے حاصل کرتے ہیں۔

$$(3.35) \quad S_\beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta \beta} = \frac{I_{C1}}{\beta_1} \left[ \frac{R_B + R_E}{R_B + (\beta_2 + 1)R_E} \right]$$

اسی طرز پر آپ  $V_{BB}$  میں تبدیلی سے پیدا  $S_{V_{BB}}$  حاصل کر سکتے ہیں وغیرہ وغیرہ۔  
ماوات ۳.۳ میں ماوات ۳.۳ اور ماوات ۳.۵ استعمال کرتے ہوئے اسے یوں لکھا جا سکتا ہے۔

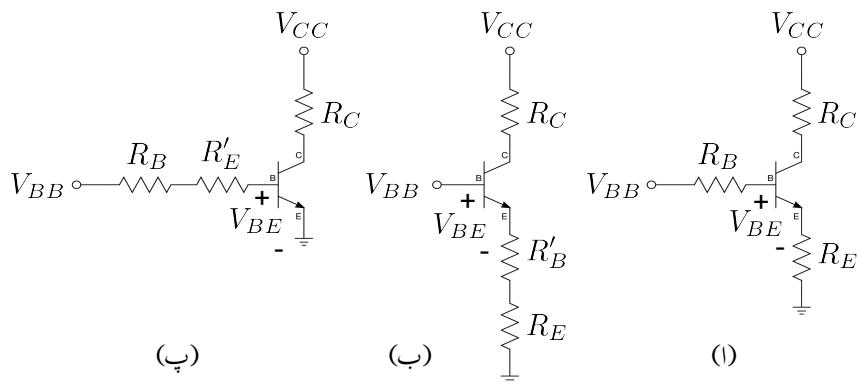
$$(3.36) \quad \Delta I_C = \frac{I_{C1}}{\beta_1} \left[ \frac{R_B + R_E}{R_B + (\beta_2 + 1)R_E} \right] \Delta \beta - \frac{1}{R_E} \Delta V_{BE} + \dots$$

تم نقطہ کار کردگی سوارنے کے اسباب کی مدد سے برقی دو  $I_C$  کے کل تبدیلی کو مندرجہ بالا ماوات کے طرز پر لکھا جا سکتا ہے۔ نقطہ کار کردگی سوارنے کے اسباب کی قیمتیں فتاب کرتے ہوئے اس تبدیلی کو تابل قبول حد کے اندر رکھا جاتا ہے۔

### ۳.۸ مزاجت کا عکس

شکل ۳.۳۰ الف میں برقی روکو  $I_{Ca}$  لکھتے ہوئے اس کی قیمت حاصل کرتے ہیں۔

$$(3.37) \quad I_{Ca} = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{\frac{R_B}{\beta+1} + R_E}$$



شکل ۳.۳۰: مزاحمت کے عکس

اسی طرح شکل ب میں برقی روکو  $I_{Cb}$  لکھتے ہوئے اس کی قیمت حاصل کرتے ہیں۔ ہم دیکھتے ہیں کہ  $R'_B$  اور  $R_E$  سلسلہ دار جبڑے ہیں اور ان کا کردار بالکل ایسا ہی ہے جیسے یہاں ایک ہی مزاحمت  $R''_E$  نسب ہو جس کی قیمت  $(R'_B + R_E)$  ہو۔ شکل ۳.۳۱ اف میں یہ تصور دکھایا گیا ہے۔ یہاں

$$(3.38) \quad I_{Cb} = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R''_E} = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R'_B + R_E}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اگر اس مساوات میں  $R'_B$  کی قیمت مساوات ۳.۳۷ کے رابر ہو تو  $I_{Ca}$  کے  $\frac{R_B}{\beta+1}$  برابر ہوں گے یعنی اگر  $I_{Cb}$

$$(3.39) \quad R'_B = \frac{R_B}{\beta + 1}$$

ہوتے۔

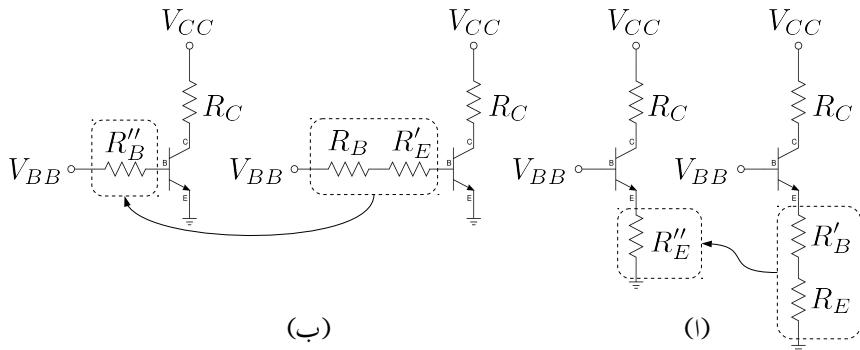
$$(3.50) \quad I_{Ca} = I_{Cb}$$

ہو گا، اگرچہ ان دونوں شکال کے  $V_{CE}$  مختلف ہوں گے چونکہ

$$V_{CEa} = V_{CC} - I_C (R_C + R_E)$$

$$V_{CEb} = V_{CC} - I_C R_C$$

ہوں گے اور یہاں  $V_{CEa} \neq V_{CEb}$  ہوں گے۔ اسی طرح شکل پ میں برقی روکو  $I_{Cc}$  لکھتے ہوئے اسے حاصل کرتے ہیں۔ یہاں  $R'_E$  اور  $R_B$  سلسلہ دار جبڑے ہیں اور ان کا کردار بالکل ایک ایسے مزاحمت  $R''_B$  کی طرح ہے جس



شکل ۳.۸: مزاجت کے عکس

کی تیزت  $(R_B + R'_E)$  کے برابر ہو۔ شکل ۳.۳ ب میں یہ تصور کیا گیا ہے۔ یہاں

$$(3.51) \quad I_{Cc} = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{\left( \frac{R''_B}{\beta+1} \right)} = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{\left( \frac{R_B}{\beta+1} + \frac{R'_E}{\beta+1} \right)}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اس مساوات میں اگر  $\frac{R'_E}{\beta+1}$  کی تیزت مساوات ۳.۳ کے  $R_E$  کے برابر ہو، لیکن اگر

$$(3.52) \quad \frac{R'_E}{\beta+1} = R_E$$

ہوتے

$$(3.53) \quad I_{Cc} = I_{Ca}$$

ہوں گے، اگرچہ  $V_{CEb} \neq V_{CEc}$  کو یوں بھی لکھا جاتا ہے۔

$$(3.54) \quad R'_E = (\beta + 1) R_E$$

## مثال ۳.۲۶: شکل ۳.۳۰ میں

$$\begin{aligned}\beta &= 99 \\ V_{CC} &= 15 \text{ V} \\ V_{BB} &= 6.2 \text{ V} \\ R_C &= 5 \text{ k}\Omega \\ R_E &= 5 \text{ k}\Omega \\ R_B &= 50 \text{ k}\Omega\end{aligned}$$

یہ۔

۱. شکل ۳.۳۰ کا برقی رو  $I_C$  حاصل کریں۔
۲. شکل بے میں  $R'_B$  کی وہ قیمت حاصل کریں جس سے شکل بے کا برقی رو شکل افے کا برقی رو کے برابر ہو گی۔
۳. شکل پ پ میں  $R''_E$  کی وہ قیمت حاصل کریں جس سے اس شکل پ کا برقی رو شکل افے کا برقی رو کے برابر ہو گی۔

حل:

۱.

$$I_{Ca} = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{\frac{R_B}{\beta+1} + R_E} = \frac{6.2 - 0.7}{\frac{50000}{99+1} + 5000} = 1 \text{ mA}$$

۲.

$$R'_B = \frac{R_B}{\beta+1} = \frac{50000}{99+1} = 500 \Omega$$

اس قیمت کی مسماحت کے استعمال سے شکل ۳.۳۰ میں  $R''_E$  کی قیمت

$$R'_B + R_E = 500 + 5000 = 5500 \Omega$$

ہو گی اور اس میں برقی رو کی قیمت

$$I_{Cb} = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R'_B + R_E} = \frac{6.2 - 0.7}{500 + 5000} = 1 \text{ mA}$$

یہ حاصل ہو گی۔

$$R'_E = (\beta + 1)R_E = (99 + 1) \times 5000 = 500 \text{ k}\Omega$$

حاصل ہوتا ہے۔ اس قیمت کو استعمال کرتے ہوئے شکل ۳.۳۱ ب میں

$$R''_B = R_B + R'_E = 50\text{k}\Omega + 500\text{k}\Omega = 550\text{k}\Omega$$

ہو گا اور یوں

$$I_{Cc} = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{\left(\frac{R''_B}{\beta+1}\right)} = \frac{6.2 - 0.7}{\left(\frac{550000}{99+1}\right)} = 1 \text{ mA}$$

یہ حاصل ہوتا ہے۔

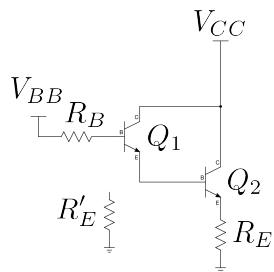
ماداٹ ۳.۴۹ اور ماداٹ ۳.۵۳ نے تائجیں۔ ٹرانزسٹر کے یہیں سرے پر دیکھتے ہوئے  $R_E$  کا کردار بالکل ایسا ہوتا ہے جیسے یہیں سرے کے ساتھ مزاحمت  $R'_E$  جبڑا ہو۔ اس تمام کو یوں بھی کہا جا سکتا ہے کہ یہاں پر جبڑے مزاحمت  $R_E$ ، ٹرانزسٹر کے یہیں سرے سے بالکل  $R'_E$  معلوم ہوتا ہے۔ اسی لئے  $R'_E$  کو کا عکس کہا جاتا ہے۔

ای طرح ٹرانزسٹر کے یہیں سرے کے ساتھ جبڑے مزاحمت  $R_B$  کو اگر ٹرانزسٹر کے یہاں سرے سے دیکھا جائے تو یہ بالکل ایسے معلوم ہوتا ہے جیسے یہاں سرے کے ساتھ مزاحمت  $R'_B$  جبڑا ہے۔ اسی لئے  $R'_B$  کا عکس کہا جاتا ہے۔

مندرجہ بالا کا چوڑی ہے کہ ٹرانزسٹر ادوار میں برقی رو  $I_C$  حاصل کرتے وقت، یہاں پر موجود مزاحمت کا عکس لیتے ہوئے اسے یہیں جانب مقتول کیا جا سکتا ہے۔ ای طرح ٹرانزسٹر کے یہیں جانب مزاحمت کا عکس لیتے ہوئے یہاں جانب مقتول کیا جا سکتا ہے۔ یاد رہے کہ یہ صرف اور صرف حساب کتاب آسان بنانے کا یک گرہ ہے۔ اصل ٹرانزسٹر درکی جگہ کبھی بھی عکس استعمال کرتے حاصل دور کام نہیں کرے گا۔

مثال ۳.۲۷: شکل ۳.۳۲ میں یہیں جانب  $R_E$  کا عکس حاصل کریں۔  
حل: یہیں جانب کرخونے کے قانون برائے برقی دباؤ سے

$$V_{BB} = I_{B1}R_B + V_{BE1} + V_{BE2} + I_{E2}R_E$$



شکل ۳.۳۲: دو ڈیجیٹال ٹرانزسٹر میں مزاحمت کا عکس

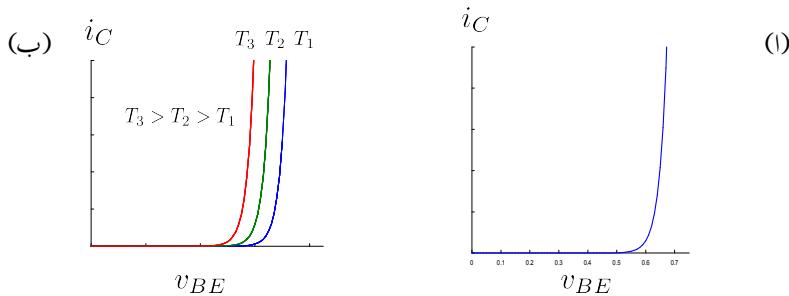
$$\text{لکھا جا سکتا ہے جس میں مزاحمت لکھتے ہوئے} \quad I_{E2} = \frac{I_{B1}}{\beta_1 \beta_2}$$

$$\begin{aligned} V_{BB} &= I_{B1}R_B + V_{BE1} + V_{BE2} + \frac{I_{B1}}{\beta_1 \beta_2} R_E \\ &= I_{B1}R_B + V_{BE1} + V_{BE2} + \frac{R_E}{\beta_1 \beta_2} I_{B1} \\ &= I_{B1}R_B + V_{BE1} + V_{BE2} + I_{B1}R'_E \end{aligned}$$

لکھا جا سکتا ہے اس مساوات کے تحت یہ سب برابر رہتے ہیں۔ لکھا جا سکتا ہے اس مساوات کے تحت یہ سب برابر رہتے ہیں۔ لکھا جا سکتا ہے اس مساوات کے تحت یہ سب برابر رہتے ہیں۔ مزاحمت سے گزرتی ہے۔ پہلا مزاحمت  $R'_E$  اور دوسرا  $R_B$  ہے۔ یوں ٹرانزسٹر کے یہ سب برابر رہتے ہیں۔ مزاحمت سے گزرتی ہے۔ پہلا مزاحمت  $R'_E$  اور دوسرا  $R_B$  ہے۔ یوں ٹرانزسٹر کے یہ سب برابر رہتے ہیں۔

### ۳.۹ ٹرانزسٹر کے خواص

ٹرانزسٹر کے تین سرے ہونے کی بدولت اس کے تین بر قی رو اور تین بر قی دباؤ ممکن ہیں۔ ان میں کسی دو کو آپس میں گراف کیا جاسکتا ہے۔



شکل ۳.۳۳: ٹرانزسٹر کے خط اور اس پر درجہ حرارت کے اثرات

$$i_C - v_{BE} \quad ۳.۹.۱$$

شکل ۳.۳۳ میں  $npn$  ٹرانزسٹر کا  $i_C$  بالمقابل  $v_{BE}$  خط کھایا گیا ہے جو بالکل ڈائیوڈ کے خط کی طرح ہے۔  $npn$  کے  $pnp$  اور  $i_C - v_{EB}$  کے  $i_C - v_{BE}$  مندرجہ ذیل ہیں۔

$$(3.55) \quad i_C = I_S \left( e^{\frac{v_{BE}}{V_T} - 1} \right) \quad npn$$

$$(3.56) \quad i_C = I_S \left( e^{\frac{v_{EB}}{V_T} - 1} \right) \quad pnp$$

جہیں  $e^{\frac{v_{BE}}{V_T}}$  کی صورت میں عموماً

$$(3.57) \quad i_C \approx I_S e^{\frac{v_{BE}}{V_T}}$$

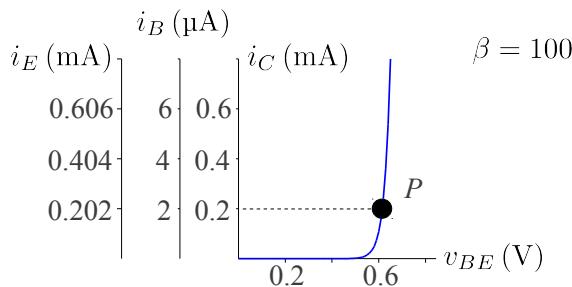
$$(3.58) \quad i_C \approx I_S e^{\frac{v_{EB}}{V_T}}$$

لکھا جاتا ہے۔ چونکہ  $i_C = \beta i_E$  اور  $i_E = \alpha i_B$  اور  $i_B = v_{BE} - v_{BE}$  ہوتے ہیں لہذا  $i_C = \beta \alpha i_B$  اور  $i_B$  خطوں کی تکمیلیں ایک جیسے ہوں گی۔ ان کے مساوات مندرجہ ذیل ہیں۔

$$(3.59) \quad i_E = \frac{I_S}{\alpha} e^{\frac{v_{BE}}{V_T}}$$

$$(3.60) \quad i_B = \frac{I_S}{\beta} e^{\frac{v_{BE}}{V_T}}$$

شکل ۳.۳۷ میں ایک ہی گراف پر تینوں خطوں کے گراف کی مثال دی گئی ہے جہاں حسzen بے معقول ایک ہی اتفاق محدود ہے جو  $v_{BE}$  کو ظاہر کرتا ہے جبکہ عسودی محدودوں کی تعداد تین ہے جو  $i_C$ ،  $i_B$  اور  $i_E$  کو ظاہر کرتے ہیں۔  $v_{BE}$  کی پیمائش وولٹ V میں دی گئی ہے جبکہ  $i_C$  اور  $i_E$  کی mA میں اور  $i_B$  کی  $\mu A$  میں دی گئی ہے۔  $\beta =$



شکل ۳.۳۷۔ سببرقی رو بالمقابل برقی دباؤ

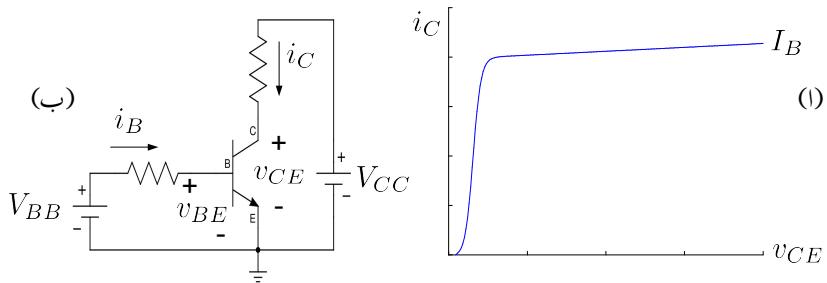
100 تصور کرتے ہوئے نقطہ  $P$  پر  $i_B = 2 \mu\text{A}$ ،  $i_C = 0.2 \text{ mA}$  جبکہ  $v_{BE} = 0.61 \text{ V}$  اور  $i_E = 0.202 \text{ mA}$  ہیں۔ بالکل ڈائیڈ کی طرح، جہاں اشد درستگی درکار نہ ہو وہاں، ٹرانزسٹر کے ادوار کے یک سمت حل مصل کرتے وقت سیدھے مائل نیس۔ ہمچوڑ پر برقی دباؤ  $v_{BE}$  کو 0.7 V ہی لیا جاتا ہے۔ اسی طرح جہاں بھی  $v_{BE} = 0.5 \text{ V}$  سے کم برقی دباؤ پر برقی دباؤ  $i_C$  کی قیمت متبل نظر انداز ہوتی ہے اور اس صورت میں ٹرانزسٹر کے اس جوڑ کو غیر-چالو تصور کیا جاتا ہے۔ یوں ٹرانزسٹر کے لئے بھی چالو کردہ برقی دباؤ کی قیمت 0.5 V ہے۔ بالکل ڈائیڈ کی طرح  $i_C$  برفتار رکھتے ہوئے، ایک ڈگری منٹ گریڈ درجہ حرارت بڑھانے سے  $v_{BE}$  کی قیمت 2 mV گھستی ہے یعنی

$$(3.91) \quad \frac{\Delta v_{BE}}{\Delta T} = -2 \text{ mV/}^{\circ}\text{C}$$

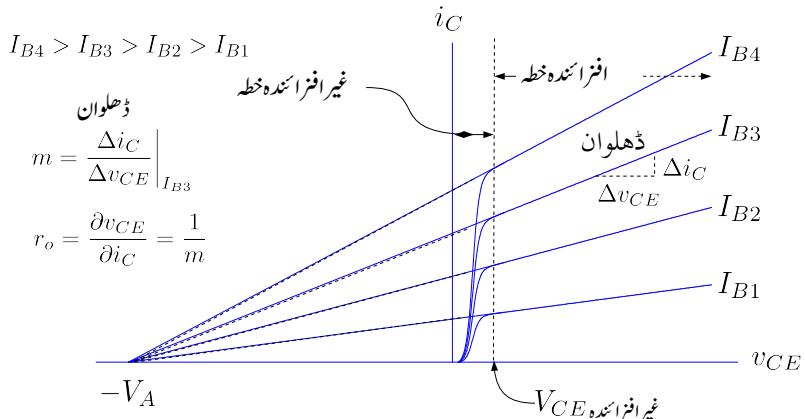
$v_{EB}$  کا  $pnp$  ٹرانزسٹر میں اسی شرح سے حرارت کے ساتھ گھستتا ہے۔

$$3.9.2 \quad i_C - v_{CE}$$

شکل ۳.۳۵ الف میں  $npn$  ٹرانزسٹر کے  $i_C$  بالمقابل  $v_{CE}$  کا گراف دکھایا گیا ہے جسے حاصل کرتے وقت  $i_B$  کو کسی ایک مقعرہ قیمت  $I_B$  پر رکھا گی۔ شکل ۳.۳۵ میں ٹرانزسٹر کا وہ دور بھی دکھایا گیا ہے جسے گراف حاصل کرنے کی خاطر استعمال کیا گی۔ گراف حاصل کرنے سے قبل  $V_{BB}$  کو تبدیل کرتے ہوئے مقعرہ  $I_B$  پیدا کیا جاتا ہے۔  $i_B$  کو برفتار  $I_B$  پر رکھنے کی خاطر  $V_{BB}$  کو اس کے بعد تبدیل نہیں کیا جاتا۔ اس کے بعد گراف حاصل کرنے کی خاطر  $V_{CC}$  کو تدمیاں صفر وولٹ 0 V سے بڑھایا جاتا ہے اور برفتار پر ٹرانزسٹر کی برقی دباؤ  $v_{CE}$  ناپے جاتی ہیں۔ یوں ناپے شدہ  $i_C$  اور  $v_{CE}$  کا گراف شکل الف میں دکھایا گیا ہے جہاں گراف کے اوپر  $I_B$  لکھ کر اس بات کی یادہانی کرائی گئی ہے کہ یہ گراف مقعرہ  $I_B$  پر حاصل ہی گئی ہے۔ اسی طرز پر  $i_B$  کو مختلف قیتوں پر رکھ کر مختلف  $i_C - v_{CE}$  کے خط حاصل کئے جاسکتے ہیں۔ اس طرح کے خطوط شکل ۳.۳۶ میں دکھائے گئے ہیں۔ ان گراف کو دیکھتے ہوئے یہ حقیقت سامنے آتی ہے کہ  $v_{CE}$  کی قیمت بتدرجی کم کرتے ہوئے ایک معتمم آتا ہے جہاں  $i_C$  کی قیمت نہایت تیزی سے گھٹتے ہیں۔



شکل ۳.۳۵:  $i_C - v_{CE}$  npn



شکل ۳.۳۶: npn کے خطوط اور ای بر قی دہاو

شروع ہوتی ہے۔ اس مقام سے کم  $v_{CE}$  کے خط کو غیر افراہنہ خط<sup>۲۹</sup> جبکہ اس سے زیادہ  $v_{CE}$  کے خط کو افراہنہ خط<sup>۳۰</sup> کہتے ہیں۔ اس حصہ میں ہم افراہنہ خط پر غور کریں گے۔ افراہنہ خط میں  $i_C - v_{CE}$  کے خط سیدھی شکل اختیار کر لیتے ہیں۔ ہر خط ایک حناص ڈھلوان رکھتا ہے۔ اگر ان تمام خطوط کو منقی  $v_{CE}$  کے حباب فنر پر نقش کیا جائے تو یہ ایک ہی نقطہ پر جماليتے ہیں۔ جیسا  $V_A = -v_{CE}$  ہوتا ہے۔ اس فنر پر نقش کو نقطہ دار لکسیر وون سے دکھایا گیا ہے۔ کسی بھی ٹرانزسٹر کے کی قیمت کو ہطور بست عد دے کے بیان کیا جاتا ہے جس کی برقی دباؤ<sup>۳۱</sup> کہتے ہیں۔ دیجیٹال ٹرانزسٹروں کا اعلیٰ برقدباد پچ سو ولٹ تاسوں ولٹ ہوتا ہے۔ یہ معلومات ٹرانزسٹر بنانے والے صنعت کار مہیا کرتے ہیں۔

شکل ۳.۳۶ میں کسی ایک نقطہ پر خط کی ڈھلوان  $m$  دکھائی ہے یعنی

$$m = \left. \frac{\Delta i_C}{\Delta v_{CE}} \right|_{I_B}$$

ٹرانزسٹر کے حنارجی حباب حنارجی مسماحت<sup>۳۰</sup> کو یوں لکھا جاسکتا ہے

$$\begin{aligned} r_o &= \left. \frac{\partial v_{CE}}{\partial i_C} \right|_{I_B} \\ &= \frac{1}{m} \\ &= \left. \frac{\partial i_C}{\partial v_{CE}} \right|_{I_B}^{-1} \end{aligned}$$

چونکہ  $v_{CE} - i_C$  کے خط اور فنر پر نقش کے گئے نقطے دار لکسیر کی ڈھلوان برابر ہیں لہذا ہم حنارجی مسماحت کو یوں بھی حاصل کر سکتے ہیں

$$(3.42) \quad r_o = \frac{V_A + V_{CE}}{I_C}$$

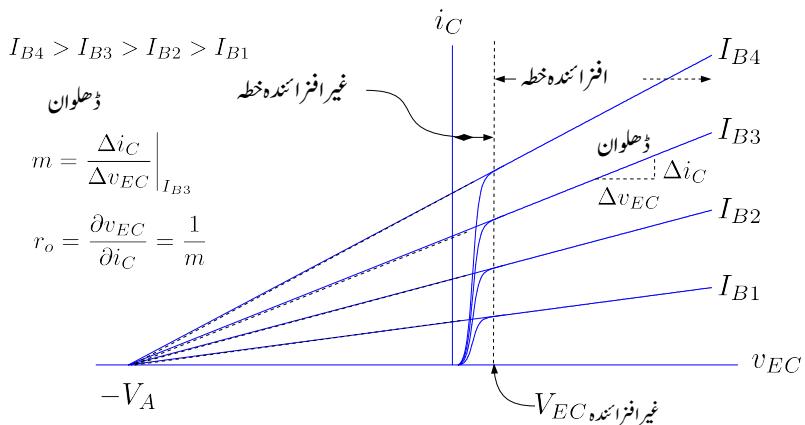
حقیقت میں افراہنہ خط کے خپل حد پر (یعنی غیر افراہنہ خط کے بالکل فتریب) کی قیمت استعمال کرتے ہوئے اس مساوات کو یوں لکھا جاسکتا ہے

$$(3.43) \quad r_o \approx \frac{V_A}{I_C}$$

اگرچہ افراہنہ خط میں  $v_{CE}$  کے تبدیلی سے  $I_C$  کی قیمت تبدیل ہوتی ہے مگر اس تبدیلی کو یک سرت مطابعہ کے درواز نظر انداز کیا جاتا ہے۔ البتہ بدلتے رو مطابعہ میں  $r_o$  اہمیت رکھتا ہے۔ شکل ۳.۳۷ میں  $pnp$  ٹرانزسٹر کے  $v_{EC} - i_C$  خطوط دکھائے گئے ہیں۔  $V_{EC} = 0.2V$  یہ افراہنہ

ہے۔ اس سے کم  $v_{EC}$  پر ٹرانزسٹر غیر افراہنہ جبکہ اس سے زیادہ پر افراہنہ ہوتا ہے۔

saturation region<sup>۳۴</sup>  
active region<sup>۳۵</sup>  
Early voltage<sup>۳۶</sup>  
<sup>۳۷</sup>یہ مطابعہ کا پہلو اس کے ٹرانزسٹر نے اولی جناب

شکل ۳.۳۷  $i_C - v_{EC}$  خطوط

مثال ۳.۲۸: ایک ایسے  $n-p-n$  ٹرانزسٹر جس کی اولیٰ برقی دباؤ کی قیمت پچ سو ولٹ  $V_A = 50\text{ V}$  ہے کہ خارجی مزاحمت  $100\text{ }\mu\text{A}$ ،  $1\text{ mA}$ ،  $10\text{ mA}$  کی برقی روپر حاصل کریں۔  
حل:

۱.

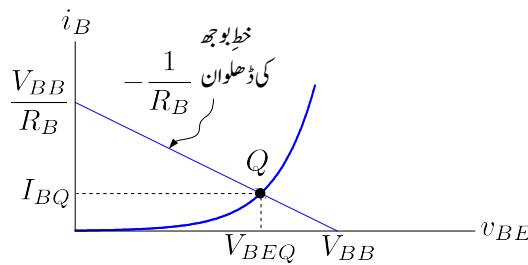
$$r_o \approx \frac{V_A}{I_C} = \frac{50}{100 \times 10^{-6}} = 500\text{ k}\Omega$$

۲.

$$r_o = \frac{50}{10^{-3}} = 50\text{ k}\Omega$$

۳.

$$r_o = \frac{50}{10 \times 10^{-3}} = 5\text{ k}\Omega$$



شکل ۳.۳۸: داخلي جانب کے نقطے مائل کا حصول

### ۳.۱۰ یک سمیت ادوار کا تر سیمی تجزیہ

اگر چہ ٹرانزسٹر ادوار کو عجموماً الجبری طریقے سے حل کیا جاتا ہے مگر گراف کے استعمال سے بہت گہری سمجھ پیدا ہوتی ہے۔ اس طریقے کو سمجھنے کے بعد ٹرانزسٹر ادوار تخلیق دینے میں آسانی پیدا ہوتی ہے۔ ایں شکل ۳.۳۹ میں دئے دو گراف کی مدد سے حل کرتے ہیں۔

#### ۳.۱۰.۱ یک سمیت رو خط بوجھ

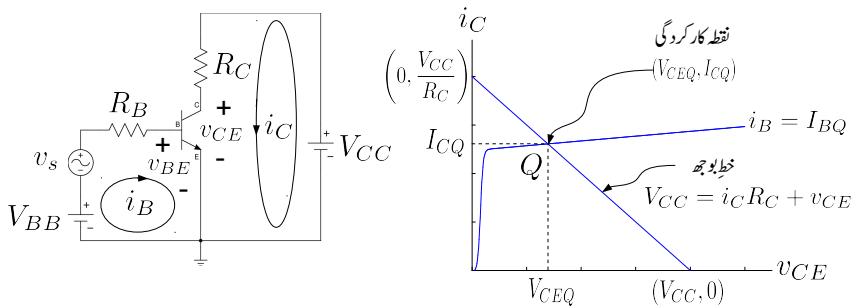
شکل ۳.۳۹ میں، بدلتے اشارہ  $v_S$  کو نظر انداز کرتے ہوئے، ٹرانزسٹر دور کے داخلي جانب ہم لکھ سکتے ہیں۔

$$(3.42) \quad V_{BB} = i_B R_B + v_{BE}$$

چونکہ ٹرانزسٹر کا یہیں یہ میٹر جوڑ بالکل ایک ڈائڈ کی مانند ہوتا ہے لہذا امندر جب بالا مساوات کو دا خالی جانب کا یک سمیت بوجھ کا خط کہا جاسکتا ہے ٹرانزسٹر کے  $i_B - v_{BE}$  خط پر اس کو مساوات کو کھینچنے سے نقطہ مائل حاصل ہوتا ہے جس سے  $I_{BQ}$  اور  $V_{BEQ}$  حاصل ہوتے ہیں۔ یہ عمل شکل ۳.۳۸ میں دکھایا گیا ہے۔ اسی طرح، بدلتے اشارات کو نظر انداز کرتے ہوئے، شکل ۳.۳۹ میں ٹرانزسٹر دور کے خارجي جانب ہم لکھ سکتے ہیں۔

$$(3.45) \quad V_{CC} = i_C R_C + v_{CE}$$

اس مساوات کو ٹرانزسٹر کے  $v_{CE} - i_C$  خط پر گراف کیا گیا ہے۔ بوجھ کا خط بر قی دباد کے محور کو ( $V_{CC}, 0$ ) پر اور بر قی رو کے محور کو  $(0, \frac{V_{CC}}{R_C})$  پر لکھا گیا ہے اور اس کی ڈھلوان  $\frac{1}{R_C}$  ہے۔ یہاں اس بات کو مدد نظر رکھنا ضروری ہے کہ ٹرانزسٹر کے  $i_C - v_{CE}$  خطوں میں سے صرف اس خط کو گراف کیا گیا ہے جس پر  $i_B = I_{BQ}$  کے لئے ہے جہاں  $I_{BQ}$  شکل ۳.۳۹ میں حاصل کی گئی۔ خط بوجھ کی مساوات میں  $i_C$  اور  $v_{CE}$  دو آزاد متغیرات ہیں۔ دو آزاد متغیرات کو حاصل کرنے کی حاضر دو مساوات درکار ہوتے ہیں۔ خط بوجھ کی مساوات پہلی مساوات ہے جبکہ ٹرانزسٹر کا  $v_{CE} - i_C$  خط دوسرے مساوات کا گراف ہے۔ جہاں دو مساوات کے گراف ملنے ہیں یہی ان کا حاصل ہوتا ہے۔ شکل میں اسے نقطہ کار کردگی  $Q$  کہا گیا ہے اور اس نقطے پر متغیرات



شکل ۳.۳۹: یک سمت خط بوجھی

کی قیمت  $(V_{CEQ}, I_{CQ})$  ہے۔ یہ اس دور میں ٹرانزستر کے حدارجی حبانہ برقی دباؤ کی قیمت جبکہ اس کے بیس-کلکٹر سروں کے ماہین برقی دباؤ کی قیمت  $V_{CEQ}$  ہو گی۔

### ۳.۱۰.۲ باریکے اشارات

آنکہ اس شکل ۳.۳۹ میں باریکے اشارات پر غور کریں۔ باریکے اشارہ  $v_s$  کے موجودگی میں ٹرانزستر کے داخلی حبانہ کل برقی دباؤ  $(V_{BB} + v_s)$  ہو گا اور ہم اس حبانہ خط بوجھی مساوات یوں لکھ سکتے ہیں۔

$$(3.21) \quad V_{BB} + v_s = i_B R_B + v_{BE}$$

خط بوجھکی یہ مساوات  $i_B - v_{BE}$  کے گراف پر کھینچنے کی گئی شکل ۳.۳۰ میں دکھائی گئی ہے جہاں

$$(3.22) \quad v_s = V_p \sin \omega t$$

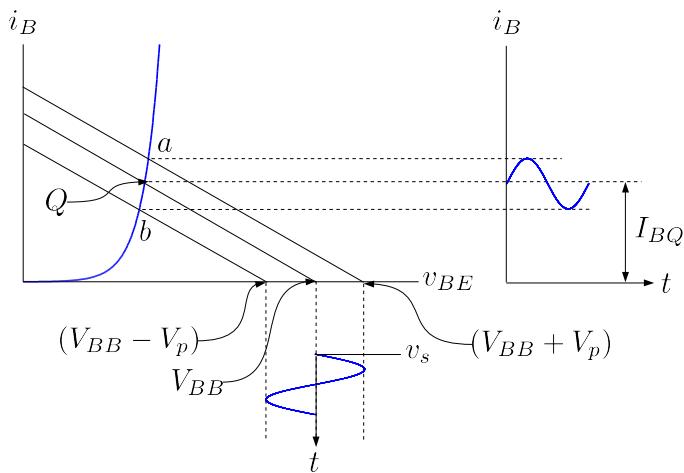
تصور کیا گیا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ خط بوجھکی  $i_B - v_{BE}$  سے ملتا ہے جس کی وجہ سے نقطہ کارکردگی  $i_B - v_{BE}$  پر  $Q$  کے قدریب قدریب رہتے ہوئے اور  $a$  کے درمیان چال متادی کرتا ہے جس سے  $i_B$  کی قیمت بھی  $i_{BQ}$  کے انحراف کرتی ہے۔  $i_B$  کو یوں لکھا جاسکتا ہے۔

$$(3.23) \quad i_B = I_{BQ} + I_p \sin \omega t$$

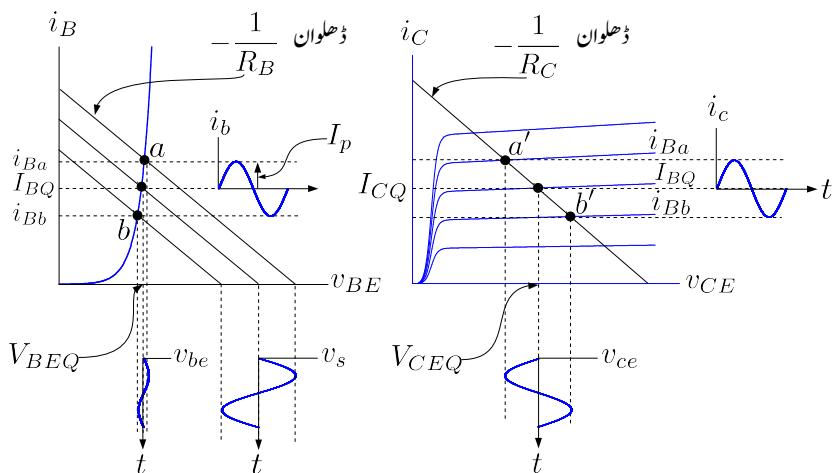
جہاں نقطہ کارکردگی کے قدریب  $i_B - v_{BE}$  خط کو سیدھا تصور کیا گیا ہے۔ شکل ۳.۳۱ میں باریکے اشارہ  $v_s$  اور اس کے پیڈ اکرڈ  $v_{be}, i_b, v_{ce}, i_c$  اور  $v_{be}$  اشارات دکھائے گئے ہیں۔  $i_b, v_s$  اور  $i_c$  ہم زاویہ ہیں جبکہ  $v_{ce}$  ان سب سے  $180^\circ$  کے زاویہ پر ہے۔ یاد رہے کہ تمام اشارات کا دوری عرصہ یکساں ہے چونکہ ایک پلینیٹر اشارے کے تعداد کو تبدیل نہیں کرتا۔

### ۳.۱۰.۳ برقی دباؤ $V_{CC}$ اور مزاحمت $R_C$ کے نقطہ کارکردگی پر اثرات

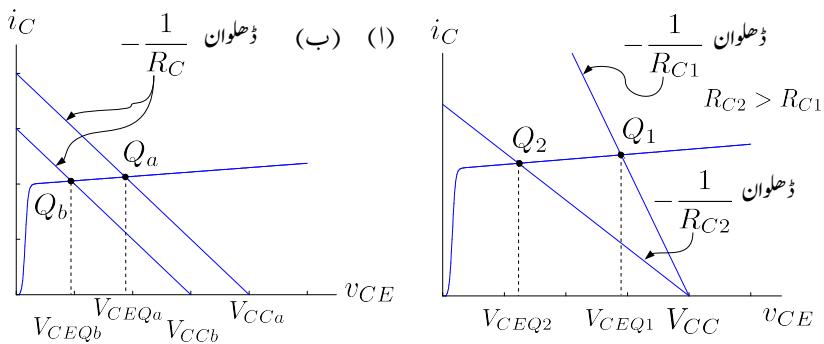
شکل ۳.۳۹ میں ایک سرتے  $R_{C1}$  کی قیمت  $R_{C1}$  رکھی گئی اور دوسری سرتے اسے  $R_{C2}$  رکھا گیا جبکہ بقا یا دور میں کوئی تبدیلی نہیں کی گئی۔  $R_{C1}$  کی قیمت  $R_{C2}$  سے زیادہ ہے۔ ان دونوں صورتوں کو شکل ۳.۳۲ میں



شکل ۳.۳. باریکت اشارات بزریت گراف



شکل ۳.۴. باریکت اشارات



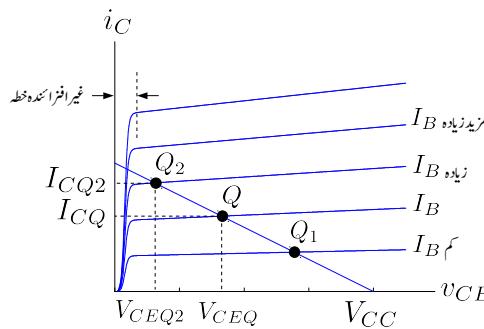
شکل ۳.۲۲: نقطہ کار کردگی پر منبع برقی دباؤ اور مزاحمت کے اثرات

دھیا گیا ہے۔  $R_{C1}$  کی صورت میں خط بوجھ ٹرانزسٹر کے  $i_C - v_{CE}$  خط کو  $Q_1$  پر لکر اتا ہے اور یوں ٹرانزسٹر کے اس نقطے کار کردگی پر برقی دباؤ  $v_{CE}$  کی قیمت  $V_{CEQ1}$  ہو گی۔  $R_{C2}$  کی صورت میں خط بوجھ کی ڈھلوان کم ہو گئی ہے اور یہ  $i_C - v_{CE}$  خط کو  $Q_2$  پر لکر اتا ہے جہاں  $v_{CE}$  کی قیمت  $V_{CEQ2}$  ہے۔ یوں آپ دیکھ سکتے ہیں کہ خط بوجھ کے مساوات (یعنی مساوات ۳.۲۵) میں صرف مزاحمت تبدیل کرنے سے خط بوجھ کی ڈھلوان تبدیل ہوتی ہے جس سے ٹرانزسٹر کا نقطہ کار کردگی تبدیل ہوتا ہے۔ ان دونوں صورتوں میں خط بوجھ برقی دباؤ کے حور کو  $V_{CC}$  پر ہی لکراتے ہیں۔ شکل ۳.۲۲ ب میں صرف برقی دباؤ  $V_{CC}$  کے تبدیل ہونے کے اثرات کو دھیا گیا ہے جہاں کی قیمت  $V_{CCa}$  کے زیادہ  $V_{CCb}$  کے  $V_{CC}$  کو  $V_{CCa}$  سے بڑھا کر  $V_{CCa}$  کرنے سے نقطہ کار کردگی  $Q_a$  سے  $Q_b$  کی منتقل ہو جاتے ہیں۔

### ۳.۱۰.۳ داخنی برقی روکے نقطہ کار کردگی پر اثرات

شکل ۳.۲۳ میں خط بوجھ مختلف داخنی برقی رو  $I_B$  پر  $i_C - v_{CE}$  خط پر نقش کیا گیا ہے۔ اگر داخنی برقی رو کو  $I_B$  سے بڑھا کر  $I_{BQ2}$  کر دیا جائے تو نقطہ کار کردگی  $Q$  سے  $Q_2$  کی منتقل ہو جائے گا۔ یوں برقی رو  $I_{CQ2}$  سے بڑھ کر  $i_{CQ2}$  کی مسئلہ کر سیدھا  $V_{CEQ2}$  سے کم ہو کر  $V_{CEQ}$  کی مسئلہ کر سیدھا گا۔ اگر  $I_B$  کو مزید بڑھا کر  $I_{BQ1}$  کی مسئلہ کر سیدھا  $V_{CEQ1}$  سے کار کردگی غیر امنزانتہ خط میں داخنی برقی رو جائے گا۔ اگر  $I_B$  کو مزید بڑھانے سے تو  $i_C$  اور  $v_{CE}$  کی قیمت میں حافظہ خواہ تبدیلی رونما ہوئی ہے۔ یہی وجہ ہے کہ اس خط کو غیر امنزانتہ خط کہتے ہیں۔

آپ دیکھ سکتے ہیں کہ  $I_B$  کی قیمت بڑھاتے ہوئے ٹرانزسٹر آسندر کار غیر امنزانتہ خط میں داخنی برقی رو  $I_{CQ}$  کی قیمت تقریباً  $\frac{V_{CC}}{R_C}$  ہی رہتی ہے۔ غیر امنزانتہ خط میں داخنی برقی رو کے بعد  $I_B$  بڑھانے سے ٹرانزسٹر غیر امنزانتہ خط کے مزید گہرائی میں چلا جاتا ہے۔ اس خط میں ٹرانزسٹر مکمل طور پا ہوتا ہے اور یہ حپا لوبرقی سوچ کا کردار ادا کرتا ہے۔ یہ صورتِ حال شکل ۳.۲۳ میں دھیا گیا ہے۔

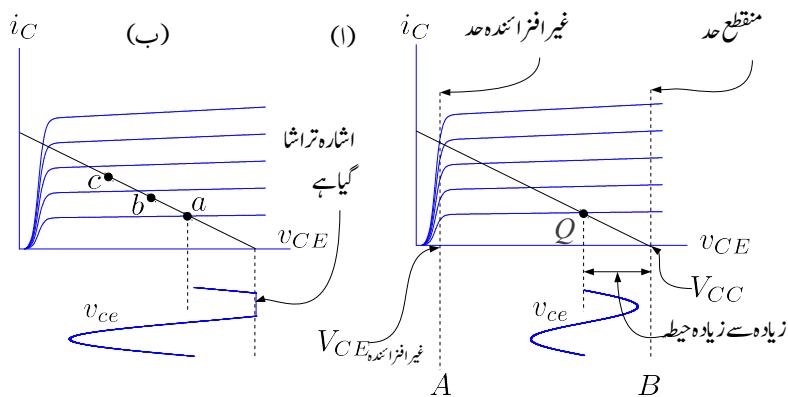


شکل ۳.۳۳: نقطہ کار کردگی بال مقابل داخلي برقي رو

اس کے بعد اگر  $I_B$  کی قیمت بتدربی کم کی جائے تو نقطہ کار کردگی اس جانب سرکت کرتا ہے جس جانب  $I_{CQ}$  کی قیمت کم ہوتی ہے۔ اگر  $I_B$  کو نہیں کیا جائے بلکہ روک کر صفر کر دیا جائے تو نقطہ کار کردگی افقی محور سے مکرا جائے گا جہاں  $V_{CEQ} = V_{CC}$  اور  $I_{CQ} = 0\text{A}$ ۔ اس نقطے پر ٹرانزسٹر کا مغل منقطع صورت اختیار کرے گا اور یہ ایک منقطع برقی سوچ کا کردار ادا کرتا ہے۔

### ۳.۱۰.۵ حنارجي اشاره کے حدود

مندرجہ بالائے میں ہم نے دیکھا کہ  $I_B$  کو بڑھ کر ٹرانزسٹر کو غیر افڑا نہدہ کیا جاتا ہے جبکہ اسے گھٹ کر ٹرانزسٹر کو منقطع کیا جاتا ہے۔ ٹرانزسٹر کو بطور ایکلینیٹر استعمال کرتے ہوئے اس بات کو تعین رکھنا ضروری ہے کہ ٹرانزسٹر افڑا نہدہ خطے میں ہی رہے۔ نقطہ کار کردگی تعین کرنے کے پیچھے کئی وجہات ہو سکتے ہیں۔ شکل ۳.۳۴ میں نقطہ کار کردگی کو پوں رکھا گیا ہے کہ اشارہ کے عمد موجودگی میں  $I_{BQ}$  کم سے کم ہو۔ موبائل فون میں ایسا ہی کیا جاتا ہے تاکہ اس کی بیسٹری زیادہ وقت بغیر بھرے کے کام کر سکے۔ شکل الف میں اس ایکلینیٹر کا حنارجي اشارہ  $v_{ce}$  دکھایا گیا ہے۔ اگر ایکلینیٹر کا داخلي اشارہ  $v_s$  مزید بڑھ جائے تو طاہر ہے کہ  $v_{ce}$  بھی بڑھنے کی کوشش کرے گا ایسکن جیسے شکل بےے واضح ہے کہ ایسا نہیں ہو گا۔ اگر چہ  $v_{ce}$  کا آدھا لہر ٹھیک ہو گیا ہے لیکن اس کا دوسرا حصہ تراش گیا ہے۔ اگر نقطہ کار کردگی کو a سے متدر بائیں نقطہ b پر منتقل کر دیا جائے تو موجودہ  $v_{ce}$  بغیر تراش حاصل کیا جاتا ہے۔ آپ یہ بھی دیکھ سکتے ہیں کہ اگر نقطہ کار کردگی کو مزید بائیں، نقطہ c پر منتقل کر دیا جائے جائے تو  $v_{ce}$  کا دوسرا حصہ تراشنا شروع ہو جائے گا جیسے شکل الف میں دکھایا گیا ہے کہ افڑا نہدہ ٹرانزسٹر کے  $v_{ce}$  کی کم سے کم ممکنہ قیمت غیر افڑا نہدہ  $V_{CE}$  ہے جبکہ اس کی زیادہ سے زیادہ ممکنہ قیمت  $V_{CC}$  ہے۔ ان حدود کو A اور B نقطے دار لکھیروں سے دکھایا گیا ہے۔  $v_{ce}$  ان حدود سے تجویز نہیں کر سکتا ہے زانوے کار کردگی Q کے ایک جانب حنارجي اشارے کی چوٹی A تک اور دوسرا جانب B تک بغیر تراش بڑھائی جا سکتی ہے۔ جیسے شکل الف میں دکھایا گیا ہے یوں ہم سائن-من حنارجي اشارہ  $v_{ce}$  کی زیادہ چوٹی کی حد کا تعین اس شکل سے کر سکتے ہیں۔



شکل ۳.۲۳: جنارجی اشارہ کے حدود

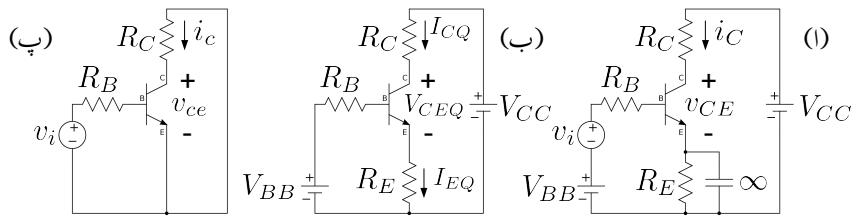
## ۳.۱۰.۶ بدلتارو، خط بوجھ

ٹرانزسٹر ادوار میں  $\beta$  اور  $V_{BE}$  کے تبدیلی سے نقطہ کار کر دگی کے تبدیلی کو روکتے کی حناظر  $R_E$  استعمال کیا جاتا ہے۔ البتہ چیز آپ پر صفحہ ۳۰۳ میں دیکھیں گے،  $R_E$  کے استعمال سے ٹرانزسٹر ایکلینیٹر کی اندازائش کم ہو جانی ہے۔ نقطہ کار کر دگی یک سمت رو سے تعین کیا جاتا ہے جبکہ اندازائش کا تعلق بدلتے اشارات کے ساتھ ہے۔ یوں اگر کسی طرح یک سمت رو کے نقطے نظر سے دور میں پایا جائے جبکہ بدلتے اشارے کے نقطے نظر سے  $R_E$  کی قیمت صفر کر دی جائے تو دونوں واجبات پورے ہوں گے۔ شکل ۳.۲۵ الف میں  $R_E$  کے متوازی لامددی قیمت کا کمیٹر نسب کیا گیا ہے۔ یک سمت رو کمیٹر سے نہیں گرتی، اہلذاقطہ کار کر دگی حاصل کرتے وقت کمیٹر کو نقطہ انداز کیا جائے گا۔ لامدد کمیٹر کی برقی کاروائی خسر اور ہم ہے جو  $R_E$  کے متوازی حصہ ہے۔ یوں بدلت اشارہ  $R_E$  سے ہر گز نہیں گزرے گا بلکہ یہ کمیٹر کے راستے گزرے گا۔ بدلت رو کو مزاحمت کے مقابل راستہ منراہم کرنے والا کمیٹر قصری کمیٹر ۳۳ پکارا جاتا ہے۔ مدد کمیٹر کے کار کر دگی پر باب ۲ میں غور کیا جائے گا۔ اس حصے میں لامدد کمیٹر نسب کرنے کے اثرات پر غور کیا جائے گا۔ اس کتاب کے حصہ ۲.۱۲.۱ میں ڈائیوڈ ادوار کے بدلتارو، خط بوجھ پر غور کیا گیا۔ آئیں ٹرانزسٹر کے بدلتارو، خط بوجھ پر غور کریں۔

## شکل ۳.۲۵ الف کے حنارجی جواب

$$(3.69) \quad V_{CC} = i_C R_C + v_{CE} + i_E R_E \\ \approx v_{CE} + i_C (R_C + R_E) \quad \text{یک سمت رو، خط بوجھ}$$

ہے جہاں  $i_C \approx i_E$  لیا گیا ہے۔ ڈائیوڈ کی طرح یہاں مندرجہ بالامساوات کو یک سمت رو، خط بوجھ پکارا جاتا ہے جسے عموماً چھوٹا کر کے صرف یک سمت خط بوجھ ۳۳ کہتے ہیں۔ شکل ۳.۲۶ الف میں  $i_E$  کو یک سمت



شکل۔۳.۲۵: کپیسٹر اور بدل تارو، خط لو جھ۔

$i_e$  اور بدل لئے حصوں میں لکھا گیا ہے۔ یہ سمت اشارے کے لئے کپیسٹر کھلے سرے کردار ادا کرتا ہے لہذا، چیز شکل ۳.۲۶ ب میں دکھایا گیا ہے، مرف مزاجت  $I_{EQ}$  سے گزرے گا۔ یہن ٹرانزسٹر کے بیٹر پر  $V_{EQ} = I_{EQ}R_E$  ہو گا۔ کپیسٹر پر بھی یہی یہ سمت بر قی دباؤ پیا جائے گا۔

چیز شکل ۳.۲۶ پ میں دکھایا گیا ہے، بدلے اشارے کے لئے لامہ دو کپیسٹر کی بر قی رکاوٹ  $\frac{1}{j\omega C_E} = 0$  ہو گی اور یہن  $i_e$  کپیسٹر کے راستے گزرے گا۔ اس طرح ٹرانزسٹر کے بیٹر پر بر قی دباؤ پیدا کرنے میں  $i_e$  کوئی کردار ادا نہیں کرے گا۔ مرف  $I_E$  کے بدلے بیٹر پر بر قی دباؤ  $V_{EQ} = I_{EQ}R_E$  پیدا ہو گا۔ ان حقائق کو استعمال کرتے ہوئے مندرجہ بالامساوات میں متغیرات کو یہ سمت اور بدلے حصوں میں لکھتے ہیں

$$(3.70) \quad V_{CC} = (I_{CQ} + i_c) R_C + (V_{CEQ} + v_{ce}) + I_{EQ}R_E$$

بدلے اشارات کے عدم موجودگی میں مساوات ۳.۷۰ کو یہن لکھا جاسکتا ہے

$$(3.71) \quad V_{CC} \approx V_{CEQ} + I_{CQ} (R_C + R_E) \quad \text{یہ سمت رو، خط لو جھ}$$

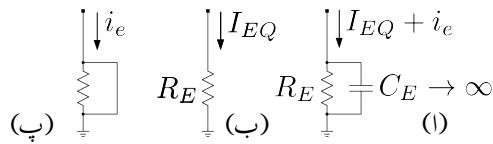
جہاں  $I_{CQ} \approx I_{EQ}$  لیا گیا ہے۔ آپ تسلی کر لیں کہ بدلے اشارے کے عدم موجودگی میں مندرجہ بالامساوات اور مساوات ۳.۲۹ ایک ہی خط کو ظاہر کرتے ہیں لہذا مساوات ۳.۷۱ بھی یہ سمت رو، خط لو جھ کی مساوات ہے۔

شکل ۳.۲۵ بے سے بھی مساوات ۳.۷۰ حاصل ہوتا ہے لہذا شکل ۳.۲۵ ب در حقیقت شکل ۳.۲۵ الف کا مساوی یہ سمت دور ہے۔ آپ دکھے سکتے ہیں کہ یہ سمت دور حاصل کرنے کی حراطر کپیسٹر کو کھلے سرے اور بدلے اشارہ  $v_{ce}$  کو صفر کرتے ہوئے بقایا دور لیا جاتا ہے۔

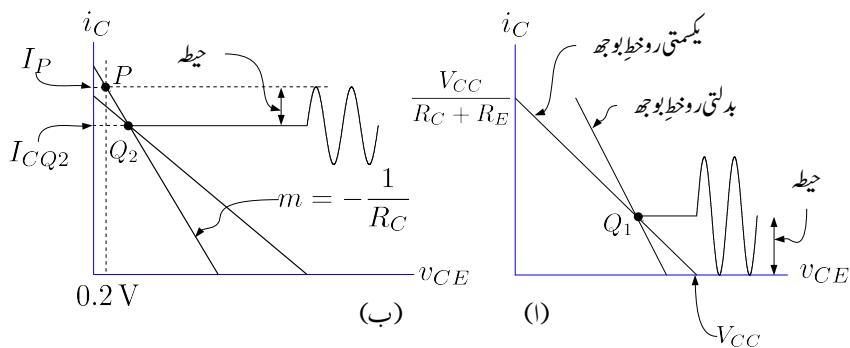
بدلے اشارے کے موجودگی میں مساوات ۳.۷۰ کے یہ سمت اجزاء کو مساوات کے ایک جانب جسکے بدلے اجزاء کو دوسرے جانب لکھتے ہیں۔

$$(3.72) \quad i_c R_C + v_{ce} = \underbrace{V_{CC} - I_{CQ} R_C - V_{CEQ}}_0 - I_{EQ} R_E$$

مساوات ۳.۷۰ کو 0 کلتے ہوئے ہم دیکھتے ہیں کہ مندرجہ بالا



شکل ۳.۲۶: یک سمت اور بدلستارو کی علیحدگی



شکل ۳.۲۷: بدلستارو، خط بوجھ پر چھل وتدی

ساوات میں مساوی نثان کے دائیں جانب صفر لکھا جاتا ہے لہذا اس سے

$$(3.73) \quad i_c R_C + v_{ce} = 0 \quad \text{بدلستارو، خط بوجھ}$$

ساوات ہوتا ہے جو بدلتا رو، خط بوجھ ہے جسے عسمیاً بدلتا رو خط بوجھ ۳.۲۵ پکارا جاتا ہے۔ شکل ۳.۲۵ پ سے بھی یہی مساوات حاصل ہوتا ہے۔ بدلستارو، مساوی شکل حاصل کرتے وقت تمام یک سمت برقی دباد کی منع اور تمام کپیمیروں کو قصر دو کرتے ہوئے دور کا پتہ یا حصہ لیا جاتا ہے۔

ساوات ۳.۲۷ میں سخت خط بوجھ کی مزاجت  $R = R_C + R_E$  یکیتی  $R$  جبکہ مساوات ۳.۷۳ سے بدلنا رو خط بوجھ کی مزاجت  $R_E = \text{بدلتا } R$  حاصل ہوتے ہیں۔ یہ ایک دلپٹ صورت ہے۔ بدلنے اشارے کے عدم موجودگی میں دور کا نقطہ کار کر دی گی یہ سخت خط بوجھ پایا جائے گا جبکہ بدلنے اشارے کے موجودگی میں دور بدلتا رو خط بوجھ پر چھل وتدی کرے گا۔

شکل ۳.۲۷ میں یہ سخت خط بوجھ پر نقطہ  $Q_1$  نظر کر دی گی ہے۔ بدلنے اشارے کے عدم موجودگی میں ڈرانز سڑاکی نقطے پر رہے گا۔ بدلتا رو، خط بوجھ اسی نقطے پر کھینچا جاتا ہے۔ یک سمت رو، خط بوجھ کی ڈھلوان  $\frac{1}{R}$  ہے۔ اسی

ٹرانزستارو، خط بوچھ کی ڈھلوان  $\frac{1}{R_c}$  برت  $m = -$  ہے۔

بدلے اشارے کے موجودگی میں ٹرانزسٹر بدلتا رہے، خط بوچھ پر جعل متدد کرے گا۔ سائنس بدلے اشارے کے موجودگی میں  $i_C$  دکھایا گیا ہے۔ شکل میں زیادہ سے زیادہ ممکن مقنی خط کا  $i_C$  دکھایا گیا ہے۔ اگر داخلی اشارے کو مزید بڑھایا جائے تو  $i_C$  کا خپلا یعنی مقنی حصہ تراشاحبائے گا۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ نقطہ کار کردگی کو  $(V_{CEQ}, I_{CQ})$  پر رکھتے ہوئے زیادہ سے زیادہ ممکن مقنی خط  $I_{CQ}$  حاصل ہوتا ہے۔

شکل ۳.۲۷ ب میں یک سخت رو خط بوچھ پر نقطہ کار کردگی ہے۔ سائنس بدلے اشارے کے موجودگی میں  $i_C$  دکھایا گیا ہے۔ غیر افراطی  $V_{CE}$  میں  $0.2\text{ V}$  پر نقطے دار عمودی لکسیر لگائی گئی ہے جسے بدلتا رہے، خط بوچھ پر نکلا گیا ہے۔ چونکہ ٹرانزسٹر غیر افراطی  $V_{CE}$  سے کم بر قی دبا پر قوت افسزاں کو خود یافتہ ہے لہذا  $i_C$  کی بثت چھوٹی شکل میں دکھائے  $I_P$  پر تراشی جائے گی۔ اس طرح  $i_C$  کا زیادہ سے زیادہ ممکن جعل  $I_P - I_{CQ2}$  کو بر ابر ہو گا۔ آئین بدلاتارو خط بوچھ کے خط کی مساوات حاصل کریں۔  $y - x = m$  محدود پر نقطے  $(x', y')$  سے گزرتے خط کی مساوات  $(x' - x') = m(x - x')$  ہوتی ہے۔ موجودہ مسئلہ میں  $v_{CE} - v_{CEQ}$  محدود پر نقطے  $i_C - I_{CQ}$  پر بدلاتارو خط بوچھ کی مساوات درکار ہے۔ بدلاتارو خط بوچھ کے خط کی ڈھلوان  $\frac{1}{R_c}$  ہے لہذا اس کی مساوات

$$(3.73) \quad i_C - I_{CQ} = -\frac{1}{R_c} (v_{CE} - V_{CEQ})$$

شکل ۳.۲۷ میں نقطہ کار کردگی کو  $Q_1$  اور  $Q_2$  کے درمیان یوں رکھا جائے گا کہ  $i_C$  کا جعل دونوں جانب بر ابر تراشاحبائے اس طرح زیادہ سے زیادہ ممکن جعل کا  $i_C$  حاصل کیا جائے گا۔ مساوات ۳.۲۷ کو استعمال کرتے ہوئے اس نقطے کو حاصل کریں۔ شکل ۳.۲۸ میں یک سست رو، خط بوچھ اور بدلاتارو، خط بوچھ دکھائے گئے ہیں۔ غیر افراطی  $V_{CE}$  کو نظر انداز کرتے ہوئے ہم دیکھتے ہیں کہ اگر بدلاتارو، خط بوچھ عمودی محمد کو  $2I_{CQ}$  پر چھوئے تب  $i_C$  کے دونوں جانب ناتراشحیط  $I_{CQ}$  ہو گا۔ مساوات ۳.۷۴ میں یوں  $0 = v_{CE} - 2I_{CQ}$  پر رکھتے ہوئے

$$2I_{CQ} - I_{CQ} = -\frac{1}{R_c} (0 - V_{CEQ})$$

یعنی

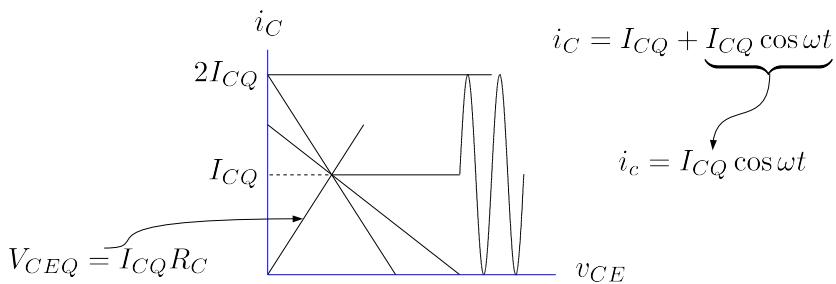
$$(3.74) \quad V_{CEQ} = I_{CQ} R_c$$

حاصل ہوتا ہے۔ اس مساوات کو بھی شکل میں دکھایا گیا ہے۔ جہاں یہ مساوات اور یک سست رو خط بوچھ آپس میں ملتے ہیں وہ درکار نقطہ کار کردگی ہے۔ مساوات ۳.۷۴ میں  $I_{EQ} \approx I_{CQ}$  لکھتے ہوئے اس میں مساوات ۳.۷۵ پر کرتے ہوئے دونوں جانب زیادہ سے زیادہ جعل حاصل کرنے کے لئے درکار نقطہ کار کردگی پر بر قی رو

$$I_{CQ} = \frac{V_{CC}}{2R_c + R_E}$$

حاصل ہوتی ہے۔ اس مساوات میں  $R_c + R_E$  اور  $R_c$  یکمیتی  $R_c + R_E$  برت  $R_c$  لکھتے ہوئے ایسا مساوات حاصل ہوتا ہے جو اور کھنے کے لئے زیادہ آسان ثابت ہوتا ہے یعنی

$$(3.76) \quad I_{CQ} = \frac{V_{CC}}{R_c + R_E}$$



شکل ۳.۳۸: زیادہ سے زیادہ ممکن جیٹ حاصل کرنے کے لئے درکار نقطہ کارکردگی

اس مساوات کو مساوات ۳.۷۵ کے ساتھ ملاتے ہوئے

$$(3.77) \quad V_{CEQ} = \frac{R_{بلاٹ} V_{CC}}{R_{بلاٹ} + R_{کیمیتی}}$$

حاصل ہوتا ہے۔ مساوات ۳.۷۶ اور مساوات ۳.۷۷ زیادہ سے زیادہ ممکن جیٹ کا حنارجی بدلتا اشارہ حاصل کرنے کے لئے درکار نقطہ کارکردگی دینے میں۔

مثال ۳.۲۹: شکل ۳.۳۵ میں  $V_{CC} = 12 \text{ V}$  اور  $R_E = 200 \Omega$ ,  $R_C = 1 \text{ k}\Omega$  ہیں۔ کپیٹر کی قیمت کو لاحق دو تصور کرتے ہوئے بدلتے اشارے کا زیادہ سے زیادہ ممکن جیٹ حاصل کرنے کے لئے درکار نقطہ کارکردگی حاصل کریں۔

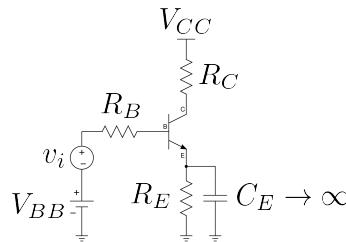
حل: مساوات ۳.۳ اور مساوات ۳.۷۷ میں  $R_{کیمیتی} = 1000 + 200 = 1200$  اور  $R_{بلاٹ} = 1000$  استعمال کرتے ہوئے

$$I_{CQ} = \frac{12}{1200 + 1000} = 5.45 \text{ mA}$$

$$V_{CEQ} = \frac{12 \times 1000}{1200 + 1000} = 5.45 \text{ V}$$

نقطہ کارکردگی حاصل ہوتا ہے۔ یوں حنارجی برقرار کا زیادہ سے زیادہ ممکن جیٹ 5.45 mA ہے۔

مثال ۳.۳۰: مندرجہ بالا مثال میں  $\beta = 37$  لیتے ہوئے  $R_B$  اور  $V_{BB}$  حاصل کریں۔



شکل ۳.۳۹۔ بدلتارو، خط بوجھ کی مثال

حل:  $R_B = 760\Omega$  میں  $R_E = \frac{10R_B}{\beta+1}$  کے استعمال سے حاصل ہوتا ہے۔ کر خوف کے فناون برائے برقی دباؤ کے استعمال سے

$$\begin{aligned} V_{BB} &= V_{BE} + I_E \left( \frac{R_B}{\beta+1} + R_E \right) \\ &= 0.7 + 5.45 \times 10^{-3} \left( \frac{760}{37+1} + 200 \right) = 1.899 \text{ V} \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے۔

مثال ۳.۳۹: شکل ۳.۳۹ میں  $V_{CC} = 17 \text{ V}$  جبکہ کمپیٹر کی قیمت لامددو ہے۔ ٹرانزسٹر کے  $\beta$  کی قیمت ۵۰ تا ۱۵۰ جبکہ  $V_{BE}$  کی قیمت ۰.۶ تا ۰.۸ میکرو اینڈسٹریز کو  $V_{CE}$  کو ۰.۲ V لیتے ہوئے  $R_E$  اور  $R_B$ ،  $V_{BB}$  اور  $i_C$  کے کم از کم  $\pm 4 \text{ mA}$  تک میکرو اینڈسٹریز کے میان میں صورت حال دکھائی گئی ہے۔ یہ سخت رو، خط بوجھ اتنی محور کو  $V_{CC}$  پر جو ہوتا ہے۔ بدلتارو، خط بوجھ کی صاف حالت میں  $\frac{V_{CC}}{R_C + R_E}$  ہے۔ جب تک بدلتارو، خط بوجھ  $Q_1$  اور  $Q_2$  کے درمیان یہ سخت رو، خط بوجھ کو نکلا رے اس وقت تک  $i_C$  کا جیٹ  $\pm 4 \text{ mA}$  میکرو اینڈسٹریز کے میان میں ہے۔  $Q_1$  اور  $Q_2$  کے درمیان کسی اور معتمد پر بدلتارو، خط بوجھ پائے جانے کی صورت میں  $i_C$  کا جیٹ  $\pm 4 \text{ mA}$  یا اس سے زیادہ میکرو اینڈسٹریز کے برابر ہو گا۔ اگر  $i_{CQ1}$  کی قیمت  $Q_1$  پر پائے جانے والا بدلتارو، خط بوجھ کی صورت میں  $i_C$  کا جیٹ  $I_{CQ1}$  کے برابر ہو گا۔ اگر  $i_C$  کا جیٹ  $\pm 4 \text{ mA}$  ہوتا ہے میکرو اینڈسٹریز کے برابر ہو گا۔

$$(3.48) \quad I_{CQ1} = 4 \text{ mA}$$

$Q_2$  پر پائے جانے والا بدلتارو، خط بوجھ، غیر اینڈسٹریز  $V_{CE}$  پر عصموی کچھ خط کو نقطے P پر نکلا رہا ہے۔ چونکہ  $V_{CE}$  سے کم برقی دباؤ پر ٹرانزسٹر قوت افزاں کو دیتا ہے لہذا  $i_C$  کا جیٹ  $I_P - I_{CQ2} - I_{CQ1}$  کے برابر ہو گا۔ اس طرح اگر  $Q_2$  پر برقی دباؤ  $I_{CQ2} + 4 \text{ mA}$  پر نقطے P پر نکلے  $i_C$  کا جیٹ  $\pm 4 \text{ mA}$  ہو گا۔

کسی بھی سیدھے خط کی مساوات  $m = \frac{\Delta y}{\Delta x} = y - y' = m(x - x')$  میں حاصل ہوتا ہے جہاں  $\Delta y$  اور  $\Delta x$  اس خط پر کسی دو نقطوں سے حاصل کے جب سکتے ہیں۔ بدلتارو، خط پر جوچ پر  $Q_2$  اور  $P$  دو نقطیں ہیں جن سے

$$-\frac{1}{1200} = \frac{I_{CQ2} + 4 \text{ mA} - I_{CQ2}}{V_{CEQ2} - V_{CEQ2}}$$

یعنی

$$V_{CEQ2} - 0.2 = 4 \times 10^{-3} \times 1200$$

یعنی

(۳.۷۹)

$$V_{CEQ2} = 5 \text{ V}$$

لکھا جاسکتا ہے۔ یک سمت رو، خط پر جوچ کی مساوات شکل ۳.۷۹ کے حنارجی جانب کرخونے کے فتنوں سے یوں لکھی جاسکتی ہے

(۳.۸۰)

$$V_{CC} = V_{CEQ2} + I_{CQ2} (R_C + R_E)$$

مساوات ۳.۷۹ کو مندرجہ بالا مساوات میں استعمال کرتے ہیں

$$V_{CC} = 5 + I_{CQ2} (R_C + R_E)$$

جس سے  $I_{CQ2}$  کی قیمت

(۳.۸۱)

$$I_{CQ2} = \frac{V_{CC} - 5}{R_C + R_E} = \frac{12}{1200 + R_E}$$

حاصل ہوتی ہے۔ نقطہ کار کردگی کو  $Q_1$  اور  $Q_2$  کے درمیان رکھئے کی حاطہ  $I_{CQ}$  کا مندرجہ ذیل مساوات پر پورا اترتالازم ہے۔

(۳.۸۲)

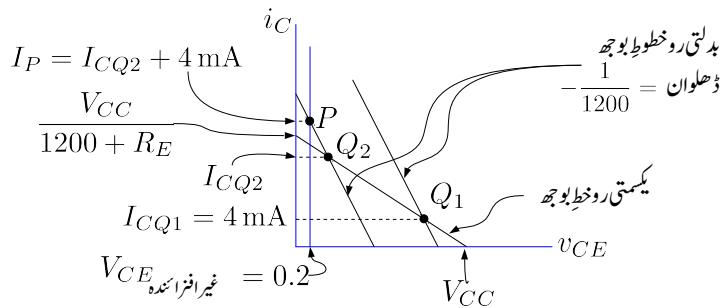
$$\begin{aligned} I_{CQ1} &< I_{CQ} < I_{CQ2} \\ 4 \text{ mA} &< I_{CQ} < \frac{12}{1200 + R_E} \end{aligned}$$

جس سے  $R_E < 1.8 \text{ k}\Omega$  حاصل ہوتا ہے۔

آنئے اب  $\beta$  اور  $V_{BE}$  میں تبدیلی کے اثرات کو دیکھیں۔ شکل ۳.۷۹ کے داخلی جانب

(۳.۸۳)

$$V_{BB} = V_{BE} + I_{CQ} \left( \frac{R_B}{\beta + 1} + R_E \right)$$



شکل ۳.۵۰

لیئے

$$(3.83) \quad I_{CQ} = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{\frac{R_B}{\beta+1} + R_E}$$

لکھا جاسکتا ہے۔ مادا۔ ۳.۸۳ کا کوئی واحد حل نہیں پایا جاتا ہے بلکہ مختلف  $R_E$  لیتے ہوئے اسے حل کیا جاسکتا ہے۔ مشاگر  $R_E = 1 \text{ k}\Omega$  لیا جائے تب  $R_B = 5.1 \text{ k}\Omega$  پر  $\beta = 50$  حاصل ہوتا ہے۔ ہم دیکھتے ہیں کہ  $I_{CQ1} = 4 \text{ mA}$  یعنی کمتر بر قریب واس وقت پائی جائے گی جب  $V_{BE} = 0.8 \text{ V}$  اور  $\beta = 50$  ہو۔ ان قیمتیوں کو استعمال کرتے ہوئے

$$V_{BB} = 0.8 + 4 \times 10^{-3} \left( \frac{5100}{50+1} + 1000 \right) = 5.2 \text{ V}$$

حاصل ہوتا ہے۔ مادا۔ ۳.۸۳ کی صورت میں مادا۔ ۳.۸۲ کی صورت میں  $\beta = 150$  اور  $V_{BE} = 0.6 \text{ V}$

$$I_{CQ} = \frac{5.2 - 0.6}{\frac{5100}{150+1} + 1000} = 4.45 \text{ mA}$$

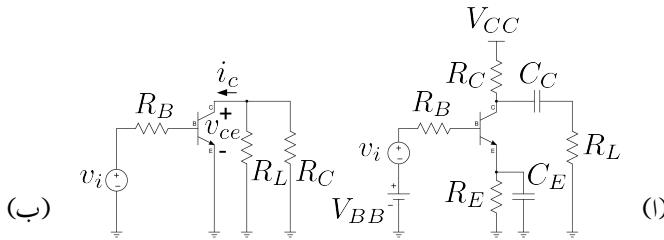
حاصل ہوتا ہے۔  $I_{CQ2} = 5.45 \text{ mA}$  پر مادا۔ ۳.۸۲ میں  $R_E = 1 \text{ k}\Omega$  ہے جو کہ 4.45 mA سے زیاد ہے۔ یوں

$$R_E = 1 \text{ k}\Omega$$

$$R_B = 5.1 \text{ k}\Omega$$

$$V_{BB} = 5.2 \text{ V}$$

مطلوبہ جوابات ہیں۔



شکل ۳.۵

مثال ۳.۳۲: شکل ۳.۵.الف میں  $C_C$  کے ذریعے ایک پلیٹائز کو برقراری بوجھ  $R_L$  کے ساتھ وابستہ کیا گیا ہے۔ ایس کپیٹر جو دھنوموں کی وابستگی پیدا کرتے ہوئے ایک حصے سے دوسرے حصے میں اشارے کی منتقلی کرے بھئیٹ کپیٹر ۳.۶ پکارا جاتا ہے۔ شکل میں  $i_C$  کا زیادہ سے زیادہ ممکن جیط اور اس کے لئے درکار نقطہ کار کردگی حاصل کریں۔ کپیٹر وں کی قیمت لا محمد و د تصور کریں۔  
حل: یک سمت رو کے لئے کپیٹر وں کو کھلے سرے کرتے ہوئے یک سمت رو، خط بوجھ کی مساوات حاصل کرتے ہیں۔

$$(3.85) \quad V_{CC} = i_C R_C + v_{CE} + i_E R_E$$

$$(3.86) \quad \approx v_{CE} + i_C (R_C + R_E) \quad \text{یک سمت رو، خط بوجھ}$$

بدلتے اشارے کے عدم موجودگی میں اس مساوات کو یوں لکھ سکتے ہیں۔

$$(3.87) \quad V_{CC} \approx V_{CEQ} + I_{CQ} (R_C + R_E) \quad \text{یک سمت رو، خط بوجھ}$$

شکل ب میں بدلتارو، خط بوجھ حاصل کرنے کی حنایت  $V_{CC}$  اور کپیٹر وں کو قصر دو رکیا گیا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ بدلتے اشارے کے نقطے نظر سے  $R_C$  اور  $R_L$  موازی جبڑے ہیں۔ اس دور سے بدلتارو، خط بوجھ یوں حاصل ہوتا ہے۔

$$(3.88) \quad v_{ce} + i_c \left( \frac{R_C R_L}{R_C + R_L} \right)$$

چونکہ  $i_c$  اور  $v_{ce} = V_{CEQ} + v_{ce}$  ہوتے ہیں لہذا مندرجہ بالا مساوات کو یوں لکھا جا سکتا ہے

$$(3.89) \quad i_C - I_{CQ} = - \left( \frac{R_C + R_L}{R_C R_L} \right) (v_{CE} - V_{CEQ}) \quad \text{بدلتارو، خط بوجھ}$$

جو کہ درکار بدلتا رہے، خط پر بوجھے ہے۔ یہ مساوات ۳.۷۳ کے طرز کی مساوات ہے لہذا مساوات ۳.۷۵ کی طرز پر یہاں بھی مساوات ۳.۷۸ اور

$$(3.90) \quad V_{CEQ} = I_{CQ} R_{\text{بُرٹ}} = I_{CQ} \frac{R_C R_L}{R_C + R_L}$$

کو آپس میں حل کرتے ہوئے نقطہ کار کردگی حاصل کرتے ہیں۔

$$V_{CC} = I_{CQ} \frac{R_C R_L}{R_C + R_L} + I_{CQ} (R_C + R_E)$$

جس سے

$$(3.91) \quad I_{CQ} = \frac{V_{CC}}{\frac{R_C R_L}{R_C + R_L} + R_C + R_E} = \frac{V_{CC}}{R_{\text{بُرٹ}} + R_{\text{یکمی}}}$$

$$(3.92) \quad V_{CEQ} = I_{CQ} R_{\text{بُرٹ}} = \frac{V_{CC}}{1 + \frac{R_{\text{یکمی}}}{R_{\text{بُرٹ}}}}$$

حاصل ہوتا ہے جو کہ زیادہ سے زیادہ ممکن جیٹھا حاصل کرنے کے لئے درکار نقطہ کار کردگی ہے۔ جیسے شکل ۳.۳۸ میں دکھایا گیا ہے یہاں  $i_C$  کا زیادہ سے زیادہ ناتراش اچیط مندرجہ بالا مساوات میں دئے گئے  $I_{CQ}$  کے برائے ہو گا۔ چونکہ  $i_C$  متوازی جبڑے  $R_C$  اور  $R_L$  سے گزرتا ہے لہذا تقسیم برتن رو سے  $R_L$  میں برتن رو  $i_{RL}$  کی قیمت  $\frac{R_C I_{CQ}}{R_L + R_C}$  ہو گی۔ سائن ناٹھر کی صورت میں یہاں

$$(3.93) \quad i_{RL} = \frac{R_C}{R_L + R_C} I_{CQ} = \frac{R_C}{R_L + R_C} \left( \frac{V_{CC}}{\frac{R_C R_L}{R_C + R_L} + R_C + R_E} \right)$$

ہو گی۔

مثال ۳.۳۳: شکل ۳.۵ میں  $V_{CC} = 12 \text{ V}$  اور  $R_C = R_L = 2 \text{ k}\Omega$  اور  $R_E = 400 \text{ }\Omega$  ہے۔ زیادہ سے زیادہ جیٹھے کا  $i_C$  حاصل کرنے کے لئے درکار نقطہ کار کردگی حاصل کریں۔

حل: چونکہ  $R$  جبکہ  $R_{\text{بُرٹ}} = 1 \text{ k}\Omega$  ہے لہذا مساوات ۳.۹۱ کے تحت نقطہ کار کردگی

$$I_{CQ} = \frac{12}{2400 + 1000} = 3.529 \text{ mA}$$

$$V_{CEQ} = 3.529 \times 10^{-3} \times 1000 = 3.529 \text{ V}$$

حاصل ہوتا ہے۔ یہاں  $i_C$  کا زیادہ سے زیادہ ممکن جیٹھا برتن رو  $i_{RL}$  کا زیادہ سے زیادہ ممکن جیٹھا ہو گا۔

### ۳.۱۱ ٹرانزسٹر ریاضی نمونہ برائے و سچ اشارات

فلم و کاغذ استعمال کرتے ہوئے ٹرانزسٹر ادوار کے متابل مقبول حل حاصل کرنے کے طریقوں پر گزشتہ حصوں میں تصریح ہوئے ان طریقوں سے حاصل جوابات سے بہتر نتائج حاصل کرنے کی حاضر نبتابستہ ریاضی نمونہ استعمال کے جوابات ہیں۔ آئین ایسے چند ریاضی نمونوں پر غور کرتے ہیں۔

#### ۳.۱۱.۱ ایبرز-مال ریاضی نمونہ

ایبرز-مال ریاضی نمونہ ٹرانزسٹر کو افسنہ اسٹر کے بیان کرتا ہے اور اسے استعمال کرتے ہوئے حقیقت کے بہت فسیریب نتائج حاصل ہوتے ہیں۔ یہ ریاضی نمونہ کم تعداد کے اشارات کے لئے استعمال کیا جاتا ہے۔ کمپیوٹر کا پروگرام سپاٹنٹ<sup>۱۳</sup> اسی ریاضی نمونے سے اخذ کردہ مال-برداری ریاضی نمونہ استعمال کرتا ہے جس پر اگلے حصے میں گفتگو ہوگی۔

عسوی طرز پر مائل کردہ  $npn$  ٹرانزسٹر کے مختلف مساوات لکھتے وقت مساوات میں (F) بطور زیر نوشت استعمال کیا جائے گا جو عسوی طرز پر مائل کردہ ٹرانزسٹر کو ظاہر کرے گا۔

عسوی طرز پر مائل کردہ  $npn$  ٹرانزسٹر کے ٹکٹر سرے پر بر قی روکی مساوات مندرجہ ذیل ہے۔

$$(3.93) \quad i_{CF} = I_S \left( e^{\frac{V_{BE}}{V_T}} - 1 \right)$$

اس مساوات کی مدد سے یہ طرز بر قی رو  $i_{EF}$  اور یہ طرز بر قی رو  $i_{BF}$  حاصل کرتے ہیں۔

$$(3.94) \quad i_{EF} = \frac{i_{CF}}{\alpha_F} = \frac{I_S}{\alpha_F} \left( e^{\frac{V_{BE}}{V_T}} - 1 \right)$$

$$(3.95) \quad i_{BF} = i_{EF} - i_{CF} = \frac{I_S}{\alpha_F} \left( e^{\frac{V_{BE}}{V_T}} - 1 \right) - I_S \left( e^{\frac{V_{BE}}{V_T}} - 1 \right)$$

اس آخری مساوات کو حاصل کرتے وقت مساوات ۹۴ اور مساوات ۹۵ استعمال کئے گئے۔ اس آخری مساوات کو مسزید حل کر کے یوں بھی لکھا جاتا ہے۔

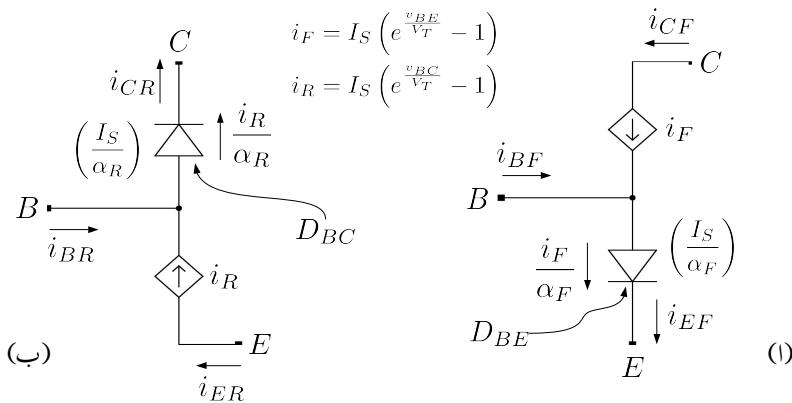
$$(3.96) \quad i_{BF} = I_S \left( \frac{1}{\alpha_F} - 1 \right) \left( e^{\frac{V_{BE}}{V_T}} - 1 \right) = \frac{I_S}{\beta_F} \left( e^{\frac{V_{BE}}{V_T}} - 1 \right)$$

جبکہ

$$(3.97) \quad \left( \frac{1}{\alpha_F} - 1 \right) = \frac{1 - \alpha_F}{\alpha_F} = \frac{1}{\beta_F}$$

کا استعمال کیا گیا۔

ان مساوات سے آپ دیکھ سکتے ہیں کہ  $i_{CF} = \alpha_F i_{EF}$  اور  $i_{EF} = \beta_F i_{BF}$  یہ جو کہ ٹرانزسٹر کے جبان پہنچانے مساوات ہیں۔ یوں شکل ۳.۵۲ الف عسوی طرز پر مائل  $npn$  ٹرانزسٹر کا و سچ اشاراتی ریاضی نمونہ ہے۔ مساوات ۳.۹۲، مساوات ۳.۹۵ اور مساوات ۳.۹۶ (یا اس کا مساوی مساوات ۳.۹۷) ٹرانزسٹر کے



شکل ۳.۵۲: npn ٹرانزسٹر کے ایبر-میل ریاضی نمونے کا حصول

سروں پر برقی روکے مساوات ہیں۔ ایک ایسا دور جس کے تین سرے ہوں اور ہے حل کر کے اس کے سروں پر بھی تین مساوات حاصل ہوں کو ٹرانزسٹر کاریاضی نمونے قصور کیا جاتا ہے۔  
شکل ۳.۵۲ االف میں تابع منبع رو ۳ کا استعمال کیا گیا ہے جس کی افتبو مساوات مندرجہ ذیل ہے۔

$$(3.99) \quad i_F = I_S \left( e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right)$$

اس کے علاوہ اس شکل میں ایک عدد ڈائیوڈ استعمال کیا گیا ہے۔ جیسا کہ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ یہ ٹرانزسٹر کے بیس-بیٹری جوڑ کا ڈائیوڈ  $D_{BE}$  ہے۔ مساوات ۲.۳ میں ڈائیوڈ کے لبیریزی برقی رو کو یہاں  $I_{SBE}$  لکھتے ہوئے اس ڈائیوڈ میں برقی رو کی مساوات مندرجہ ذیل ہے۔

$$(3.100) \quad i_D = I_{SBE} \left( e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right)$$

جہاں  $I_{SBE}$  بیس-بیٹری جوڑ کے ڈائیوڈ کا لبیریزی برقی رو ہے جس کی قیمت مندرجہ ذیل ہے

$$(3.101) \quad I_{SBE} = \frac{I_S}{\alpha_F}$$

شکل میں  $I_{SBE}$  کی اس قیمت کو یاد ہالن کی حتاطہ ڈائیوڈ کے وسیع تر قوس میں مبنی لکھا گیا ہے۔ آئیں شکل ۳.۵۲ االف کے تین سروں پر برقی رو حاصل کریں۔ ہم دیکھتے ہیں کہ  $i_{CF}$  اور  $i_F$  برابر ہیں یعنی

$$(3.102) \quad i_{CF} = I_S \left( e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right)$$

بیٹھ سرے کی برقی رو  $i_{EF}$  اور ڈائیوڈ  $D_{BE}$  میں گزرنے کی برقی رو  $I_{DBE}$  بھی آپس میں برابر ہیں یعنی

$$(3.103) \quad i_{EF} = \frac{I_S}{\alpha_F} \left( e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right)$$

بیس سرے پر کر خوف کے فناون برائے برقی رو کے تحت  $i_{BF} = i_{EF} - i_{CF}$  ہو گا یعنی

$$(3.104) \quad i_{BF} = \frac{I_S}{\alpha_F} \left( e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right) - I_S \left( e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right)$$

ہم دیکھتے ہیں کہ مساوات ۳.۱۰۲، مساوات ۳.۱۰۳ اور مساوات ۳.۱۰۴ ہو بہو ٹرانزسٹر کے مساوات ۳.۹۳، مساوات ۳.۹۵ اور مساوات ۳.۹۶ ہی ہیں۔ یوں شکل ۳.۵۲ الف میں دکھائے دوں کو عسمی طرز پر مائل کر دہ ٹرانزسٹر کاریاضی نوٹے تصور کیا جا سکتا ہے۔

اب صور کریں کہ ٹرانزسٹر کے بیٹھ اور گلکشہر سروں کو استعمال کے نقطے سے آپس میں بدل دیا جائے یعنی بیس-بیٹھ جوڑ کو غیر چپ اوجبکہ یہیں۔ گلکشہر جوڑ کو سیدھا مائل کر دیا جائے۔ ایسا کرنے سے شکل ب حاصل ہوتا ہے جو غیر عسمی طرز پر مائل کردہ ٹرانزسٹر کاریاضی نوٹے ہے۔ شکل ب میں  $i_{BR}$ ,  $i_{CR}$ ,  $i_{ER}$  اور  $\alpha_R$  لکھتے وقت (R) کو بطور زیرِ نوشتہ استعمال کیا گیا ہے جو غیر عسمی طرز پر مائل کردہ صورت کو ظاہر کرتا ہے۔ شکل ب میں ٹرانزسٹر کے سروں کے نام تبدیل ہیں کئے گئے ہیں لیکن جس سرے کو شکل الف میں E کہا گیا، اسی سرے کو شکل ب میں بھی E کہا گیا ہے۔ یوں شکل ب میں بیٹھ اور گلکشہر سروں پر برقی رو کی مستیں الٹی ہوں گی۔

شکل ب میں یہیں۔ گلکشہر جوڑ کے ڈائیوڈ کے لبریزی برقی رو  $I_{SBC}$  کی قیمت مندرجہ ذیل ہے

$$(3.105) \quad I_{SBC} = \frac{I_S}{\alpha_R}$$

یوں اس ڈائیوڈ کے برقی رو کی مساوات مندرجہ ذیل ہو گی۔

$$(3.106) \quad i_{DBC} = \frac{I_S}{\alpha_R} \left( e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right)$$

شکل میں تابع منبع رو  $i_R$  کا ہمیں استعمال کیا گیا ہے جس کی فتوں مساوات مندرجہ ذیل ہے۔

$$(3.107) \quad i_R = I_S \left( e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right)$$

اس شکل کے تین سروں پر برقی رو حاصل کرتے ہیں۔  
ہم دیکھتے ہیں کہ ڈائیوڈ کا برقی رو یہی  $i_{CR}$  ہے لہذا

$$(3.108) \quad i_{CR} = \frac{I_S}{\alpha_R} \left( e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right)$$

اسی طرح  $i_{ER}$  دراصل  $i_R$  ہی ہے لہذا

$$(r_{\cdot 1+q}) \quad i_{ER} = I_S \left( e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right)$$

بیس سرے پر کر خوف کے فتاون براۓ برقی روے سے BR? یوں حاصل ہوتا ہے۔

$$(r_{\text{II}} \mapsto) \quad i_{BR} = i_{CR} - i_{ER} = \frac{I_S}{\alpha_R} \left( e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right) - I_S \left( e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right)$$

اس آخری ساوات کو حاصل کرتے وقت مساوات ۱۰۸ اور مساوات ۱۳۱ استعمال کئے گے۔ اس آخری مساوات کو مزید حاصل کر کے یہ بھی لکھا جا سکتا ہے۔

$$(r, III) \quad i_{BR} = I_S \left( \frac{1}{\alpha_R} - 1 \right) \left( e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right) = \frac{I_S}{\beta_R} \left( e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right)$$

جہاں

$$(r, \alpha_R) \quad \left( \frac{1}{\alpha_R} - 1 \right) = \left( \frac{1 - \alpha_R}{\alpha_R} \right) = \frac{1}{\beta_R}$$

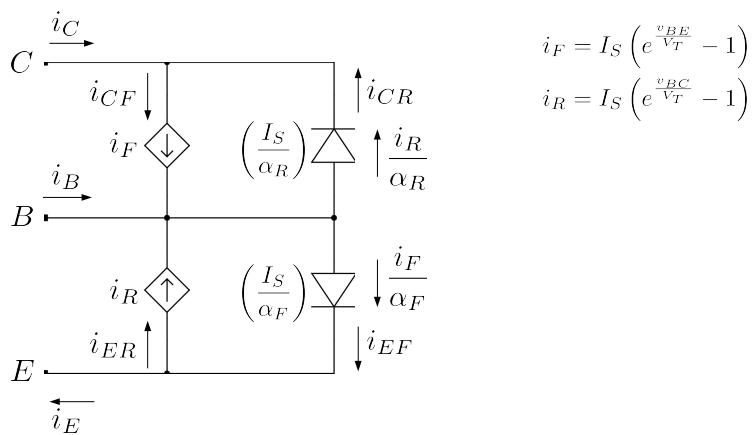
کا استعمال کیا گیا۔

$n-p-n$  ٹرانزسٹر کی کارکردگی کو افزاں نہ کر سکتی ہے، غیر افزاں نہ کر سکتی ہے اور مفقط تینوں خطوں میں بیان کرنے کی  
جن طرف شکل ۳.۵۲ کا اور شکل ب کے ادوار آپس میں متوازی جوڑ کر شکل ۳.۵۳ حاصل کیا جاتا ہے  
جو  $n-p-n$  ٹرانزسٹر کا ایمپر-مال ریاضی نمونہ ہے۔ عمومی طرز پر مائل ٹرانزسٹر کا یہیں ایمپر جوڑ سیدھا مائل  
یعنی  $v_{BE} \geq 0V$  ہوتا ہے جبکہ یہیں ٹکلٹر جوڑ غیر چپا لو (یعنی  $V_B \leq 0.5V$ ) ہوتا ہے۔ یہ میں اگر  
 $v_{BE} = 0.65V$  اور  $v_{BC} = -0.5V$  ہوں تو  $I_S = 10^{-14} A$  لیتے ہوئے  $i_R \approx I_S = 1.957 mA$  اور  $i_F = 1.957 mA$  میں  
حاصل ہوتے ہیں۔ اس طرح  $i_F$  اور اس پر مختصر جبزو نظر انداز کے جا سکتے ہیں۔ شکل ۳.۵۲ کا  
ایسا ہی کرتے ہوئے یعنی نمونے کے وہ حصے دکھائے گئے ہیں جو عمومی طرز پر مائل  $n-p-n$  ٹرانزسٹر کی کارکردگی دیتے ہیں۔ ریاضی  
نمونے کے پتا یا حصول پر کاتا گیا گیا ہے نظر انداز کیا گیا ہے۔ اسی طرح شکل ب میں غیر عمومی طرز پر  
مائل ٹرانزسٹر کی کارکردگی دینے والے حصے دکھائے گئے ہیں جبکہ پتا یا حصول پر کاتا گیا گیا ہے۔  
 $i_F$  اور  $i_R$  کے مساوات ایک چیز ہے اسکا حل رکھتے ہیں اور یہ معلوم ہوتا ہے جیسے ٹرانزسٹر کے دونوں جانب کی  
کارکردگی یہاں ہوگی۔ حقیقت میں ایسا نہیں۔ فرض کریں کہ  $\alpha_F = 0.99$ ،  $\alpha_R = 0.01$  اور  $I_S = 10^{-14} A$  ہے۔ اس  
ٹرانزسٹر کو عمومی طرز پر

$$V_{BF} = 0.65 \text{ V}$$

بر ماں کا حاتا ہے۔ لوں

$$I_E = 1.9573 \text{ mA}$$



شکل ۳.۵۳ npn کا ٹرانزسٹر کا ایجبر-مال ماذل

حصہ ہوتا ہے جس سے

$$I_C = 1.9573 \text{ mA}$$

$$I_E = 1.9771 \text{ mA}$$

$$I_B = 19.573 \mu\text{A}$$

حصہ ہوتے ہیں۔ اس کے برعکس اگر اس ٹرانزسٹر کو غیر عسوی طرز پر

$$V_{BC} = 0.65 \text{ V}$$

پر مائل کیا جائے تب

$$I_R = 1.9573 \text{ mA}$$

حصہ ہوتا ہے۔ (ٹرانزسٹر کے سروں کے نام تبدیل کئے بغیر) اس سے

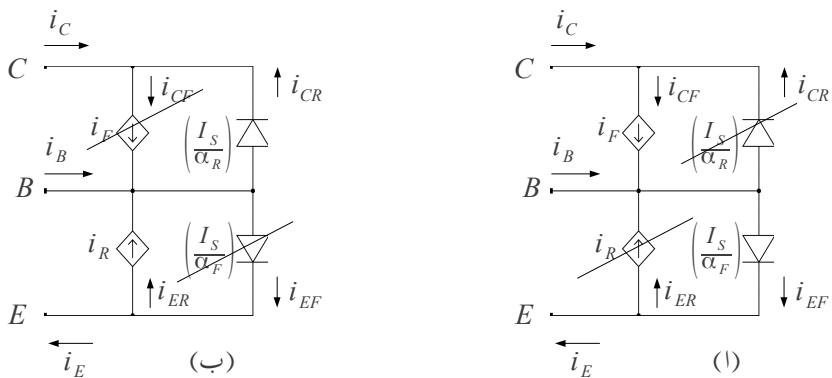
$$I_E = -1.9573 \text{ mA}$$

$$I_C = -195.73 \text{ mA}$$

$$I_B = 197.76 \text{ mA}$$

حصہ ہوتے ہیں۔ مندرجہ صاف ظاہر ہے۔

غیر افزاں نہ خطے میں یہیں۔ یہیں جوڑ اور یہیں۔ گلکشہ جوڑ دونوں سیدھے مائل ہو سکتے ہیں۔ ایسی صورت میں  $i_F$  اور  $i_R$  دونوں کی قیمتیں ناتابی نظر انداز ہوں گی اور پورا یاضی نوٹہ استعمال ہو گا۔ شکل ۳.۵۳ کو دیکھتے ہوئے ہم لکھ



شکل ۳.۵۸: npn ایجبر زمالي رياضي نموذج کي گاہ کر دگي

سکھیں۔

(۳.۱۱۳)  $i_E = i_{EF} - i_{ER} = i_{EF} - \alpha_R i_{CR}$

(۳.۱۱۴)  $i_C = i_{CF} - i_{CR} = \alpha_F i_{EF} - i_{CR}$

(۳.۱۱۵)  $i_B = i_E - i_C$

مساوات ۳.۱۰۲ اور مساوات ۳.۱۰۸ کے استعمال سے مساوات ۳.۱۱۳ کو یوں لکھا جاتا ہے۔

(۳.۱۱۶)  $i_C = I_S \left( e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right) - \frac{I_S}{\alpha_R} \left( e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right)$

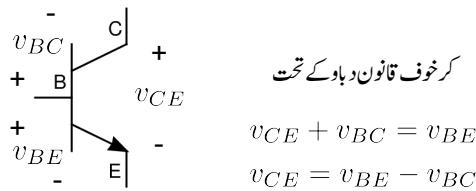
(۳.۱۱۷)  $\approx I_S e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - \frac{I_S}{\alpha_R} e^{\frac{v_{BC}}{V_T}}$

اسی طرح مساوات ۳.۱۱۳ کو یوں لکھا جاتا ہے

(۳.۱۱۸)  $i_E \approx \frac{I_S}{\alpha_F} e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - I_S e^{\frac{v_{BC}}{V_T}}$

اس طرح مساوات ۳.۱۱۵ سے حاصل ہوتا ہے

$$\begin{aligned}
 i_B &\approx \left( \frac{I_S}{\alpha_F} e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - I_S e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} \right) - \left( I_S e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - \frac{I_S}{\alpha_R} e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} \right) \\
 (3.119) \quad &= \left( \frac{1}{\alpha_F} - 1 \right) I_S e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} + \left( \frac{1}{\alpha_R} - 1 \right) I_S e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} \\
 &= \frac{I_S}{\beta_F} e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} + \frac{I_S}{\beta_R} e^{\frac{v_{BC}}{V_T}}
 \end{aligned}$$



شکل ۵۵۔ ٹرانزسٹر پر بر قی دباؤ کا آپس میں تسلق

ساوات ۱۱۶ میں  $e^{\frac{v_{BC}}{V_T}}$  کو وسین کے باہر کالئے اے یوں لکھا جاتا ہے

$$(3.120) \quad i_C = I_S e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} \left( e^{\frac{v_{BE}-v_{BC}}{V_T}} - \frac{1}{\alpha_R} \right)$$

شکل ۳۵ میں ٹرانزسٹر پر بر قی دباؤ کے مابین تسلق بیان کیا گیا ہے یعنی

$$(3.121) \quad v_{CE} = v_{BE} - v_{BC}$$

جسے استعمال کرتے ہم اس سادات کو یوں لکھ سکتے ہیں

$$(3.122) \quad i_C = I_S e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} \left( e^{\frac{v_{CE}}{V_T}} - \frac{1}{\alpha_R} \right)$$

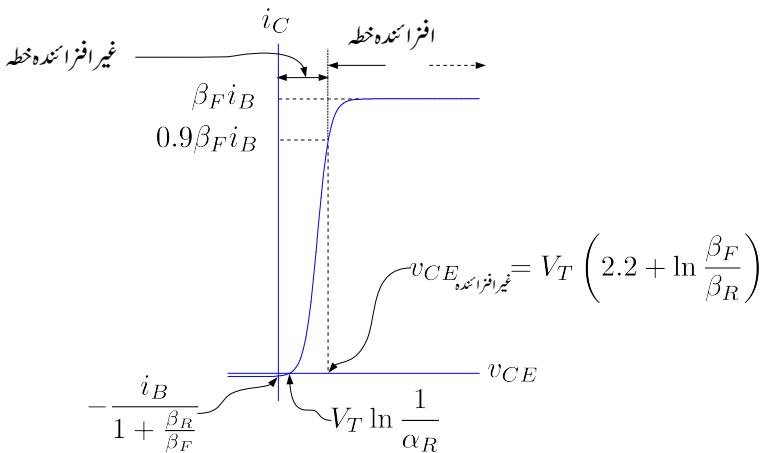
یہ طریق سادات ۱۱۶ پر استعمال کرتے ہیں یعنی

$$(3.123) \quad i_B = I_S e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} \left( \frac{e^{\frac{v_{BE}-v_{BC}}{V_T}}}{\beta_R} + \frac{1}{\beta_R} \right)$$

$$(3.124) \quad = I_S e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} \left( \frac{e^{\frac{v_{CE}}{V_T}}}{\beta_F} + \frac{1}{\beta_R} \right)$$

سادات ۱۲۲ کو سادات ۱۲۳ پر تسلیم کرنے سے حاصل ہوتا ہے

$$(3.125) \quad \frac{i_C}{i_B} = \frac{I_S e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} \left( e^{\frac{v_{CE}}{V_T}} - \frac{1}{\alpha_R} \right)}{I_S e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} \left( \frac{e^{\frac{v_{CE}}{V_T}}}{\beta_F} + \frac{1}{\beta_R} \right)} = \beta_F \frac{\left( e^{\frac{v_{CE}}{V_T}} - \frac{1}{\alpha_R} \right)}{\left( e^{\frac{v_{CE}}{V_T}} + \frac{\beta_F}{\beta_R} \right)}$$



شکل ۳.۵۶: ایبرز-مال ریاضی نمونے سے حاصل کردہ ٹرانزسٹر کا خط

اس مساوات سے  $v_{CE}$  کی مساوات حاصل کی جا سکتی ہے لیکن

$$(3.126) \quad v_{CE} = V_T \ln \left( \frac{\frac{1}{\alpha_R} + \frac{(i_C/i_B)}{\beta_R}}{1 - \frac{(i_C/i_B)}{\beta_F}} \right)$$

مندرجہ بالا انجبرا سے ایسا معلوم ہوتا ہے جیسے ٹرانزسٹر کے بیٹر اور ٹلکٹر سروں کو آپس میں بدلنا چاہتا ہے۔ حقیقت میں ٹرانزسٹر یوں بنائے جاتے ہیں کہ عووماً  $\beta_F \approx 1$  اور  $\alpha_F \approx 0.01$  اور  $\alpha_R \approx 0.01$  یوں  $\beta_R$  کی قیمت سے کم گناہ زیادہ ہوتی ہے اور ٹرانزسٹر صرف عمومی طرز پر سیدھا مائل کرنے سے یہ اس کی صحیح کارکردگی حاصل کی جا سکتی ہے۔ مساوات ۳.۱۲۵ کو شکل ۳.۵۶ میں دکھایا گیا ہے۔ شکل سے واضح ہے کہ  $v_{CE}$  کو زیادہ بڑھانے سے برقرار رفتار قیمت  $(\beta_F i_B)$  حاصل کر لیتی ہے۔ شکل میں افزاں نہیں اور غیر افزاں نہیں خطاں کی نہندی بھی کمی ہے۔ شکل میں ان دو خطوں کے سرحد کو طے کرنا دکھایا گیا ہے۔ جہاں  $i_C$  کی قیمت اس کے بلند تریقتوں کے نوے فی صد ہو (یعنی جہاں  $i_C = 0.9\beta_F i_B$  یعنی ان دو خطوں کے مابین حد ہے۔ مساوات ۳.۱۲۶ سے اس حد پر برقرار رفتار قیمت  $V_{CE}$  یوں حاصل کی جا سکتا ہے

$$(3.127) \quad V_{CE} = V_{CE, \text{نیہ افزاں نہیں}} = V_T \ln \left( \frac{\frac{1+\beta_R}{\beta_R} + \frac{0.9\beta_F}{\beta_R}}{1 - 0.9} \right)$$

جسے غیر افزاں نہیں۔ عووماً  $\beta_F$  کی قیمت  $\beta_R$  سے کم گناہ زیادہ ہوتی ہے اور یوں اس مساوات کو اس

طرح بھی لکھا جاسکتا ہے۔

$$(3.128) \quad V_{CE} \approx V_T \ln \left( \frac{\frac{0.9\beta_F}{\beta_R}}{1 - 0.9} \right) = V_T \ln \frac{9\beta_F}{\beta_R} = V_T \left[ 2.2 + \ln \left( \frac{\beta_F}{\beta_R} \right) \right]$$

اگر  $\beta_F = 180$  اور  $\beta_R = 0.01$  ہوں تب  $V_{CE} = 0.2995 \text{ V}$  غیر امنزنسڈ میں حاصل ہوتا ہے۔ اسی طرح اگر  $\beta_F = 100$  اور  $\beta_R = 0.15$  ہوں تب  $V_{CE} = 0.21756 \text{ V}$  غیر امنزنسڈ میں حاصل ہوتا ہے۔ اس کتاب میں جہاں حناص طور بتلایا ہے جبکہ دہانی  $V_{CE} = 0.2 \text{ V}$  غیر امنزنسڈ میں لیا جائے گا۔ صفحہ ۳۵ پر شکل ۳.۳۶ میں دئے خطوط سے یہ عمل تاثر ملتا ہے کہ  $v_{CE} = 0 \text{ V}$  پر  $i_C = 0 \text{ A}$  کے برابر ہوتا ہے۔ شکل ۳.۵۶ سے صاف ظاہر ہے کہ ایسا ہر گز نہیں۔  $v_{CE} = V_T \ln \frac{1}{\alpha_R} i_C = 0 \text{ V}$  کے برابر ہوتا ہے۔ اسی طرح  $v_{CE} = 0 \text{ V}$  پر  $i_C$  کی قیمت بھی بیساں شکل پر دکھائی گئی ہے۔ کچھ ادوار مثلاً ٹرانزسٹر-ٹرانزسٹر میں  $v_{CE}$  کی قیمت صفر یا منفی ہو سکتی ہے۔ ایسی صورت میں  $i_C$  کی قیمت بھی صفر یا منفی ہو سکتی ہے۔

### ۳.۱۱.۲ ٹرانزسٹر کا ایسبرز-مال مائل

شکل ۳.۵۷ میں ایسبرز-مال ریاضی نمونے کا حصول دکھایا گیا ہے۔ شکل الف میں عسموی طرز پر مائل کردہ  $pnp$  ٹرانزسٹر کاریاضی نمونے دکھایا گیا ہے جبکہ شکل ب میں غیر عسموی طرز پر مائل کردہ ٹرانزسٹر کاریاضی نمونے دکھایا گیا ہے۔ ان دونوں کو متناظر جوڑ کر شکل پ میں  $pnp$  ٹرانزسٹر کا مکمل ایسبرز-مال ریاضی نمونے دکھایا گیا ہے۔ چونکہ عسموی طرز پر مائل کردہ  $pnp$  ٹرانزسٹر میں بیٹری-سیس (E-B) جوڑ سیدھا مائل کیا جاتا ہے لہذا  $pnp$  ٹرانزسٹر کے مساوات لکھتے وقت  $v_{EB}$  کا استعمال کیا جاتا ہے لہذا

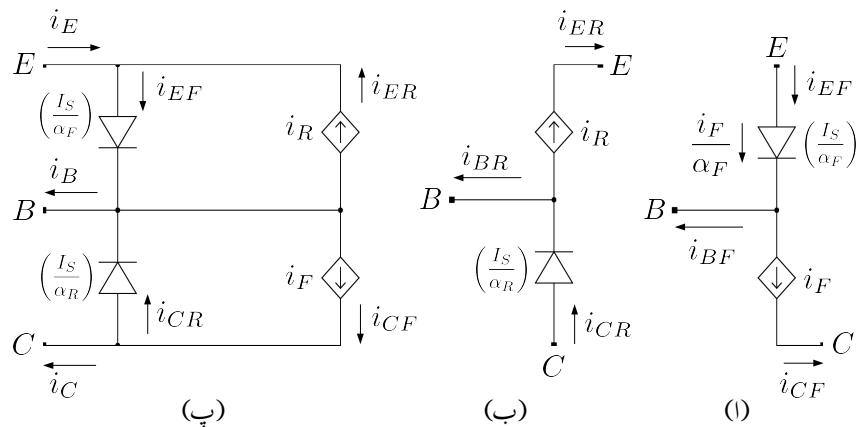
$$i_F = I_S \left( e^{\frac{v_{FB}}{V_T}} - 1 \right)$$

$$i_R = I_S \left( e^{\frac{v_{CB}}{V_T}} - 1 \right)$$

لکھے جائیں گے۔ امی کی جباتی ہے کہ آپ اس ریاضی نمونے کو خود سمجھ سکیں گے۔

### ۳.۱۱.۳ مال برداری ریاضی نمونے

شکل ۳.۵۹ الف میں عسموی طرز پر مائل (یعنی سیدھا مائل)  $npn$  ٹرانزسٹر کا ایک اور ریاضی نمونے دکھایا گیا ہے جہاں  $i_{CF} = i_{EF}$ ، غیر امنزنسڈ (F) کو بطور زیر نوشت استعمال کیا گیا ہے جو کہ عسموی طرز پر مائل ٹرانزسٹر کو ظاہر کرتا ہے۔ عسموی طرز پر مائل کردہ (یعنی سیدھا مائل کردہ) ٹرانزسٹر کا نیس-بیٹری جوڑ سیدھا مائل جبکہ اس کا نیس-گلکسٹر جوڑ غیر چالاک کیا جاتا ہے۔ اس شکل میں تابع منع رو  $i_F = 0$  استعمال کیا گیا ہے۔  $i_F = 0$  وہ بر قی رو ہے جو گلکسٹر خطے کے مابین نیس خطے کے ذریعے باروں کی مال برداری سے پسیدا ہوتا ہے۔ اسے سیدھے رخ مال برداری سے پسیدا بر قی رو کہہ سکتے ہیں۔



شکل ۳.۵۷ pnp ٹرانزسٹر کا ایسپر-مائل ماذل

اس ریاضی نمونے میں ایک عد دیا ڈا استعمال کیا گیا ہے جو دراصل ٹرانزسٹر کے بیس-بیٹر جوڑ کے ڈائیوڈ  $D_{BE}$  کو ظاہر کرتا ہے۔ مساوات ۲.۲ میں ڈائیوڈ کے لسبریزی برقی روکو  $I_{SBE}$  لکھتے ہیں۔ موجودہ استعمال میں  $I_{SBE}$  قیمت مندرجہ ذیل ہے

$$(3.129) \quad I_{SBE} = \frac{I_S}{\beta_F}$$

شکل انف میں ڈائیوڈ  $D_{BE}$  کے قطیب تو سین میں بند  $I_{SBE}$  کی قیمت  $\frac{I_S}{\beta_F}$  کو یاد رہانی کے حناطر لکھ گیا ہے۔ اس طرح ڈائیوڈ  $D_{BE}$  کے مساوات کو پوں لکھا جاتا ہے۔

$$(3.130) \quad i_{DF} = \frac{I_S}{\beta_F} \left( e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right)$$

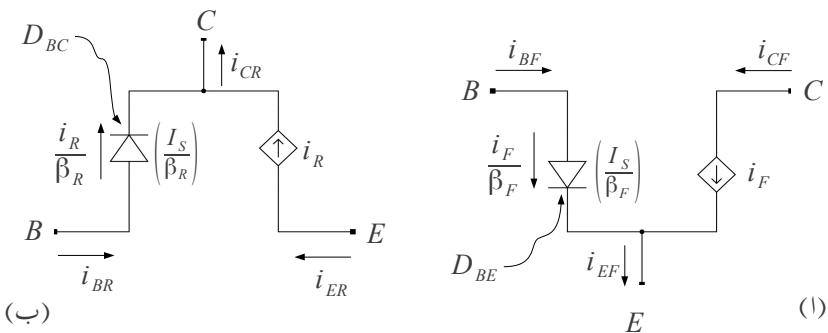
شکل انف کو دیکھتے ہم لکھ سکتے ہیں

$$(3.131) \quad i_{CF} = i_F = I_S \left( e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right)$$

$$(3.132) \quad i_{BF} = i_{DF} = \frac{i_F}{\beta_F} = \frac{I_S}{\beta_F} \left( e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right)$$

$$(3.133) \quad i_{EF} = i_{BF} + i_{CF} = \frac{i_{CF}}{\alpha_F} = \frac{I_S}{\alpha_F} \left( e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right)$$

شکل ۳.۵۹ میں ٹرانزسٹر کے بیس۔ لگاسٹر جوڑ کو سیدھا مائل جبکہ بیس۔ بیٹر جوڑ کو غیر چپا لر کر ٹرانزسٹر کو غیر عمومی طرز پر (یعنی الم) مائل کیا گیا ہے۔ اس شکل میں ڈائیوڈ  $D_{BC}$  استعمال کیا گیا ہے جو



شکل ۱۱.۳.۵: npn ٹرانزسٹر کے مال برداری یاضی نمونہ کا حصول

ٹرانزسٹر کے بیس-گلکسٹر جوڑ کے ڈائیوڈ کو ظاہر کرتا ہے۔ اس ڈائیوڈ کے لبریزی برقی رو  $I_{SBC}$  کی قیمت مندرجہ ذیل ہے۔

$$(3.133) \quad I_{SBC} = \frac{I_S}{\beta_R}$$

شکل (ب) میں یاد دہانی کی حاضر ڈائیوڈ کے متريب اس قيمت کو تو سین میں بند کھا گیا ہے۔ ڈائیوڈ کے علاوہ ایک عددوت بونجی برقی رو  $i$  استعمال کیا گیا ہے جو گلکسٹر خطوں کے مابین، یہ میں خطے کے ذریعے، باروں کے مال برداری سے پیدا ہرقی رو کو ظاہر کرتا ہے۔ استعمال ہونے والے  $i_R$  کا ات بوساوات مندرجہ ذیل ہے۔

$$(3.135) \quad i_R = I_S \left( e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right)$$

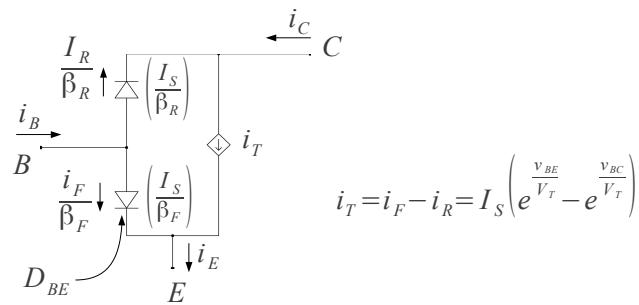
شکل ب کو دیکھتے ہوئے برقی رو کے مساوات لکھتے ہیں۔

$$(3.136) \quad i_{ER} = i_R = I_S \left( e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right)$$

$$(3.137) \quad i_{BR} = \frac{i_R}{\beta_R} = \frac{I_S}{\beta_R} \left( e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right)$$

$$(3.138) \quad i_{CR} = i_{BR} + i_{ER} = \frac{i_R}{\alpha_R} = \frac{I_S}{\alpha_R} \left( e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right)$$

ان مساوات میں ( $R$ ) کو ہطور زیر نوشت استعمال کیا گیا ہے جو غیر عمومی طرز پر مائل کردہ ٹرانزسٹر کو ظاہر کرتا ہے۔ یہاں یہ میں غیر عمومی (ایمن اٹی) رخ بردوں کے مال برداری سے حاصل برقی رو کو  $i_R$  کہا گیا ہے۔ یہاں  $i_R$  کو اٹی رخ مال برداری سے پیدا ہرقی رو کہہ سکتے ہیں۔



شکل ۳.۵۹ npn ٹرانزسٹر کا مال برداری ماذل

۳.۵۸ الف اور شکل بے کو متوازی جوڑ کر شکل ۳.۵۹ حاصل کیا گیا ہے جو npn ٹرانزسٹر کا مال برداری ریاضی نمونہ ہے۔ دونوں اسٹکال کو متوازی جوڑتے وقت  $i_F$  اور  $i_R$  کے مجموعے کو  $i_T$  کہا گیا ہے یعنی

$$\begin{aligned} i_T &= i_F - i_R \\ (3.139) \quad &= I_S \left( e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right) - I_S \left( e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right) \\ &= I_S \left( e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} \right) \end{aligned}$$

یوں  $i_T$  کو کسی بھی طرز پر مائل کردہ ٹرانزسٹر میں باروں کے مال برداری سے حاصل بر قی رو تصور کیا جاسکتا ہے۔ شکل ۳.۵۹ میں دکھائے مال برداری ریاضی نمونے کو دیکھتے ہوئے، مساوات ۳.۱۳۱ اور مساوات ۳.۱۳۲ کے استعمال سے کسی بھی طرز پر مائل ٹرانزسٹر کے مساوات حاصل کئے جاسکتے ہیں۔ آئین ان مساوات کو حاصل کریں۔ ایسا کرتے وقت دھیان رہے کہ  $i_{EF}$  کا رخ ٹرانزسٹر کے سرے پر باہر جانب کو ہے،  $i_{ER}$  کا رخ اندر کی جانب کو ہے،  $i_{CF}$  کا رخ اندر جانب کو جبکہ  $i_{CR}$  کا رخ باہر جانب کو ہے۔ یوں

$$(3.130) \quad i_C = i_{CF} - i_{CR}$$

$$(3.131) \quad i_E = i_{EF} - i_{ER}$$

$$(3.132) \quad i_B = i_{BF} - i_{BR}$$

$$\begin{aligned}
 i_C &= I_S \left( e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right) - \frac{I_S}{\alpha_R} \left( e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right) \\
 (3.133) \quad &= I_S \left( e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right) - I_S \left( 1 + \frac{1}{\beta_R} \right) \left( e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right) \\
 &= I_S \left( e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right) - I_S - \frac{I_S}{\beta_R} \left( e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right) \\
 &\approx I_S \left( e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right) - \frac{I_S}{\beta_R} \left( e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right)
 \end{aligned}$$

$\frac{1}{\alpha} = 1 + \frac{1}{\beta}$  کا استعمال کیا گی جس سے مساوات کے حصول میں دوسری متدم پر  $\alpha = \frac{\beta}{1+\beta}$  کا استعمال کیا گی۔ مساوات کے حصول کے آخوندی متدم پر  $I_S$  کو ظفر انداز کیا گی۔

$$\begin{aligned}
 i_E &= \frac{I_S}{\alpha_F} \left( e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right) - I_S \left( e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right) \\
 (3.134) \quad &= I_S \left( 1 + \frac{1}{\beta_F} \right) \left( e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right) - I_S \left( e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right) \\
 &\approx I_S \left( e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} \right) + \frac{I_S}{\beta_F} \left( e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right)
 \end{aligned}$$

$\frac{1}{\alpha} = 1 + \frac{1}{\beta}$  کا استعمال کیا گی مساوات کے حصول میں دوسری متدم پر  $\alpha = \frac{\beta}{1+\beta}$  کا استعمال کیا گی۔ مساوات کے حصول کے آخوندی متدم پر  $I_S$  کو ظفر انداز کیا گی۔

$$(3.135) \quad i_B = \frac{I_S}{\beta_F} \left( e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right) + \frac{I_S}{\beta_R} \left( e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right)$$

مساوات ۳.۱۳۴ اور مساوات ۳.۱۳۳ میں پہلی قسین یہیں خطے میں کل باروں کی مال برداری سے پیدا بر قریب  $i_T$  کو ظاہر کرتا ہے جس کی قیمت شکل بے یوں حاصل ہوتی ہے۔

$$(3.136) \quad i_T = i_F - i_R = I_S \left( e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} \right)$$

یوں مساوات ۳.۱۳۴ اور مساوات ۳.۱۳۳ کو اس طرح لکھا جاتا ہے۔

$$(3.137) \quad i_C = i_T - \frac{I_S}{\beta_R} \left( e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right)$$

$$(3.138) \quad i_E = i_T + \frac{I_S}{\beta_F} \left( e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right)$$

مثال ۳.۳۳: مال برداری ریاضی نومنے سے  $pnp$  ٹرانزسٹر کے  $i_B$ ،  $i_C$  اور  $i_E$  برقی رو حاصل کریں۔  
حل: شکل ۳.۵۹ کو دیکھنے ہوئے دوڈا یوڈ کے برقی رو یوں لکھے جاسکتے ہیں۔

$$i_{D_{BE}} = \frac{I_S}{\beta_F} \left( e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right)$$

$$i_{D_{BC}} = \frac{I_S}{\beta_R} \left( e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right)$$

اور یوں کر خوف کے فتاون براۓ برقی رو سے  $i_B$  حاصل کیا جاتا ہے یعنی

$$(3.149) \quad i_B = i_{D_{BE}} + i_{D_{BC}}$$

$$(3.150) \quad = \frac{I_S}{\beta_F} \left( e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right) + \frac{I_S}{\beta_R} \left( e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right)$$

یہ بالکل مساوات ۳.۱۴۵ ہی حاصل ہو گی۔ اسی طرح گلکشہ اور یہٹر سروں پر کر خوف کے فتاون براۓ برقی رو کی مدد سے ہم لکھ سکتے ہیں۔

$$(3.151) \quad i_C = i_T - i_{D_{BC}} = I_S \left( e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} \right) - \frac{I_S}{\beta_R} \left( e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right)$$

$$(3.152) \quad i_E = i_T + i_{D_{BE}} = I_S \left( e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} \right) - \frac{I_S}{\beta_F} \left( e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right)$$

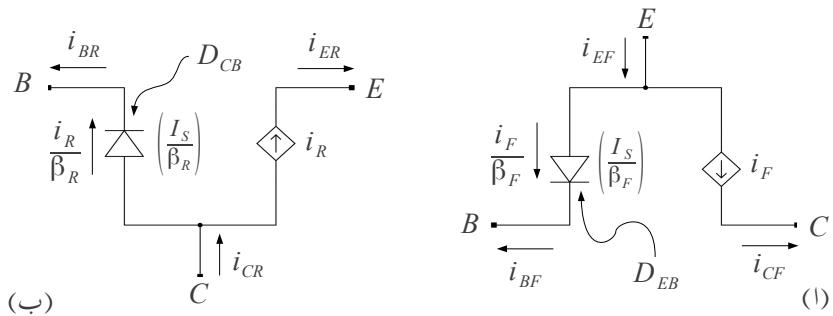
یہ بالکل مساوات ۳.۱۴۳ اور مساوات ۳.۱۴۴ کے جواب ہی ہیں۔

مثال ۳.۳۴: مشق: شکل ۳.۲۰ کی مدد سے  $pnp$  ٹرانزسٹر کے مساوات لکھیں اور ٹرانزسٹر کا مال برداری ریاضی نومنے حاصل کریں جسے شکل ۳.۲۱ میں دکھایا گیا ہے۔

عسوی طرز پر مائل ٹرانزسٹر میں یہ ہے۔ یہس جوڑ کو سیدھا مائل  $v_{EB} \geq 0V$  جبکہ گلکشہ۔ یہس جوڑ کو غیر چاہا جاتا ہے جبکہ غیر عسوی طرز پر مائل کرہ  $pnp$  ٹرانزسٹر میں  $v_{EB}$  کو غیر چاہا جاتا ہے جبکہ  $v_{CB}$  کو سیدھا مائل رکھا جاتا ہے۔ یوں سیدھے زخ اور اٹھ زخ باروں کے مال برداری سے پسیدا برقی رو کے مساوات مندرجہ ذیل ہوں گے۔

$$(3.153) \quad i_F = I_S \left( e^{\frac{v_{EB}}{V_T}} - 1 \right)$$

$$(3.154) \quad i_R = I_S \left( e^{\frac{v_{CB}}{V_T}} - 1 \right)$$

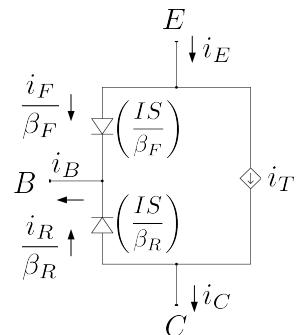


شکل ۱۱.۳: ٹرانزسٹر کے مال برداری ریاضی موسنے کا حصول

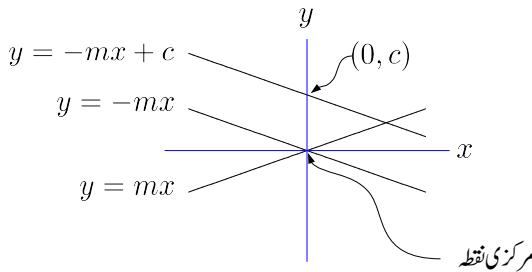
ڈائیوڈ کے لبریزی برتنی رو  
مندرجہ ذیل ہیں

$$I_{SD_{EB}} = \frac{I_S}{\beta_F}$$

$$I_{SD_{CB}} = \frac{I_S}{\beta_R}$$



شکل ۱۱.۴: ٹرانزسٹر کا مال برداری ریاضی موسنے



شکل ۳.۲۲: افی محور میں ٹکس اور عمودی سمت میں منتقل

### ۳.۱۲ نفی کار

شکل ۳.۲۲ میں چند خطوط دکھائے گئے ہیں۔ آپ  $mx = y$  کے خط سے بخوبی وافق ہیں۔ یہ خط کار تیڈی مھدد کے مبدأ  $(0, 0)$  سے گزرتا ہے۔ اسی شکل میں  $-mx = y$  کو بھی دکھایا گیا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ  $x$  محور میں  $y = mx$  کا ٹکس ایسے ہے جو  $y = -mx$  کا حاصل ہوتا ہے۔ اگر  $y = mx$  کو  $(0, 0)$  سے  $(0, c)$  کو مقتول کیا جائے تو  $y = mx + c$  کا حاصل ہوتا ہے۔ اسی طرح  $-mx - c$  کو  $(0, 0)$  سے  $(0, c)$  کو مقتول کرنے سے  $y = -mx + c$  کا حاصل ہوتا ہے۔

ای طرح  $f(y) = x$  کا  $y$  محور میں ٹکس  $-f(y) = x$  ہو گا اور خط کو پہنچتے  $x$  جانب  $c$  کا مکمل مقتول کرنے سے  $c + f(y) = x$  کا حاصل ہوتا ہے۔ ان حقائق لویں بیان کیا جاتا ہے۔

$$\bullet \quad y \text{ محور میں } x = f(y) \text{ کا ٹکس ایسے ہے } -f(y) = x \text{ حاصل ہوتا ہے۔}$$

$$\bullet \quad x = f(y) \text{ کو } x \text{ محور پر پہنچتے } x \text{ جانب } c \text{ کا مکمل مقتول کرنے سے } c + f(y) = x \text{ حاصل ہوتا ہے۔}$$

شکل ۳.۲۳ اف میں  $x = f(y)$  جبکہ شکل ب میں اسی کا عمودی محور میں ٹکس  $-f(y) = x$  دکھایا گیا ہے۔ شکل پ میں ٹکس کو دوین جانب  $c$  کا مکمل مقتول کرتے ہوئے ہے۔  $x = c - f(y)$  کا حاصل کیا گیا ہے۔

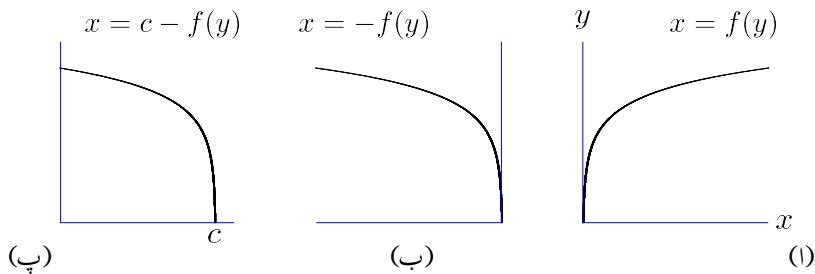
ان معلومات کو مدد نظر رکھتے ہوئے آگے بڑھتے ہیں۔ شکل ۳.۲۳ اف میں ٹرانزسٹر کا سادہ دور دکھایا گیا ہے۔ اس دور پر ہم تفصیل ابھشت کر چکے ہیں۔ ائم اس کے خط بوچھ کھینچیں۔ اس دور کے لئے لکھا جاتا ہے۔

$$v_{CE} = V_{CC} - v_R$$

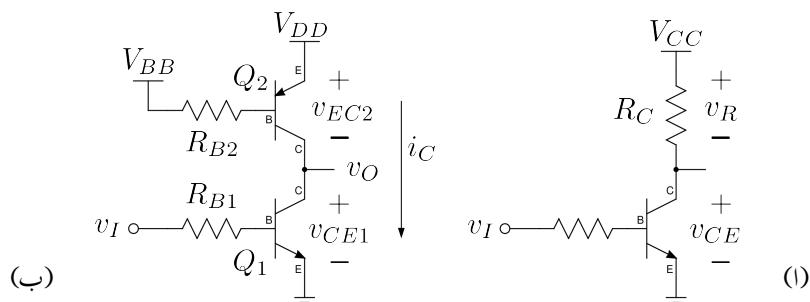
$$\text{یہاں } v_R = i_C R_C \text{ کے برابر ہے لہذا اسی مساوات کو یوں لکھا جاتا ہے}$$

$$v_{CE} = V_{CC} - i_C R_C$$

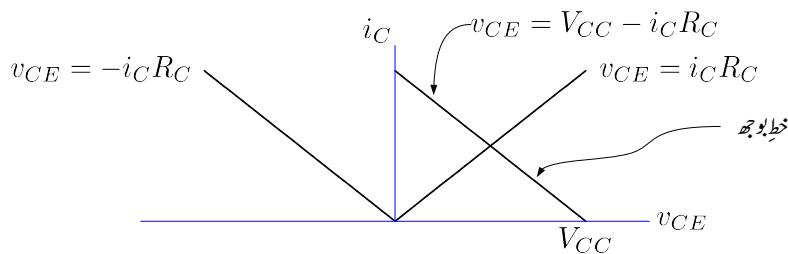
$$v_{CE} \text{ کو افی محور اور } i_C \text{ کو عمودی محور پر رکھتے ہوئے شکل ۳.۲۲ کے طرز پر کھینچیں$$



شکل ۳.۲۳: عمودی محور میں عکس اور افقی سمت میں منتقلی



شکل ۳.۲۴: خنگاں



شکل ۳.۲۵: خط بوجھ کا حصول۔

جسا کلتا ہے۔ عمودی محور میں اس خط کا ٹکس لینے سے  $v_{CE} = -i_C R_C$  حاصل ہوتا ہے جسے  $V_{CC}$  کا ٹکی محور پر دیئیں مقابل کرتے ہوئے خط بوجھ کا حاصل ہوتا۔ شکل ۳.۲۵ میں وتم باتمد ایسا کرناد کھایا گیا ہے۔

آئیں اب اصل موضوع پر غور کریں۔ شکل ۳.۲۶ ب میں نغمہ کار ۳۰ دکھایا گیا ہے جو عددی ادوار ۱۰ کا اہم ترین دور ہے۔ عددی ادوار میں ثابت منبع کو عموماً  $V_{DD}$  لکھا جاتا ہے۔ اسی لئے شکل میں  $V_{CC}$  یا  $V_{EE}$  کی جگہ  $V_{DD}$  لکھا گیا ہے۔ یہاں  $Q_2$  بطور بر قی بوجھ کردار ادا کرتا ہے۔ شکل کو دیکھتے ہوئے

$$v_{CE1} = V_{DD} - v_{EC2}$$

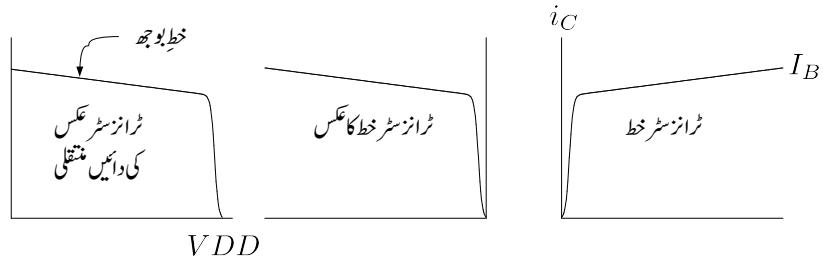
لکھا جا سکتا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ یہی خط بوجھ کی مساوات ہے۔ عمودی محور میں ( $i_C$ ) کے خط کے مقابل  $v_{EC2} = f(i_C)$  میں واقعی محور پر دیئیں جانے والے  $V_{DD}$  مقابل کرنے سے مندرجہ بالامساوات کھینچ جا سکتا ہے۔ اس عمل کو شکل ۳.۲۶ میں وتم باتمد دکھایا گیا ہے۔

ٹرانزسٹر  $Q_2$  کے بعد اور یہاں پر یک سمت بر قی داہمیا کئے گئے ہیں لہذا اس کے یہاں پر بر قی روکی  $I_B$  یک سمت ہو گی جسے شکل سے یوں حاصل کیا جاسکتا ہے۔

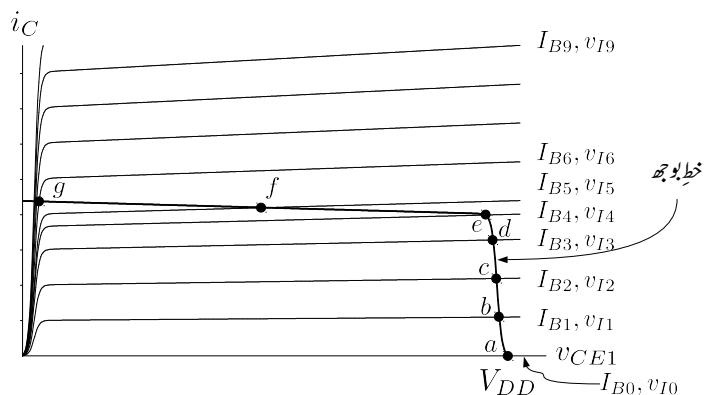
$$I_B = \frac{V_{DD} - V_{EB} - V_{BB}}{R_{B2}}$$

ٹرانزسٹر کے  $v_{EC2} = f(i_C)$  خطوط سے مراد  $pnp$  ٹرانزسٹر کے  $i_C$  بالمقابل  $v_{EC2}$  خطوط میں جنہیں صفحہ ۲۳ پر شکل ۳.۳۷ میں دکھایا گیا ہے۔ چونکہ موجودہ صورت میں  $Q_2$  کے یہاں پر بر قی روکی دلیل نہیں ہوتی لہذا ان خطوط میں سے صرف اس خط کو چنانچہ گاؤنچ حاصل کر دیا جائے۔

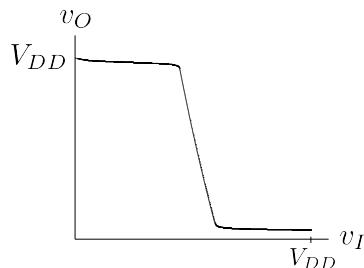
شکل ۳.۲۷ میں  $Q_1$  کے خطوط پر خط بوجھ کو کھینچا گیا ہے۔ اگر اس دور کو بطور ایک پلیغائز استعمال کرنا مقصود ہو تو نقطہ کار کر دیگی کو  $f$  کے فسیریہ رکھ کر زیادہ سے زیادہ جیطے کا ہت رجی اسٹرہ حاصل کرنا ممکن بن لیا جا سکتا ہے۔ فقط کار کر دیگی کو  $f$  پر رکھنے کی حاضر  $Q_1$  کے یہاں پر  $I_{B5}$  بر قی روکار ہو گی۔ شکل ۳.۲۷ کو دیکھتے ہوئے  $Q_2$  کے یہاں پر بر قی روکی



شکل ۲۶: ٹرانزسٹر کے خط کی عمودی محور میں لکس اور افقی سمت میں منتقلی۔



شکل ۲۷: ٹرانزسٹر خطوں پر خطِ بوج کھینچا گیا ہے۔



شکل ۳.۲۸: ثغہ کارا نتارجی اشارہ بالقابل داخنی اشارہ خط

مساویات یوں لکھی جا سکتے ہے

$$i_B = \frac{v_I - v_{BE}}{R_{B1}}$$

جہاں  $v_{BE} = 0.7\text{V}$  لیا جاتا ہے۔  $I_{B5}$  بر قی رو حاصل کرنے کی حد طریقہ کی درکار قیمت  $v_{I_5}$  اس مساواستے سے حاصل کی جا سکتی ہے۔ شکل ۳.۲۷ میں  $Q_1$  کے خطوط پر  $I_{B1}, I_{B2}$ ، غیرہ لکھتے ہوئے  $v_{I_1}, v_{I_2}$ ، غیرہ بھی لکھتے گے ہیں۔

عددی ادوار میں ععموماً  $5\text{V} = V_{DD}$  ہوتا ہے جبکہ  $v_I$  کی دو ہی ممکن تیزمتیں ہیں۔ یہ یا تو  $0\text{V}$  اور یا پھر  $5\text{V}$  ہوتا ہے۔ آئین  $I_1$  کی قیمت  $5\text{V} = 0\text{V}$  تبدیل کرتے ہوئے شکل ۳.۲۷ کی مدد سے  $v_O$  حاصل کریں۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ  $v_O$  در حاصل  $v_{CE1}$  کے لیے برابر ہے۔

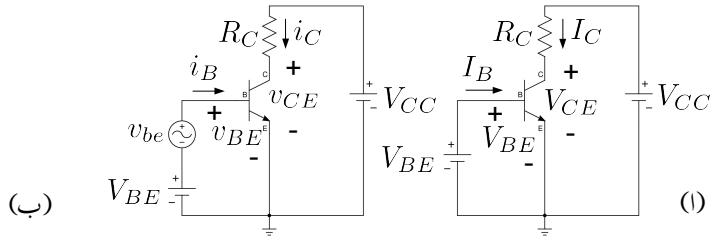
$I_{B0} = 0\text{A}$  پر  $v_{I_0} = 0\text{V}$  ہو گا اور  $Q_1$  نظرے  $a$  پر ہو گا جہاں سے  $v_O = V_{DD}$  یعنی  $5\text{V}$  حاصل ہوتا ہے۔ اسی طرح مختلف نقاط پر  $v_O$  بالقابل  $v_I$  حاصل کرتے ہوئے شکل ۳.۲۸ میں دکھایا گیا  $v_O$  بالقابل  $v_I$  کا خط کھینچ پا جاتا ہے۔ صفحہ ۳۳۳ پر حصہ ۳.۱۲ میں بہتر ثغہ کارا پر غور کیا جائے گا۔

### ۳.۱۳ باریک اشاراتی تجزیہ

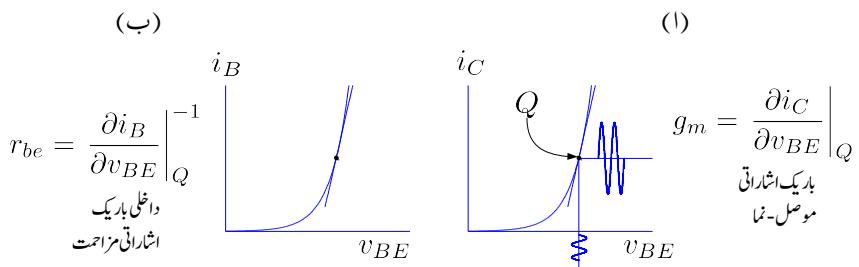
اس حصے میں کم تعداد پر ٹرانزسٹر کے باریک اشاراتی کارکردگی پر غور کیا جائے گا جس کی مدد سے اگلے حصے میں ٹرانزسٹر کا پست تعدادی باریک اشاراتی ریاضی نمونہ حاصل کیا جائے گا۔ اسی ریاضی نمونے میں ٹرانزسٹر کے اندر ونی پیٹروں کی شمولیت سے بلند تعدادی باریک اشاراتی ریاضی نمونہ حاصل ہوتا ہے جسے حصہ ۳.۱۱ میں حاصل کیا گیا ہے۔

#### ۳.۱۳.۱ ترسیمی تجزیہ

شکل ۳.۲۹ الف میں ٹرانزسٹر کا دور دکھایا گیا ہے جس کے داخنی جناب مائل کرنے والا بر قی دباو ٹرانزسٹر کو  $V_{BE}$  پر مائل کرتا ہے۔ شکل ۳.۲۹ ب میں یوں حاصل نظر کارکردگی  $Q$  دکھایا گیا ہے۔ شکل ۳.۲۹ ب



شکل ۲۹. ۳: نقطہ مائل پر تراز سٹر کی کارکردگی



شکل ۲۹. ۴: باریکے اشاراتی امنزائش موصل-نما اور باریکے اشاراتی داخنی سزاہت

میں داخلی برقی دباؤ  $V_{BE}$  کے ساتھ سلسلہ وار بدلتا باریکے اشارہ  $v_{be}$  جوڑا گیا ہے۔  $v_{be}$  کسی بھی شکل کا ہو سکتا ہے۔ یہاں اے سائنس تصور کیا گیا ہے۔ یوں ٹرانزسٹر نقطہ مائل کے متربہ متربہ رہتے ہوئے خط  $v_{BE} - i_C$  پر چال فتدی کرتا ہے۔ شکل ۳.۰۷۔۳۔الف میں اس عمل کے پسیدا باریکے اشاراتی برقی دباؤ  $v_{be}$  اور ایک اشاراتی برقی رو  $i_C$  دکھائے گئے ہیں۔ یہاں طلب سے گزارش کی جاتی ہے کہ وہ صفحہ ۱۱۱ پر دئے ہوئے ۲.۱۱ کو ایک مرتبہ دوبارہ دیکھیں۔

شکل ۳.۰۷۔۳۔الف سے صاف واضح ہے کہ

$$(3.155) \quad i_c = g_m v_{be}$$

ہے جیساں

$$(3.156) \quad g_m = \left. \frac{\partial i_c}{\partial v_{BE}} \right|_Q$$

ہے۔ مندرجہ بالا دو مساوات حصہ ۱۱۱ میں بطور مساوات ۲.۲۰ اور مساوات ۲.۲۱ پیش کئے گئے۔ مساوات ۳.۱۵۵ میں  $i_c(t)$  اور  $v_{be}(t)$  کی جگہ  $i_c$  اور  $v_{be}$  لکھا گیا ہے۔ مساوات میں بار تو سین میں بند  $t$  نے لکھتے سے مساوات کچھ صاف دکھائی دیتے ہیں۔ مساوات ۳.۱۵۵ کے تحت ٹرانزسٹر کا حنارتی باریکے اشاراتی برقی رو  $i_c$  اس کے داخلی باریکے اشاراتی برقی دباؤ  $v_{be}$  کے  $g_m$  گنانے ہے۔ اسی لئے  $g_m$  کو ٹرانزسٹر کا باریکے اشاراتی افراٹر موصلیت۔ نما ۳۲ کہتے ہیں ہے عموماً چوتا کر کے افراٹر موصلیت۔ نمایا صرف موصلیت۔ نما ۳۳ پکارا جاتا ہے۔

برقی رو تقسیم برقی دباؤ کو موصلیت کہتے ہیں۔  $g_m$  ٹرانزسٹر کے حنارتی جانب کے برقی رو اور اس کے داخلی جانب کے برقی دباؤ سے حاصل کیا جاتا ہے۔ یوں یہ حقیقی موصلیت ہمیں ہے بلکہ اس کی مساوات موصلیت کی مساوات سے مشابہت رکھتا ہے۔ یوں اے  $g_m$  لکھا اور موصلیت۔ نما ۳۴ پکارا جاتا ہے۔  $g_m$  کی اکائی موصلیت کی اکائی  $\frac{A}{V}$  یا سیمنز  $^{\text{m}}\text{s}$  ہی ہے۔

### ۳.۱۳.۲ باریکے اشاراتی داخلی مزاحمت $r_{be}$ اور $r_e$

ٹرانزسٹر کے داخلی جانب برقی دباؤ  $v_{BE}$  مہیا کرنے سے اس کے تیس سرے پر برقی رو  $i_B$  اور یہ سرے پر برقی رو  $i_B$  پسیدا ہوتا ہے۔ شکل ۳.۰۷۔۳۔ب میں ٹرانزسٹر کا  $v_{BE} - i_B$  خط دکھایا گیا ہے۔ نقطہ کارکردگی پر  $v_{BE} - i_B$  خط سے ٹرانزسٹر کا باریکے اشاراتی داخلی مزاحمت  $r_{be}$  یوں حاصل کیا جاتا ہے۔

$$(3.157) \quad r_{be} = \left. \frac{\partial v_{BE}}{\partial i_B} \right|_Q$$

یعنی اگر نقطہ کارکردگی پر اس خط کی ڈھلوان  $m$  ہو تو

$$r_{be} = \frac{1}{m}$$

small signal transconductance gain<sup>۱۱</sup>  
transconductance gain<sup>۱۲</sup>  
transconductance<sup>۱۳</sup>  
Siemens<sup>۱۴</sup>

ہو گا۔ اس کو یوں لکھا جا سکتا ہے۔

$$(3.158) \quad r_{be} = \left. \frac{\partial i_B}{\partial v_{BE}} \right|_Q^{-1}$$

$r_{be}$  کو عمومی طور پر کتابوں میں  $i_{\pi}$  لکھا جاتا ہے۔  
ٹرانزسٹر کا باریکے اشاراتی مزاجمت حاصل کرتے وقت  $i_B$  کے بجائے اگر  $i_E$  لیا جائے تو ٹرانزسٹر کا  
باریکے اشاراتی مزاجمت  $r_e$  حاصل ہو گائیں۔

$$(3.159) \quad r_e = \left. \frac{\partial v_{BE}}{\partial i_E} \right|_Q$$

اگر فقط کارکردگی پر  $i_E v_{BE}$  خط کی ڈھلوان  $m_1$  ہو تو

$$(3.160) \quad r_e = \frac{1}{m_1}$$

ہو گا۔ اس کو یوں لکھا جا سکتا ہے

$$(3.161) \quad r_e = \left. \frac{\partial i_E}{\partial v_{BE}} \right|_Q^{-1}$$

### ۱۳۔۳ تخلیلی تجزیے

اس حصے میں الٹے برقی دباؤ  $V_A$  کو نظر انداز کیا جائے گا نتیجتاً  $v_{CE}$  کا  $i_C$  پر کوئی اثر نہیں ہو گا۔ اس اثر کو بعد میں  
شامل کیا جائے گا۔ شکل ۳.۲۹ کے لئے مساوات ۳.۵۵ اور کرغوف کا فناون استعمال کرتے ہوئے ہم لکھ  
سکتے ہیں

$$(3.162) \quad I_C = I_S e^{\frac{V_{BE}}{V_T}}$$

$$(3.163) \quad V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C$$

جبکہ شکل ب میں

$$(3.164) \quad v_{BE} = V_{BE} + v_{be}$$

اور

$$(3.165) \quad i_C = I_C + i_c$$

لکھا جا سکتا ہے۔ یوں حاصل ہوتا ہے۔

$$(3.166) \quad \begin{aligned} i_C &= I_S e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} \\ &= I_S e^{\frac{V_{BE} + v_{be}}{V_T}} \\ &= I_S e^{\frac{V_{BE}}{V_T}} e^{\frac{v_{be}}{V_T}} \end{aligned}$$

مساوات ۳.۱۶۲ کی مدد سے اسے یوں لکھ سکتے ہیں۔

$$(3.167) \quad i_C = I_C e^{\frac{v_{be}}{V_T}}$$

اگر  $v_{be} < V_T$  ہو تو سلسلہ مکاریں کی مدد سے اس مساوات کو یوں لکھ سکتے ہیں۔

$$(3.168) \quad i_C = I_C \left[ 1 + \frac{1}{1!} \left( \frac{v_{be}}{V_T} \right) + \frac{1}{2!} \left( \frac{v_{be}}{V_T} \right)^2 + \dots \right]$$

اگر مساوات ۳.۱۶۸ کے تیرے جزو کی قیمت اس کے دوسرے جزو کی قیمت سے بہت کم ہو جائیں

$$(3.169) \quad \frac{1}{2!} \left( \frac{v_{be}}{V_T} \right)^2 \ll \frac{1}{1!} \left( \frac{v_{be}}{V_T} \right) \\ v_{be} \ll 2 \times V_T$$

تب اس مساوات کو یوں لکھا جا سکتا ہے۔

$$(3.170) \quad i_C \approx I_C \left( 1 + \frac{v_{be}}{V_T} \right)$$

مساوات ۳.۱۶۹ باریکے اشارہ کی تخلیلی تعریف ہے۔ چونکہ

$$2 \times V_T = 2 \times 0.025 = 0.05 \text{ V}$$

کے برابر ہے لہذا  $v_{be}$  کو اس صورت باریکے اشارہ تصور کیا جائے گا جب اس کی قیمت  $0.05 \text{ V}$  پر (یعنی اس ملنی والے) سے بہت کم ہو۔ حقیقت میں اگر  $v_{be}$  کی قیمت  $10 \text{ mV}$  سے کم ہو تو اسے باریکے اشارہ تصور کیا جاتا ہے۔ مساوات ۳.۱۷۰ کو ٹرانزسٹر کا باریکے اشارہ کی مساوات کہتے ہیں۔

مثال ۳.۳۵: مساوات ۳.۱۶۸ اور مساوات ۳.۱۷۰ میں  $I_C = 1 \text{ mA}$  لیتے ہوئے مساوات کے باریکے اشارہ کے لئے  $i_C$  کی قیمت حاصل کریں اور دونوں جوابات کا موازنہ کریں۔  
حل: مساوات ۳.۱۶۸ سے

$$i_C = 10^{-3} \left[ 1 + \frac{1}{1!} \left( \frac{0.01}{0.025} \right) + \frac{1}{2!} \left( \frac{0.01}{0.025} \right)^2 + \dots \right] \approx 1.48 \text{ mA}$$

جسکہ مساوات ۳.۱۷۰ سے

$$i_C = 10^{-3} \left( 1 + \frac{0.01}{0.025} \right) = 1.4 \text{ mA}$$

حصص میں مساوات کے استعمال سے جواب میں

$$\frac{1.48 - 1.4}{1.48} \times 100 = 5.4\%$$

کا فرق آتا ہے جو کہ وسائلِ قبول ہے۔ یاد رہے کہ 10 mV سے کم اشارات کے لئے یہ فرق مزید کم ہو گا۔

مساوات کو یوں لکھا جاسکتا ہے۔

$$(3.171) \quad i_C = I_C + \frac{I_C}{V_T} v_{be}$$

مساوات کے ساتھ موازن کرنے سے ہم دیکھتے ہیں کہ گلکشیر برقی رو  $i_n$  کے دو حصے ہیں۔ اس کا پہلا حصہ وہی یک سمت برقی رو  $I_C$  ہے جسکی شکل ۳.۲۹ میں حاصل کیا گیا جبکہ اس کا دوسرا حصہ ( $\frac{I_C}{V_T} v_{be}$ ) باریکے اشارہ پر منحصر بدل حصہ ہے یعنی

$$(3.172) \quad i_c = \frac{I_C}{V_T} v_{be}$$

اس مساوات کو یوں بھی لکھا جاسکتا ہے

$$(3.173) \quad i_c = g_m v_{be}$$

جہاں

$$(3.174) \quad g_m = \frac{I_C}{V_T}$$

لیا گیا ہے۔ مساوات ۳.۱۷۳ سے ہم دیکھتے ہیں کہ بدلہ گلکشیر برقی رو  $i_n$  کی قیمت داخلی اشارہ  $v_{be}$  کے گناہ ہے۔ جیسے کہ پہلے ذکر ہوا  $g_m$  کو ٹرانزسٹر کی افزاش موصیت موصیت۔ نما ۳ کہا جاتا ہے اور اس کی پیمائش سینٹری S میں کی جاتی ہے۔ مندرجہ بالا دو مساوات درحقیقت مساوات ۳.۱۵۵ اور مساوات ۳.۱۵۶ ہیں۔ مساوات ۳.۱۷۳ سے ہم دیکھتے ہیں کہ افزاش موصیت۔ نما کی قیمت ٹرانزسٹر کے یک سمت برقی رو  $I_C$  کے برابر است۔ متناسب ہے۔ یوں  $I_C$  کی قیمت دیکھنے سے  $g_m$  کی قیمت بھی دیکھی جائے گی۔

مثال ۳.۳۶: افزاش موصیت۔ نما کی قیمت ۰.۱ mA اور ۱ mA کے یک سمت برقی رو پر حاصل کریں۔

transconductance<sup>۱</sup>  
siemens<sup>۲</sup>

حل: مساوات ۳.۱۷۶ کی مدد سے

$$g_m = \frac{I_C}{V_T} = \frac{0.1 \times 10^{-3}}{25 \times 10^{-3}} = 4 \text{ mS}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اسی طرح

$$g_m = \frac{I_C}{V_T} = \frac{1 \times 10^{-3}}{25 \times 10^{-3}} = 40 \text{ mS}$$

$\therefore I_C = 10 \text{ mA}$

$$g_m = \frac{I_C}{V_T} = \frac{10 \times 10^{-3}}{25 \times 10^{-3}} = 0.4 \text{ S}$$

حاصل ہوتا ہے۔

---

مساوات ۳.۱۷۳ کو یوں لکھا جا سکتا ہے

$$(3.175) \quad g_m = \frac{i_c}{v_{be}}$$

جیسا کہ  $i_c$  اور  $v_{be}$  بریکے اشارات ہیں۔ مساوات ۳.۱۷۳ میں بریکے اشارہ  $v_{be}$  کو  $\Delta v_{be}$  کھٹھتے ہوئے یوں لکھا جا سکتا ہے۔

$$(3.176) \quad v_{BE} = V_{BE} + \Delta v_{BE}$$

ایسا لکھنے سے مساوات ۳.۱۷۳ کی چکر مندرجہ ذیل حاصل ہوتا ہے۔

$$(3.177) \quad i_C = I_C + \frac{I_C}{V_T} \Delta v_{BE}$$

یوں

$$(3.178) \quad i_C = I_C + \Delta i_C$$

لکھتے ہوئے مساوات ۳.۱۷۲ کی نئی شکل یوں ہوگی۔

$$(3.179) \quad \Delta i_C = \frac{I_C}{V_T} \Delta v_{BE}$$

جس سے

$$(3.180) \quad \Delta i_C = g_m \Delta v_{BE}$$

حاصل ہوتا ہے جسے یوں لکھا جا سکتا ہے۔

$$(3.181) \quad g_m = \frac{\Delta i_C}{\Delta v_{BE}}$$

جیسا کہ شکل ۳.۷ میں دکھایا گیا ہے، مندرجہ بالامساوات کے مطابق  $g_m$  ٹرانزسٹر کے  $v_{BE} - i_C$  خط کے ماس کی ڈھلوان ہے۔ اس مساوات کو مزید ہستروں لکھا جا سکتا ہے

$$(3.182) \quad g_m = \left. \frac{\partial i_C}{\partial v_{BE}} \right|_Q$$

مساوات ۳.۱۸۲ انسٹرائش موصیت نما  $g_m$  کی تسلی تعریف ہے۔

جیسا کہ شکل ۳.۷ سے واضح ہے کہ  $v_{BE} - i_C$  خط کی ڈھلوان ہر نقطے پر مختلف ہے۔ یوں  $g_m$  کی مقدار اسی نقطے پر حاصل کرنا ضروری ہے جس پر ٹرانزسٹر مائل کیا گیا ہو۔ مساوات ۳.۱۸۲ میں دیکھ تفرق لیتے وقت فقط کارکردگی  $Q$  کو بھی مد نظر رکھا گیا ہے۔

مساوات ۳.۱۸۲ استعمال کرتے ہوئے مساوات ۳.۷ کو نہایت آسانی سے یوں حاصل کی جا سکتا ہے۔

پہلے گلکش بر قی روکی مساوات کا تفرق لیتے ہیں۔

$$(3.183) \quad i_C = I_S e^{\frac{v_{BE}}{V_T}}$$

$$\frac{\partial i_C}{\partial v_{BE}} = \frac{I_S}{V_T} e^{\frac{v_{BE}}{V_T}}$$

مساوات ۳.۱۸۲ کے تحت نقطہ کارکردگی پر اس تفرق کی قیمت یہ  $g_m$  ہے۔ نقطہ کارکردگی پر اس مساوات کی قیمت حاصل کرنے کی حنطہ  $v_{BE} = V_{BE}, I_C$  نقطہ مائل ہے۔

$$g_m = \left. \frac{i_C}{V_T} \right|_{v_{BE}=V_{BE}}$$

$$= \frac{I_S e^{\frac{V_{BE}}{V_T}}}{V_T}$$

مساوات ۳.۱۸۲ کا سہارا یتی ہوئے اس کو یوں لکھا جا سکتا ہے۔

$$(3.184) \quad g_m = \frac{I_C}{V_T}$$

شکل ۳.۷ ب میں ٹرانزسٹر کا  $v_{BE} - i_B$  خط گراف کیا گیا ہے۔ نقطہ مائل پر خط کے ڈھلوان سے ٹرانزسٹر کا باریک اشاراتی مسناجت  $r_{be}$  حاصل کیا جا سکتا ہے یعنی

$$(3.185) \quad r_{be} = \left. \frac{\partial i_B}{\partial v_{BE}} \right|_Q^{-1}$$

چونکہ  $i_C = \beta i_B$  ہوتا ہے لہذا

$$(3.187) \quad i_B = \frac{i_C}{\beta} = \frac{I_S}{\beta} e^{\frac{v_{BE}}{V_T}}$$

لکھا جائے گا۔ ان دو مساوات کی مدد سے  $r_{be}$  کی قیمت حاصل کرتے ہیں۔ مساوات ۳.۱۸۶ کا تفرق لیتے ہیں

$$\frac{\partial i_B}{\partial v_{BE}} = \frac{I_S}{\beta V_T} e^{\frac{v_{BE}}{V_T}}$$

اور اس تفرق کی نقطہ کار کردگی پر قیمت حاصل کرتے ہیں۔ ایسا کرنے کی حراظر  $v_{be} = V_{BE}$  استعمال کرنا ہو گا۔ یوں

$$\left. \frac{\partial i_B}{\partial v_{BE}} \right|_{v_{BE}=V_{BE}} = \frac{I_S}{\beta V_T} e^{\frac{V_{BE}}{V_T}}$$

حاصل ہوتا ہے۔ مساوات ۳.۱۸۲ کا ہمارا نتیجہ ہوئے اسے یوں لکھا جائے گا۔

$$\left. \frac{\partial i_B}{\partial v_{BE}} \right|_{v_{BE}=V_{BE}} = \frac{I_C}{\beta V_T}$$

اور چونکہ

$$r_{be} = \left. \frac{\partial i_B}{\partial v_{BE}} \right|_{v_{BE}=V_{BE}}^{-1}$$

ہوتا ہے لہذا

$$(3.187) \quad r_{be} = \frac{\beta V_T}{I_C}$$

حاصل ہوتا ہے۔ مزید سے کہ مساوات ۳.۱۸۲ کی مدد سے اسے یوں بھی لکھ سکتے ہیں۔

$$(3.188) \quad r_{be} = \frac{\beta}{g_m}$$

$$\beta = r_{be} g_m$$

یا گزشتہ دو مساوات ٹرانزسٹر کے باریکے اشاراتی داخلی مزاحمت  $r_{be}$  کے حصول کے لئے استعمال کئے جاتے ہیں۔ مساوات ۳.۱۸۸ سے یہ حقیقت سامنے آتی ہے کہ  $\beta$  کے غیر معمولی ہونے کی وجہ سے اگر کسی ٹرانزسٹر کا بر قی رو بڑھا کر اس کا  $g_m$  بڑھایا جائے تو ٹرانزسٹر کا  $r_{be}$  کم ہو جائے گا۔ باکل  $r_{be}$  کے حصول کے طرز پر اگر  $i_E - v_{BE}$  کے خط سے شروع کیا جائے تو باریکے اشاراتی مزاحمت  $r_e$  حاصل کی جائے گی جیسا کہ

$$(3.189) \quad r_e = \left. \frac{\partial i_E}{\partial v_{BE}} \right|_Q^{-1}$$

ہے۔ آئیں ایسا ہی کریں۔

$$\begin{aligned}
 i_E &= \frac{I_S}{\alpha} e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} \\
 \frac{\partial i_E}{\partial v_{BE}} &= \frac{I_S}{\alpha V_T} e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} \\
 \left. \frac{\partial i_E}{\partial v_{BE}} \right|_Q &= \frac{I_S}{\alpha V_T} e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} \\
 &= \frac{I_C}{\alpha V_T}
 \end{aligned}
 \tag{۳.۱۹۰}$$

یوں

$$r_e = \frac{\alpha V_T}{I_C} \tag{۳.۱۹۱}$$

حاصل ہوتا ہے جسے یوں بھی لکھا جا سکتا ہے۔

$$r_e = \frac{\alpha}{g_m} \approx \frac{1}{g_m} \tag{۳.۱۹۲}$$

مساوات ۳.۱۹۱ میں  $\alpha = \frac{\beta}{\beta+1}$  ہے اس کا مساوات ۳.۱۸۷ کے ساتھ موازن کرنے سے حاصل ہوتا ہے۔

$$r_e = \frac{r_{be}}{\beta+1} \tag{۳.۱۹۳}$$

اس کو یوں بھی لکھا جا سکتا ہے۔

$$r_{be} = (\beta+1) r_e \tag{۳.۱۹۴}$$

$r_e$  اور  $r_{be}$  دراصل ایک ہی مزاجت کے دو ٹکلیں ہیں۔ آئیں اس حقیقت پر غور کریں۔ آپ نے حصہ میں دیکھا کہ ٹرانزسٹر کے بغیر پر جبڑے مزاجت  $R_E$  کا عکس یہ س جناب  $R_E$  کا عکس یہ س جناب  $R_B$  نظر آتا ہے۔ اسی طرح اس کے یہ س جناب مزاجت  $R_B$  کا عکس یہ س جناب  $\frac{R_B}{(\beta+1)}$  نظر آتا ہے۔ ان نتائج کو یہاں استعمال کرتے ہیں۔

وہ مزاجت ہے جو ٹرانزسٹر کے یہ س جناب سے دیکھتے ہوئے نظر آتا ہے جبکہ  $r_e$  وہ مزاجت ہے جو ٹرانزسٹر کے یہ س جناب سے دیکھتے ہوئے نظر آتا ہے۔ اگر  $r_{be}$  کو ٹرانزسٹر کا باریکے اشاراتی مزاجت تصور کیا جائے تو ٹرانزسٹر کے یہ س جناب  $r_{be}$  نظر آئے گا جبکہ اس کے بغیر س جناب سے دیکھتے ہوئے ہمیں  $\frac{r_{be}}{(\beta+1)}$  نظر آئے گا۔ مساوات ۳.۱۹۴ میں کچھ کہتا ہے۔ اسی طرح اگر  $r_e$  کو ٹرانزسٹر کا باریکے اشاراتی مزاجت تصور کیا جائے تو ٹرانزسٹر کے بغیر س جناب سے  $r_e$  نظر آئے گا جبکہ اس کے یہ س جناب سے دیکھتے ہوئے ہمیں  $(\beta+1) r_e$  نظر آئے گا۔ مساوات ۳.۱۹۴ میں کہتا ہے۔ شکل ۱.۷۳ ان حقائق کے تصوراتی اشکال پیش کرتا ہے۔

$$(b) \quad r = (\beta + 1) r_e \quad \xrightarrow{\hspace{1cm}} \quad \begin{array}{c} \text{B} \\ \text{C} \\ \text{E} \end{array}$$

$$r_e \quad \xrightarrow{\hspace{1cm}} \quad r = r_e$$

$$r = r_{be} \quad \xrightarrow{\hspace{1cm}} \quad \begin{array}{c} \text{B} \\ \text{C} \\ \text{E} \end{array}$$

$$r_{be} \quad \xrightarrow{\hspace{1cm}} \quad r = \frac{r_{be}}{\beta + 1}$$

(i)

شکل ۱.۷. ڈیاگرام اشاراتی اخنی مزاحمت اور ان کے عکس

مثال: ۳.۳.۷ pnp ٹرانزسٹر کے مساوات حاصل کریں۔  
حل: مساوات ۳.۵ کو استعمال کرتے ہوئے

$$g_m = \left. \frac{\partial i_C}{\partial v_{EB}} \right|_Q$$

$$= \frac{I_S e^{\frac{V_{EB}}{V_T}}}{V_T}$$

یعنی

$$(3.195) \quad g_m = \frac{I_C}{V_T}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اسی طرح  $i_B = \frac{i_C}{\beta}$  لکھتے ہوئے

$$(3.196) \quad r_{be} = \left. \frac{\partial v_{EB}}{\partial i_B} \right|_Q = \left. \frac{\partial i_B}{\partial v_{EB}} \right|_Q^{-1} = \frac{\beta V_T}{I_C} = \frac{\beta}{g_m}$$

لکھتے ہوئے  $i_E = \frac{i_C}{\alpha}$  اور

$$(3.197) \quad r_e = \frac{\alpha V_T}{I_C} = \frac{r_{be}}{\beta + 1} = \frac{\alpha}{g_m} = \approx \frac{1}{g_m}$$

حاصل ہوتے ہیں۔ حنارجی مزاحمت  $r_o$  ایک زمالة برقی دباؤ سے یوں حاصل ہوتا ہے۔

$$(3.198) \quad r_o = \left. \frac{\Delta v_{EC}}{\Delta i_C} \right|_Q = \frac{V_A + V_{EC}}{I_C} \approx \frac{V_A}{I_C}$$

### ۳.۱۳ پست تعدادی ٹرانزسٹر ریاضی نمونہ برائے باریکے اشارات

گزشتہ ہے میں ہم نے دیکھا کہ ٹرانزسٹر کے نقطہ کار کردگی پر اس کی افزائش موصل-نہ  $g_m$  اور داخلی مساحت  $r_{be}$  حاصل کی جا سکتی ہے۔ ان دونوں مساواتوں کو یہاں دوبارہ پیش کرتے ہیں۔

$$(3.199) \quad g_m = \frac{\Delta i_C}{\Delta v_{BE}} = \frac{i_c}{v_{be}}$$

$$(3.200) \quad r_{be} = \frac{\Delta v_{BE}}{\Delta i_B} = \frac{v_{be}}{i_b}$$

جنہیں یوں بھی لکھا جا سکتا ہے۔

$$(3.201) \quad i_c = g_m v_{be}$$

$$(3.202) \quad i_b = \frac{v_{be}}{r_{be}}$$

ان مساوات کے مطابق مائل کردہ ٹرانزسٹر پر داخلی جناب برائے باریکے اشارہ  $v_{be}$  لاگو کرنے سے اس کے داخلی جناب بیس سرے پر بر قی رو  $i_b$  پیدا ہوتا ہے جبکہ اس کے خارجی جناب بر قی رو  $i_c$  پیدا ہوتا ہے۔ یہ "دو مساوات ٹرانزسٹر کی باریکے اشاراتی کار کردگی" بیان کرتے ہیں۔ اگرچہ مساوات ۳.۲۰۱ کے مطابق  $i_c$  صرف  $v_{be}$  پر مختص ہے، حقیقت میں ایسا نہیں ہوتا اور  $i_c$  کی قیمت خارجی بر قی دباؤ  $v_{CE}$  پر بھی مختص ہوتا ہے۔ فی الحال  $i_c$  پر  $v_{CE}$  کے اثر کے بحث کو ملتوی کرتے ہیں اور مندرجہ بالا دو مساوات کو ٹرانزسٹر کی مکمل باریکے اشاراتی کار کردگی بیان کرنے والے مساوات مان لیتے ہیں۔

شکل ۳.۷۲ پر نظر ڈالئے ہم دیکھتے ہیں کہ اس دورے

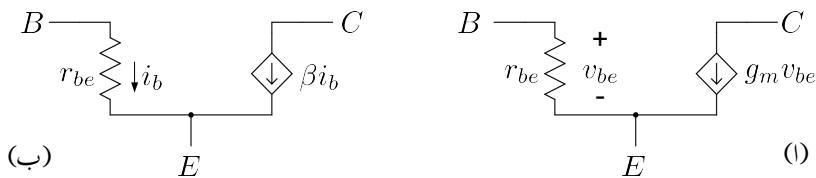
$$v_{be} = i_b r_{be}$$

$$i_c = g_m v_{be}$$

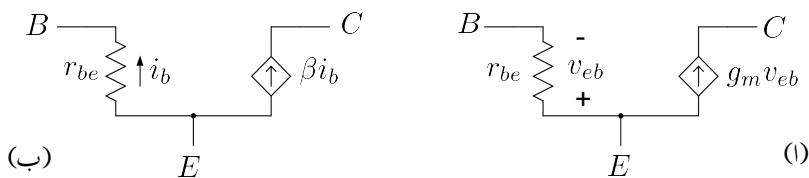
مساوات حاصل ہوتے ہیں جو کہ مساوات ۳.۲۰۱ اور مساوات ۳.۲۰۲ ہی ہیں۔ یوں یہ دور ٹرانزسٹر کی باریکے اشاراتی کار کردگی ہی بیان کرتا ہے، لہذا یہ دور ٹرانزسٹر کا باریکے اشاراتی ریاضی نمونہ ہی ہے۔ اس کا عسمی نام ٹرانزسٹر کا پتھر تعدادی باریکے اشاراتی پائے (π) ریاضی نمونہ ہے جسے چوناکر کے صرف π ریاضی نمونہ پاپے ریاضی نمونہ پکارا جاتا ہے۔

شکل ۳.۷۲ ب میں π ریاضی نمونہ کا فرمانٹ دور دکھایا گیا ہے۔ مساوات ۳.۱۸۸ اور مساوات ۳.۲۰۲ کے استعمال سے

$$\beta i_b = \beta \frac{v_{be}}{r_{be}} = g_m v_{be}$$



شکل ۲۷-۳: پست تعدادی باریک اشاراتی پائے ریاضی نمونہ



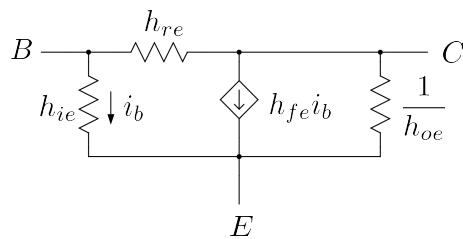
شکل ۳.۷:  $pnp$  کاپاریک اشاراتی  $\pi$  ریاضی نموده

لکھتے ہوئے ہم دیکھتے ہیں کہ دونوں اشکال سے حاصل جوابات یکساں ہیں۔ شکل ۲۷۲ اور شکل ب اس کتاب میں بار بار استعمال کئے جائیں گے۔

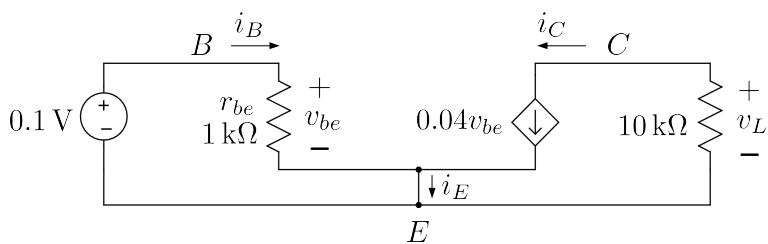
شکل ۳.۷.۳ میں  $pnp$  ٹرانزسٹر کے پارے ریاضی نمونے دکھائے گئے ہیں جہاں برقی روکی سمتیں شکل ۳.۷.۲ کے الٹے ہیں۔ اسی طرح یہاں  $v_{be}$  کی جگہ  $v_{eb}$  استعمال کی گیا ہے۔ اگر  $pnp$  کے ان ریاضی نمونوں میں  $v_{eb}$  کی جگہ  $v_{be}$  لکھا جائے تو تابع معنی وکی سمت الٹ ہو جائے گی اور یوں شکل ۳.۷.۴ حاصل ہو گا۔ اس طرح ہم دیکھتے ہیں کہ  $pnp$  کے لئے بھی شکل ۳.۷.۳ کے ریاضی نمونے استعمال کئے جا سکتے ہیں۔ اس کتاب میں ایسا ہی کیا جائے گا۔ شکل ۳.۷.۴ میں پارے ریاضی نمونے کی ایک اور نہایت مقبول شکل دکھائی گئی ہیں جہاں تمام احتجاء کے نام  $h$  سے شروع ہوتے ہیں۔ ان احتجاء کو پاکارنا جو احتیاطی اور نہایت مقبول شکل دکھائی گئی ہے اس کے درجے میں کوئی سختی ہے۔ آپ دیکھ کر سمجھئے گے کہ دراصل

$$\begin{aligned} h_{ie} &= r_{be} \\ h_{fe} &= \beta \\ h_{oe} &= \frac{1}{r_o} \\ h_{re} &= \infty \end{aligned}$$

بیں۔ صنعت کار سمو ماؤڑ از سڑ کے *h* اجڑا، فن را ہم کرتے ہیں۔ *h* پاٹی نمو نے یہ مسزید کوئی بات نہیں کی جائے گی۔



شکل ۷.۳.۳: پائے ریاضی نمونے کی ایک اور مقبول شکل



شکل ۷.۴

مثال ۷.۳.۸: شکل ۷.۲ میں  $B$  اور  $E$  کے درمیان  $0.1 \text{ V}$  کا برقی دبادھیا کریں اور  $C$  اور  $E$  کے درمیان  $10 \text{ k}\Omega$  کی مسازاحت نسبت کریں۔ اگر  $g_m = 0.04 \text{ S}$  اور  $r_{be} = 1 \text{ k}\Omega$  ہوں تو نسبت کے گے مسازاحت پر برقی دبادکیا ہو گا۔ شکل ۷.۳ کی جگہ شکل ۷.۳ استعمال کرتے ہوئے دوبارہ حل کریں۔  
حل: شکل ۷.۵ میں دو دھمایا گیا ہے جس کو دیکھ کر

$$i_B = \frac{0.1}{1000} = 0.1 \text{ mA}$$

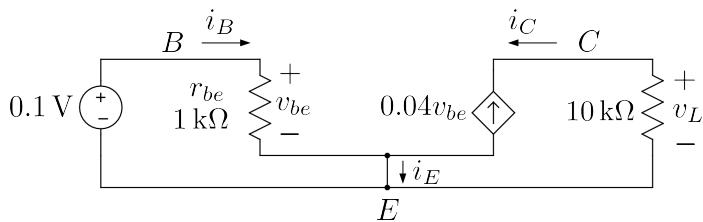
$$v_{BE} = 0.1 \text{ V}$$

لکھا جاسکتا ہے۔ یوں

$$i_C = 0.04 \times 0.1 = 4 \text{ mA}$$

س مصل ہوتا ہے جسے استعمال کرتے ہوئے

$$v_L = -i_C \times 10000 = -0.004 \times 10000 = -40 \text{ V}$$



شکل ۳.۷۶

حاصل ہوتا ہے۔ E جوڑ پر خوف کے وفاون برائے برقی روکی مدد سے

$$i_E = i_B + i_C = 4.1 \text{ mA}$$

حاصل ہوتا ہے۔  
آنئی شکل ۳.۷۶ کو استعمال کرتے ہوئے دوبارہ حل کریں۔ اس شکل میں شکل ۳.۷۳ کا ریاضی نمونہ استعمال کیا گیا ہے۔ یہاں

$$i_B = \frac{0.1}{1000} = 0.1 \text{ mA}$$

$$v_{eb} = -0.1 \text{ V}$$

یہ۔ پونکہ یہاں  $i_C$  اور  $g_m v_{eb}$  کے مستین آپس میں ایسا بین لیندا ہے۔  $i_C = -g_m v_{eb}$  لکھا جائے گا۔ یہاں

$$i_C = -0.04 \times (-0.1) = 4 \text{ mA}$$

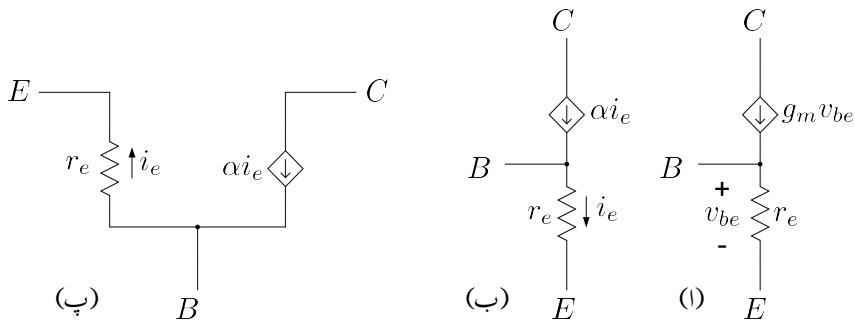
حاصل ہوتا ہے جسے استعمال کرتے ہوئے

$$v_L = -i_C \times 10000 = -0.004 \times 10000 = -40 \text{ V}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اسی طرح

$$i_E = i_B + i_C = 4.1 \text{ mA}$$

حاصل ہوتا ہے۔  
دونوں اشکال کے جوابات بالکل یکساں ہیں۔ یہی وجہ ہے کہ pnp کے لئے بھی شکل ۳.۷۲ کا ریاضی نمونہ استعمال کیا جاتا ہے۔



شکل ۳.۱۳.۱: ٹیT ریاضی نمونہ

## ۳.۱۳.۱ ٹیT ریاضی نمونہ

گزشتہ ہے میں ہم نے دیکھا کہ پائے ریاضی نمونے کو حل کرنے سے ٹرانزسٹر کے مساوات (یعنی مساوات ۳.۲۰۱ اور مساوات ۳.۲۰۲) حاصل ہوتے ہیں اور یوں اسے ٹرانزسٹر کا ریاضی نمونہ تصور کیا جاسکتا ہے۔ پائے ریاضی نمونے کے علاوہ بھی ادوار بنائے جاسکتے ہیں جن سے انہیں مساوات کا حصول ممکن ہے۔ ایسے تمام ادوار کو بھی ٹرانزسٹر کے ریاضی نمونے تصور کیا جاسکتا ہے۔ ان میں T ریاضی نمونہ<sup>۹۹</sup> خاص مقبول ہے۔ ایمپر مشترک<sup>۱۰۰</sup> اور کلکٹر مشترک<sup>۱۰۱</sup> ادوار حل کرتے ہوئے عموماً پائے ریاضی نمونے ہی استعمال کیا جاتا ہے جبکہ بیئر مشترک<sup>۱۰۲</sup> ادوار کو T ریاضی نمونے کی مدد سے زیادہ آسانی سے حل کرنا نہیں ہوتا ہے۔  $r_o$  کو ظفر انداز کرتے ہوئے کوئی npn کے T ریاضی نمونے کے مختلف اشکال کو شکل ۳.۷۷ میں دکھایا گیا ہے۔ انہیں ریاضی نمونے میں  $E_C$  اور  $r_o$  کے مابین  $r_o$  نسبت کرتے ہوئے  $r_o$  کے اثر کو بھی شامل کیا جاسکتا ہے۔

شکل ۳.۱۳.۱الف میں چونکہ C سرے کے ساتھ تابع منق رو سملہ وار جسٹا ہے لہذا  $i_c = g_m v_{be}$  ہو گا۔ اور ہم کے فتنوں کے مطابق اگر  $r_e$  پر  $v_{be}$  دباؤ پایا جائے تو  $i_e = \frac{v_{be}}{r_e}$  ہو گا۔ کرخوف کے فتنوں برائے بر قی دباؤ کے تحت  $i_b = i_e - i_c$  ہو گا۔ آئیں اس کی قیمت حاصل کریں۔ چونکہ

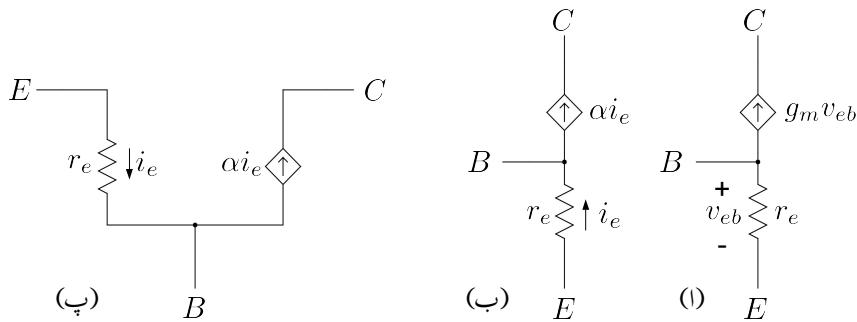
$$r_{be} = \frac{\beta V_T}{I_C}$$

$$r_e = \frac{r_{be}}{\beta + 1} = \frac{\alpha V_T}{I_C}$$

$$g_m = \frac{I_C}{V_T}$$

<sup>۹۹</sup> ٹیT ریاضی نمونے کی شکل انگریزی کے حروفے ٹیT کی مانند ہے۔ اسی لئے اس کو ٹیT ریاضی نمونے کہتے ہیں۔

<sup>۱۰۰</sup> مشترک بیئر، مشترک کلکٹر اور مشترک بیس کی پہلی حصے میں کی گئی ہے۔



شکل ۳.۷۸ T ریاضی نمونہ

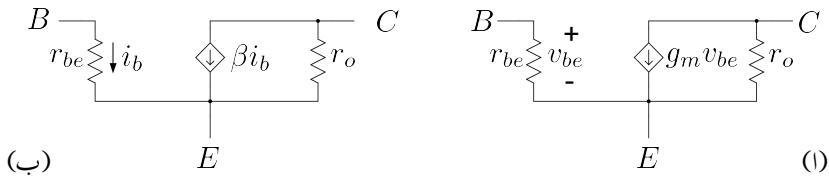
بین الہذا

$$\begin{aligned}
 i_b &= i_e - i_c \\
 &= \frac{v_{be}}{r_e} - g_m v_{be} \\
 &= v_{be} \left( \frac{I_C}{\alpha V_T} - \frac{I_C}{V_T} \right) \\
 &= \frac{I_C}{V_T} v_{be} \left( \frac{1 - \alpha}{\alpha} \right) \\
 &= \frac{I_C}{V_T} v_{be} \frac{1}{\beta} \\
 &= \frac{v_{be}}{r_{be}}
 \end{aligned}$$

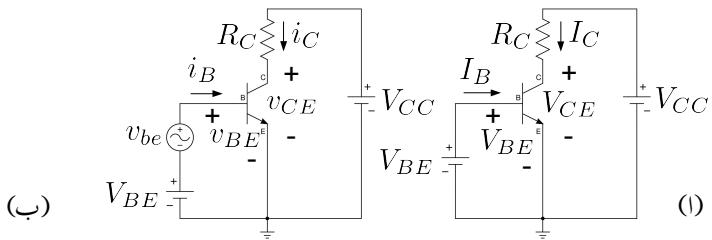
پس ٹی T ریاضی نمونے سے بھی ٹرانزسٹر کے باریکے اشاراتی مساوات حاصل ہوتے ہیں اور یوں اسے بطور ٹرانزسٹر ریاضی نمونہ استعمال کیا جاتا ہے۔ شکل بے میں تی۔ ریاضی نمونے کی دوسری ممکن صورت دکھانی گئی ہے جہاں  $i_c = \alpha i_e$  کا استعمال کیا گیا ہے۔ شکل پے میں تی۔ ریاضی نمونے کی پائے  $\pi$  طرز پر بنایا گیا ہے۔ شکل ۳.۷۸ میں pnp کا T ریاضی نمونہ دکھایا گیا ہے۔ یہاں بھی اگر  $v_{be}$  کی جگہ  $v_{eb}$  لکھا جائے تو شکل میں تابع منبع روکی سمت الٹ ہو جائے گی اور یوں اس سے شکل ۳.۷۷ میں حاصل ہو گا۔ اس کا مطلب ہے کہ شکل ۳.۷۸ کے ریاضی نمونے استعمال کے جا سکتے ہیں۔ اس کتاب میں ایسی کیا جائے گا۔

### ۳.۱۲.۲ پائے ریاضی نمونہ بھے حنارجی مزاجت $r_0$

مساوات ۳.۶۲ کا ٹرانزسٹر کا باریکے اشاراتی حنارجی مزاجت  $r_0$  دیتا ہے۔  $i_C$  پر  $v_{ce}$  کے اثرات کو ٹرانزسٹر ریاضی نمونے میں  $r_0$  سے ظاہر کیا جاتا ہے۔ شکل ۳.۷۹ میں پائے ریاضی نمونے بھے حنارجی مزاجت  $r_0$



شکل ۹.۳: نیپائے ریاضی نوونے بعد حنارجی مسماحت



شکل ۹.۴: یک سمت اور بدلے متغیرات کی علیحدگی

دکھائے گئے ہیں۔

### ۳.۱۵ یک سمت اور بدلے متغیرات کی علیحدگی

شکل ۹.۸۰ الف میں ٹرانزستر کا یک سمت دور کھایا گیا ہے جہاں  $V_{BE}$  ٹرانزستر کا نقطہ کار کردگی تعین کرتا ہے۔ شکل ب میں  $V_{BE}$  کے ساتھ سلسلہ دار باریکے اشارہ  $v_{be}$  جوڑا گیا ہے جس کی وجہ سے ٹرانزستر نقطہ مائل کے قدریہ ب۔ قدریہ ب  $i_C - v_{BE}$  کو خط پر چال وتدی کرتا ہے۔ شکل الف میں تمام متغیرات یک سمت میں لہذا  $i_C$  کو  $I_C$  اور  $v_{BE}$  کو  $V_{BE}$  لکھا جائے گا۔ یوں مسادات ۳.۵۵ اور کرخوف کا دتا نون برائے برقی دباؤ استعمال کرتے ہوئے شکل الف کے لئے ہم لکھ سکتے ہیں۔

$$(3.203) \quad I_C = I_S e^{\frac{V_{BE}}{V_T}}$$

$$(3.204) \quad V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C$$

جبکہ شکل ب کے لئے یوں لکھا جاتا ہے۔

$$\begin{aligned} i_C &= I_C + i_c \\ &= I_S e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} \\ &= I_S e^{\frac{v_{BE} + v_{be}}{V_T}} \\ &= I_S e^{\frac{V_{BE}}{V_T}} e^{\frac{v_{be}}{V_T}} \\ &= I_C e^{\frac{v_{be}}{V_T}} \end{aligned}$$

جہاں آخوندی و تدبیم پر مساوات ۳.۲۰۳ کا سہارا لیا گیا۔ سالمہ مکارن کی مدد سے اس کو یوں لکھ سکتے ہیں۔

$$i_C = I_C \left[ 1 + \frac{1}{1!} \left( \frac{v_{be}}{V_T} \right) + \frac{1}{2!} \left( \frac{v_{be}}{V_T} \right)^2 + \dots \right]$$

باریکے اشارات کے لئے اس مساوات کے پہلے دو حصہ دینا کافی ہوتا ہے اور یوں

$$i_C \approx I_C + \frac{I_C}{V_T} v_{be}$$

لکھا جاتا ہے۔ تقریباً برابر کی علامت  $\approx$  کی جگہ برابر کی علامت  $=$  استعمال کرتے ہوئے مساوات ۳.۱۸۷ کے استعمال سے حاصل ہوتا ہے۔

$$i_C = I_C + \frac{I_C}{V_T} v_{be}$$

$$I_C + i_c = I_C + g_m v_{be}$$

اور یوں

(۳.۲۰۵)

$$i_c = g_m v_{be}$$

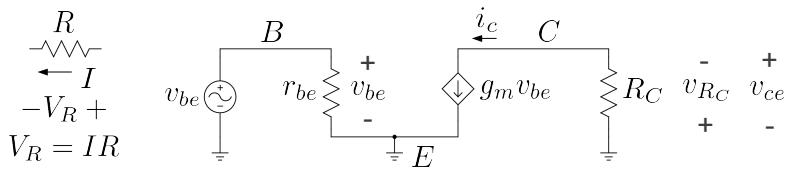
ای طرح شکل ۳.۸۰ ب کے خارجی جواب

$$\begin{aligned} v_{CE} &= V_{CC} - i_C R_C \\ V_{CE} + v_{ce} &= V_{CC} - (I_C + i_c) R_C \\ V_{CE} + v_{ce} &= V_{CC} - I_C R_C - i_c R_C \\ \underbrace{V_{CE} - V_{CC} + I_C R_C}_{=0} + v_{ce} &= -i_c R_C \end{aligned}$$

جہاں آخوندی و تدبیم پر مساوات ۳.۲۰۳ کی مدد حاصل کی گئی۔ مساوات ۳.۲۰۵ کو استعمال کرتے ہوئے اسے یوں لکھ سکتے ہیں۔

(۳.۲۰۶)

$$v_{ce} = -g_m R_C v_{be}$$



شکل ۳.۸: باریکے اشاراتی مساوی دور

جس سے باریکے اشاراتی افزاں بر قی دباؤ  $A_v$  حاصل کی جاسکتے ہے۔

$$(3.207) \quad A_v = \frac{v_{ce}}{v_{be}} = -g_m R_C$$

مساویات ۳.۲۰۳ اور مساویات ۳.۲۰۴ میں یک سمت متغیرات  $I_C$  اور  $V_{CE}$  حاصل ہوتے ہیں جبکہ مساویات ۳.۲۰۵ اور مساویات ۳.۲۰۶ میں ای شکل کے بدلے متغیرات  $i_c$  اور  $v_{ce}$  حاصل ہوتے ہیں۔ یک سمت متغیرات شکل الف سے حاصل کئے گئے جہاں بدلے متغیرات موجود نہیں۔ شکل ۳.۲۰۷ میں دئے گئے ٹرانزسٹر کے باریکے اشاراتی ریاضی نوونے پر داخلی جواب  $v_{be}$  لاگو کرتے ہوئے اور اس کے خارجی جواب مزاجت  $R_C$  جوڑنے سے شکل ۳.۸ میں حاصل ہوتا ہے جس سے

$$(3.208) \quad i_c = g_m v_{be}$$

حاصل ہوتا ہے جو کہ بالکل مساویات ۳.۲۰۵ سے جسے اصل ٹرانزستر کا دور حل کرتے حاصل کیا گیا تھا۔ اسی طرح  $V_{R_C}$  کو اوہم کے قانون کی مدد سے حاصل کرتے ہیں۔ شکل میں بالائی جواب اوہم کے قانون کا صحیح استعمال دکھایا گیا ہے جہاں مزاجت  $R$  میں اگر بر قی دباؤ  $I$  دائیں سرے سے داخل ہو تو اوہم کا قانون کا استعمال کرتے وقت بر قی دباؤ  $V_R$  کا مشتمل طرف مزاجت کا وہ سرالیا جاتا ہے جہاں سے مزاجت میں بر قی رو دا حخل ہو۔ یوں اوہم کے قانون سے

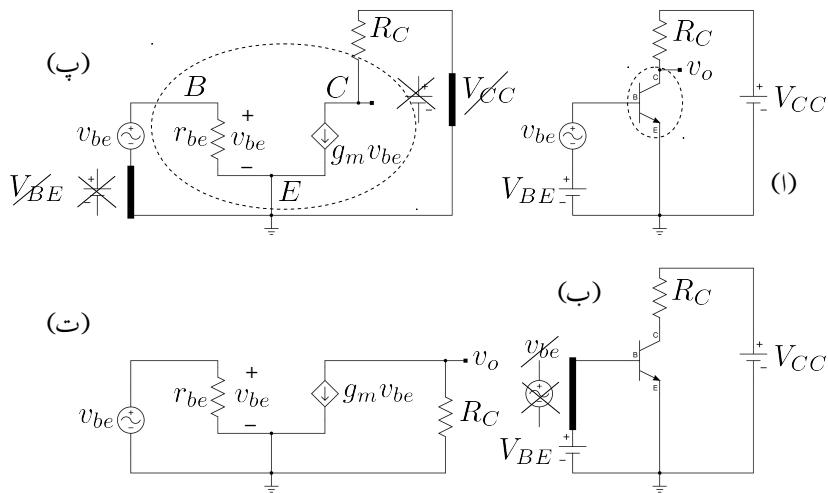
$$(3.209) \quad \begin{aligned} v_{R_C} &= i_c R_C \\ &= g_m R_C v_{be} \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اگر ہم  $v_{ce}$  حاصل کرنا ہو تو ہم شکل سے دیکھتے ہیں کہ یہ  $v_{R_C}$  کے الم ہے (یعنی  $v_{ce} = -v_{R_C}$ )۔

$$(3.210) \quad v_{ce} = -g_m R_C v_{be}$$

حاصل ہوتا ہے جو کہ بالکل مساویات ۳.۲۰۵ سے جسے اصل ٹرانزستر کا دور حل کرتے حاصل کیا گیا تھا۔ مندرجہ بالا مساویات سے باریکے اشاراتی افزاں بر قی دباؤ  $A_v$  حاصل ہوتی ہے۔

$$(3.211) \quad A_v = \frac{v_{ce}}{v_{be}} = -g_m R_C$$



شکل ۳.۸۲ (أ) اصل دور (ب) مساوی یک سمت دور (ت) مساوی باریکے اشاراتی دور

ہم دیکھتے ہیں کہ شکل ۳.۸۰ ب میں دئے گئے دور کے بدلتے متغیرات شکل ۳.۸۲ کو حل کرنے سے بھی حاصل کے جا سکتے ہیں۔ یہ ایک انتہائی، ہم نیچے ہے جس کو استعمال کرتے ہوئے ٹرانزسٹر کے ادوار کو فلٹلم و کاغذ پر حل کرتے استعمال کیا جاتا ہے۔ شکل ۳.۸۰ ب میں دکھایا دور شکل ۳.۸۰ ب کا مساوی باریکے اشاراتی دور ہے۔

آئیں شکل ۳.۸۲ کی مدد سے دیکھیں کہ کسی بھی ٹرانزسٹر دور کے مساوی یک سمت اور مساوی باریکے اشاراتی ادوار کیے حاصل کے جاتے ہیں۔ ہم نے اوپر دیکھا کہ بدلتے متغیرات کے مساوات میں تمام یک سمت متغیرات کو جاتے ہیں۔ یوں کسی بھی دور کا مساوی باریکے اشاراتی دور حاصل کرتے وقت دور میں تمام یک سمت منبع کی قیمتیں صفر کر دیں جب تک یہیں اور ٹرانزسٹر کی جگہ ٹرانزسٹر کا باریکے اشاراتی ریاضی نموٹے نسب کر دیا جاتا ہے۔ یک سمت منبع بر قی دباؤ کی قیمت صفر کرنے کی خاطر ان کے دونوں سرے قصر دور تصور کے جاتے ہیں۔ اگرچہ موجودہ مثال میں یک سمت منبع بر قی رو استعمال نہیں کی گی لیکن اگر ایسا کیا جائے تو یک سمت منبع بر قی رو کی قیمت صفر کرنے کی خاطر اس کو کھلے سرے کر دیا جاتا ہے۔

آئیں اب شکل ۳.۸۲ الف میں دئے گئے دور کے مساوی ادوار حاصل کریں۔ شروع مساوی یک سمت دور کے حصول سے کرتے ہیں۔

جیسا کہ شکل ب میں دکھایا گیا ہے کہ تمام بدلتے اشارات کی قیمت صفر کرنے سے دور کا مساوی یک سمت دور حاصل ہوتا ہے۔ اس دور میں  $v_{be}$  بدلت اشارہ ہے جسے دور سے خارج کرتے ہوئے اس مفتام کو قصر دور کر دیا گیا ہے (یعنی جن دو بر قی تاروں کے ساتھ  $v_{be}$  جبراً اختلاں تاروں کو آپس میں جوڑ دیا گیا ہے جبکہ یہاں سے  $v_{be}$  کو نکال دیا گیا ہے۔ جوڑ کو وضع احتلاں کی خاطر موٹی تارے دکھایا گیا ہے)۔

شکل (پ) میں مساوی باریکے اشاراتی دور حاصل کیا گیا ہے۔ ایسا کرنے کی خاطر ٹرانزسٹر کی

جگہ اس کا باریکے اشاراتی  $\pi$  ریاضی نمونے نسب کیا گا ہے جبکہ تمام یک سمت منبع کو قصر دور کر دیا گیا ہے۔ چونکہ اصل دور یعنی شکل الٹے میں  $V_{BE}$  اور  $V_{CC}$  یک سمت منبع ہیں لہذا اسی قصر دور کیا گیا ہے۔ ان کی جگہ نسب تاروں کو وضعیت کی عرض سے موٹا کر کے دکھایا گیا ہے۔ شکل پ'چھے کو عموماً شکل ت کی مانند ہتا یا جاتا ہے۔ اس کتاب میں بھی ایسا ہی کیا جاتا ہے گا۔ آپ تسلی کر لیں کہ شکل پ'چھے اور شکل ت بالکل یکساں ہیں۔

اس ہے میں ہم نے دیکھا کہ ٹرانزسٹر ادوار کے حل حاصل کرتے وقت یہ ممکن ہے کہ پہلے بدلتے متغیرات کو نظر انداز کیا جائے اور اس کا یک سمت دور حل کیا جائے۔ یوں حاصل یک سمت متغیرات سے نقطہ کار کر دیگی پر ٹرانزسٹر کے  $r_{be}$  اور  $g_m$  حاصل کئے جائیں اور پھر دور میں یک سمت منبع کو نظر انداز کرتے ہوئے بدلتے اشارات حاصل کئے جائیں۔ فلم و کاغذ پر ٹرانزسٹر ادوار اسی طریقے کار کو استعمال کرتے ہوئے حاصل کئے جاتے ہیں۔ اگر ہے میں اس طریقے کی مشتمل کرائی جائے گی۔ آپ سے گزارش کی جاتی ہے کہ ان مشقوں سے فائدہ اٹھاتے ہوئے اس طریقے کو اچھی طرح سیکھ لیں۔

یہاں یہ بتانا ضروری ہے کہ ٹرانزسٹر ریاضی نمونے استعمال کرتے ہوئے مساوی باریکے اشاراتی ادوار کو کسی صورت اصل ٹرانزسٹر کا دور نہ سمجھا جائے۔ یہ صرف اور صرف حساب و کتاب آسان بنانے کا ایک طریقہ ہے۔

### ۳.۱۶ باریکے اشاراتی ادوار کا پائے ریاضی نمونے کی مدد سے حل

ٹرانزسٹر ایمپلیناٹر کو پائے ( $\pi$ ) ریاضی نمونے استعمال کرتے ہوئے ایک منظم طریقے سے حل کیا جاتا ہے۔ اس طریقے کا کے افتدام مندرجہ ذیل ہیں۔

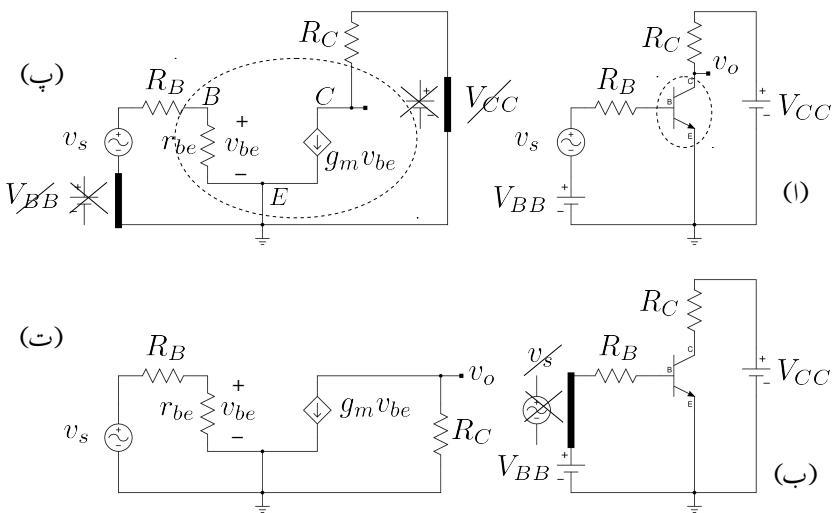
۱۔ اصل ٹرانزسٹر دور کا مساوی یک سمت دور حاصل کر کے اسے حل کرتے ہوئے  $I_C$  اور  $V_{CE}$  حاصل کریں۔ یہ نقطہ کار کر دیگی پر ٹرانزسٹر کے متغیرات ہیں۔

۲۔ آگے بڑھنے سے پہلے تسلی کر لیں کہ ٹرانزسٹر امنزانتھ خط میں ہے (یعنی غیر امنزانتھ  $V_{CE} > V_{CE,0}$ )۔

۳۔ حاصل کردہ  $I_C$  استعمال کرتے ہوئے نقطہ کار کر دیگی پر ٹرانزسٹر کے باریکے اشاراتی ریاضی نمونے کے حصہ حاصل کریں یعنی۔

$$\begin{aligned} g_m &= \frac{I_C}{V_T} \\ r_{be} &= \frac{\beta}{g_m} \\ r_e &= \frac{V_T}{I_E} \approx \frac{1}{g_m} \end{aligned}$$

۴۔ اصل ٹرانزسٹر دور میں تمام منبع بر قی دباؤ کو قصر دور کر کے دور کرتے ہوئے ٹرانزسٹر کی جگہ ٹرانزسٹر کا مساوی باریکے اشاراتی ریاضی نمونے نسب کرتے ہوئے دور کا مساوی باریکے اشاراتی دور حاصل کریں۔



شکل ۳.۸۳: (أ) اصل دور، (ب) مساوی باریکے اشاراتی، (ت) مساوی باریکے سمت، (ج) مساوی باریکے اشاراتی

۵۔ حاصل مساوی باریکے اشاراتی دور کو حل کرتے ہوئے ایپلیکیشن کے خصیصت حاصل کریں۔ (مثلاً افناز اش بر قی دباؤ  $A_v$ ، داخلی مزاجحت  $i_{ce}$ ، خارجی مزاجحت  $R_0$  وغیرہ)

۶۔ آئندہ میں اس بات کی بھی تسلی کر لیں کہ ٹرانزسٹر کا نقطہ کارکردگی یوں منتخب ہو کہ خارجی اشارہ ( $v_o$ ) لکھا جائے گا) کے طبقہ کے مثبت اور منفی چوڑیوں پر بھی ٹرانزسٹر افناز اشندہ ہی رہے۔ (یعنی کہ خارجی اشارہ  $v_o$  کے چوڑیاں تراشی نہیں جاتیں)

اس عمل کے پہلے تین اوتدام آپ دیکھ پکے ہیں۔ آئین اب مساوی باریکے اشاراتی دور کو حل کرنا دیکھیں۔ ایسا شکل ۳.۸۳ کی مدد سے کرتے ہیں جس میں مزاجحت  $R_B$  بھی نسب کیا گیا ہے۔ یہاں ٹرانزسٹر کی افناز اش بر قی روکو  $\beta_0$  تصور کریں۔

شکل بے میں اس دور کا مساوی باریکے سمت دور حاصل کیا گیا ہے۔ اس کو حل کرتے ہوئے  $I_C$  اور  $V_{CE}$  حاصل کرتے ہیں۔ داخلی جانب چوکہ

$$V_{BB} = I_B R_B + V_{BE}$$

$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B}$$

ہے لہذا

$$(3.212) \quad I_C = \beta_0 I_B = \beta_0 \left( \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B} \right)$$

حاصل ہوتا ہے۔ یہی جواب  $R_B$  کو ٹرانزسٹر کے بیٹر جناب مقتول کرتے ہوئے  $\frac{R_B}{\beta_0}$  لکھ کر بھی حاصل کیا جا سکتا ہے لیکن

$$I_C = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{\left(\frac{R_B}{\beta_0}\right)}$$

حناجی جناب سے

(۳.۲۱۳)

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C$$

حاصل ہوتا ہے۔ باریک اشاراتی تغیرات حاصل کرنے سے پہلے یہاں رک کر تسلی کر لیں کہ ٹرانزسٹر افزاں نہ دھنے میں ہے۔ اگر حاصل کردہ  $V_{CE}$  کی قیمت  $V_{CE}$  میں افزاں ہے تو ٹرانزسٹر  $V_{CE}$  سے کم ہو تب ٹرانزسٹر غیر افزاں نہ ہو گا اور اشارہ کو بڑھانے سے فتاصر ہو گا۔ اس صورت میں باریک اشاراتی تجزیہ کرنے کی ضرورت نہیں۔

حاصل  $I_C$  سے ٹرانزسٹر ریاضی نمونے کے جزو  $g_m$  اور  $r_{be}$  حاصل کرنے کے بعد شکل تے سے افزاں  $A_v$  یوں حاصل کی جائے گی۔ داخل جناب ہم لکھ سکتے ہیں

$$v_s = i_b (R_B + r_{be})$$

$$i_b = \frac{v_s}{R_B + r_{be}}$$

اور چونکہ  $v_{be} = i_b r_{be}$  ہے لہذا

$$v_{be} = \frac{v_s r_{be}}{R_B + r_{be}}$$

حاصل ہوتا ہے۔ حناجی جناب ہم لکھ سکتے ہیں۔

$$i_c = g_m v_{be}$$

$$v_o = -i_c R_C$$

مندرجہ بالائیں مادوں سے  $v_o$  لکھا جا سکتا ہے لیکن

$$v_o = -i_c R_C = - (g_m v_{be}) R_C = -g_m R_C \left( \frac{v_s r_{be}}{R_B + r_{be}} \right)$$

جس سے افزاں  $A_v$  یوں حاصل ہوتی ہے۔

(۳.۲۱۴)

$$A_v = \frac{v_o}{v_s} = - \frac{g_m r_{be} R_C}{R_B + r_{be}}$$

یہاں رک کر تسلی کر لیں کہ آیا مطلوب حناجی اشارہ  $v_o$  کے مثبت اور منفی چوٹیوں پر بھی ٹرانزسٹر افزاں نہ دھنے میں ہی رہتا ہے یا نہیں۔ میرے خیال میں یہ بات مثال کی مدد سے زیادہ آسانی سے سمجھ آئے گی۔

## مثال ۳.۸۹: شکل ۳.۸۳ میں

$$\begin{aligned}\beta_0 &= 100 \\ V_{CC} &= 15 \text{ V} \\ V_{BB} &= 2.5 \text{ V} \\ R_C &= 7.5 \text{ k}\Omega \\ R_B &= 180 \text{ k}\Omega\end{aligned}$$

لیتے ہوئے باریکے اشاراتی افزاں شریقی دباؤ  $A_v$  حاصل کریں۔ زیادہ سے زیادہ ناتراشیدہ حنارتی اشارے حاصل ہوتے وقت، داخلی اشارے کا جطہ دریافت کریں۔  
حل: پہلے یک سمت متغیرات حاصل کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned}I_C &= \beta_0 \left( \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B} \right) = 100 \times \left( \frac{2.5 - 0.7}{180000} \right) = 1 \text{ mA} \\ V_{CE} &= V_{CC} - I_C R_C = 15 - 10^{-3} \times 7.5 \times 10^3 = 7.5 \text{ V}\end{aligned}$$

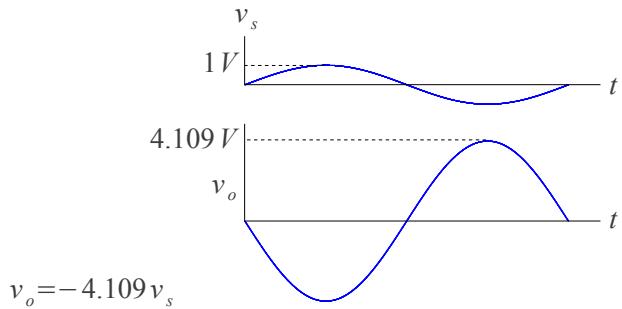
چونکہ حاصل  $V_{CE}$  کی قیمت  $V_{CE, \text{ذین}} = 0.2 \text{ V}$  (ذین ۰.۲ V) سے زیاد ہے لہذا ٹرانزسٹر افزاں سدھے اور یہ داخلی اشارے کو بڑھ سکتا ہے۔ آئین ریاضی نوٹس کے جزو حاصل کریں۔

$$\begin{aligned}g_m &= \frac{I_C}{V_T} = \frac{1 \times 10^{-3}}{25 \times 10^{-3}} = 40 \text{ mS} \\ r_{be} &= \frac{\beta_0}{g_m} = \frac{100}{40 \times 10^{-3}} = 2.5 \text{ k}\Omega \\ r_e &\approx \frac{1}{g_m} = \frac{1}{40 \times 10^{-3}} = 25 \Omega\end{aligned}$$

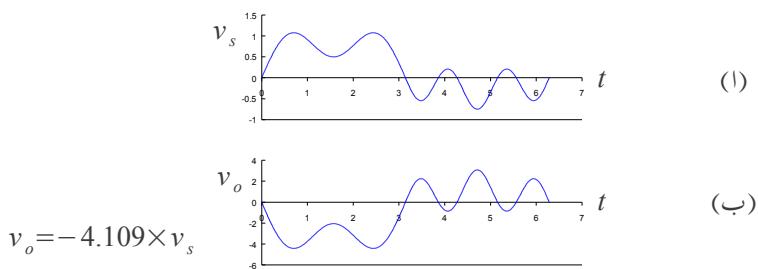
اور انہیں استعمال کرتے ہوئے باریکے اشاراتی افزاں شریقی دباؤ  $A_v$  حاصل کریں۔

$$A_v = \frac{v_o}{v_s} = -\frac{g_m r_{be} R_C}{R_B + r_{be}} = -\frac{0.04 \times 2500 \times 7.5 \times 10^3}{180 \times 10^3 + 2500} = -4.109 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

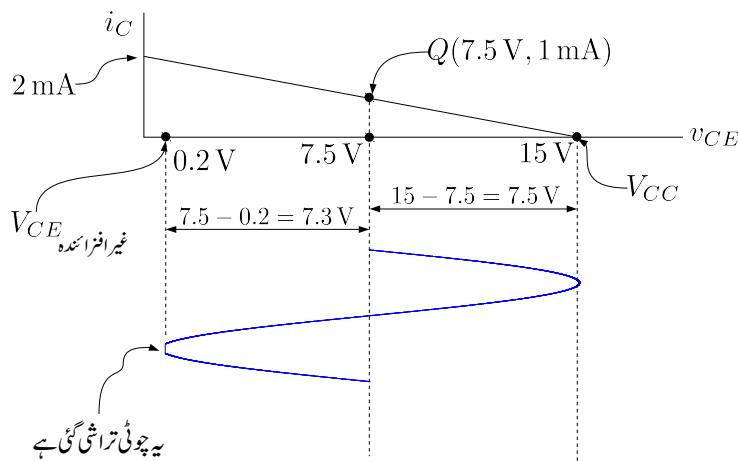
اس مساوات کے مطابق یہ ٹرانزسٹر ایک پلیگارڈ داخلی اشارہ  $v_s$  کے حیطے کو 4.109 گناہ بڑھانے گا۔  $A_v$  کی قیمت منفی ہونے کا مطلب یہ ہے کہ جس لمحے داخلی اشارہ مثبت ہو گا اس لمحے حنارتی اشارہ منفی ہو گا۔ شکل میں داخلی اشارہ کو سائیں نہ تصور کرتے ہوئے اس حقیقت کی وضاحت کی گئی ہے۔ سائیں نہ اشارہ کی صورت میں یہ کہا جا سکتا ہے کہ داخلی اور حنارتی اشارات آپس میں  $180^\circ$  پر ہیں۔ داخلی اشارہ کی شکل کچھ بھی ہو سکتی ہے۔ شکل ۳.۸۵ میں غیر سائیں نہ اشارہ دکھایا گیا ہے جیسا دونوں گرافوں میں برقی دباؤ کے مدد



شکل ۱۶.۸۳: سائن-نما اشارات



شکل ۱۶.۸۴: غیر سائن-نما اشارہ

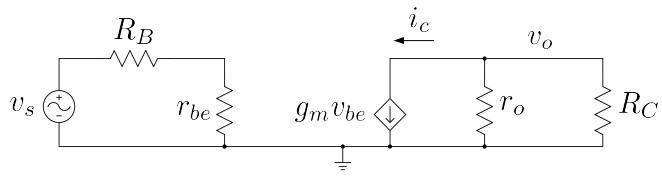


شکل ۳.۸۶: حنارجی اشارے کی زیادہ سے زیادہ ناتراشیدہ چوتی

کی پیمائش مختلف ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ جب داخلی اشارہ مخفی ہوتا ہے اس وقت حنارجی اشارہ مخفی ہوتا ہے اور جب داخلی اشارہ مخفی ہوتا ہے اس دوران حنارجی اشارہ مثبت ہوتا ہے۔ یہ جانتے کے لئے کہ اس ایمپلیفیاٹر کے کتنے چیلے کا زیادہ سے زیادہ حنارجی اشارہ  $v_o$  حاصل کیا جاتا ہے، ہم خط بوج کی مدد حاصل کرتے ہیں جسے شکل ۳.۸۶ میں دکھایا گیا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ نقطہ کارکردگی کے ایک جانب حنارجی اشارہ 7.5V کا چیلہ رکھ سکتا ہے جبکہ دوسری جانب 7.3V کا یوں ہیے ہی حنارجی اشارے کا چیلہ 7.3V سے بڑھ جائے اس کا ایک طرف کتنے شروع ہو جائے گا۔ 7.3V کے چیلے کا حنارجی اشارہ اس وقت حاصل ہو گا جب داخلی اشارے کا چیلہ 1.777V ہو گا جیسی

$$|v_s| = \left| \frac{v_o}{A_v} \right| = \left| \frac{7.3}{4.109} \right| = 1.777 \text{ V}$$

مثال ۳.۴۰: مثال ۳.۳۹ میں ٹرانزسٹر کا اعلیٰ برقی دباؤ  $V_A = 200 \text{ V}$  ہے۔ شکل ۳.۷۶ کا ریاضی نمونہ استعمال کرتے ہوئے  $A_v$  دوبارہ حاصل کریں۔  
حل:  $r_o$  کی شمولیت سے یک سمت متغیرات متاثر نہیں ہوتے لہذا مثال ۳.۳۹ میں حاصل کی



شکل ۳.۸: نہاز سر کا خارجی مزاحمت شامل کرتے مساوی دور

گئی قسمیں یہاں کے لئے بھی درست ہیں۔ مسادت ۳.۴۳ سے

$$r_o = \frac{V_A}{I_C} = \frac{200}{1 \times 10^{-3}} = 200 \text{ k}\Omega$$

حاصل ہوتا ہے۔ یہ شکل ۳.۸ حاصل ہوتا ہے۔ اس دور کو حل کرتے ہیں۔ خارجی جبانب متوازی جبڑے اور  $r_o$  کی کل مزاحمت  $R_C \parallel r_o + R_C$  ہے جسے عوامی

$$v_o = -i_c \left( \frac{r_o R_C}{r_o + R_C} \right) = -i_c \left( \frac{200000 \times 7500}{200000 + 7500} \right) = -7229 i_c$$

$$i_c = g_m v_{be} = 40 \times 10^{-3} v_{be}$$

$$v_{be} = \left( \frac{r_{be}}{R_B + r_{be}} \right) v_s = \left( \frac{2500}{180000 + 2500} \right) v_s = 0.0137 v_s$$

لکھ جاسکتا ہے۔ اس طرح

$$v_o = -7229 \times 40 \times 10^{-3} \times 0.0137 v_s = -3.96 v_s$$

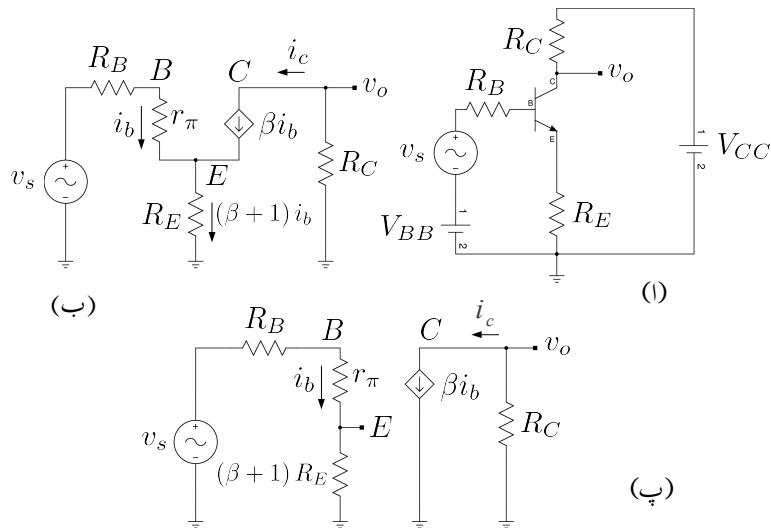
حاصل ہوتا ہے یعنی

$$A_v = \frac{v_o}{v_s} = -3.96 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

مثال ۳.۴۹ میں  $A_v = -4.109 \frac{\text{V}}{\text{V}}$  حاصل ہوا تھا۔ یہ  $r_o$  کو نظر انداز کرتے ہوئے جواب میں صرف

$$\left| \frac{3.96 - 4.109}{3.96} \right| \times 100 = 3.76 \%$$

تبديلی آئی۔



شکل ۳.۸۸: ایمپلیفایر بھع

مندرجہ بالامثال میں ہم نے دیکھا کہ  $r_0$  کو نظر انداز کرتے ہوئے ایمپلیفایر کی افزاں حاصل کرنے سے  
وتباً نظر انداز عملی پیدا ہوتی ہے۔ یہ اہم تجیب ہے جس کی بنیاد پر ایمپلیفایر حل کرتے ہوئے عموماً  
 $r_0$  کو نظر انداز کیا جاتا ہے۔ اس کتاب میں جہاں  $r_0$  کا کردار اہم ہے، اسے نظر انداز کیا جائے گا۔ یاد رہے کہ  
حقیقت میں  $r_0$  پایا جاتا ہے لہذا  $\frac{1}{R_C} \rightarrow R_C$  کرنے سے لامد و افزاں حاصل نہیں ہوگی چونکہ حنارتی  
جانب  $C$  اور  $R_0$  متوالی جبٹے ہیں اور ان کی مجموعی مسازamt کی صورت  $R_C$  یا  $r_0$  سے زیاد نہیں ہو سکتی۔

مثال ۳.۸۸: شکل ۳.۸۸(a) کے ایمپلیفایر میں  $R_E$  کا اضافہ کیا گیا ہے۔ اس ایمپلیفایر کی افزاں  
اور داخلي مسازamt  $A_v$  حاصل کریں۔  
حل: ایمپلیفایر میں بدلتے اشارات کو نظر انداز کرتے ہوئے پہلے یک سمت متغیرات حاصل کرتے  
ہیں۔

$$I_C = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{\frac{R_B}{\beta+1} + R_E}$$

$$\begin{aligned} V_{CE} &= V_{CC} - I_C R_C - I_E R_E \\ &\approx V_{CC} - I_C (R_C + R_E) \end{aligned}$$

یہاں رکے کر تسلی کر لیں کہ حاصل  $V_{CE}$  کی قیمت  $V_{CE}$  نے زیاد ہے چونکہ صرف اسی صورت ٹرانزسٹر اشارات کو بڑھانے کی صلاحیت رکھتا ہے۔ حاصل  $I_C$  سے ٹرانزسٹر کا پائے ریاضی نمونے کے جبز و حاصل کرتے ہیں۔

$$g_m = \frac{I_C}{V_T}$$

$$r_{be} = \frac{\beta}{g_m}$$

$$r_e = \frac{\alpha}{g_m} \approx \frac{1}{g_m}$$

اگرچہ اس مثال میں  $r_e$  اور  $g_m$  کے قبیلے استعمال نہیں کی گئی ان کو پھر بھی حاصل کیا گیا ہے۔ تمام جبز و حاصل کرنے کی عادت اچھی ثابت ہوتی ہے۔ شکل ب میں پائے ریاضی نمونے استعمال کرتے ہوئے شکل الف کامساوی باریکے اشاراتی دور دکھایا گیا ہے جس میں  $r_o$  کو نظر انداز کیا گیا ہے۔ اس دور میں ٹرانزسٹر کے تین سروں پر بر قی رومندر جبز ذیل ہیں۔

$$i_b$$

$$i_c = \beta i_b$$

$$i_e = i_b + i_c = (\beta + 1) i_b$$

پوسٹ شکل ب میں دھنلی جناب کے دائیں میں کرخونے کے فتوں براۓ برقی دباد کے استعمال سے ہم لکھ سکتے ہیں۔

$$\begin{aligned} v_s &= i_b R_B + i_b r_\pi + (\beta + 1) i_b R_E \\ &= i_b (R_B + r_\pi + (\beta + 1) R_E) \end{aligned}$$

اور یوں

$$i_b = \frac{v_s}{R_B + r_\pi + (\beta + 1) R_E}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اس مساواتے سے دور کا دھنلی باریکے اشاراتی مزاجت حاصل کیا جاسکتا ہے یعنی

$$r_i = \frac{v_s}{i_b} = R_B + r_\pi + (\beta + 1) R_E$$

حناجی جناب کے دائیں میں پوچھنے کے لئے  $v_0 = -i_c R_C$  اور  $i_c = \beta i_b$  یہی لہذا

$$v_o = -\beta R_C i_b = -\frac{\beta R_C v_s}{R_B + r_\pi + (\beta + 1) R_E}$$

اور

$$(3.215) \quad A_v = \frac{v_o}{v_s} = -\frac{\beta R_C}{R_B + r_\pi + (\beta + 1) R_E}$$

حاصل ہوتے ہیں۔ اس مساوات کو

$$\begin{aligned} (3.216) \quad A_v &= -\frac{\beta}{\beta + 1} \frac{R_C}{\frac{R_B}{\beta+1} + r_e + R_E} \\ &= -\frac{\alpha R_C}{\frac{R_B}{\beta+1} + r_e + R_E} \\ &\approx -\frac{R_C}{\frac{R_B}{\beta+1} + r_e + R_E} \end{aligned}$$

بھی لکھا جاسکتا ہے جب اس کا استعمال کیا گیا ہے۔

آئین شکل ۳.۸۸ پ کو حل کریں جہاں مزاجت کی قیمت بڑھا کر  $(\beta + 1) R_E$  کرتے ہوئے داخلی اور خارجی دائرہ کو جلد اکر دیا گیا ہے۔

جوڑ  $E$  پر شکل ۳.۸۸ ب میں  $v_E = (\beta + 1) i_b \times R_E$  برقرار رپیا جاتا ہے۔ شکل ۳.۸۸ پ میں یہاں  $i_b \times (\beta + 1) R_E$  پریا جاتا ہے۔ یہ دونوں مقادیر برابر ہیں۔

$$v_E = (\beta + 1) i_b \times R_E = i_b \times (\beta + 1) R_E$$

شکل ۳.۸۸ پ کے داخلی دائرے پر کرغوف کات انون برائے برقرار دباوا استعمال کرنے سے

$$v_s = i_b R_B + i_b r_\pi + i_b (\beta + 1) R_E$$

حاصل ہوتا ہے۔ یہ بالکل شکل ب سے حاصل مساوات کی طرح ہے جس سے داخلی باریک اثراں مزاجت بھی بالکل وہی حاصل ہوتا ہے یعنی

$$r_i = \frac{v_s}{i_b} = R_B + r_\pi + (\beta + 1) R_E$$

ای طرح خارجی جبانے بیساں بھی  $i_c = \beta i_b$  اور  $v_o = -i_c R_C$  اور  $v_o = -i_c R_C$  یہ جن سے

$$v_o = -\beta R_C i_b = -\frac{\beta R_C v_s}{R_B + r_\pi + (\beta + 1) R_E}$$

حاصل ہوتے ہیں جن سے

$$A_v = \frac{v_o}{v_s} = -\frac{\beta R_C}{R_B + r_\pi + (\beta + 1) R_E}$$

ہی حاصل ہوتا ہے۔

یوں شکل بے اور شکل پے کے بالکل یکساں جوابات حاصل ہوتے ہیں۔ یہ ایک اہم تجربہ ہے ہے اس کتاب میں بار بار استعمال کیا جائے گا۔ جب بھی پرستہ تعداد پر چلنے والے ٹرانزسٹر کے ایمپ مشترک ایک لکھر مشترک ایک پلینائز میں مزاحمت  $R_E$  استعمال کیا جائے، اس کا سا وی باریکے اشاراتی دور بنتے وقت داخنی اور خارجی دائرہ کو جبرا کرتے ہوئے داخنی دائرے میں  $R_E (\beta + 1)$  مزاحمت نسبت کرتے ہوئے حل کریں۔ تمام حاصل جوابات درست ہوں گے۔ جیسا آپ باب ۶ میں دیکھیں گے کہ بلند تعداد پر چلنے ایک پلینائز کے لئے ایس کر کے جواب حاصل کرنا ممکن نہ ہو گا۔  
اندازش بر قی دباؤ کے مساوات کو یوں بھی لکھا جاسکتا ہے۔

$$\begin{aligned} A_v &= -\frac{\beta R_C}{R_B + r_{be} + (\beta + 1) R_E} \\ &= -\left(\frac{\beta}{\beta + 1}\right) \left(\frac{R_C}{\frac{R_B}{\beta+1} + \frac{r_{be}}{\beta+1} + R_E}\right) \\ &= -\alpha \left(\frac{R_C}{\frac{R_B}{\beta+1} + r_e + R_E}\right) \end{aligned}$$

اس مساوات کے حصول کے تیسے وقت میں  $r_e$  کو  $\frac{r_{be}}{\beta+1}$  لکھا گیا۔ اس مساوات کا انتہائی آسان مطلب ہے جس کی مدد سے اے با آسانی یاد رکھا جاسکتا ہے۔ ٹرانزسٹر کے لکھر پر کل مزاحمت  $R_C$  ہے جبکہ اس کے لکھر پر مزاحمت  $R_E$  کے ساتھ سالمہ دار  $R_B$  اور  $r_{be}$  کے عکس  $\frac{R_B}{\beta+1}$  اور  $\frac{r_{be}}{\beta+1}$  ملکے ہیں اور  $r_e$  کو  $\frac{r_{be}}{\beta+1}$  لکھا جاسکتا ہے۔ یوں لکھر پر کل مزاحمت  $\sum R_E$  کی قیمت

$$\sum R_E = \frac{R_B}{\beta+1} + r_e + R_E$$

ہے۔ اس مساوات میں  $R_B$  داخنی اشارہ  $v_s$  کے ساتھ سالمہ دار جبڑی مزاحمت ہے۔ لکھر پر کل مزاحمت کو  $\sum R_C$  لکھتے ہوئے اس مساوات کو یوں لکھا جاسکتا ہے۔

$$(3.217) \quad A_v = -\alpha \left( \frac{\sum R_C}{\sum R_E} \right) = -\alpha \left( \frac{\text{لکھر پر کل مزاحمت}}{\text{لکھر پر کل مزاحمت}} \right)$$

مساوات ۳.۲۱۷ نہایت اہمیت کا حاصل ہے جو آپ کو زبانی یاد ہونا چاہیے۔ اس مساوات کو استعمال کرتے ہوئے عومنا  $\alpha$  کی قیمت (1) تصور کی جاتی ہے۔ اگر ۳.۸۸ الف کا بدلت رو مساوی دور بنا یا جائے تو ٹرانزسٹر کے یہیں حبائب  $V_{BB}$  قصر دور ہو جائے گا اور داخنی اشارے  $v_s$  کے ساتھ صرف ایک عدد مزاحمت  $R_B$  پلیا

۱۵۔ مشترک لکھر اور مشترک بیس کی پیپن حصے ۳.۱۹ میں کی گئی ہے

جنگ اسلام کے طور پر ایک اپنی ایس جانب ہے کہ اسی طرز پر اسی طرز پر۔

یہ دیکھنے کی حاضر کہ مندرجہ بالا مساوات واقعی عمومی مساوات ہے ہم مساوات ۳.۲۱۲ کو بھی اسی صورت میں بدلتے ہیں۔

$$\begin{aligned} A_v &= -\frac{g_m r_{be} R_C}{R_B + r_{be}} \\ &= -\frac{\beta R_C}{R_B + r_{be}} \\ &= -\frac{\beta R_C}{(\beta + 1) \left( \frac{R_B}{\beta+1} + \frac{r_{be}}{\beta+1} \right)} \\ &= -\frac{\alpha R_C}{\frac{R_B}{\beta+1} + r_e} \\ &= -\alpha \left( \frac{\sum R_C}{\sum R_E} \right) \end{aligned}$$

مثال ۳.۲۲: شکل ۳.۸۸ میں

$$V_{CC} = 12 \text{ V}$$

$$V_{BB} = 2.35 \text{ V}$$

$$\beta = 99$$

$$R_B = 150 \text{ k}\Omega$$

$$R_C = 75 \text{ k}\Omega$$

$$R_E = 15 \text{ k}\Omega$$

لیتے ہوئے باریک اشاراتی راحنی مزاحمت  $A_v = \frac{v_s}{i_b} = r_i$  اور اندازائش  $A_v$  حاصل کریں۔  
حل: پہلے یک سوت تغیرات حاصل کرتے ہیں۔

$$I_C = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{\frac{R_B}{\beta+1} + R_E} = \frac{2.35 - 0.7}{\frac{150000}{99+1} + 15000} = 0.1 \text{ mA}$$

$$\begin{aligned} V_{CE} &\approx V_{CC} - I_C (R_C + R_E) \\ &= 12 - 0.1 \times 10^{-3} \times (75000 + 15000) = 3 \text{ V} \end{aligned}$$

چونکہ حاصل  $V_{CE}$  کی قیمت غیر مزاحمت  $V_{CE}$  یعنی  $0.2 \text{ V}$  سے زیاد ہے لہذا ٹرانزسٹر افزاں نہ ہے اور اشارات کو بڑھانے کی صلاحیت رکھتا ہے۔ خیلی بوجھ کھینچ کر آپ دکھ سکتے ہیں کہ حماری اشارے کی زیادہ سے زیادہ

ناتراشیدہ چوٹی نقطہ کارکردگی کے ایک جانب  $V = 3 - 0.2 = 2.8 \text{ V}$  اور دوسری جانب  $V = 9 \text{ V} - 12 \text{ V} = 2.8 \text{ V}$  مسکن ہو گی۔ یوں سائز نہ اشارہ کی زیادہ سے زیادہ ناتراشیدہ چوٹی  $2.8 \text{ V}$  حاصل  $I_C$  سے ٹرانزسٹر کے پائے ریاضی نمونے کے جزو حاصل کرتے ہیں۔

$$g_m = \frac{I_C}{V_T} = \frac{0.1 \times 10^{-3}}{25 \times 10^{-3}} = 4 \text{ mS}$$

$$r_{be} = \frac{\beta}{g_m} = \frac{99}{0.004} = 24.75 \text{ k}\Omega$$

$$r_e = \frac{V_T}{I_E} = \frac{\alpha}{g_m} = \frac{0.99}{0.004} = 247.5 \text{ }\Omega$$

باریکے اشاراتی دھنی مزاجمت حاصل کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned} r_i &= \frac{v_s}{i_b} = R_B + r_{be} + (\beta + 1) R_E \\ &= 150000 + 24750 + (99 + 1) \times 15000 \\ &= 1.67475 \text{ M}\Omega \end{aligned}$$

ایمپلیناٹر کی افزاں برقی دباؤ حاصل کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned} A_v &= \frac{v_o}{v_s} = -\frac{\beta R_C}{R_B + r_{be} + (\beta + 1) R_E} \\ &= -\frac{99 \times 75000}{150000 + 24750 + (99 + 1) \times 15000} \\ &= -4.4335 \frac{\text{V}}{\text{V}} \end{aligned}$$

مساویات ۲۱۔۳ کی مدد سے یہی جواب سیدھو سیدھا حاصل کیا جاسکتا ہے جس اور

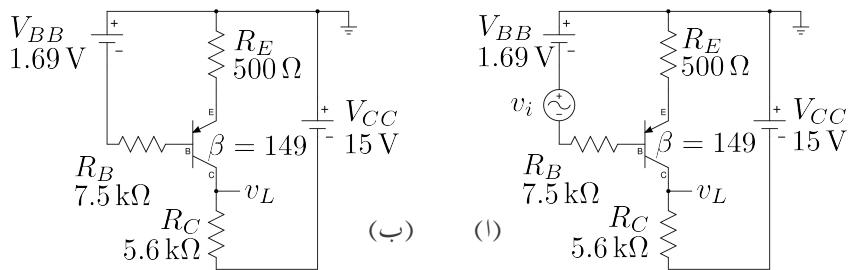
$$\sum R_C = R_C = 75 \text{ k}\Omega$$

اور

$$\begin{aligned} \sum R_E &= \frac{R_B}{\beta + 1} + r_e + R_E \\ &= \frac{150000}{99 + 1} + 247.5 + 15000 \\ &= 16747.5 \text{ }\Omega \end{aligned}$$

لئے جائیں گے اور یوں

$$A_v = -\alpha \left( \frac{\sum R_C}{\sum R_E} \right) = -0.99 \times \left( \frac{75000}{16747.5} \right) = -4.4335 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$



شکل ۳.۸۹ جمع-متفاہی ایپلیکیشن

صال ہوتا ہے۔

مثال ۳.۳۳: شکل ۳.۸۹ میں  $v_i = 0.001 \sin \omega t$  ہو۔ اگر  $A_v = \frac{v_L}{v_i}$  حاصل کریں۔ اگر  $v_L$  کیا ہو گا؟

حل: بدلتے متغیرات کو نظر انداز کرتے ہوئے شکل ۳.۸۹ ب سے یک سط متغیرات حاصل کرتے ہیں۔ داخلی جانب

$$\begin{aligned} V_{BB} &= I_E R_E + V_{EB} + I_B R_B \\ &= I_E R_E + V_{EB} + \left( \frac{I_E}{\beta + 1} \right) R_B \\ &= V_{EB} + I_E \left( R_E + \frac{R_B}{\beta + 1} \right) \end{aligned}$$

لها جا سکتے ہے جس سے

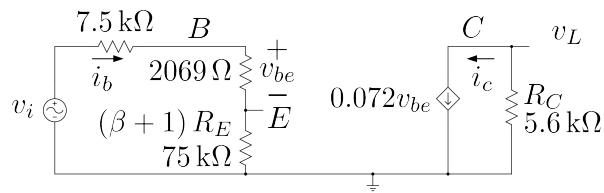
$$I_C \approx I_E = \frac{1.69 - 0.7}{500 + \frac{7500}{149+1}} = 1.8 \text{ mA}$$

صال ہوتا ہے۔ خارجی جانب

$$\begin{aligned} V_{CC} &= I_E R_E + V_{EC} + I_C R_C \\ &\approx V_{EC} + I_C (R_E + R_C) \end{aligned}$$

۔

$$V_{EC} = 15 - 1.8 \times 10^{-3} \times (500 + 5600) = 4.02 \text{ V}$$



شکل ۳.۹۰: جمع-منفی-جیج ایکلینیٹر مساوی باریکے اشاراتی دور

حاصل ہوتا ہے جو کہ غیر امنزانت  $V_{EC}$  سے زیاد ہے لہذا اثر ان سفر امنزانت نہ خلے میں ہے۔  
ان قیمتوں سے پائے ریاضی نمونے کے اجزاء حاصل کرتے ہیں

$$g_m = \frac{I_C}{V_T} = \frac{1.8 \times 10^{-3}}{25 \times 10^{-3}} = 0.072 \text{ S}$$

$$r_{be} = \frac{\beta}{g_m} = \frac{149}{0.072} = 2069 \Omega$$

جہیں استعمال کرتے ہوئے شکل ۳.۹۰ کا باریکے اشاراتی مساوی دور حاصل ہوتا ہے۔ اس مساوی دور میں  
مثال ۳.۸۸ پ کی طرح پائے ریاضی نمونہ میں تبدیلی کی گئی۔  
مساوی دور کے داخلی جانب

$$i_b = \frac{v_i}{7500 + 2069 + 75000} = \frac{v_i}{84569}$$

$$v_{be} = i_b \times 2069 = \frac{v_i}{84569} \times 2069 = 0.024465v_i$$

لکھ جاسکتا ہے جبکہ اس کے خارج جانب

$$i_c = 0.072v_{be}$$

$$v_L = -i_c \times 5600$$

$$= -0.072 \times v_{be} \times 5600$$

$$= -0.072 \times (0.024465v_i) \times 5600$$

$$= -9.864v_i$$

یہ

$$A_v = \frac{v_L}{v_i} = -9.864 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اسی جواب کو یوں بھی حاصل کیا جاتا ہے۔

$$\sum R_C = 5.6 \text{ k}\Omega$$

$$\sum R_E = \frac{R_B}{\beta + 1} + \frac{r_{be}}{\beta + 1} + R_E = 563.79 \Omega$$

$$A_v = -\alpha \frac{\sum R_C}{\sum R_E} = -\left(\frac{149}{150}\right) \left(\frac{5600}{563.79}\right) = -9.866 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

حاصل ہوتا ہے۔  $A_v$  کے ان دو جوابات میں صرف

$$\left| \frac{9.866 - 9.864}{9.866} \right| \times 100 = 0.026 \%$$

کافی نہ ہے۔ یہ فرق  $I_C$  تصور کرنے سے پیدا ہوا۔  $I_C$  کی خیکھیکی قیمت حاصل کرتے دوبارہ جوابات حاصل کرتے ہیں۔

$$I_C = \alpha I_E = \left(\frac{\beta}{\beta + 1}\right) I_E = 1.788 \text{ mA}$$

$$g_m = \frac{I_C}{V_T} = \frac{1.788 \times 10^{-3}}{25 \times 10^{-3}} = 0.07152 \text{ S}$$

$$r_{be} = \frac{\beta}{g_m} = 2083.333 \Omega$$

یوں پائے ریاضی نوں استعمال کرتے ہوئے

$$i_b = \frac{v_i}{7500 + 2083.33 + 75000} = \frac{v_i}{84583.33}$$

$$v_{be} = i_b \times 2083.33 = \frac{v_i}{84583.33} \times 2083.33 = 0.02463 v_i$$

اور

$$i_c = g_m v_{be} = 0.07152 \times 0.02463 v_i = 1.7615376 \times 10^{-3} v_i$$

$$v_L = -i_c \times 5600 = -1.7615376 \times 10^{-3} v_i \times 5600 = -9.8646 v_i$$

لیجن

$$A_v = \frac{v_L}{v_i} = -9.865 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

حصہ ہوتا ہے۔ اسی طرح

$$\begin{aligned}\sum R_C &= 5.6 \text{ k}\Omega \\ \sum R_E &= \frac{7500}{149+1} + \frac{2083.33}{149+1} + 500 = 563.889 \Omega \\ A_v &= -\alpha \frac{\sum R_C}{\sum R_E} = -\frac{149}{149+1} \times \frac{5600}{563.889} = -9.865 \frac{\text{V}}{\text{V}}\end{aligned}$$

حصہ ہوتا ہے۔  
اگر  $v_i = 0.001 \sin \omega t$

$$v_L = -9.864 \times 0.001 \sin \omega t = -0.009864 \sin \omega t$$

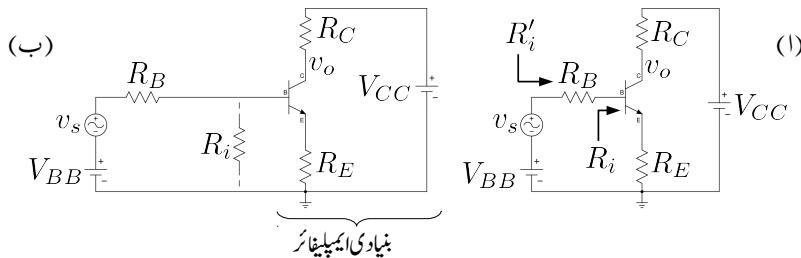
ہو گا

اس مثال میں آپ نے دیکھا کہ چھوٹی چھوٹی چیزیں نظر انداز کرنے سے جوابات جلد حاصل ہوتے ہیں مگر ان میں اور اصل جوابات میں معمولی مندرجہ پیا جاتا ہے۔ یہ مندرجہ تابع نظر انداز ہوتا ہے۔ مسلم و کاغذ کے ساتھ ٹرانزistor ادوار حاصل کرتے ہوئے عموماً اسی طرح جلد حاصل کردہ جوابات کو درست تسلیم کیا جاتا ہے۔ اس کتاب میں عموماً ایسا ہی کیا جائے گا۔ اگر زیادہ ٹھیک جوابات درکار ہوں تو تمام متغیرات کے ٹھیک ٹھیک قیمتیں استعمال کرتے ہوئے جوابات حاصل کئے جاسکتے ہیں۔

اب تک ایپلیکیشن حاصل کرتے وقت ہم ٹرانزistor کے یہیں جوابات تمام مزاحمت کو ایپلیکیشن کا حصہ تصور کرتے ہوئے مساوات ۳.۲۱۷ کا استعمال کرتے آہے ہیں۔ آئین اسی مسئلے کو فدر مختلف نظرے دیکھیں۔ ایک نئے مساوات ۳.۲۱۷ میں  $\sum R_E$  کا مطلب کچھ تبدیل ہو جائے گا۔

شکل ۳.۸۸ کو مثال بناتے ہوئے یہاں دوبارہ شکل ۳.۹۱ اف میں پیش کرتے ہیں۔ شکل اف میں داخلی جوابات سے دیکھتے ہوئے دو داخلی مزاحمت  $R_i$  اور  $R'_i$  دکھائے گئے ہیں۔  $R_i$  سے مراد وہ مزاحمت ہے جو ٹرانزistor کے یہیں پر دیکھتے ہوئے نظر آتا ہے جبکہ  $R'_i$  سے مراد وہ مزاحمت ہے جو داخلی اشارے  $v_o$  کو نظر آتا ہے۔ [ہم عموماً  $R'$  سے مراد  $R$  کا ٹرانزistor میں عکس مطلب لیتے ہیں۔ یہاں  $R'_i$  سے ہرگز یہ مراد نہیں لے رہے۔ امید کی جاتی ہے کہ اس حصے میں اس حقیقت کو آپ ذہن میں رکھیں گے]۔ شکل کو دیکھتے ہوئے ہم لکھ سکتے ہیں

$$\begin{aligned}(3.218) \quad R_i &= (\beta + 1) (r_e + R_E) \\ &= r_{be} + (\beta + 1) R_E \\ R'_i &= R_B + R_i \\ &= R_B + (\beta + 1) (r_e + R_E)\end{aligned}$$



شکل ۳.۹۱

### ٹرانزسٹر کے بیٹر جنوب انداختی مزاحمت کے عکس

$$\frac{R_i}{\beta + 1} = r_e + R_E$$

$$\frac{R'_i}{\beta + 1} = \frac{R_B}{\beta + 1} + r_e + R_E$$

یہ۔ مساوات ۳.۲۱ میں  $R_E$  سے مراد اخذی مزاحمت  $R'_i$  کا عکس ہے۔ آئیں اب اسی ایکلینیٹر کو دوسری نظر سے دیکھیں۔

شکل ۳.۹۱ ب میں بنیادی ایکلینیٹر کی نشاندہی کی گئی ہے۔  $R_B$  اس بنیادی ایکلینیٹر کا حصہ نہیں ہے۔ ٹرانزسٹر کے یہیں سے دیکھتے ہوئے ایکلینیٹر مزاحمت  $R_i$  نظر آتا ہے۔ اس حقیقت کی وضاحت شکل ب میں ٹرانزسٹر کے یہیں جنوب  $R_i$  دکھا کر کی گئی ہے۔

شکل ۳.۹۲ میں ایکلینیٹر کا باریک اشارتی مساوی دور بناتے ہوئے اس کے دو ٹکڑے بھی کر دئے گئے ہیں۔ یوں شکل ۳.۹۲ کو دیکھتے ہوئے ہم لکھ سکتے ہیں

$$(3.219)$$

$$v_b = \left( \frac{R_i}{R_B + R_i} \right) v_s$$

$$= \left( \frac{(\beta + 1)(r_e + R_E)}{R_B + (\beta + 1)(r_e + R_E)} \right) v_s$$

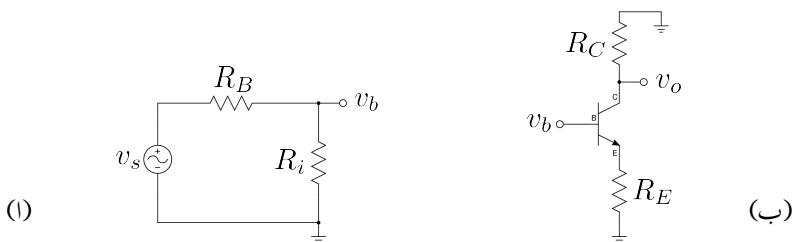
جہاں مساوات ۳.۲۱ کی قیمت پر کی گئی۔ شکل ۳.۹۲ کو دیکھتے ہوئے ہم

$$(3.220)$$

$$\sum R_C = R_C$$

$$\sum R_E = r_e + R_E$$

$$A'_v = \frac{v_o}{v_b} = - \frac{\sum R_C}{\sum R_E} = - \frac{R_C}{r_e + R_E}$$



شکل ۹۲

لکھ کتے ہیں جس سے

$$(3.11) \quad v_o = - \left( \frac{R_C}{r_e + R_E} \right) v_b$$

حاصل ہوتا ہے۔ اس مساوات میں  $v_b$  کی قیمت مساوات ۳.۲۱۹ سے پرکرتے ہوئے

$$(r.rrr) \quad v_o = - \left( \frac{R_C}{r_e + R_E} \right) \left( \frac{(\beta + 1)(r_e + R_E)}{R_B + (\beta + 1)(r_e + R_E)} \right) v_s$$

لیکوں

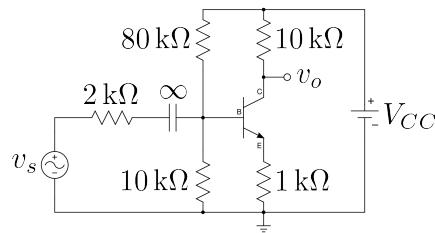
$$(r_{\text{err}}) \quad A_v = \frac{v_o}{v_s} = \frac{-R_C}{\frac{R_B}{\beta+1} + r_e + R_E}$$

حاصل ہوتا ہے۔ یہ مادوں کا بہو مادوں کا ۲۱۶۔۳۲ ہی ہے۔

مدادات ۳۲۲ میں کس کے نچلے حصے میں  $R_E + R_{Ee}$  دراصل  $\sum$  بے جواز خود اخنی مزاجت کا بہتر جانب عکس ہے لیکن  $\frac{R_i}{\beta+1} = \sum R_E$  یوں اگر داخنی مزاجت بڑھائی جائے تو افزاں  $A_v$  گھٹے گی۔ یہ ایک اہم نتیجہ ہے۔ ایک پلینائز تحقیق دیتے وقت اس حقیقت کو سامنے رکھا جاتا ہے۔ عموماً ہمیں زیادہ داخنی مزاجت اور زیادہ افسزاں درکار ہوتے ہیں۔ ایسی صورت میں مصالحت سے کام لیا جاتا ہے اور خواہشات کو کم کرتے ہوئے درمیانے جوابات تسلیم کئے جاتے ہیں۔ یہ بتلاتا ہے کہ چلوں کہ ایک سے زیادہ ایک پلینائز استعمال کرتے ہوئے کسی بھی قیمت کے داخنی مزاجت اور افسزاں حاصل کئے جا سکتے ہیں۔ اس طرح کے ایک پلینائز آئے آگے کارڈ ملھیں گے۔

ایمپلیکاٹر حل کرنے کا یہ طریقہ نہایت اہم ہے۔ اس طریقے کو آگے باؤں میں بار بار استعمال کیا جائے گا۔ آپ سے گزارش کی جاتی ہے کہ اس طریقے کو سمجھے بغیر آگے بڑھیں۔ اس طریقے کو تدبیج میں دوبارہ پہنچ کرتے ہیں۔

۰ ٹرازیسٹر کے بیس پر دیکھتے ہوئے ایک پلیفارم کا داخلي مزاحمت  $R_i$  حاصل کریں۔



شکل ۳.۹۳

- دور میں بنیادی ٹرانزسٹر ایپلینیٹر کی جگہ اس کا داخلی مزاحمت  $R_i$  نسبت کرتے ہوئے سادہ داخلی دور حاصل کریں۔
- اس سادہ داخلی دور میں  $v_b$  حاصل کریں  $v_b = v_o - R_i v_o$  پر پائے جانے والا باریک اشارہ ہے۔
- بنیادی ایپلینیٹر کی امنڑا شش  $A'_v = \frac{v_o}{v_b} = -\frac{\sum R_C}{\sum R_E}$  سے حاصل کریں  $\sum R_E$  سے مراد بنیادی ایپلینیٹر کا  $\sum R_E$  ہے۔
- گل امنڑا شش  $A_v = \frac{v_o}{v_s}$  اور  $v_b$  کی مدد سے حاصل کریں۔

مثال ۳.۹۳: شکل ۳.۹۳ میں بنیادی ایپلینیٹر کا داخلی مزاحمت حاصل کرتے ہوئے امنڑا شش  $A_v = \frac{v_o}{v_s}$  حاصل کریں۔  $r_e = 25 \Omega$  اور  $\beta = 100$  میں بدلتا وہ میں کپیٹر کو قصر دور تصور کریں۔  
حل: شکل ۳.۹۳ میں بدلتا وہ مساوی دور دکھایا گیا ہے۔ شکل ب میں داخلی مزاحمت

$$R_i = (100 + 1) \times (25 + 1000) = 103.525 \text{ k}\Omega$$

ہے۔ شکل اف میں سادہ داخلی دور دکھایا گیا ہے جیسا

$$80 \text{ k}\Omega \parallel 10 \text{ k}\Omega \parallel 103.525 \text{ k}\Omega = 8.186 \text{ k}\Omega$$

لیتے ہوئے

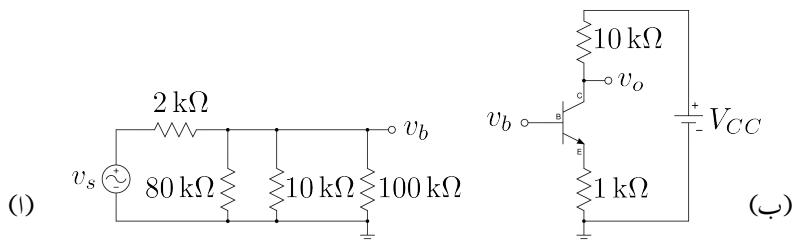
$$v_b = \left( \frac{8186}{2000 + 8186} \right) v_s = 0.8036 v_s$$

حاصل ہوتا ہے۔ شکل ب سے

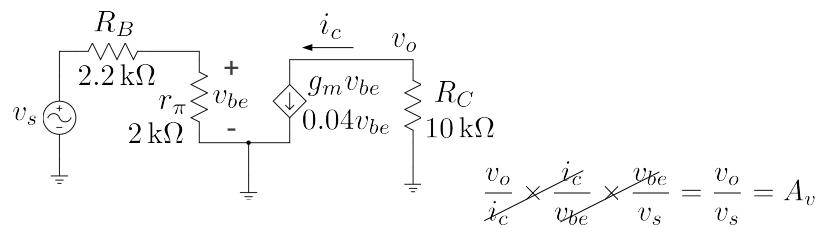
$$A'_v = \frac{v_o}{v_b} = -\alpha \frac{\sum R_C}{\sum R_E} \approx -\frac{\sum R_C}{\sum R_E} = -\frac{10000}{25 + 1000} = -9.756 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

### ۳.۱۶.۳. باریکے اشاراتی ادوار کا پائے ریاضی نمونے کی مدد سے حل

۳۱۳



شکل ۳.۹۴



شکل ۳.۹۵: زنجیری ضرب سے  $A_v$  کا حصول

حاصل ہوتا ہے۔ یوں

$$A_v = \frac{v_o}{v_s} = \frac{v_o}{v_b} \times \frac{v_b}{v_s} = -9.756 \times 0.8036 = -7.839 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

حاصل ہوتا ہے۔

### ۳.۱۶.۱ زنجیری ضرب کا طریق

ٹرانزسٹر کے پائے ریاضی نمونے کو استعمال کرتے ہوئے اندازش بر قی دباؤ  $A_v$  حاصل کرنا ہم نے دیکھا۔ اس سے پہلے کے ایسے مزید مثال دیکھیں ہم ایک نہایت عمده طریق کا ریکٹنے بیں جس کی مدد سے  $A_v$  کا حصول بہت آسان ہو جاتا ہے۔

شکل ۳.۹۵ میں باریکے اشاراتی دور دکھایا گیا ہے جس کے لئے ہم تین مساوات لکھ سکتے ہیں یعنی

$$(3.222) \quad \begin{aligned} v_o &= -i_c R_C \\ i_c &= g_m v_{be} \\ v_{be} &= \frac{r_\pi v_s}{r_\pi + R_B} \end{aligned}$$

ان تین مساوات کو یوں بھی لکھ سکتے ہیں۔

$$(3.225) \quad \begin{aligned} \frac{v_o}{i_c} &= -R_C = -10000 \\ \frac{i_c}{v_{be}} &= g_m = 0.04 \\ \frac{v_{be}}{v_s} &= \frac{r_\pi}{r_\pi + R_B} = \frac{2000}{2000 + 2200} = 0.4762 \end{aligned}$$

اس مساوات کے پہلی جزو کے باقی ہاتھ کے دو متغیرات  $v_o$  اور  $i_c$  کے قیمتیں دور حل کرنے کے بعد ہی ہمیں معلوم ہوتی ہیں جبکہ مساوات کے باقی ہاتھ پر  $R_C$  کی قیمت 10000 ہے۔ ہمیں دور حل کرنے سے پہلے ہی معلوم ہے۔ یوں اگرچہ دور حل کرنے سے پہلے ہمیں نہ تو  $v_o$  کی قیمت معلوم ہے اور نہیں  $i_c$  کی، مگر اس مساوات کے تحت ہم جانتے ہیں کہ  $\frac{v_o}{i_c}$  کے برابر 10000 ہے۔

ای طرح مندرجہ بالا مساوات کے دوسرے جزو میں باقی ہاتھ  $i_c$  اور  $v_{be}$  کی قیمتیں صرف دور حل کرنے کے بعد ہی ہیں معلوم ہوتی ہیں جبکہ باقی ہاتھ  $g_m$  کی قیمت 0.04 ہے۔ ہمیں پہلے سے معلوم ہے۔ یوں اگرچہ دور حل کرنے سے پہلے ہمیں نہ تو  $i_c$  کی قیمت معلوم ہے اور نہیں  $v_{be}$  کی، مگر ہم جانتے ہیں کہ  $\frac{i_c}{v_{be}}$  کے برابر ہو گا۔

ای طرح مساوات کے تیسرا جزو ہے ہم جانتے ہیں کہ  $\frac{v_{be}}{v_s}$  کی قیمت ہر صورت 0.4762 رہے گی۔ آئیں ان معلومات کو زیر استعمالاتے ہوئے  $A_v$  حاصل کریں۔ جیسے شکل ۳.۹۵ میں دکھایا گیا ہے،  $v$  کو زنجیری ضرب سے یوں لکھا جائے گا۔

$$(3.226) \quad A_v = \frac{v_o}{v_s} = \left( \frac{v_o}{i_c} \right) \times \left( \frac{i_c}{v_{be}} \right) \times \left( \frac{v_{be}}{v_s} \right)$$

مندرجہ بالا مساوات میں تینوں قوسمیں میں بند تناسب کے قیمتیں مساوات ۳.۲۲۵ میں دی گی ہیں۔ یوں اگرچہ دور حل کرنے سے قبل، مساوات ۳.۲۲۶ کے باقی جانب متغیرات (یعنی  $v_o$ ,  $i_c$ ,  $v_{be}$ ) کی قیمتیں ہم نہیں جانتے لیکن مساوات ۳.۲۲۵ کی مدد سے ان تینوں نسبت کے قیمتیں ہم جانتے ہیں اور یوں ہم اس سے  $A_v$  کی قیمت حاصل کر سکتے ہیں یعنی

$$(3.227) \quad A_v = -10000 \times 0.04 \times 0.4762 = -190 \frac{V}{V}$$

زنجیری ضرب لکھتے وقت مندرجہ ذیل نتائج اور کھلکھلے۔

۱. باریکے اشاراتی دور حل کرنے سے پہلے ہمیں دور میں کہیں پر بھی بر قی دباؤ یا بر قی رو کے مقدار معلوم نہیں ہوتے۔ (یہاں اگرچہ آپ کہ سکتے ہیں کہ  $\pi$  داخلی اشارہ ہونے کے ناطے ہمیں قبل از حل معلوم ہے لیکن یاد رہے کہ ایسی صورت بھی پیدا ہو سکتے ہیں جہاں  $\pi$  بھی معلوم نہ ہو۔)

۲. اس کے بعد اس دور کے تمام مسازاہت کے قیمت اور ریاضی مونے کے تمام جزو (مسئلہ  $g_m$ ،  $2\pi$  اور  $\beta$ ) کے قیمت ہمیں پہلے سے معلوم ہوتے ہیں۔

۳. یوں زنجیری ضرب کی حافظہ تو سین لکھتے ہوئے مساواتوں کے دائیں ہاتھ پر صرف نامعلوم مقدار یعنی بر قی دباؤ یا بر قی رو پائے جائیں گے جبکہ ان کے دائیں ہاتھ معلوم متغیرات یعنی مسازاہت یا ریاضی مونے کے جزو پائے جائیں گے۔

۴. زنجیری ضرب لکھتے ہوئے ایپلینائز کے حفاری نقطے سے شروع کرتے ہوئے داخلی جانب پلے ہوئے زنجیر کی کڑی جوڑتے رہیں۔

۵. زنجیری ضرب کی ہر نی کڑی (تو سین) میں اپر لکھا متغیرہ گزشتہ کڑی (تو سین) کا خپلا متغیرہ ہو گا۔ مساوات ۳.۲۲۶ کے زنجیری ضرب پر دوبارہ غور کرتے ہیں۔ زنجیری ضرب شکل ۹۵ کو دیکھتے ہوئے یوں لکھا جاتا ہے۔ ہم جانتے ہیں کہ

$$A_v = \frac{v_o}{v_s}$$

ہوتا ہے مگر ہمیں  $v_0$  معلوم نہیں۔ البتہ شکل سے ہم دیکھتے ہیں کہ

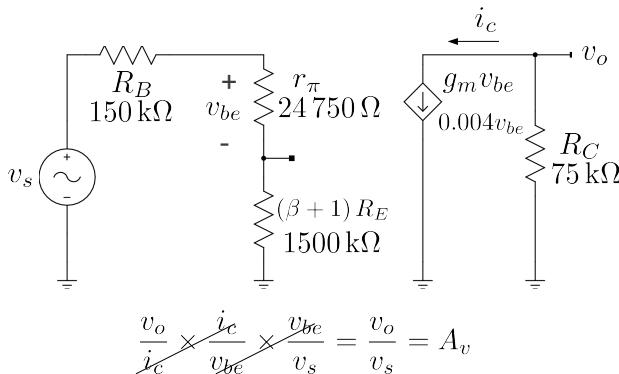
$$\frac{v_o}{i_c} = -R_C = -10000$$

ہے اور یوں ہمیں  $\frac{v_o}{i_c}$  کی قیمت معلوم ہے۔ اس طرح  $A_v$  کی مساوات کو یوں لکھا جاتا ہے

$$A_v = \left( \frac{v_o}{i_c} \right) \times \left( \frac{i_c}{v_s} \right)$$

آپ دیکھ سکتے ہیں کہ اس مساوات میں تمام متغیرات صرف نامعلوم بر قی دباؤ یا بر قی رو ہیں۔ مزید یہ کہ دوسری تو سین یعنی  $\left( \frac{i_c}{v_s} \right)$  میں اپر  $i_c$  لکھا گیا ہے جو اس سے پہلے تو سین میں یہی لکھا گیا ہے۔ مندرجہ بالامساوات میں اگرچہ ہمیں پہلی تو سین کی قیمت معلوم ہے لیکن مسئلہ ابھی بھی حل نہیں ہوا چونکہ دوسری تو سین کی قیمت ہمیں معلوم نہیں۔ شکل سے ہم دیکھتے ہیں کہ اگرچہ  $i_c$  کی قیمت ہم نہیں جانتے لیکن ہم جانتے ہیں کہ

$$\frac{i_c}{v_{be}} = g_m = 0.04$$



شکل ۳.۹۶: زنجیری ضرب کی ایک اور مثال

کے برابر ہے۔ اس طرح  $A_v$  کی مساوات کو یوں لکھا جاتا ہے

$$A_v = \left( \frac{v_o}{i_c} \right) \times \left( \frac{i_c}{v_{be}} \right) \times \left( \frac{v_{be}}{v_s} \right)$$

یہاں پہنچ کر ہم دیکھتے ہیں کہ تمام قو سین کی قیمتیں ہم جانتے ہیں اور یوں  $A_v$  کی قیمت حاصل کی جا سکتی ہے۔ اس بات پر بھی توجبہ دیں کہ تیسرا قو سین میں کسر میں اپر  $v_{be}$  لکھا گیا ہے جو کہ اس سے پہلے قو سین میں بند کر میں نیچے لکھا گیا ہے۔

آپ اس طریقہ کا پر ایک مرتبہ دوبارہ نظر ڈالیں۔ ہم دور کے حنا رجی جبانب  $v_o$  سے شروع کرتے ہوئے داخلی جبانب  $v_s$  کی طرف متعدد ہستے ہوئے قو سین شامل کئے جاتے ہیں۔ اس عمل کا مشتمل کرنے کے بعد آپ دیکھیں گے کہ آپ مساوات ۳.۲۲۶ کے طرز کی مساوات شکل کو دیکھتے ہی لکھ سکیں گے۔ زنجیری ضرب کا یہ طریقہ نہایت اہم ہے جسے ہم عموماً استعمال کریں گے۔

مثال ۳.۹۵: مثال ۳.۲۲ کو زنجیری ضرب کے طریقے سے حل کریں۔ حل: شکل ۳.۹۶ میں درکار ہائے اشاراتی مساوی دور کھایا گیا ہے جس کے لئے ہم مندرجہ ذیل مساوات لکھ سکتے ہیں۔

$$(3.228) \quad \begin{aligned} v_o &= -i_c R_C \\ i_c &= g_m v_{be} \\ v_{be} &= \frac{r_\pi v_s}{R_B + r_\pi + (\beta + 1) R_E} \end{aligned}$$

جن سے مندرجہ ذیل کسر حاصل کئے جاسکتے ہیں۔

$$\begin{aligned}
 \frac{v_o}{i_c} &= -R_C = -75000 \\
 \frac{i_c}{v_{be}} &= g_m = 0.004 \\
 (3.229) \quad \frac{v_{be}}{v_s} &= \frac{r_\pi}{R_B + r_\pi + (\beta + 1) R_E} \\
 &= \frac{24750}{150000 + 24750 + (99 + 1) \times 15000} \\
 &= 0.014778325
 \end{aligned}$$

ان کی مدد سے ہم لکھ سکتے ہیں

$$\begin{aligned}
 A_v &= \left( \frac{v_o}{i_c} \right) \times \left( \frac{i_c}{v_{be}} \right) \times \left( \frac{v_{be}}{v_s} \right) \\
 (3.230) \quad &= (-75000) \times (0.004) \times (0.014778325) \\
 &= -4.433 \frac{\text{V}}{\text{V}}
 \end{aligned}$$

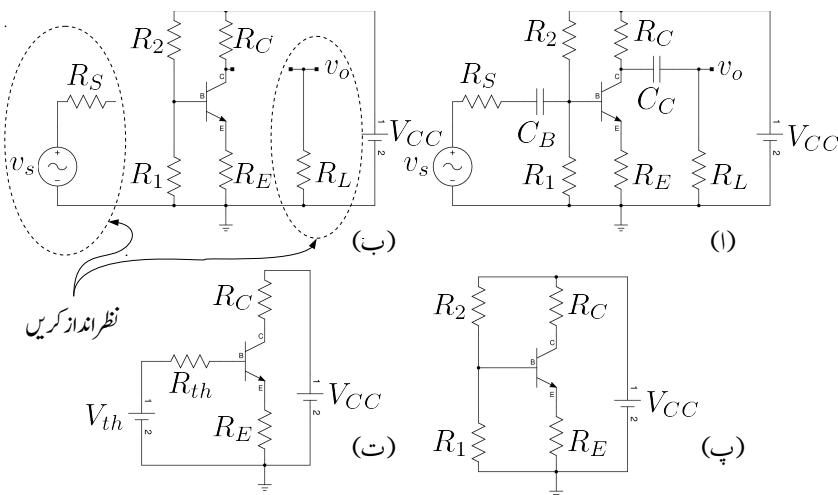
مندرجہ بالامساوات کو یوں لکھا جاسکتا ہے۔ حتیٰ جی سرے سے شروع کرتے ہم دیکھتے ہیں کہ  $v_o = -i_c R_C$  ہے اور یوں  $v_o$  کو  $i_c$  کی مدد سے لکھا جاسکتا ہے۔ اگلے قدم پر ہم نے یہ دیکھنا ہے کہ  $i_c$  کو کیسے لکھا جاسکتا ہے۔ ہم دیکھتے ہیں کہ  $v_{be}$  کی مدد سے لکھا جاسکتا ہے۔ تیسرا قدم پر ہم دیکھتے ہیں کہ  $v_{be}$  کو  $v_s$  کی مدد سے لکھا جاسکتا ہے۔

### مثال ۳.۲۶: شکل ۳.۹۷ اف کے ایپلیفائر میں

$$\begin{array}{ll}
 V_{CC} = 15 \text{ V} & \beta = 179 \\
 R_C = 75 \text{ k}\Omega & R_E = 15 \text{ k}\Omega \\
 R_1 = 320 \text{ k}\Omega & R_2 = 1.7 \text{ M}\Omega \\
 R_s = 5 \text{ k}\Omega & R_L = 375 \text{ k}\Omega
 \end{array}$$

ہیں۔ ایپلیفائر کی افسز اش بر قی دباؤ  $A_v = \frac{v_o}{v_s}$  حاصل کریں۔

حل: پہلے یک سمت مقیدات حاصل کرتے ہیں۔ ایپلیفائر میں عموماً کپیسٹر استعمال کئے جاتے ہیں جن کا ایک اہم مقصد یہ ہے کہ اشاراتی سمت بر قی دباؤ اور یک سمت بر قی روکو دور کے محدود حصے کے اندر رکھنا ہوتا ہے۔ عموماً ان کپیسٹر کی قیمت اتنی رکھی جاتی ہے کہ اشاراتی کے تعداد پر ان کپیسٹر کی بر قی رکاوٹ کم سے کم ہو۔ یوں اشاراتی بغیر گھٹے ان



شکل ۷.۹: سیکے سمت اور بدلہ متغیرات کے عیندگی کی مثال

سے گزر سکتے ہیں۔ چونکہ کپیسٹریک سمت متغیرات کے لئے کھلے دور کے طور کام کرتا ہے لہذا بدلہ اشارات کے ساتھ مسلک دور کے حصہ ٹرانزسٹر کے نقطے کار کردگی کو متاثر نہیں کر سکتے چونکہ ان تک یک سمت متغیرات کی رسانی نہیں ہوتی۔ ہم ایک پیغام از ادوار میں تصور کریں گے کہ بدلہ اشارات کے لئے کپیسٹر قصر دور کے طور کام کرتے ہیں اور یک سمت متغیرات کے لئے یہ کھلے دور کے طور کام کرتے ہیں۔ جہاں ایسا تصور نہ کرتا ہو وہاں بتلا جائے گا۔

مساوی یک سمت دور حاصل کرنے کی عندر خس سے شکل ب میں کپیسٹروں کو کھلے دور کر دیا گیا ہے۔ یوں آپ دیکھ سکتے ہیں کہ دو جگہ دور کے حصے یک سمت دور سے منقطع ہو جاتے ہیں۔ انہیں نقطہ دار لکسیروں میں گھیرا دکھایا گیا ہے۔ ان حصوں کو نظر انداز کرتے ہوئے شکل پ حاصل ہوتا ہے۔

شکل ۷.۹ پ کا صفحہ ۲۰۳ پر شکل ۷.۱ کا صفحہ ۳۲۰ کے ساتھ موازنہ کرنے سے صاف ظاہر ہوتا ہے کہ دونوں اشکال بالکل یکساں ہیں۔ اس بات کو یہاں اچھی طرح سمجھ کر آگے بڑھیں کہ ٹرانزسٹر ایک پیغام از میں باریکے اشارات کو بذریعہ کپیسٹروں کے یوں مقتول کیا جاتا ہے کہ ٹرانزسٹر کا نقطہ کار کردگی متاثر نہ ہو۔

مسئلہ ہونن کی مدد سے شکل ت میں اسی یک سمت دور کو دیا ہو دکھایا گیا ہے جہاں

$$V_{th} = \frac{R_1 V_{CC}}{R_1 + R_2} = \frac{320 \times 10^3 \times 15}{320 \times 10^3 + 1.7 \times 10^6} = 2.37624 \text{ V}$$

$$R_{th} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{320 \times 10^3 \times 1.7 \times 10^6}{320 \times 10^3 + 1.7 \times 10^6} = 269.3 \text{ k}\Omega$$

آئیں یک سمت متغیرات حاصل کریں۔

$$\begin{aligned} I_C &= \frac{V_{th} - V_{BE}}{\frac{R_{th}}{\beta+1} + R_E} \\ &= \frac{2.37624 - 0.7}{\frac{269.3 \times 10^3}{179+1} + 15 \times 10^3} \\ &= 0.1016 \text{ mA} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{CE} &\approx V_{CC} - I_C (R_C + R_E) \\ &= 15 - 0.1016 \times 10^{-3} \times (75 \times 10^3 + 15 \times 10^3) \\ &= 5.856 \text{ V} \end{aligned}$$

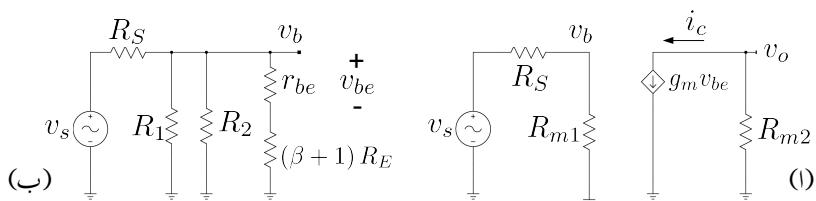
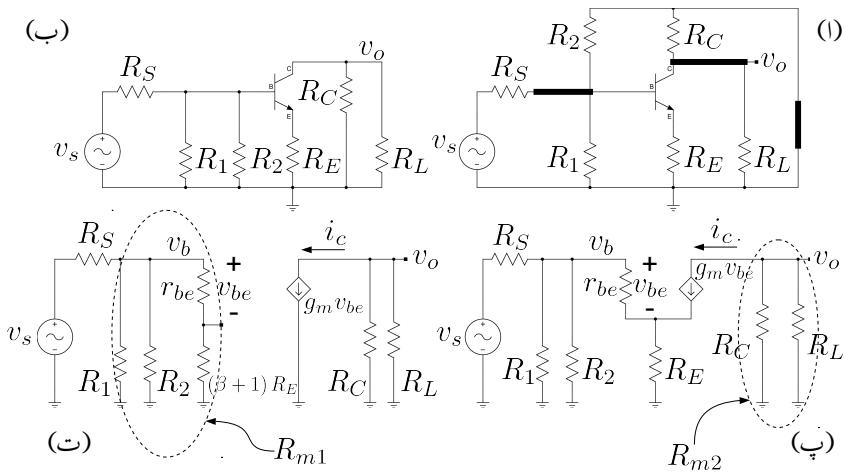
چوکہ حاصل  $V_{CE} > 0.2 \text{ V}$  لہذا ٹرانزسٹر منزانتہ ہے۔ ٹرانزسٹر کے  $\pi$  ریاضی نمونے کے جزو حاصل کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned} g_m &= \frac{I_C}{V_T} = \frac{0.1016 \times 10^{-3}}{25 \times 10^{-3}} = 4.046 \text{ mS} \\ r_{be} &= \frac{\beta}{g_m} = \frac{179}{4.064 \times 10^{-3}} = 44.045 \text{ k}\Omega \\ r_e &\approx \frac{1}{g_m} = 246 \Omega \end{aligned}$$

جیسے پہلے ذکر ہوا کہ ایک پیغام میں کپیٹر کی قیمت اتنی رکھتی ہے کہ باریکے اشارہ کے تعداد پر ان کی برقی رکاوٹ ( $X_C$ ) فتاہی نظر انداز ہو۔ یوں مساوی بدلاتا دور بنتے وقت تم کپیٹر کو قصر دور کر دیا جاتا ہے۔ شکل ۳.۹۸ الف میں یوں منع بر قی دباؤ  $V_{CC}$  کے علاوہ کپیٹر  $C_B$  اور  $C_C$  کو بھی قصر دور کیا گیا ہے۔ ان قصر دور کو موٹی لکیروں سے واخ کیا گیا ہے۔ ایسا کرنے سے  $R_C$  کے علاوہ  $R_2$  کا بھی ایک سرا بر قی زمین سے جا بڑتا ہے۔ اسی کو شکل ب میں صاف سمجھا بنتا کر دکھایا گیا ہے۔ یہاں رک کر تسلی کر لیں کہ آپ کو شکل الف اور شکل ب یکان نظر آتے ہیں جو کہ اس عمل کی بار بار ضرورت پڑے گی۔ اس شکل میں  $R_C$  اور  $R_L$  صاف متوازی جبڑے نظر آتے ہیں۔ شکل ب میں ٹرانزسٹر کی جگہ  $\pi$  ریاضی نمونے نسب کرنے سے شکل پ حاصل ہوتا ہے۔ یہاں داخلی اور خارجی حصوں کو علیحدہ علیحدہ کرتے ہوئے عکس  $R_E (\beta + 1)$  کے استعمال سے شکلت حاصل ہوتا ہے۔ شکل ۳.۹۸ ت سے زنجیری ضرب کی ذریعہ  $A_v$  حاصل کیا جاتا ہے۔ ایسا کرنے سے پہلے ایک چھوٹے سے لکٹے پر غور کر تے ہیں۔ شکلت میں ٹرانزسٹر کے یہیں سرے پر بر قی دباؤ کو  $v_b$  لکھا گیا ہے۔ شکلت میں  $R_1, R_2$  اور  $r_{be}$  اس میں متوازی جبڑے ہیں۔ ان متوازی جبڑے میں متوالی کل قیمت کو  $R_{m1}$  لکھتے ہیں جہاں

$$(3.231) \quad \frac{1}{R_{m1}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{r_{be} + (\beta + 1) R_E}$$

شکل (ت) سے زنجیری ضرب لکھ کر  $A_v$  حاصل کیا جاتا ہے۔ ایسا کرنے سے پہلے  $v_b$  پر غور کرتے ہیں۔ شکل الف میں متوازی جبڑے میں متوالی حصوں کو استعمال کرتے ہوئے اسی دور کو بنایا گیا ہے جس سے



اس دور کا سادہ پن اچا گر ہوتا ہے۔ شکل ۳.۹۹ میں دور کا صرف داخلی جانب دکھایا گیا ہے۔ شکل ۳.۹۹ الف سے ہم لکھ سکتے ہیں۔

$$v_b = \frac{R_{m1} v_s}{R_{m1} + R_S}$$

اس مساوات سے  $v_b$  حاصل کرنے کے بعد شکل ب کو دیکھتے ہوئے ہم لکھ سکتے ہیں۔

$$v_{be} = \frac{r_{be} v_b}{r_{be} + (\beta + 1) R_E}$$

مندرجہ بالا دو مساوات سے مندرجہ ذیل تو سین حاصل ہوتے ہیں جنہیں  $A_v$  حاصل کرنے میں استعمال کیا جائے گا۔

$$(3.232) \quad \frac{v_b}{v_s} = \frac{R_{m1}}{R_{m1} + R_S}$$

$$(3.233) \quad \frac{v_{be}}{v_b} = \frac{r_{be}}{r_{be} + (\beta + 1) R_E}$$

آنئں اب  $A_v$  حاصل کریں۔ شکل ۳.۹۸ ت کو دیکھتے ہوئے اور شکل ۳.۹۹ کو ہن میں رکھتے ہوئے ہم لکھ سکتے ہیں۔

$$(3.234) \quad A_v = \left( \frac{v_o}{i_c} \right) \left( \frac{i_c}{v_{be}} \right) \left( \frac{v_{be}}{v_b} \right) \left( \frac{v_b}{v_s} \right)$$

اس مساوات پر غور کریں۔ یہ گزشتہ مثابوں سے وتر مختلف ہے جو کہ یہاں ایک تو سین زیادہ ہے۔ آئیں تمام تو سین کی قیمتیں استعمال کرتے ہوئے اس مساوات کو حاصل کریں۔ پہلے درکار قیمتیں حاصل کرتے ہیں یعنی

$$\frac{1}{R_{m1}} = \frac{1}{320 \times 10^3} + \frac{1}{1.7 \times 10^6} + \frac{1}{44045 + (179 + 1) \times 15 \times 10^3}$$

$$R_{m1} = 245.2386 \text{ k}\Omega$$

$$\frac{1}{R_{m2}} = \frac{1}{75000} + \frac{1}{375000}$$

$$R_{m2} = 62.5 \text{ k}\Omega$$

$$\frac{v_o}{i_c} = -R_{m2} = -62.500$$

$$\frac{i_c}{v_{be}} = g_m = 0.004064$$

$$\frac{v_{be}}{v_b} = \frac{r_{be}}{r_{be} + (\beta + 1) R_E} = \frac{44045}{44045 + (179 + 1) \times 15000} = 0.01605$$

$$\frac{v_b}{v_s} = \frac{R_{m1}}{R_{m1} + R_S} = \frac{245238.6}{245238.6 + 5000} = 0.980019$$

$$A_v = -62500 \times 0.004064 \times 0.01605 \times 0.980019 = -3.9952 \frac{V}{V}$$

حاصل ہوتا ہے۔

آنکیں اسی افیز اٹش کو صفحے ۳۰۳ پر دئے مساوات ۳.۲۱ کی مدد سے حاصل کریں۔ ایسا کرنے کی حراطر بھلے دور کو مخصوص شکل میں الیاحبائے گا۔ اس شکل میں ٹرانزسٹر کے تیس جناب بدلت اس رہ اور مسازمحت سلسلہ وار جبڑے ہونے چاہئے۔ پہلے یہی کرتے ہیں۔

شکل ۳.۹۸ ب میں ٹرانزسٹر کے داخلی جناب کے حصے کو شکل ۳.۱۰۰ میں دکھایا گیا ہے۔ اس کا تھونن مساوی دور حاصل کرتے ہیں۔ متوازنی جبڑے  $R_1$  اور  $R_2$  کی مجموعی مسازمحت کو  $R_{12}$  کہتے ہوئے

$$\begin{aligned} R_{12} &= \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \\ &= \frac{320 \times 10^3 \times 1.7 \times 10^6}{320 \times 10^3 + 1.7 \times 10^6} \\ &= 269.3 \text{ k}\Omega \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اس قیمت کو استعمال کرتے ہوئے تھونن مساوی دور میں حاصل مسازمحت کو  $R'_i$  اور حاصل برتنی دباؤ کے اشارے کو ! لکھتے ہوئے

$$\begin{aligned} R'_i &= \frac{R_S R_{12}}{R_S + R_{12}} \\ &= \frac{5 \times 10^3 \times 269.3 \times 10^3}{5 \times 10^3 + 269.3 \times 10^3} \\ &= 4.91 \text{ k}\Omega \\ v'_i &= \left( \frac{R_{12}}{R_S + R_{12}} \right) v_s \\ &= \left( \frac{269.3 \times 10^3}{5000 + 269.3 \times 10^3} \right) v_s \\ &= 0.98177 v_s \end{aligned}$$

حاصل ہوتے ہیں۔ یوں

$$\begin{aligned}\sum R_C &= \frac{R_C R_L}{R_C + R_L} \\ &= \frac{75 \times 10^3 \times 375 \times 10^3}{75 \times 10^3 + 375 \times 10^3} \\ &= 62.5 \text{ k}\Omega\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sum R_E &= \frac{R'_i}{\beta + 1} + r_e + R_E \\ &= \frac{4910}{179 + 1} + 246 + 15000 \\ &= 15.273 \text{ k}\Omega\end{aligned}$$

حاصل ہوتے ہیں۔  $\alpha = \frac{179}{179+1} = 0.994444$

$$\begin{aligned}\frac{v_o}{v'_i} &= -\alpha \frac{\sum R_C}{\sum R_E} \\ &= -0.994444 \times \frac{62.5 \times 10^3}{15.273 \times 10^3} \\ &= -4.0693 \frac{\text{V}}{\text{V}}\end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے جس سے

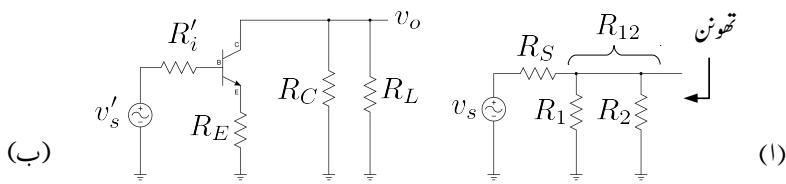
$$\begin{aligned}A_v &= \frac{v_o}{v'_i} \times \frac{v'_i}{v_s} \\ &= -4.0693 \times 0.98177 \\ &= -3.995 \frac{\text{V}}{\text{V}}\end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے۔ آپ مادat ۳.۲۱ کی قوت استعمال سے متاثر ہو سکتے ہیں۔

$R_S$  کو ایکلینگٹ کا حصہ تصور نہیں کرتے ہوئے باریکے اشاراتی داخل مزاحمت  $r_i$  شکل ۳.۹۸ سے حاصل کرتے ہیں جس انہم دیکھتے ہیں کہ یہ دراصل  $R_{m1}$  ہی ہے اور یوں

$$r_i = R_{m1} = 245.2386 \text{ k}\Omega$$

حاصل ہوتا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ باریکے اشاراتی داخلی مزاحمت کا دار و مدار  $R_1, R_2$  اور ٹرانزسٹر کے بیس سرے پر دیکھتے ہوئے مزاحمت  $(r_{be} + (\beta + 1)R_E)$  ہے۔ ان تمام قیتوں میں عسموماً  $r_{be}$  کی قیمت نباتم ہوتی ہے۔



شکل ۳.۱۰۰: گل ملکسرا اور بھر مزا حستوں کے شرح سے افتراش کا حصول

مثال ۳.۹۷: شکل ۳.۹۷ میں  $R_E$  کے موازی کپیسٹر  $C_E$  نسب کریں جہاں  $C_E$  کی قیمت اتنی ہے کہ اس اشارہ کو کم سے کم گھناتا ہے۔ اس ایمپلیفیئر کی داخلی مزاحمت  $r_i$  اور افتراش  $A_v$  حاصل کریں۔

$$\begin{array}{ll} V_{CC} = 15 \text{ V} & \beta = 179 \\ R_C = 75 \text{ k}\Omega & R_E = 15 \text{ k}\Omega \\ R_1 = 320 \text{ k}\Omega & R_2 = 1.7 \text{ M}\Omega \\ R_s = 5 \text{ k}\Omega & R_L = 375 \text{ k}\Omega \end{array}$$

حل: کپیسٹر سیمیت دور کو شکل ۳.۱۰۲ میں دکھایا گیا ہے۔ اس کا مساوی یک سمت دور حاصل کرنا شکل ب، پ اور ت میں دکھایا گیا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ کپیسٹر  $C_E$  کے شمولیت سے بھی ٹرانزسٹر کے نقطے کار کردگی پر کسی قسم کا کوئی اثر نہیں پڑا یوں پچھلی مثال کے نتائج یہاں استعمال کئے جا سکتے ہیں یعنی

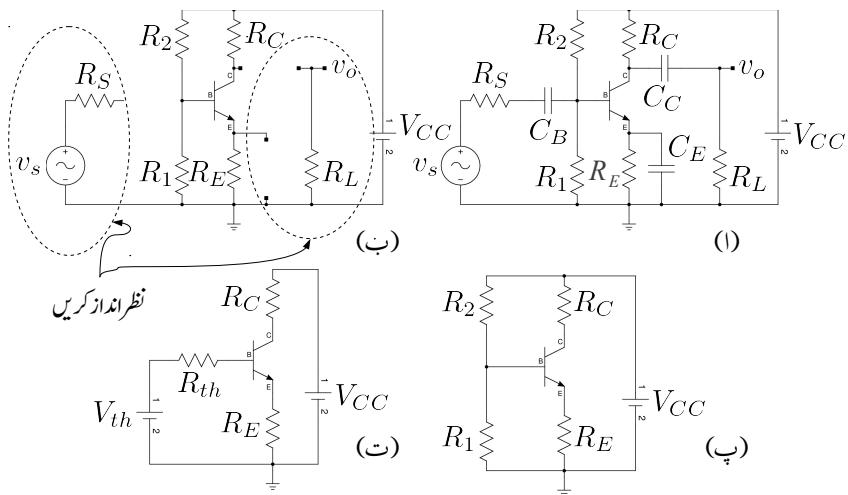
$$\begin{aligned} g_m &= 4.064 \text{ mS} \\ r_{be} &= 44.045 \text{ k}\Omega \\ r_e &\approx 246 \text{ }\Omega \end{aligned}$$

شکل ۳.۱۰۲ میں اس کا مساوی باریکے اشاراتی دور حاصل کرنا دکھایا گیا ہے۔ جیسا کہ شکل ۳.۱۰۲ میں دکھایا گیا ہے، پونکہ  $C_E$  باریکے اشارات کے لئے قسر دور ہوتا ہے لہذا  $R_E$  بھی قسر دور ہو جاتا ہے اور یہ باریکے اشاراتی دور کا حصہ نہیں بنتا۔ پس شکل تے

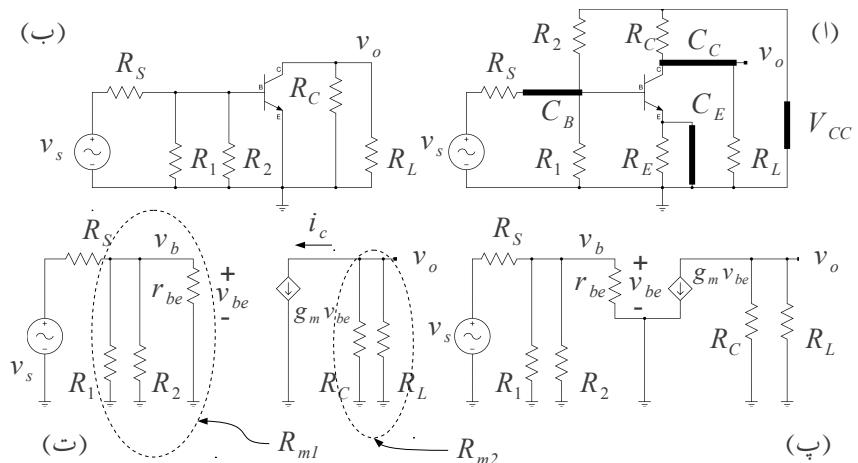
$$\begin{aligned} \frac{1}{R_{m1}} &= \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{r_{be}} \\ \frac{1}{R_{m2}} &= \frac{1}{R_L} + \frac{1}{R_C} \end{aligned}$$

### ۱۶۔ باریکے اشاراتی ادوار کا پائے ریاضی نمونے کی مدد سے حل

۳۲۵



شکل ۱۶۔ مثال کامساوی یک سمت دور



شکل ۱۷۔ مثال کامساوی باریکے اشاراتی دور

حاصل ہوتا ہے جن سے

$$\frac{1}{R_{m1}} = \frac{1}{320 \times 10^3} + \frac{1}{1.7 \times 10^6} + \frac{1}{44045}$$

$$R_{m1} = 37.854 \text{ k}\Omega$$

اور

$$\frac{1}{R_{m2}} = \frac{1}{75 \times 10^3} + \frac{1}{37.5 \times 10^3}$$

$$R_{m2} = 62.5 \text{ k}\Omega$$

قیمتیں ملتی ہیں۔ شکل سے زنجیری ضرب کرتے ہوئے ہم دیکھتے ہیں کہ اس مثال میں  $v_b$  اسی  $v_{be}$  سے ہے۔ یہاں

$$A_v = \left( \frac{v_o}{i_c} \right) \left( \frac{i_c}{v_{be}} \right) \left( \frac{v_{be}}{v_s} \right)$$

لکھا جائے گا جہاں

$$\frac{v_o}{i_c} = -R_{m2} = -62500$$

$$\frac{i_c}{v_{be}} = g_m = 0.004064$$

$$\frac{v_{be}}{v_s} = \frac{R_{m1}}{R_{m1} + R_s} = \frac{37.854 \times 10^3}{37.854 \times 10^3 + 5 \times 10^3} = 0.8833$$

جس سے

$$A_v = (-62500) \times (0.004064) \times (0.8833) = 224 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

حاصل ہوتی ہے۔ گزشتہ مثال کی افناش کے ساتھ موازنہ کرنے سے معلوم ہوتا ہے کہ  $C_E$  نسب کرنے سے افناش بہت زیاد بڑھ گئی ہے۔ اس کو مساوات ۳.۲۱ لینی

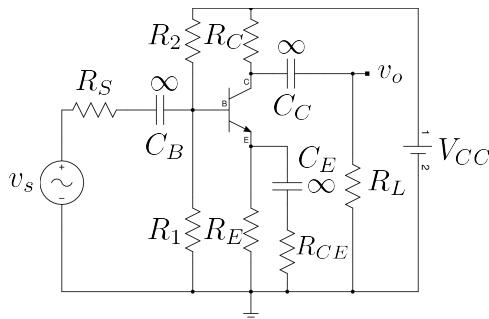
$$A_v = -\alpha \frac{\sum R_C}{\sum R_E}$$

کی مدد سے اسی سمجھا جاسکتا ہے۔ پونک باریک اشارات کے لئے  $C_E$  بطور قصر دور کام کرتا ہے لہذا

$$\sum R_E = \frac{R_{th}}{\beta + 1} + r_e$$

رہ جاتا ہے جبکہ

$$\sum R_C = R_{m2}$$



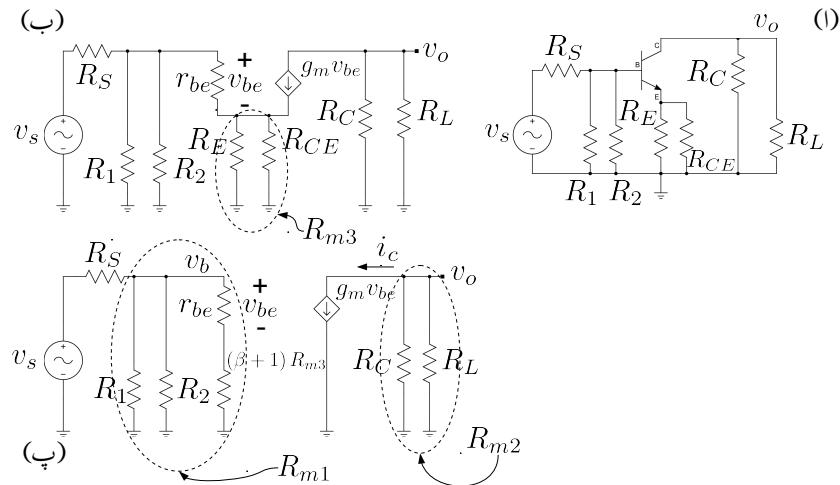
شکل ۳.۱۰۳: یک سمت اور باریکے اشارات کے علیحدگی کی ایک اور مثال

ہے۔  $R_E$  کم ہونے کی وجہ سے انفرادی میں اضافہ پیدا ہوا ہے۔ اس حقیقت کو سمجھ کر یاد رکھیں۔ شکل سے باریکے اشاراتی داخنی مزاحمت حاصل کرتے ہیں۔

$$r_i = R_{m1} = 37.854 \text{ k}\Omega$$

جہاں  $R_S$  کو ایپلینائز کا حصہ نہیں تصور کیا گیا ہے۔ گزشتہ ایپلینائز کے ساتھ موازنے کرنے سے ہم دیکھتے ہیں کہ داخنی مزاحمت بہت کم ہو گئی ہے۔ باریکے اشارات کے لئے کپیسٹر  $C_E$  بطور قصر دور کام کرتا ہے اور یوں ٹرانزistor کے یہیں سرے پر دیکھتے ہیں صرف  $r_{be}$  نظر آتا ہے۔ داخنی مزاحمت متوازی جبڑے  $R_1$ ،  $R_2$  اور  $r_{be}$  پیدا کرتے ہیں اور یوں اسکی قیمت کم ہو گئی ہے۔ مسدر جبے بالا دو مثالوں سے ہم دیکھتے ہیں کہ  $R_E$  اور  $C_E$  کے استعمال سے باریکے اشاراتی داخنی مزاحمت  $r_i$  اور انفرادی مزاحمت  $A_v$  متراث ہوتے ہیں۔ ان میں ایک بڑھانے سے دوسرے اگستاتا ہے۔

مثال ۳.۳۸: کپیسٹر  $C_E$  اور مزاحمت  $R_{CE}$  سلسلہ دار جوڑتے ہوئے انہیں شکل ۳.۹۷ میں میں میں کے متوازی نسب کریں۔ حاصل ایپلینائز کی داخنی مزاحمت  $r_i$  اور انفرادی مزاحمت  $A_v$  حاصل کریں۔  $R_{CE}$  کی قیمت  $100 \Omega$  رکھیں۔ حل: شکل ۳.۱۰۳ میں دور کھایا گیا ہے۔ کپیسٹر کی برقی رکاوٹ  $Z_C = \frac{1}{j\omega C}$  ہوتی ہے۔ کسی بھی تعداد پر کپیسٹر کی قیمت بڑھا کر اس کی برقی رکاوٹ کی قیمت کم کی جا سکتی ہے۔ جیسا پہلے بتالیا گیا کہ باریکے اشارات کو بغیر گھٹائے مقتول کرنے کی حراظر کپیسٹر کی قیمت زیادہ سے زیادہ کی جاتی ہے۔ شکل میں کپیسٹر پر لامدد و دکانشان (۵۵) اسی حقیقت کو بیان کرتا ہے جہاں اس کا مطلب یوں لیا جاتا ہے کہ باریکے اشارات کے تعداد پر  $|Z_C|$  کی قیمت صفری جائے۔ اس دور کا بھی یک سمت مساوی دور پہلوی مثالوں کی طرح رہے گا اور یوں وہاں کے نتائج یہاں فتاہیں متواری ہیں۔ باریکے اشاراتی دور کا حصول شکل ۳.۱۰۳ میں دکھایا گیا ہے۔ باریکے اشاراتی دور میں  $R_E$  اور  $R_{CE}$



شکل ۳.۱۰۳: مثال کا باریکے اشاراتی دور

جڑے ہیں جنہیں  $R_{m3}$  کہا گیا ہے۔ یوں

$$\begin{aligned}\frac{1}{R_{m1}} &= \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{r_{be} + (\beta + 1) R_{m3}} \\ \frac{1}{R_{m2}} &= \frac{1}{R_C} + \frac{1}{R_L} \\ \frac{1}{R_{m3}} &= \frac{1}{R_E} + \frac{1}{R_{CE}}\end{aligned}$$

لکھا جائے گا جن سے ان تمام کی قیمتیں حاصل کی جائیں گی۔ اور  $R_{m3}$  کی قیمتیں پہلے حاصل کی جائیں گی۔ دور میں دی گئی معلومات کو اپنی سہولت کی حنا طریباً دوبارہ لکھتے ہیں۔

$V_{CC} = 15 \text{ V}$	$\beta = 179$
$R_C = 75 \text{ k}\Omega$	$R_E = 15 \text{ k}\Omega$
$R_1 = 320 \text{ k}\Omega$	$R_2 = 1.7 \text{ M}\Omega$
$R_s = 5 \text{ k}\Omega$	$R_L = 375 \text{ k}\Omega$
$R_{CE} = 100 \Omega$	

اسی طرح یک سمت حل کے بعد حاصل کئے گئے ریاضی نمونے کے جزو بھی یہاں دوبارہ لکھتے ہیں۔

$$g_m = 4.064 \text{ S}$$

$$r_{be} = 44.045 \text{ k}\Omega$$

$$r_e \approx 246 \Omega$$

اور انہیں استعمال کرتے ہوئے حاصل کرتے ہیں۔

$$\frac{1}{R_{m2}} = \frac{1}{75000} + \frac{1}{375000}$$

$$R_{m2} = 62.5 \text{ k}\Omega$$

$$\frac{1}{R_{m3}} = \frac{1}{15000} + \frac{1}{100}$$

$$R_{m3} = 99.3377 \Omega$$

اور

$$\frac{1}{R_{m1}} = \frac{1}{320000} + \frac{1}{1700000} + \frac{1}{44045 + (179 + 1) \times 99.3377}$$

$$R_{m1} = 50.348 \text{ k}\Omega$$

شکل ۱۰۳ پر سے ہم مندرجہ ذیل مساوات لکھ سکتے ہیں۔

$$\frac{v_o}{i_c} = -R_{m2} = -62500$$

$$\frac{i_c}{v_{be}} = g_m = 0.004064$$

$$\frac{v_b}{v_s} = \frac{R_{m1}}{R_{m1} + R_S} = \frac{50348}{50348 + 5000} = 0.9096625$$

$$\frac{v_{be}}{v_b} = \frac{r_{be}}{r_{be} + (\beta + 1)R_{m3}} = \frac{44045}{44045 + (179 + 1) \times 99.3377} = 0.711255$$

ان نتائج کو استعمال کرتے ہوئے شکل پر سے یہ حاصل کرتے ہیں۔

$$A_v = \left( \frac{v_o}{i_c} \right) \left( \frac{i_c}{v_{be}} \right) \left( \frac{v_{be}}{v_b} \right) \left( \frac{v_b}{v_s} \right)$$

$$= (-62500) \times (0.004064) \times (0.711255) \times (0.9096625)$$

$$= -164 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

اسی شکل سے ایک پلیفارکی باریکے اشاراتی داخلی مزاجت حاصل کرتے ہیں جو کہ  $R_{m1}$  کے برابر ہے۔ یوں

$$r_i = R_{m1} = 50.348 \text{ k}\Omega$$

حاصل ہوتا ہے۔ یاد رہے کہ مزاحمت  $R_S$  کو یہاں ایک پلیغیر کا حصہ تصور نہیں کیا گی۔ اگر اس کو بھی سلسلہ کی جانبے تب کل داخلی مزاحمت کی قیمت مندرجہ ذیل ہوگی۔

$$r_i + R_S = 55.348 \text{ k}\Omega$$

اس مثال میں ایک اہم بات سامنے آئی۔ کپیٹر  $C_E$  اور مزاحمت  $R_{CE}$  کے استعمال سے یہ ممکن ہے کہ ہم ٹرانزسٹر ایک پلیغیر کی افسزاں اپنے مرضی سے ٹے کر سکیں۔ اس مثال میں اگر  $R_{CE}$  کی قیمت صفر رکھی جائے تو زیادہ سے زیادہ افسزاں حاصل ہوتی ہے اور اگر  $R_{CE}$  کی قیمت لامحدود کر دیا جائے تو کم سے کم افسزاں حاصل ہوتی ہے۔  $R_{CE}$  کی قیمت ان حدود کے درمیان رکھتے ہوئے افسزاں بھی دو حدود کے اندر رکھیں پر بھی رکھی جا سکتی ہے۔ مساوات ۲۱۔۳۔۴

$$A_v = -\alpha \frac{\sum R_C}{\sum R_E}$$

کی مدد سے اس حقیقت کو با آسانی سمجھا جا سکتا ہے۔ اس مثال میں متوالی جبڑے مزاحمت  $R_{CE}$  اور  $R_E$  کے کل مزاحمت کو  $\sum R_E$  کہیں گے۔ یہاں چونکہ  $R_E$  کو نقطہ کار کر دی گئی تینیں کرنے کی حفاظتہ استعمال کیا گی اسے لہذا اس کو تبدیل کئے بغیر  $A_v$  میں تبدیلی  $R_{CE}$  کی مدد سے حاصل کی جا سکتی ہے۔

مثال ۳۔۴۹: شکل ۳۔۱۰۵ میں  $R_L = 1 \text{ k}\Omega$  اور  $r_i = 5 \text{ k}\Omega$  جبکہ  $\beta = 120$  ہیں۔ بر قریب افسزاں حاصل کرنے کی حفاظتہ درکار مزاحمت حاصل کریں۔  
حل: مساوی دور سے افسزاں لکھتے ہیں

$$A_i = \frac{i_L}{i_i} = -30 = -120 \left( \frac{R_c}{R_c + R_L} \right) \left( \frac{r_{be}}{r_{be} + r_i \| R_1 \| R_2} \right)$$

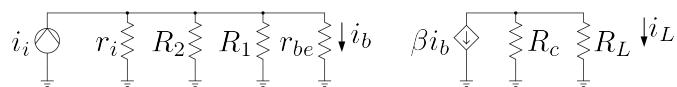
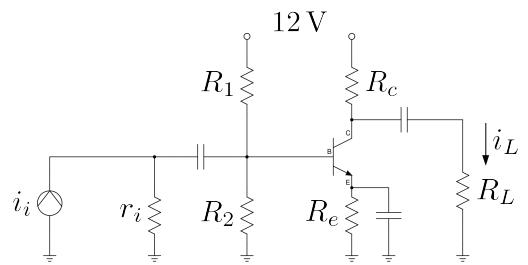
جس سے

$$(3.235) \quad \frac{1}{4} = \left( \frac{R_c}{R_c + 1000} \right) \left( \frac{r_{be}}{r_{be} + 5000 \| R_1 \| R_2} \right)$$

حاصل ہوتا ہے۔ اسی وہ تمام قیستیں جو اس مساوات پر پورا تریں درست جواب ہیں۔ آئیں ہم دونوں قوسین کی قیستیں بر ابر کر دیکھیں۔ ایسا کرنے سے عموماً اس متابول جواب سے حاصل ہوتے ہیں۔ یوں

$$\frac{1}{2} = \left( \frac{R_c}{R_c + 1000} \right)$$

$$\frac{1}{2} = \left( \frac{r_{be}}{r_{be} + 5000 \| R_1 \| R_2} \right)$$



شکل ۱۰۵: ایک پلینگز کا تحلیل

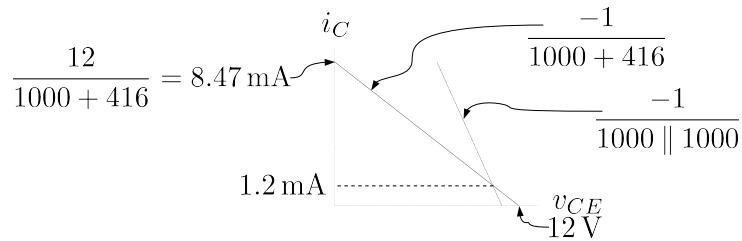
لیتے ہیں۔ یوں پہلی مساوات سے  $R_1 \parallel R_2$  حاصل ہوتا ہے۔ دوسرے مساوات میں  $R_1 = 1\text{k}\Omega$  حاصل ہوتا ہے۔ اسی طبقہ میں  $R_b$  کو لکھتے ہیں۔

$$\frac{1}{2} = \left( \frac{r_{be}}{r_{be} + 5000 \parallel R_b} \right)$$

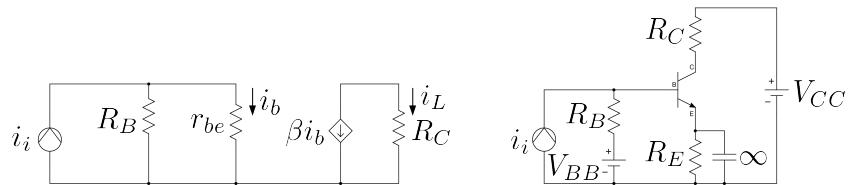
اس مساوات میں دونا معلوم متغیرات ہیں لہذا کسی ایک کی قیمت خود چنی ہو گی۔ اگر  $R_b = 5\text{k}\Omega$  رکھی جائے تو  $r_{be} = 2.5\text{k}\Omega$  حاصل ہوتا ہے۔ اگر  $R_b \rightarrow \infty$  تو  $r_{be} = 5\text{k}\Omega$  تصور کی جائے تب  $r_{be}$  کی قیمت پر حساس اثر نہیں ہوتا۔ یوں ہم  $R_b = 5\text{k}\Omega$  اور  $r_{be} = 2.5\text{k}\Omega$  رکھتے ہیں۔ مساوات ۳.۳۳ کی مدد سے  $R_e = 416\Omega$  حاصل ہوتا ہے۔ چونکہ  $r_{be} = \frac{\beta}{g_m}$  لیجنے والے ہیں اسی وجہ سے  $I_{CQ} = \frac{\beta V_T}{R_e}$  ہوتا ہے لہذا  $I_{CQ} = 1.2\text{mA}$  حاصل ہوتا ہے۔

شکل ۱۰۶ میں یک سمت اور بدلہ اور خط بوجہ دکھائے گئے ہیں جہاں سے آپ دیکھ سکتے ہیں کہ  $i_c$  کے حیطے کی حد  $1.2\text{mA}$  ہے۔ یوں  $i_L$  کے حیطے کی حد  $0.6\text{mA}$  ہے۔ اگر زیادہ حیطہ درکار ہوتا تو تحلیل کو اس نقطے نظر سے دوبارہ سر انجام دینا ہو گا کہ  $I_{CQ}$  درکار حیطہ منراہم کر سکے۔

$R_2 = 5.58\text{k}\Omega$  اور  $V_{BB} = 1.2492\text{V}$  اور  $I_{CQ} = 1.2492\text{V} / R_e$  حاصل ہوتے ہیں۔



شکل ۳.۱۰۶: خطوط بوچه



شکل ۳.۱۰۷: ایپلیگز اور اس کا باریکے اشاراتی مساوی دور

آئین شکل ۷۔۳ پر غور کریں۔ اس کی افسزاش  $A_i = \frac{i_L}{i_i}$  یوں حاصل کی جا سکتی ہے۔

$$A_i = \frac{i_L}{i_i} = \frac{i_L}{i_b} \times \frac{i_b}{i_i} \\ = -\beta \left( \frac{R_B}{R_B + r_{be}} \right)$$

اس کو یوں

$$A_i = \frac{-\beta}{1 + \frac{r_{be}}{R_B}}$$

لکھتے ہوئے یہ حقیقت سامنے آتی ہے کہ زیادہ سے زیادہ افسزاش اس وقت حاصل ہو گی جب

$$(3.236) \quad r_{be} \ll R_B$$

$$(3.237) \quad \frac{\beta V_T}{I_{CQ}} \ll R_B$$

ہوجہاں دوسرے متدم پر  $r_{be} = \frac{\beta V_T}{I_{CQ}}$  کا استعمال کیا گیا۔ ایسا کرتے ہوئے افسزاش کی حقیقت ٹرانزسٹر کے کے برابر ہو گی۔ صفحہ ۲۲۱ پر مصادمات ۳۔۳۲ اور مندرجہ بالا شرط کو لکھتے ہیں۔

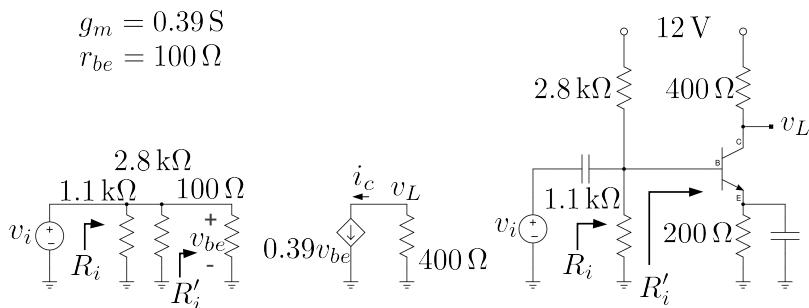
$$(3.238) \quad r_{be} = \frac{\beta V_T}{I_{CQ}} \ll R_B \ll (\beta + 1) R_E$$

مصادمات ۳۔۳۸ ٹرانزسٹر ایکلیفائز تخلیق دینی کی بنیادی شرط ہے۔ اگر ایکلیفائز تخلیق دیتے ہوئے اس شرط کو پورا کیا جائے تو تخلیق کردہ ایکلیفائز کی افسزاش زیادہ سے زیادہ ہو گی اور ساتھ ہی ساتھ ٹرانزسٹر کا نقطہ کار کر دگی  $\beta$  کے تبدیلی سے قابل مقبول حد تک متاثر ہو گا۔ اگر اس شرط کو نجھانا ممکن نہ ہوتا یا تو کم افسزاش اور یا پھر  $\beta$  کے تبدیلی سے نقطہ کار کر دگی کا اپنی جگہ سے انحراف کو برداشت کرنا ہو گا۔

### ۷۔۳۔ برقی بار، دا حنلی مزاحمت اور ایکلیفائز کی افسزاش

شکل ۷۔۱۰ میں ایک ایکلیفائز اور اس کا مساوی باریک اسٹاراتی دور دکھائے گئے جس کا تمام کمیٹروں کی قیمت لاحدہ ہے۔ اس کی افسزاش

$$A_{v1} = \frac{v_L}{v_i} = \frac{v_L}{i_c} \times \frac{i_c}{v_{be}} \times \frac{v_{be}}{v_i} \\ = -400 \times 0.39 \times 1 = -156 \frac{V}{V}$$



شکل ۳.۱۰۸: سادہ ایپلینیٹر

جبکہ دھنی مزاحمت

$$R'_i = 100 \Omega$$

$$R_i \text{ اور}$$

$$\frac{1}{R_i} = \frac{1}{2800} + \frac{1}{1100} + \frac{1}{100}$$

$$R_i = 88.76 \Omega$$

حاصل ہوتے ہیں۔  $R'_i$  ٹرانزسٹر کے میں پر دیکھتے ہوئے مزاحمت ہے جبکہ  $R_i$  ٹرانزسٹر کو مائل کرنے والے مزاحمتوں کے اثر کو بھی شامل کرتا ہے۔ شکل ۳.۱۰۹ میں خارجی جبانب بر قی بوجھ  $R_L$  لادا گیا ہے۔ اگر  $R_L = 200 \Omega$  ہو تو اس ایپلینیٹر کی افناش

$$(3.229) \quad A_{v2} = \frac{v_L}{v_i} = \frac{v_L}{i_c} \times \frac{i_c}{v_{be}} \times \frac{v_{be}}{v_i}$$

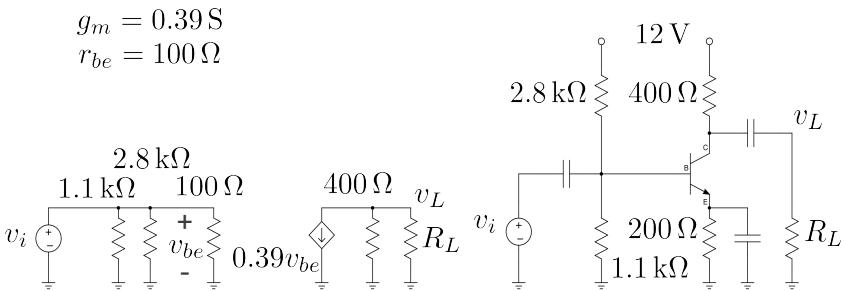
$$= - \left( \frac{400 \times 200}{400 + 200} \right) \times 0.39 \times 1 = -52 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

حاصل ہوتی ہے جبکہ اگر  $R_L = 88.76 \Omega$  ہو تو

$$(3.220) \quad A_{v3} = \frac{v_L}{v_i} = \frac{v_L}{i_c} \times \frac{i_c}{v_{be}} \times \frac{v_{be}}{v_i}$$

$$= - \left( \frac{400 \times 88.76}{400 + 88.76} \right) \times 0.39 \times 1 = -28 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

حاصل ہوتا ہے۔ متدرجہ بالا دونوں اشکال میں تیسرا



شکل ۷۔۳۔۱۰۹: سادہ بوجھے لد ایکلینیٹر

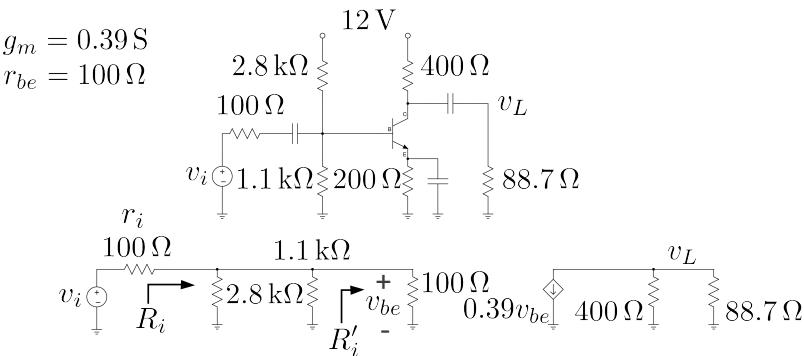
کسر یعنی  $\frac{v_{be}}{v_i}$  کا کوئی کردار نہیں۔ آئین داخلی اشارے کی مساز اسٹر کا اثر دیکھیں۔ شکل ۷۔۳۔۱۰۹ میں اس عذر خرے سے داخلی اشارے کا مساز اسٹر بھی شامل کیا گیا ہے۔ اس ایکلینیٹر کے لئے ہم لکھ سکتے ہیں

$$\begin{aligned}
 A_{v4} &= \frac{v_L}{v_i} = \frac{v_L}{i_c} \times \frac{i_c}{v_{be}} \times \frac{v_{be}}{v_i} \\
 &= - \left( \frac{400 \times 88.76}{400 + 88.76} \right) \times 0.39 \times \left( \frac{R_i}{r_i + R_i} \right) \\
 &= - \left( \frac{400 \times 88.76}{400 + 88.76} \right) \times 0.39 \times \left( \frac{88.76}{100 + 88.76} \right) \\
 &= -28 \times 0.47 \\
 &= -13 \frac{\text{V}}{\text{V}}
 \end{aligned}$$

جہاں  $r_i$  اور  $R_i$  کے کردار کی وجہ سے افنسز اش گزشتہ قیمت کے 0.47 گناہ گئی ہے۔ یاد رہے کہ حقیقت میں  $r_i$  ہر صورت موجود ہوتا ہے۔  $A_{v4} = 0.47 A_{v4}$  لکھتے ہوئے ہم دیکھتے ہیں کہ ٹرانزسٹر کے یہیں تالکٹر کی افنسز اش  $A_v$  یعنی  $\frac{v_L}{v_{be}}$  میں کوئی تبدیلی روند نہیں ہوئی۔ لکھتے ہوئے ہم دیکھتے ہیں کہ ٹرانزسٹر کی اس وجہ سے پیدا ہوئی کہ ٹرانزسٹر کے یہیں تک مکمل داخلی اشارہ نہیں پہنچ پاتا ہے۔  $r_i$  کے موجودگی میں

$$\begin{aligned}
 v_{be} &= \left( \frac{R_i}{r_i + R_i} \right) v_i \\
 &= \left( \frac{88.76}{100 + 88.76} \right) v_i \\
 &= 0.47 v_i
 \end{aligned}$$

وہ جب تاہم جسکہ اس کے غیر موجودگی میں  $v_{be} = v_i$  ہوتا ہے۔



شکل ۱۱.۳: دادھنی مزاحمت کا اثر

ان حقائق کو سمجھنے کے بعد زنجیری ایمپلیفیاٹر پر غور کرتے ہیں۔

### ۳.۱۸ زنجیری ایمپلیفیاٹر

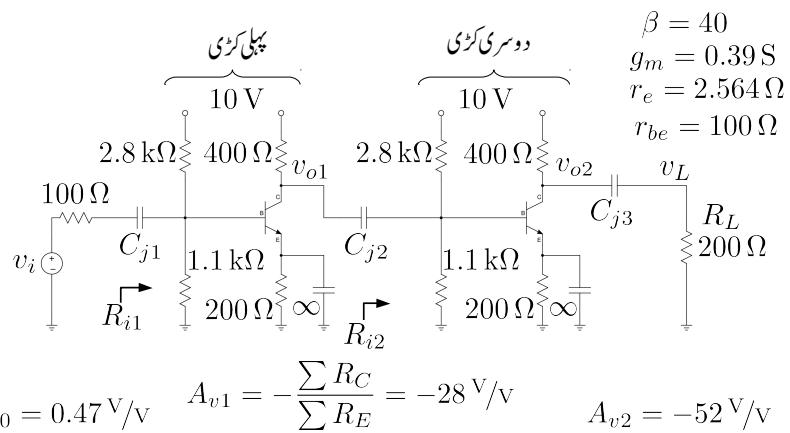
شکل ۱۱.۳ میں دو کڑی زنجیری ایمپلیفیاٹر<sup>۵۲</sup> دکھایا گیا ہے جس میں دو بالکل یکساں ایمپلیفیاٹر کو جھوٹی کپیسٹر  $C_{j2}$  کی مدد سے آپس میں جوڑا گیا ہے۔ ایسا کرنے سے ٹرانزسٹر کا نقطہ کار کردگی متاثر نہیں ہوتا۔ دادھنی جناب  $100 \Omega$  مزاحمت والا دادھنی اشارہ  $v_i$  جھوٹی کپیسٹر  $C_{j1}$  کی مدد سے ایمپلیفیاٹر کی پہلی کڑی کے ساتھ جوڑا گیا ہے جبکہ حنرجی جناب برقی بوجھ  $R_L$  تک  $C_{j3}$  کی مدد سے حنرجی اشارہ پہنچایا گیا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ اسی سلسلے میں مزید کڑیاں جوڑتے ہوئے زیادہ کڑیوں والا زنجیری ایمپلیفیاٹر حاصل کیا جاسکتا ہے۔ مزید یہ کہ کڑیوں کا یکساں ہونا بالکل ضروری نہیں۔ ہر کڑی مختلف ہو سکتی ہے۔

آئیں جلدیکے سمت تجزیہ کریں۔ چونکہ  $V_{th} \approx 2.82 \text{ V}$  اور  $R_{th} \approx 790 \Omega$  ہیں لہذا  $I_{CQ} \approx 9.7 \text{ mA}$  ہے۔ یوں  $g_m = 0.39 \text{ S}$  اور  $r_{be} \approx 100 \Omega$  حاصل ہوتے ہیں۔

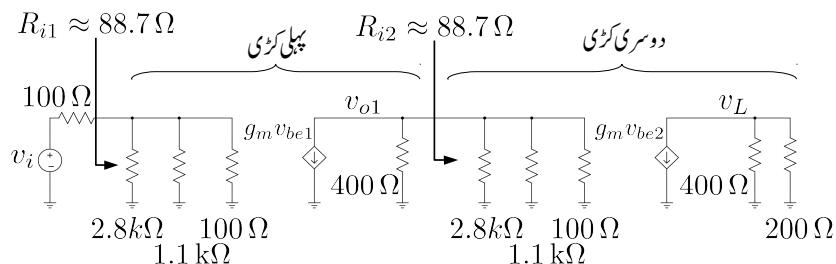
شکل ۱۱.۳ میں شکل ۱۱.۳ کا باریکے اشاراتی مساوی دور دکھایا گیا ہے۔ متوالی مزاحمتوں کا مجموعہ یعنی

$$\begin{aligned} 2800 \parallel 1100 \parallel 100 &= 88.7 \Omega \\ 400 \parallel 2800 \parallel 1100 \parallel 100 &= 72.6 \Omega \\ 400 \parallel 200 &= 133.33 \Omega \end{aligned}$$

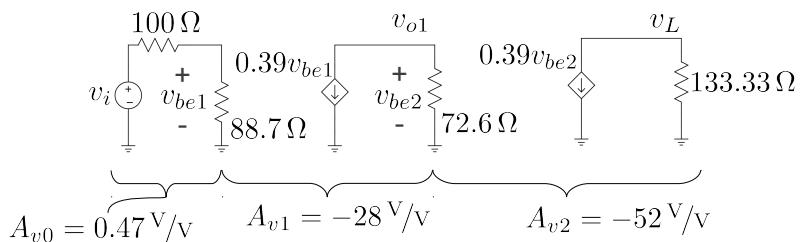
لیتے ہوئے شکل ۱۱.۳ حاصل ہوتا ہے۔



شکل ۱۸.۳: دوکوتی ز خبیری ایمپلیفیگر



شکل ۱۸.۴: دوکوتی ز خبیری ایمپلیفیگر کا باریکے اشاراتی مساوی دور



شکل ۱۸.۵: دوکوتی ز خبیری ایمپلیفیگر کا باریکے اشاراتی ساده مساوی دور

## اس شکل میں

$$\begin{aligned}\frac{v_L}{v_{o1}} &= \frac{v_L}{v_{be2}} = A_{v2} = -0.39 \times 133.33 = -52 \frac{\text{V}}{\text{V}} \\ \frac{v_{o1}}{v_{be1}} &= \frac{v_{be2}}{v_{be1}} = A_{v1} = -0.39 \times 72.6 = -28 \frac{\text{V}}{\text{V}} \\ \frac{v_{be1}}{v_i} &= A_{v0} = \frac{88.7}{100 + 88.7} = 0.47 \frac{\text{V}}{\text{V}}\end{aligned}$$

لکھا جا سکتا ہے۔ یوں زنجیری ایکلینیٹر کی کل افزاش زنجیری ضربے سے

$$\begin{aligned}A_v &= \frac{v_L}{v_i} = \frac{v_L}{v_{o1}} \times \frac{v_{o1}}{v_{be1}} \times \frac{v_{be1}}{v_i} \\ &= A_{v0} A_{v1} A_{v2} \\ &= 0.47 \times (-28) \times (-52) = 684 \frac{\text{V}}{\text{V}}\end{aligned}$$

حاصل ہوتی ہے۔

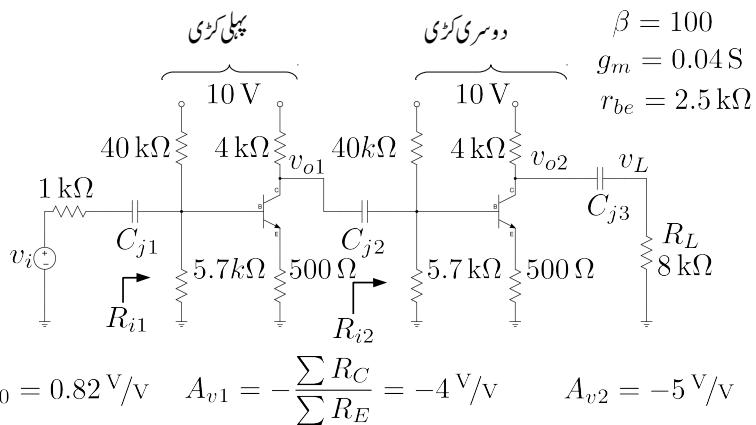
یہاں رک کر دوبارہ غور کریں۔ شکل ۳.۱۱۳ سے سیدھا شکل ۳.۱۱۲ میں اس فرم کی بھی کوئی ضرورت نہیں۔ جیسا کہ شکل ۳.۱۱۳ پر ہی دکھایا گیا ہے، آپ اسی شکل پر ہر کڑی کی افزاش  $\frac{\sum R_C}{\sum R_E}$  حاصل کر سکتے ہیں۔ کیلکولیٹر کی مدد سے شکل کو دیکھتے ہوئے اور  $\sum R_E$  اور  $\sum R_C$  کا حاصل کرتے ہوئے افزاش حاصل کی جاسکتے ہے۔ یوں مشاہدو سری کری میں  $\sum R_E = r_e = 2.56 \Omega$  اور  $\sum R_C = 133 \Omega$  جبکہ  $A_{v2} = -52 \frac{\text{V}}{\text{V}}$  ہے۔ شکل ۳.۱۱۲ میں پہلے کڑی اور دوسری کڑی کے ایکلینیٹروں کے داخنی مزاحمت  $R_{i1}$  اور  $R_{i2}$  کی وضاحت کی گئی ہے۔ شکل ۳.۱۱۲ میں ان کی قیمتیں

$$\begin{aligned}\frac{1}{R_{i1}} &= \frac{1}{2800} + \frac{1}{1100} + \frac{1}{100} \\ R_{i1} &= 88.7 \Omega\end{aligned}$$

اور

$$\begin{aligned}\frac{1}{R_{i2}} &= \frac{1}{2800} + \frac{1}{1100} + \frac{1}{100} \\ R_{i2} &= 88.7 \Omega\end{aligned}$$

دکھان گئیں ہیں۔ ایکلینیٹر ٹرانزسٹر کے ہس سے پرپائے جانے والے اشارے کی افزاش کرتا ہے۔ داخنی جانب ہم دیکھتے ہیں کہ ٹرانزسٹر کے ہس پر  $v_i$  کی بحبوثی  $= \frac{88.7 v_i}{100 + 88.7}$  پایا جاتا ہے۔ اشارے کے



شکل ۱۸.۳: دو کڑی زنجیری ایکلینیاٹر کا باریک اشاراتی سادہ مساوی دور

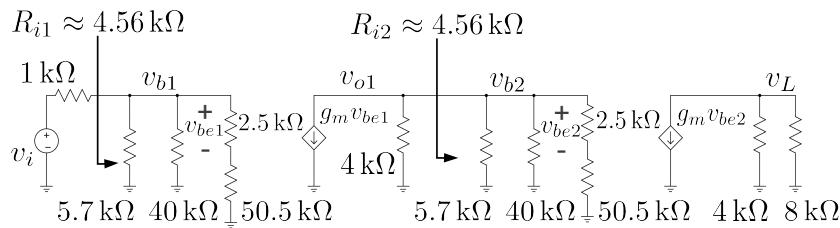
قیمت میں کی ایکلینیاٹر کے داخلی مسازamt  $R_{i1}$  کی بدلتے ہے۔  $v_i$  کے نقطے نظر سے ایکلینیاٹر  $88.7 \Omega$  کا مسازamt ہے۔ اسی طرح پہلی کڑی کے ایکلینیاٹر کو دوسری ایکلینیاٹر بطور مسازamt  $R_{i2}$  نظر آتا ہے۔

یہاں ایک مرتب دوبارہ مساوات ۱۸.۲۳۹ اور مساوات ۱۸.۲۴۰ پر نظر ڈالیں جہاں ایک کڑی کے ایکلینیاٹر پر تجزیہ کرتے ہوئے حنارتی جواب برقرار رکھ لادنے کے اثرات پر غور کیا گی۔ شکل ۱۸.۳.۱۱ میں دوسری کڑی کے افسزاں پر  $200 \Omega$  بوجھ کا اثر بالکل ایسا ہی ہے جیسے شکل ۱۸.۳.۱۰ میں  $200 \Omega$  کے بوجھ کا ہے۔ اسی طرح شکل ۱۸.۳.۱۱ میں پہلی کڑی پر دوسری کڑی کے  $88.76 \Omega$  کے داخلی مسازamt کا اثر شکل ۱۸.۳.۱۰ میں  $88.76 \Omega$  کے بوجھ کی طرح ہے۔

جیسا کہ آپ سمجھتے ہیں کہ  $A_v \approx -\frac{\sum R_C}{\sum R_E}$  ہوتا ہے لہذا زیادہ  $\beta$  کے ٹرانزسترا استعمال کرنے سے دوسری کڑی کی افسزاں نہیں بڑھتی بلکہ ایک مرتب دوسری کڑی کا داخلی مسازamt ضرور بڑھتا ہے جس سے پہلی کڑی کی افسزاں بڑھتے ہیں۔

مثال ۱۸.۵: شکل ۱۸.۳ میں  $A_v = \frac{v_L}{v_i}$  حاصل کریں۔

حل: شکل ۱۸.۳ میں اس کامساوی دور کھایا گیا ہے جہاں سے  $R_{i1} = R_{i2} = 4.56 \text{ k}\Omega$  حاصل



شکل ۳.۱۵: دو کڑی زنجیری ایمپلیفایزر کا باریکے اشاراتی مساوی دور

ہوتے ہیں۔ اسی طرح ان دونوں اشکال میں سے کسی بھی سے مندرجہ ذیل لکھا جا سکتا ہے۔

$$A_{v0} = \frac{v_{b1}}{v_i} = \frac{4560}{4560 + 1000} = 0.82 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

$$A_{v1} = \frac{v_{o1}}{v_{b1}} = -0.04 \times \frac{4000 \times 4560}{4000 + 4560} \times \frac{2500}{2500 + 50500} = -4 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

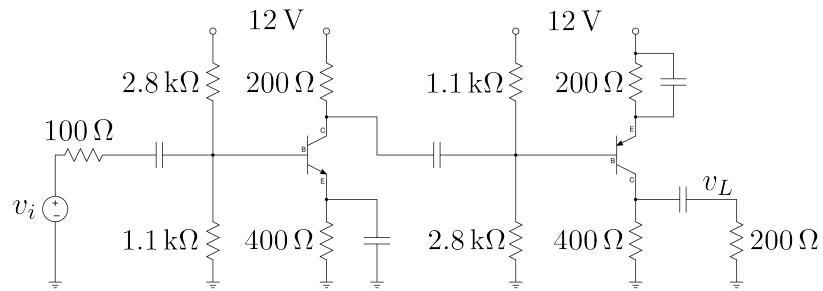
$$A_{v2} = \frac{v_L}{v_{b2}} = -0.04 \times \frac{4000 \times 8000}{4000 + 8000} \times \frac{2500}{2500 + 50500} = -5 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

لہذا

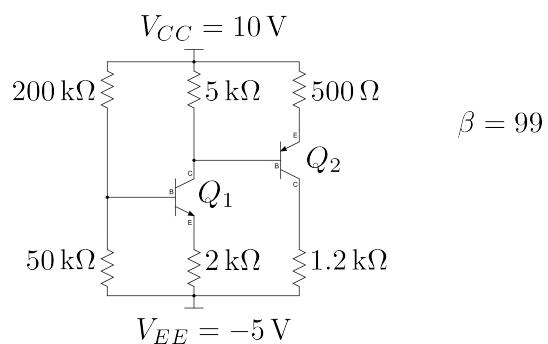
$$\begin{aligned} A_v &= \frac{v_L}{v_i} = \frac{v_L}{v_{b2}} \frac{v_{o1}}{v_{b1}} \frac{v_{b1}}{v_i} \\ &= (-5) (-4) (0.82) = 16.4 \frac{\text{V}}{\text{V}} \end{aligned}$$

مثال ۳.۵۱: شکل ۳.۱۱ میں دو سری کڑی pnp سے بنتے ہوئے شکل ۳.۱۶ حاصل ہوتا ہے۔ اس پر اچھی طرح نور کریں۔ شکل ۳.۱۱ پر جتنی بجٹتی کی گئی اور اس کے تمام مساوات موجودہ دور پر لاگو ہوتے ہیں۔

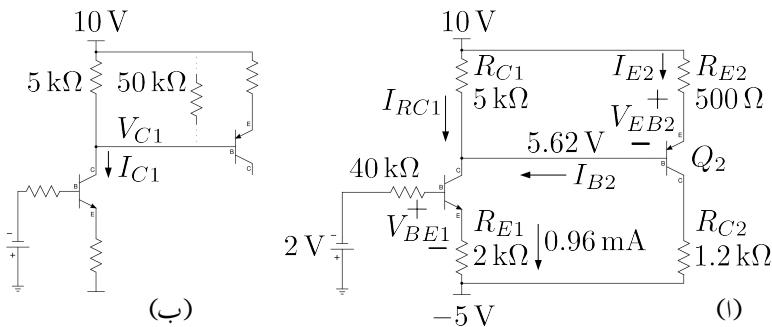
مثال ۳.۵۲: شکل ۷ میں دو کڑی زنجیری کیکے سمت رو ایمپلیفایزر کھایا گیا ہے۔ اس کے تمام کیکے سمت متغیرات ٹھیک ٹھیک حاصل کریں۔ دونوں ٹرانزسٹر کا  $\beta = 99$  ہے۔



شکل ۱۸.۳: دوکریز خبیری ایکلیپس



شکل ۱۸.۴: دوکریز یک سمت خبیری ایکلیپس



شکل ۱۸.۳: دو کڑی یک سمت زنجیری ایمپلینیٹر

حل: \$Q\_1\$ کے داخلی جاب مسئلہ تھونن کی مدد سے

$$V_{th} = \left( \frac{50000}{200000 + 50000} \right) \times [10 - (-5)] - 5 = -2V$$

$$R_{th} = \frac{50000 \times 200000}{50000 + 200000} = 40k\Omega$$

حاصل ہوتے ہیں جنہیں استعمال کرتے ہوئے شکل ۱۸.۳.۱۸ الف حاصل ہوتا ہے۔ شکل ۱۸.۳.۱۸ الف میں \$Q\_1\$ کے داخلی جاب کر خوف کے قانون برائے برقی دبادکی مدد سے

$$2 + 40000 \times I_B + 0.7 + 2000 \times I_E - 5 = 0$$

لہجاتے ہے جس میں \$I\_B = \frac{I\_E}{\beta+1}\$ پر کرنے سے

$$I_E = \frac{5 - 2 - 0.7}{\frac{40000}{99+1} + 2000} = 0.95833mA$$

$$I_{C1} = \frac{\beta}{\beta + 1} I_E = 0.94875mA$$

حاصل ہوتے ہیں۔ یوں

$$\begin{aligned} V_{E1} &= I_E R_{E1} - 5 \\ &= 0.95833 \times 10^{-3} \times 2000 - 5 \\ &= -3.08V \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے۔  $Q_1$  کے گلشنہ جبان برقی رو  $I_{C1}$  کے دو راستے ہیں۔ پہلا راستہ  $R_{C1}$  کے ذریعے اور دوسرا راستہ  $Q_2$  سے ہوتے ہوئے  $R_{E2}$  کے ذریعے۔ یوں کرنوں کے وفاوند برائے برقی رو کے استعمال سے

$$(3.231) \quad I_{C1} = I_{RC1} + I_{B2}$$

$$0.94875 \times 10^{-3} = I_{RC1} + I_{B2}$$

لکھا جاسکتا ہے۔ پہلے راستے پر

$$(3.232) \quad V_{C1} = V_{B2} = 10 - I_{RC1}R_{C1} = 10 - 5000I_{RC1}$$

جبکہ دوسرا راستے پر

$$(3.233) \quad V_{C1} = V_{B2} = 10 - I_{E2}R_{E2} - V_{EB2}$$

$$10 - (\beta + 1) I_{B2}R_{E2} - V_{EB2}$$

$$= 10 - (99 + 1) \times I_{B2} \times 500 - 0.7$$

$$= 9.3 - 50000I_{B2}$$

حاصل ہوتا ہے۔ مندرجہ بالین مساوات کو حل کرتے ہیں۔ مساوات ۳.۲۲۲ اور ۳.۲۳۳ کو اپنے لکھتے ہیں۔

$$10 - 5000I_{RC1} = 9.3 - 50000I_{B2}$$

$$5000I_{RC1} - 50000I_{B2} - 0.7 = 0$$

مساوات ۳.۲۳۱ سے  $I_{RC1}$  کو حاصل کرتے ہوئے اس مساوات میں پڑکتے ہیں

$$5000 \left( 0.94875 \times 10^{-3} - I_{B2} \right) - 50000I_{B2} - 0.7 = 0$$

جسے

$$I_{B2} = 73.5 \mu\text{A}$$

حاصل ہوتا ہے۔ یوں

$$I_{E2} = (\beta + 1) I_{B2} = 7.35 \text{ mA}$$

$$I_{C2} = \alpha I_{E2} = 7.28 \text{ mA}$$

$$I_{RC1} = I_{C1} - I_{B2} = 0.94875 \text{ mA} - 73.5 \mu\text{A} = 0.87525 \text{ mA}$$

$$V_{B2} = V_{CC} - I_{RC1}R_{C1} = 10 - 0.87525 \times 10^{-3} \times 5000 = 5.62 \text{ V}$$

حاصل ہوتے ہیں۔  $Q_2$

$$V_{E2} = V_{B2} + V_{EB2} = 5.62 + 0.7 = 6.32 \text{ V}$$

$$V_{C2} = -5 + I_{C2}R_{C2} = -5 + 7.28 \times 10^{-3} \times 1200 = 3.736 \text{ V}$$

$$V_{EC2} = V_{E2} - V_{C2} = 6.32 - 3.736 = 2.584 \text{ V}$$

حاصل ہوتے ہیں۔ یوں  $Q_2$  افنسائز ہے اور حاصل کردہ جو بات درست ہوں گے اسی مثال کو یوں جلدی حل کیا جاتا ہے۔  $I_C \approx I_E$

$$I_{C1} \approx I_{E1} = 0.95833 \text{ mA}$$

حاصل ہوتا ہے۔ جیسے شکل ۳.۱۸ ب میں دکھایا گیا ہے،  $R_{E2}$  کا عسکر ٹرانزسٹر  $Q_2$  کے بیس جانب نظر آتا ہے جو  $R_{C1}$  کے موازی جوڑ ہے۔ یوں ان کا مجموعہ

$$\frac{(\beta + 1) R_{E2} R_{C1}}{(\beta + 1) R_{E2} + R_{C1}} = 4.545 \text{ k}\Omega$$

حاصل ہوتا ہے جس سے  $I_{C1}$  گزرتا ہے۔ یوں

$$V_{C1} = V_{B2} = V_{CC} - 4545 \times 0.95833 \times 10^{-3} = 5.644 \text{ V}$$

حاصل ہوتا ہے۔ یوں

$$V_{E2} = V_{B2} + V_{EB2} = 5.644 + 0.7 = 6.344 \text{ V}$$

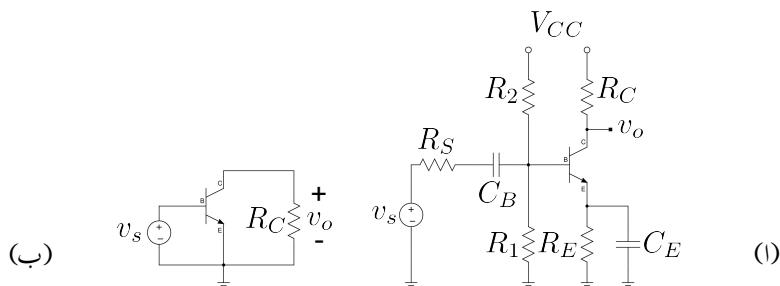
$$I_{E2} = \frac{V_{CC} - V_{E2}}{R_{E2}} = \frac{10 - 6.344}{500} = 7.312 \text{ mA}$$

$$V_{C2} = -5 + I_{E2} R_{C2} = -5 + 7.312 \times 10^{-3} \times 1200 = 3.774 \text{ V}$$

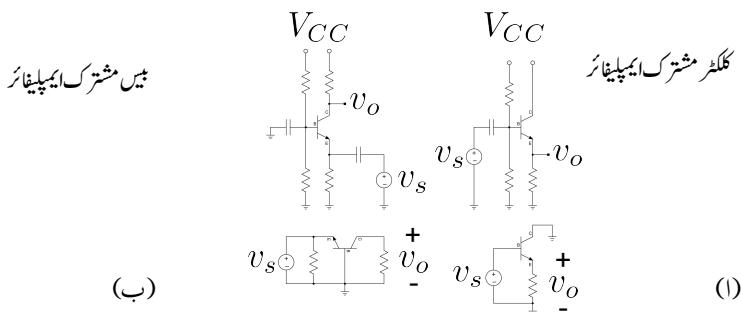
$$V_{EC2} = V_{E2} - V_{C2} = 6.344 - 3.774 = 2.57 \text{ V}$$

### ۳.۱۹ ایمپلیفیاٹر مشرک کے، گلکٹر مشرک کے اور بیس مشرک کے ایمپلیفیاٹر

شکل الف میں ایمپلیفیاٹر دکھایا گیا ہے۔ شکل ب میں ٹرانزسٹر مائل کرنے والے رکن نہ دکھاتے ہوئے اسی کا بدلتارو شکل دکھایا گیا ہے جہاں کپیٹروں اور یک سمت برقی دباؤ  $V_{CC}$  کو قصر دور تصور کیا گیا ہے۔ مزید داخلی اشارے کی مسماحت  $R_S$  کو بھی نظر انداز کیا گیا ہے تاکہ اصل نقطے پر نظر رکھنا زیادہ آسان ہو۔ اسک شکل سے صاف ظاہر ہے کہ داخلی اشارے کو ٹرانزسٹر کے بیس B اور یمپلیفیاٹر E کے مابین مہیا کیا گیا ہے جبکہ خارجی اشارے کو گلکٹر C اور یمپلیفیاٹر E کے مابین سے حاصل کیا جاتا ہے۔ یوں ٹرانزسٹر کا یمپلیفیاٹر مشرک کے سرا ہے۔ اسی سے اس طرز کے ایمپلیفیاٹر کو مشترکہ ایمپلیفیاٹر یا یمپلیفیاٹر مشترک کے ایمپلیفیاٹر ۵۷ پکارا جاتا ہے۔ اگر شکل الف میں کپیٹر  $C_E$  استعمال نہ کیا جاتا تو ٹرانزسٹر کا یمپلیفیاٹر رسمیں پر نہ ہوتا اور شکل ب میں داخلی اشارہ بیس اور برقی ز میں کے مابین مہیا کیا جاتا۔ ایسی صورت میں بھی اسے ایمپلیفیاٹر کے ایمپلیفیاٹر مشرک کے ایمپلیفیاٹر کے سمجھا جاتا ہے۔ اس باب میں اب تک جتنے ایمپلیفیاٹر دیکھے گے وہ تمام ایمپلیفیاٹر مشرک کے ایمپلیفیاٹر تھے۔



شکل ۱۹. ۳: بکٹر مشترک ایپلیفائر



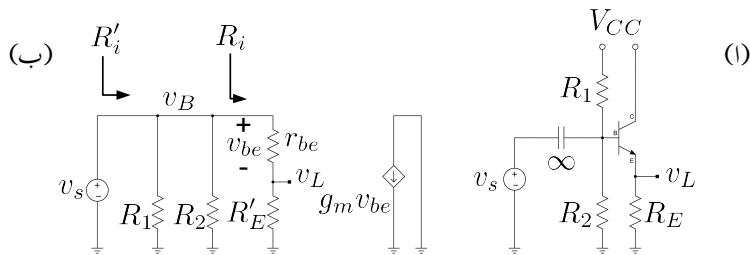
شکل ۲۰. ۳: نیس مشترک اور گلشن مشترک ایپلیفائر

شکل ۲۰. ۳. الف میں کلکٹر مشترک<sup>۵۵</sup> اور اس کے نیچے اس کا مساوی باریک اشاراتی دور جبکہ شکل ب میں بیٹھ مشترک<sup>۵۶</sup> ایپلیفائر اور اس کے نیچے اس کا مساوی اشاراتی مساوی دور دکھائے گئے ہیں۔ ان ایپلیفائر میں بھی اگر مشترک کہ سرے اور بر قی زمین کے مابین مسمات وغیرہ نسب ہوتا، انہیں تب بھی انہیں ناموں کے پکارا جاتا۔

مثال ۳.۵۳: شکل ۲۰. ۳ میں

$$R_1 = 100\text{ k}\Omega, \quad R_2 = 10\text{ k}\Omega, \quad R_E = 1\text{ k}\Omega \\ r_{be} = 1\text{ k}\Omega, \quad \beta = 99$$

common collector<sup>۵۵</sup>  
common base<sup>۵۶</sup>



شکل ۱۲۔ گلکٹر مشر کے

حکل: شکل بے میں مساوی باریکے اشاراتی، دکھایا گیا ہے جہاں  $R'_E$  ٹرانزسٹر کے میں حساب کا کسی بھی  $(\beta + 1) R_E$  ہے۔ یہاں

$$\begin{aligned} A_v &= \frac{v_L}{v_s} = \frac{v_L}{v_B} \times \frac{v_B}{v_s} \\ &= \frac{R'_E}{r_{be} + R'_E} \\ &= \frac{(99 + 1) \times 1000}{1000 + (99 + 1) \times 1000} \\ &= 0.99 \frac{\text{V}}{\text{V}} \approx 1 \frac{\text{V}}{\text{V}} \end{aligned}$$

جسکے

$$R_i = r_{be} + R'_E = 1000 + 100000 = 101 \text{ k}\Omega$$

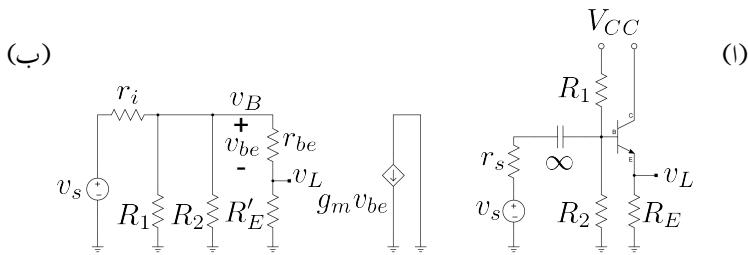
اور

$$\begin{aligned} R'_i &= R_1 \parallel R_2 \parallel R_i \\ &= R_1 \parallel R_2 \parallel (\beta + 1) R_E \end{aligned}$$

میں

$$\begin{aligned} \frac{1}{R'_i} &= \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_i} \\ &= \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{r_{be} + (\beta + 1) R_E} \end{aligned}$$

$$R'_i = 8.34 \text{ k}\Omega$$



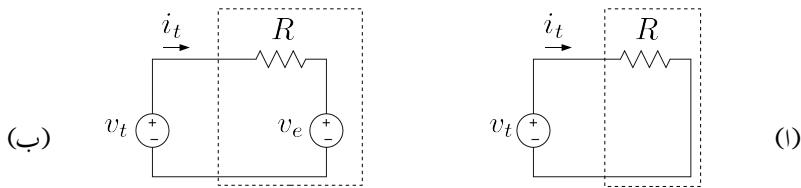
شکل ۳.۱۲۲: مکٹر مشترک کی دوسری مثال

بی۔

مثال ۳.۵۲: شکل ۳.۱۲۲ میں  $r_i = 5 \text{ k}\Omega$  ہے جبکہ بقایا تمام متغیرات مثال ۳.۵۳ کی ہیں۔  
حاصل کریں۔  
حل: شکل بے

$$\begin{aligned}
 A_v &= \frac{v_L}{v_s} = \frac{v_L}{v_B} \times \frac{v_B}{v_s} \\
 &= \frac{R'_E}{r_{be} + R'_E} \times \frac{R_1 \parallel R_2 \parallel (r_i + R'_E)}{r_i + [R_1 \parallel R_2 \parallel (r_{be} + R'_E)]} \\
 &= \frac{100000}{1000 + 100000} \times \frac{8367}{5000 + 8367} \\
 &= 0.99 \times 0.6259 \\
 &= 0.619 \frac{\text{V}}{\text{V}}
 \end{aligned}$$

مثال ۳.۵۳ میں ہم نے دیکھا کہ مکٹر مشترک کے ایپلیناٹ کی افزاں برقرار رکھنے والے تقریباً ایک کے برابر ہے۔ یوں ہم کہہ سکتے ہیں کہ حنارتی اشارہ خوش اسلوبی سے داخلی اشارے کی پسروی کرتا ہے۔ اسی سے اسکے ایپلیناٹ کو پچھلے وکار ۲۴ پہنچ پکارا جاتا ہے۔ ہم نے یہ بھی دیکھا کہ  $R_1$  اور  $R_2$  کی وجہ سے داخلی مزاحمت  $101 \text{ k}\Omega$  سے کم ہو کر صرف  $8.34 \text{ k}\Omega$  رہ گئی۔ مثال ۳.۵۲ میں اسی کی وجہ سے افزاں بہت کم ہو گئی۔ آئیں داخلی مزاحمت بڑھانے کا ایک طریقہ دیکھیں۔



شکل ۳.۱۲۳۔ داخلی مزاحمت بڑھانے کا طریقہ

شکل ۳.۱۲۳۔ الف میں نقطہ دار لکسیر میں بند دور کا دادا خلی مزاحمت حاصل کرنے کی حالت میں پر برق دباؤ لگ کی جاتی ہے۔ بر قی رو  $i_t$  کو کردا خلی مزاحمت  $\frac{v_t}{i_t}$  سے حاصل کی جاتی ہے۔ اس دور میں ہم جانتے ہیں کہ  $i_t = \frac{v_t}{R}$  ناپی جائے گی جس سے دادا خلی مزاحمت کی قیمت  $R$  حاصل ہوتی ہے۔ آئیں یہی طریقہ شکل ب کے دور پر استعمال کرتے ہوئے اس کا دادا خلی مزاحمت حاصل کریں۔  $v_t$  لگ کرنے سے  $\frac{v_t - v_e}{R}$  بر قی رو ناپا جائے گا۔ تصور کریں کہ کسی طریقے سے  $v_e = 0.9v_t$  کے برابر ہتے ہیں۔ یوں

$$i_t = \frac{v_t - 0.9v_t}{R} = \frac{0.1v_t}{R}$$

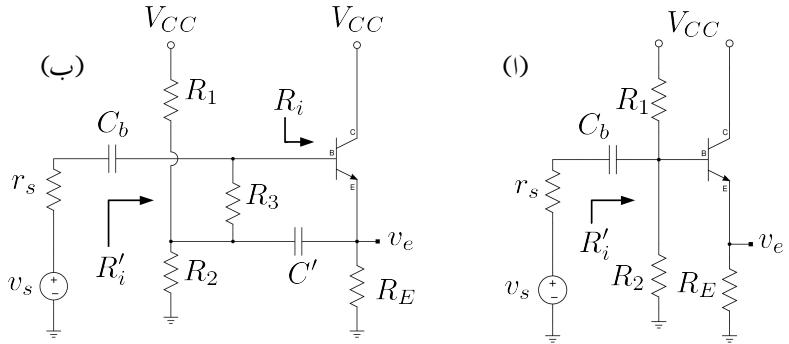
ناپی جائے گی جس سے دادا خلی مزاحمت

$$\frac{v_t}{i_t} = \frac{R}{0.1} = 10R$$

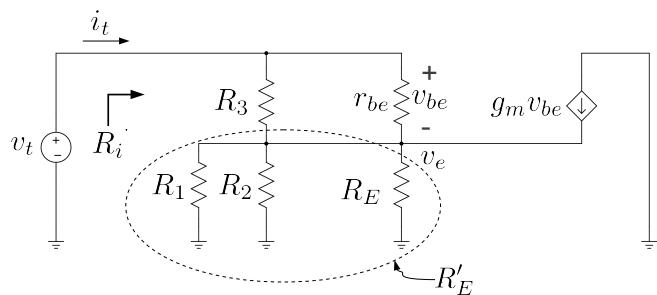
حاصل ہوتا ہے۔ آپ نے دیکھ کر نقطہ دار لکسیر میں پائے جانے والے بر قی دباؤ  $v_e$  کی وجہ سے دادا خلی مزاحمت دس آگنیاں ہوئی ہے۔ اگر  $v_t = 0.99v_e$  ہو تو اس کا دادا خلی مزاحمت سو گن بڑھ جاتی۔ ہم جانتے ہیں کہ گلکشہ مشترک ایپلیفائر کی افسزاں تقدیریاً ایک کے برابر ہے یوں اس کے لئے پر  $v_e$  تقدیریاً اس کے بیس پر  $v_t$  کے برابر ہوتا ہے۔ اس حقیقت کو استعمال کرتے ہوئے گلکشہ مشترک ایپلیفائر کی دادا خلی مزاحمت بڑھائی جا سکتی ہے۔ آئیں مندرجہ ذیل مثال میں ایسا ہوتے دیکھیں۔

مثال ۳.۵۵: شکل ۳.۱۲۳۔ الف میں گلکشہ مشترک ایپلیفائر دکھایا گیا ہے جس میں کچھ تبدیلی کرتے ہوئے شکل ب حاصل کی گئی ہے۔ ثابت کریں کہ شکل ۳.۱۲۳ ب میں دکھائے گئے دور سے دادا خلی مزاحمت  $R_i$ ' کی وجہ جاتی ہے۔ دونوں اشکال میں

$$R_1 = 10\text{ k}\Omega, \quad R_2 = 1\text{ k}\Omega, \quad R_E = 1\text{ k}\Omega \\ R_3 = 10\text{ k}\Omega, \quad r_{be} = 1\text{ k}\Omega, \quad \beta = 99$$



شکل ۱۲۴: مکٹر مشترک کا داخلی مزاجت پڑھایا گیا ہے



شکل ۱۲۵: مساوی دور

حل: شکل ۳.۱۲۵ میں مساوی باریکے اشاراتی ورود کھایا گیا ہے۔ جو  $v_e$  پر کرخونے کے قانون برائے برقی رو

$$(3.123) \quad \frac{v_e - v_t}{R_3} + \frac{v_e - v_t}{r_{be}} + \frac{v_e}{R_1} + \frac{v_e}{R_2} + \frac{v_e}{R_E} = g_m (v_t - v_e)$$

لکھا جا سکتا ہے۔ شکل میں  $R'_E$  کو  $R_1 \parallel R_2 \parallel R_E$  کے طبق

$$\frac{1}{R'_E} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_E}$$

لکھتے ہوئے مساوات ۳.۱۲۳ کو یہ

$$\frac{v_e - v_t}{R_3} + \frac{v_e - v_t}{r_{be}} + \frac{v_e}{R'_E} = g_m (v_t - v_e)$$

یعنی

$$v_e \left( \frac{1}{R_3} + \frac{1}{r_{be}} + \frac{1}{R'_E} + g_m \right) = v_t \left( \frac{1}{R_3} + \frac{1}{r_{be}} + g_m \right)$$

لکھتے ہوئے

$$v_e = \left( \frac{\frac{1}{R_3} + \frac{1}{r_{be}} + g_m}{\frac{1}{R_3} + \frac{1}{r_{be}} + \frac{1}{R'_E} + g_m} \right) v_t$$

حاصل کرتے ہیں۔ مساوات ۳.۱۸۸ کے استعمال سے اسے یوں لکھا جا سکتا ہے۔

$$\begin{aligned} v_e &= \left( \frac{\frac{1}{R_3} + \frac{1}{r_{be}} + \frac{\beta}{r_{be}}}{\frac{1}{R_3} + \frac{1}{r_{be}} + \frac{1}{R'_E} + \frac{\beta}{r_{be}}} \right) v_t \\ &= \left( \frac{\frac{1}{R_3} + \frac{\beta+1}{r_{be}}}{\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R'_E} + \frac{\beta+1}{r_{be}}} \right) v_t \end{aligned}$$

شکل سے ہم دیکھتے ہیں کہ

$$\begin{aligned} i_t &= \frac{v_t - v_e}{R_3} + \frac{v_t - v_e}{r_{be}} \\ &= (v_t - v_e) \left( \frac{1}{R_3} + \frac{1}{r_{be}} \right) \end{aligned}$$

کے برابر ہے۔  $v_e$  کی قیمت پر کرنے سے

$$\begin{aligned} i_t &= \left[ v_t - \left( \frac{\frac{1}{R_3} + \frac{\beta+1}{r_{be}}}{\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R'_E} + \frac{\beta+1}{r_{be}}} \right) v_t \right] \left( \frac{1}{R_3} + \frac{1}{r_{be}} \right) \\ &= \left[ \frac{\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R'_E} + \frac{\beta+1}{r_{be}} - \frac{1}{R_3} - \frac{\beta+1}{r_{be}}}{\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R'_E} + \frac{\beta+1}{r_{be}}} \right] \left( \frac{1}{R_3} + \frac{1}{r_{be}} \right) v_t \\ &= \left[ \frac{\frac{1}{R_3} + \frac{1}{r_{be}}}{R'_E \left( \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R'_E} + \frac{\beta+1}{r_{be}} \right)} \right] v_t \end{aligned}$$

یعنی

$$\frac{v_t}{i_t} = \frac{\frac{R'_E}{R_3} + 1 + \frac{(\beta+1)R'_E}{r_{be}}}{\frac{1}{R_3} + \frac{1}{r_{be}}}$$

حاصل ہوتا ہے جس سے

$$(3.235) \quad R'_i = \frac{v_t}{i_t} = \frac{\frac{r_{be}R'_E}{R_3} + r_{be} + (\beta+1)R'_E}{\frac{r_{be}}{R_3} + 1}$$

حاصل ہوتا ہے۔ چونکہ  $R'_i$  کو یہیں لکھا جاتا ہے۔

$$(3.236) \quad R'_i \approx \frac{r_{be}R'_E}{R_3} + r_{be} + (\beta+1)R'_E$$

اس کے برعکس شکل ۳.۱۲۳ اف سے داحتی مزاحمت کی قیمت

$$R_1 \parallel R_2 \parallel \left[ r_{be} + (\beta+1)R_E \right]$$

حاصل ہوتی ہے جو ہر صورت میں  $r_{be} + (\beta+1)R_E$  کے لئے دی گئی قیمتیں پر کرنے سے شکل ۳.۱۲۳ اف کے لئے

$$R_1 \parallel R_2 \parallel \left[ r_{be} + (\beta+1)R_E \right] = 900 \Omega$$

جبکہ دی گئی قیمتوں سے  $R'_E = 476 \Omega$  حاصل کرتے ہوئے شکل ب میں

$$\begin{aligned} R'_i &= \frac{\frac{r_{be}R'_E}{R_3} + r_{be} + (\beta + 1) R'_E}{\frac{r_{be}}{R_3} + 1} \\ &= \frac{\frac{1000 \times 476}{10000} + 1000 + (99 + 1) 476}{\frac{1000}{10000} + 1} \\ &= \frac{47.6 + 1000 + 47600}{0.1 + 1} \\ &= 44.2 \text{ k}\Omega \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے جو کہ سادہ ٹرانزسٹر کے ایپلیناٹر کی  $900 \Omega$  کے داخلی مزاحمت سے بہت زیاد ہے۔ اس جواب سے یہ حقیقت بھی سامنے آتی ہے کہ  $\frac{r_{be}R'_E}{R_3}$  کو نظر انداز کیا جاسکتا ہے لہذا مساوات کو ۳.۲۳۶ کو

$$(3.237) \quad R'_i \approx r_{be} + (\beta + 1) R'_E$$

لکھا جاسکتا ہے۔ اس مساوات کو یاد رکھنا نہایت آسان ہے۔ شکل ۳.۱۲۳ ب کو دیکھتے ہوئے صاف ہے کہ  $R'_i$  دراصل دو متوازی جبڑے مزاجتوں کا مجموعہ ہے۔ اس کا ایک حصہ  $R_3$  اور اس کے ساتھ مسلک اجزاء جبکہ اس کا دوسرا حصہ ٹرانزسٹر کے تیس پر داخلی مزاحمت  $i_R$ ۔ چونکہ  $R_3$  کے دونوں سرروں پر تقدیریباً برابر برقی دباؤ رہتا ہے لہذا اس کی مزاحمت کو لامحدود تصور کرتے ہوئے نظر انداز کیا جاتا ہے۔ یوں داخلی مزاحمت  $R'_i$  اور  $R_E$  برابر ہوں گے۔  $C'$  کو قصر دور تصور کرتے ہوئے ہم دیکھتے ہیں کہ ٹرانزسٹر کے بیٹر پر کل  $R_E \parallel R_1 \parallel R_2 \parallel R'_i$  یعنی  $R'_i$  مزاحمت نسب ہے۔ یوں ٹرانزسٹر کے تیس پر داخلی مزاحمت  $r_{be} + (\beta + 1) R'_E$  ہو گی جو مطلوب جواب ہے۔

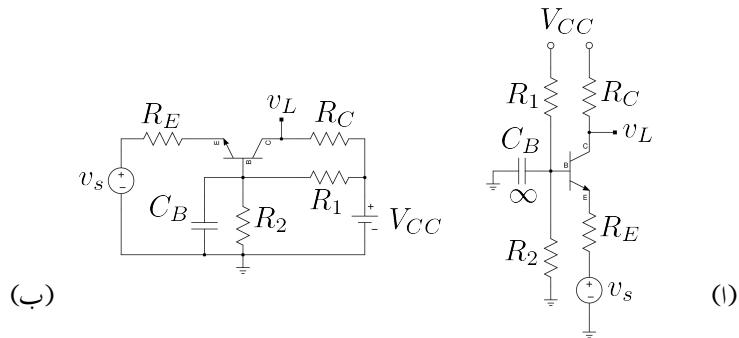
مثال ۳.۵۶: شکل ۳.۱۲۶ اف میں تیس مثتر کے ایپلیناٹر کھایا گیا ہے۔ اسے عموماً شکل ب کے طرز پر بنایا جاتا ہے جہاں داخلی جبانب کو باقی ہاتھ اور حنارتی جبانب کو دائیں ہاتھ پر رکھا گیا ہے۔  $A_i = \frac{i_L}{i_s}$  اور  $A_v = \frac{v_L}{v_s}$  حاصل کریں۔

حل: شکل ۳.۱۲۷ میں ٹرانزسٹر کا لٹھ ریاضی نمونہ استعمال کرتے ہوئے اس کا باریک اشاراتی مساوی دور دکھایا گیا ہے۔ صفحہ ۲۸۷ پر شکل ۲.۷ میں لٹھ ریاضی نمونہ دکھایا گیا ہے۔ تیس مثتر کے ایپلیناٹر کو لٹھ ریاضی نمونہ سے حل کرنا زیادہ آسان ثابت ہوتا ہے۔ اس شکل میں

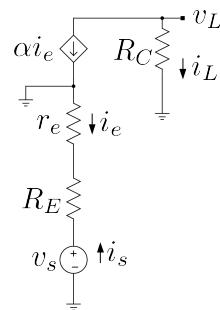
$$i_s = \frac{v_s}{R_E + r_e}$$

ہے۔ یوں

$$i_e = -i_s = -\frac{v_s}{R_E + r_e}$$



شکل ۳.۱۲۶: ہیس مشترک ایپلیناٹر



شکل ۳.۱۲۷: ہیس مشترک ایپلیناٹر باریکے اشاراتی مساوی دور

اور

$$i_c = \alpha i_e = -\frac{\alpha v_s}{R_E + r_e}$$

ہوں گے جس سے

$$v_L = -i_c R_C = \frac{\alpha R_C v_s}{R_E + r_e}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اس طرح

$$A_v = \frac{v_L}{v_s} = \frac{\alpha R_C}{R_E + r_e}$$

ہو گا۔  
چونکہ

$$i_L = -i_c = -\alpha i_e = \alpha i_s$$

ہے لہذا

$$A_i = \frac{i_L}{i_s} = \alpha$$

حاصل ہوتا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ یہ مثتر کے ایک پلینافور برقی دباؤ کی اندازائش کر پاتا ہے جبکہ اس کی برقی روکی اندازائش  $\alpha$  کے برابر ہے۔

---

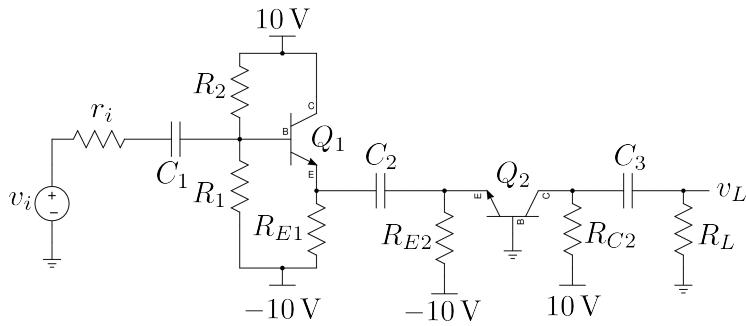
**مثال ۳.۵.۲۸:** شکل ۳.۱۲۸ میں یہ مرکزی مثتر کے اور یہ مثتر کے کا زنجیری ایک پلینافور دکھایا گیا ہے جس میں

$$\begin{aligned} R_1 &= 20 \text{ k}\Omega, & R_2 &= 160 \text{ k}\Omega, & R_{E1} &= 1 \text{ k}\Omega \\ R_{E2} &= 9.3 \text{ k}\Omega, & R_{C2} &= 5 \text{ k}\Omega, & R_L &= 5 \text{ k}\Omega \\ r_i &= 1 \text{ k}\Omega \end{aligned}$$

یہ جبکہ ٹرانزسٹر کا  $\beta = 99$  ہے۔  $A_v = \frac{v_L}{v_i} = \frac{99}{1}$  حاصل کریں۔ تمام کمیٹر وں کی قیمت لاحظہ دو و تصور کریں۔  
حل: پہلے یہ سمت تغیرات حاصل کرتے ہیں۔ ایسا کرتے ہوئے تمام کمیٹر کھلے دور کردار ادا کریں گے۔ یوں دونوں ایک پلینافور کو نکسل طور پر علیحدہ سمجھ کر حل کی جائے گا۔ پہلے  $Q_1$  پر مبنی یہ مرکزی مثتر کے کو حل کرتے ہیں۔

$$V_{BB1} = \left( \frac{10 + 10}{20000 + 160000} \right) \times 20000 - 10 = -7.777 \text{ V}$$

$$R_{B1} = \frac{20000 \times 160000}{20000 + 160000} = 17.778 \text{ k}\Omega$$



شکل ۳.۱۸: بھر مشترک اور بیس مشترک کا زنجیری ایمپلینافر

اور یوں

$$I_{C1} \approx I_{E1} = \frac{-7.777 - 0.7 + 10}{\frac{17778}{99+1} + 1000} = 1.29 \text{ mA}$$

$$g_{m1} = \frac{I_C}{V_T} = \frac{1.29 \times 10^{-3}}{25 \times 10^{-3}} = 51.6 \text{ mS}$$

$$r_{be1} = \frac{\beta + 1}{g_m} = \frac{99 + 1}{0.0516} = 1938 \Omega$$

حاصل ہوتے ہیں۔ اب  $Q_2$  پر مبنی بیس مشترک کو حل کرتے ہیں۔

$$I_C \approx I_{E2} = \frac{V_B - V_{BE} - V_{EE}}{R_E} = \frac{0 - 0.7 + 10}{9300} = 1 \text{ mA}$$

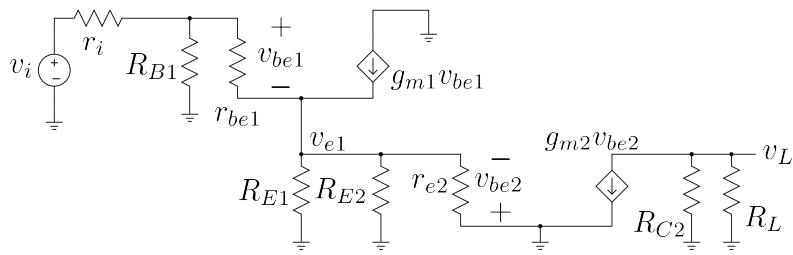
اور یوں

$$g_{m2} = \frac{1 \times 10^{-3}}{25 \times 10^{-3}} = 40 \text{ mS}$$

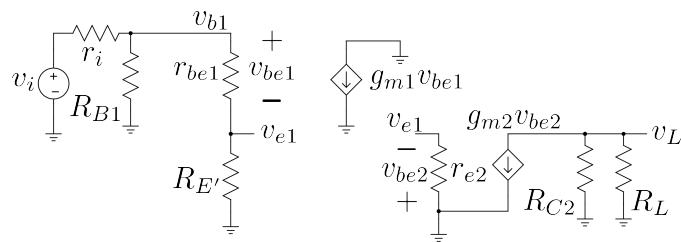
$$r_{e2} \approx \frac{1}{g_{m2}} = \frac{1}{0.04} = 25 \Omega$$

حاصل ہوتے ہیں۔

بھر مشترک کے لئے پائے ریاضی نوونے جبکہ بیس مشترک کے لئے لٹر ریاضی نوونے کے طرز پر ہناتے ہوئے زنجیری ایمپلینافر کا باریکے اشاراتی مساوی دور شکل ۳.۲۹ میں دکھایا گیا ہے۔  $R_{E2}, R_{E1}$  اور  $r_{e2}$  متوالی حبڑے ہیں جن کا مساوی مزاجمت  $\Omega = 24 \Omega$  ہے۔ اس کو  $(\beta + 1)$  سے ضرب دیتے ہوئے بھر مشترک کے پائے ریاضی نوونے میں داخلی اور خارجی دائروں کو علیحدہ کیا جاسکتا ہے۔ ایسا کرتے ہوئے شکل ۳.۳۰ کا



شکل ۳.۱۲۹: بڑا نسٹر کے اور تیس نسٹر کے مابین مختصر کے کامنے کا مساوی باریکے اشاراتی دور



شکل ۳.۱۳۰

حاصل ہوتا ہے جہاں  $R'_E = 2.4 \text{ k}\Omega$  کو کہا گیا ہے۔ مگر  $R'_E$  کو  $(\beta + 1) \times 24$  یوں

$$A_v = \frac{v_L}{v_i} = \frac{v_L}{v_{be2}} \times \frac{v_{be2}}{v_{e2}} \times \frac{v_{e2}}{v_{b1}} \times \frac{v_{b1}}{v_i}$$

کہا جاسکتا ہے۔ شکل کو دیکھتے ہوئے

$$\frac{v_L}{v_{be2}} = -g_{m2} (R_C \parallel R_L) = -0.04 \left( \frac{5000 \times 5000}{5000 + 5000} \right) = -100$$

$$\frac{v_{be2}}{v_{e2}} = -1$$

$$\frac{v_{e2}}{v_{b1}} = \frac{R'_E}{r_{be1} + R'_E} = \frac{2400}{1938 + 2400} = 0.553$$

کہا جاسکتا ہے۔

$$R_{B1} \parallel (r_{be1} + R'_E) = \frac{17778 \times (1938 + 2400)}{17778 + 1938 + 2400} = 3487 \Omega$$

لیتے ہوئے

$$\frac{v_{b1}}{v_i} = \frac{3487}{r_i + 3487} = \frac{3487}{1000 + 3487} = 0.777$$

حاصل ہوتا ہے۔ یوں

$$A_v = (-100)(-1) \times 0.553 \times 0.777 = 43 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

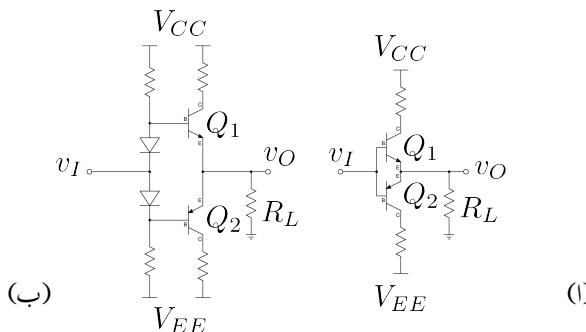
حاصل ہوتا ہے۔

### ۳.۲۰ خطی لحاظ سے ایمپلیفائر کی درجہ بندی

اب تک تمام ایمپلیفائر میں ٹرانزسٹر کے نقطہ کار کر دیگی کو یوں رکھا گیا کہ ٹرانزسٹر تمام اور تاتھی خط میں رہے۔ ایسا ایمپلیفائر جو  $360^\circ$  زاویے کے اشارے کو بڑھانے کی صلاحیت رکھتا ہے درجہ الف<sup>۵۸</sup> کا ایمپلیفائر کہلاتا ہے۔ داخلی اشارے کے عدم موجودگی میں بھی ایسے ایمپلیفائر میں  $I_{CQ}$  میں برقرار گزرتی ہے جس سے ٹرانزسٹر میں طاقت کا ضیاء پایا جاتا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ بیئری سے چلنے والے آلات کے لئے ایسا قطعہ اقبال میں  $V_{CEQ} I_{CQ}$  میں وظیفہ نہیں۔<sup>۵۹</sup>

<sup>۵۸</sup> آپ کبھی نہیں چاہیں گے کہ آپ کے موبائل کی بیئری بغیر استعمال کے ختم ہو جائے۔

class A<sup>۵۹</sup>



شکل ۳.۱۳۱: درجہ ب ایکلینیاٹر

ٹرانزسٹر کے نقطہ کار کردگی کو پہلو مرحلہ  $V_{CEQ}$  سے فتدر نیچے رکھنے سے  $I_{CQ} \approx 0$  ٹرانزسٹر کی صورت میں، مشتبہ اشارے کی موجودگی میں ٹرانزسٹر چالو ہوتا ہے اور ایکلینیاٹر کام کرننا شروع کر دیتا ہے جبکہ منقی اشارے کی صورت میں ٹرانزسٹر منقطع رہتا ہے اور یوں ایسا ایکلینیاٹر منقی اشارہ بڑھانے کی صلاحیت نہیں رکھتا۔  $pnp$  ٹرانزسٹر کی صورت میں ایسا ایکلینیاٹر صرف منقی اشارے کو بڑھانے کی صلاحیت رکھتا ہے۔ ایسا ایکلینیاٹر جو  $180^\circ$  زاویے پر اشارہ بڑھانے کے درجہ پر  $180^\circ$  ایکلینیاٹر کہلاتا ہے۔

شکل ۳.۱۳۱الف میں دو عدد درجہ ب ایکلینیاٹر جوڑتے ہوئے ایک ایسا ایکلینیاٹر تخلیق دیا گیا ہے جو  $360^\circ$  زاویے پر کام کرتا ہے۔ داخنی اشارے کی عدم موجودگی میں  $V_{BE} = 0V$  ہوتا ہے۔ یوں دونوں ٹرانزسٹر منقطع رہتے ہیں اور ان میں طاقت کا خیال نہیں پایا جاتا۔ مشتبہ اشارے کی صورت میں  $Q_1$  چالو ہوتا ہے جبکہ منقی اشارے کی صورت میں  $Q_2$  چالو ہوتا ہے۔ یوں  $v_O \approx 0.7V$  حاصل ہوتا ہے۔ اگر داخنی اشارہ کے کم ہوتے تو ٹرانزسٹر چالوں کا وقت ہو پائیں گے۔ شکل ب میں اس مسئلے کو حل کرنا دکھایا گیا ہے۔ آپ دیکھ کر یہی میں کہ دونوں ڈائوڈ سیدھے مائل ہیں اور یوں ان پر تقریباً  $0.7V$  پایا جائے گا۔ یوں معمولی مشتبہ جیٹ پر ہی  $Q_1$  چالو ہو جائے گا۔ اسی طرح معمولی منقی جیٹ پر  $Q_2$  چالو ہو جائے گا۔

درجہ ب ایکلینیاٹر کے حنارتی اشارے کی شکل بگری ہوتی ہے۔ اس کی شکل درست کرنے کی حناطر درجہ الف اور درجہ ب کی درمیانی صورت اختیار کی جاتی ہے جہاں ایکلینیاٹر  $180^\circ$  سے فتدر زیادہ زاویے تک کام کرے۔ ایسے ایکلینیاٹر کو درجہ الف-ب ایکلینیاٹر کہا جاتا ہے۔

درجہ پر ایکلینیاٹر سے مسرا دیا ایسا ایکلینیاٹر ہے جو  $180^\circ$  سے کم زاویے پر کام کرتا ہو۔ ایسے ایکلینیاٹر انتہائی بلند تعداد  $3^{\text{rd}}$  پر استعمال کئے جاتے ہیں جہاں ٹرانزسٹر کے حنارتی اشارے کی حد برابر  $LC$  کی مدد سے درکار ہے۔ درکار حنارتی اشارہ پر ایسا کام کرے۔ درجہ تھی ایکلینیاٹر سے مسرا دیا ایکلینیاٹر ہے جس میں ٹرانزسٹر بطور سوچ کام کرتا ہو۔ ٹرانزسٹر یا مکمل چالا اور یا

---

class B <sup>۱۰</sup>
class AB <sup>۱۱</sup>
class C <sup>۱۲</sup>
RF <sup>۱۳</sup>
class D <sup>۱۴</sup>

پھر مکمل منقطع رہتا ہے۔

### ۳.۲۱ ٹرانزسٹر سے ڈائیوڈ کا حصول

مختلطف ادوار میں حقیقت میں ڈائیوڈ از خود نہیں بنایا جاتا بلکہ اس کی جگہ ٹرانزسٹر بنایا جاتا ہے اور اس ٹرانزسٹر کے بیس کو ٹلکٹسٹر کے ساتھ جوڑ کر بطور ڈائیوڈ استعمال کیا جاتا ہے۔ شکل ۳.۱۳۲ الف میں npn استعمال کرتے ہوئے ڈائیوڈ حاصل کی گیا ہے۔ ساتھ ہی ڈائیوڈ دکھا کر ٹرانزسٹر سے حاصل ڈائیوڈ کی سمت دکھائی گئی ہے۔ چونکہ ٹرانزسٹر کے بیس اور ٹلکٹسٹر آپس میں جبڑے میں لہذا  $v_{CE} = v_t$  ہو گا اور یہ بالکل ایک ڈائیوڈ کی طرح ہی کردار ادا کرے گا۔ آئین اس ڈائیوڈ کا باریکے اشاراتی داخلی مزاجمت حاصل کریں۔ ایسا کرنے کی خاطر ٹرانزسٹر کے ٹلکٹسٹر اور ٹلکٹسٹر کے مابین  $v_t$  بر قی دباؤ مہیا کرتے ہوئے ان کا حساب لگاتے ہیں۔ ڈائیوڈ کی داخلی مزاجمت  $\frac{v_t}{r_t}$  ہو گی۔ شکل ب میں ٹرانزسٹر کا پائے ریاضی نمونہ استعمال کرتے ہوئے مساوی باریکے اشاراتی دور دکھایا گیا ہے جس کو دیکھ کر ہم لکھ سکتے ہیں

$$i_t = \frac{v_t}{r_{be}} + g_m v_{be}$$

$$v_{be} = v_t$$

جن سے

$$\begin{aligned} i_t &= \frac{v_t}{r_{be}} + g_m v_t \\ &= \left( \frac{1 + g_m r_{be}}{r_{be}} \right) v_t \\ &= \left( \frac{1 + \beta}{r_{be}} \right) v_t \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے جہاں دوسرے دست میں  $g_m r_{be} = \beta$  استعمال کیا گیا ہے۔ یہ

$$(3.۲۳۸) \quad \frac{v_t}{i_t} = \frac{r_{be}}{1 + \beta} = r_e$$

حاصل ہوتا ہے جہاں  $r_e = \frac{r_{be}}{\beta + 1}$  کا استعمال کیا گی۔ اس مساوات سے ڈائیوڈ کا باریکے اشاراتی داخلی مزاجمت  $r_e$  حاصل ہوتا ہے۔ شکل ۳.۱۳۲ الف میں ٹرانزسٹر کے سامنے ٹلکٹسٹر اور ٹلکٹسٹر کے مابین کو  $r_e$  مزاجمت ای کو ظاہر کر رہی ہے۔

مثال ۳.۵۸: ایک ٹرانزسٹر کے ٹلکٹسٹر اور بیس کو آپس میں جوڑ کر ٹرانزسٹر کو بطور ڈائیوڈ استعمال کیا جا رہا ہے۔ اس ٹرانزسٹر میں ۱mA کا یک سمت بر قی روپا یا جاتا ہے۔ اس ڈائیوڈ کی باریکے اشاراتی مزاجمت حاصل کریں۔



شکل ۳.۳۲: ٹرانزسٹر سے ڈائوڈ کا حصول

حل: ۱ mA پر

$$g_m = \frac{I_C}{V_T} = \frac{1 \times 10^{-3}}{25 \times 10^{-3}} = 0.04 \text{ S}$$

$$r_e \approx \frac{1}{g_m} = \frac{1}{0.04} = 25 \Omega$$

حاصل ہوتے ہے لہذا اس ڈائوڈ کا باریک اشارتی داخلی مزاجمت  $\Omega 25$  ہے۔

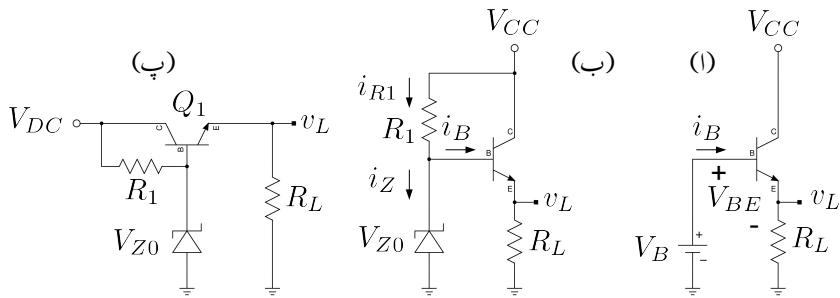
### ۳.۲۲ منبع برقی دباؤ

نحو ۳.۲۰ پر مثال ۲.۲۰ میں آپ نے دیکھا کہ زینتر ڈائوڈ میں برقی روکے تبدیلی کی وجہ سے منع کے برقی دباؤ میں تبدیلی پیدا ہوتی ہے۔ اس حصے میں زینتر ڈائوڈ کے برقی روکے تبدیلی کو کم کرتے ہوئے بہتر منع بنانی جائے گی۔ شکل ۳.۳۳ الف میٹر کے بیٹری ایپلیکیشن ہے جس کے داخلی جابے بیٹری سے  $V_B$  برقی دباؤ ہمیا کی گئی ہے۔ یوں خارجی جابے  $v_L = V_B - V_{BE}$  ہو گا۔ برقی بوجھ  $R_L$  میں برقی روکی قیمت  $i_L = \frac{v_L}{R_L}$  ہو گی اور بیٹری سے برقی روک صصل کی جائے گی۔

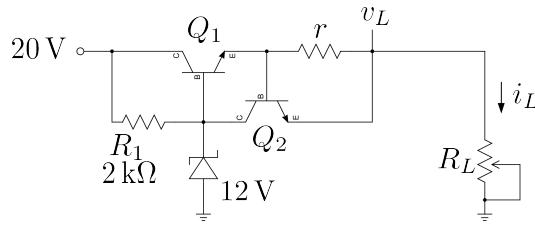
شکل ب میں بیٹری کی جگہ مزاجمت  $R_1$  اور زینتر ڈائوڈ استعمال کیا گیا ہے۔ زینتر ڈائوڈ کو غیر میں تصور کرتے ہوئے ٹرانزسٹر کے بیس پر  $V_{Z0}$  برقی دباؤ پایا جائے گا اور یوں  $v_L = V_{Z0} - V_{BE}$  ہو گا۔ اسی طرح کی صورت میں  $i_L = 0 A$  اور یوں  $i_B = \frac{i_L}{\beta+1} = 0 A$  ہو گا۔

$$(3.239) \quad i_{R1} = \frac{V_{CC} - V_{Z0}}{R_1}$$

ہو گا۔  $i_B = 0 A$  کی صورت میں کرخوف کے مت نون برائے برقی روکے  $i_Z = i_{R1} < i_{R1} = i_B + i_Z$  ہے۔ اب حاصل  $i_{R1} > R_L > 0 \Omega$  سے زیادہ نہیں ہے۔ اب یہی



شکل ۳.۳۳: مشترک کم بثربطور منبع برقی دباؤ



شکل ۳.۳۴: زانز سڑھ سے حاصل منبع برقی دباؤ

مندرجہ بالامساوات سے ہی حاصل ہوگی۔ البتہ  $i_B = \frac{i_L}{\beta + 1}$  اور  $i_L = \frac{v_L}{R_L}$  ہوں گے۔ یوں

$$\begin{aligned} i_Z &= i_{R1} - i_B \\ &= \frac{V_{CC} - V_{Z0}}{R_1} - \frac{i_L}{\beta + 1} \end{aligned}$$

ہو گا۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ  $v_L$  کی قیمت کا دار و مدار صرف زینست ڈائوڈ کے برقی دباؤ پر ہے۔ یوں اس دور کو بطور منبع برقی دباؤ<sup>۱۵</sup> استعمال کیا جاسکتا ہے۔ اس دور کو بطور منبع برقی دباؤ استعمال کرتے ہوئے شکل ۳.۳۴ کے طرز پر بنایا جاتا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ  $i_L$  میں  $\Delta i_L$  تبدیلی سے  $i_B$  میں صرف  $\frac{\Delta i_L}{\beta + 1}$  تبدیلی رونما ہوگی۔  $\beta = 99$  کی صورت میں  $i_L$  کے تبدیلی کو سو گناہم کر دیا گیا ہے۔ یوں زینست ڈائوڈ کے برقی دباؤ میں بھی سو گناہم کر دیا گیا ہوگی۔ جس سے زینست ڈائوڈ پر پائے جبائے والے برقی دباؤ میں بھی سو گناہم ہو گی۔

شکل ۳.۳۴ میں اگر  $R_L$  کی مسازھت نہیں ہے۔ کم کر دی جائے یا منبع کے خارجی جانب کو برقی زمین میں کے ساتھ قصر دور کر دیا جائے تو ایسی صورت میں ٹرانزسٹر کے جلنے کا امکان ہو گا۔ ایسی صورت سے بچنے کی حفاظت

<sup>۱۵</sup> voltage source

منبع کے حنارجی برقی روکی حد مقرر کر دی جاتی ہے۔ اس حد سے کم برقی روکی صورت میں منبع بالکل عام حالت کی طرح کام کرتے ہوئے مقرر برقی دباؤ بھی کرتی ہے البتہ جیسے ہی برقی روکی حد سے تجاوز کرنے کی کوشش کرے، منبع حنارجی برقی دباؤ کو گھٹا کر برقی حد کے اندر رکھتی ہے۔ شکل۔ ۳.۱۳۴ میں ٹرانزسٹر  $Q_2$  اور مزاحمت  $i_L$  مقصود کی حساطر منبع میں نسبت لئے گئے ہیں۔

برقی روکی  $i_L$  مزاحمت  $i_L$  میں گزرتے ہوئے اس پر  $i_{Lr}$  برقی دباؤ پیدا کرے گا جو در حقیقت  $Q_2$  کا  $V_{BE}$  کی قیمت تقریباً  $0.5\text{V}$  سے کم رہے اس وقت تک  $Q_2$  منقطع رہے گا اور اس کا کسی قلم کا کوئی کردار نہیں ہو گا۔ البتہ اگر  $i_L$  بڑھتے ہوئے اتنی ہو جائے کہ  $V_{BE} \geq 0.5\text{V}$  ہو، تب  $Q_2$  چاہو کر  $i_S$  میں اضافہ پیدا کرتے ہوئے حنارجی برقی دباؤ  $v_L$  گھٹائے گا۔  
 $r = 2.5\Omega$  کی صورت میں  $i_L$  کی حد  $= 200\text{mA}$   $\frac{0.5}{2.5} = 0.2\text{mA}$  اتنی برقی روپر بھی  $Q_1$  کا  $i_B$  صرف  $2\text{mA}$  ہے۔ چاہو  $Q_2$  جیسے ہی  $4\text{mA}$  سے زیاد برقی روگزارے گا اسی وقت زینترڈیپلیٹر یا خیروت ابوحالت سے نکل آئے گا اور اس پر برقی دباؤ  $12\text{V}$  سے گھٹ جائیں گے۔ بڑی ترین صورت اس وقت پیش آئے گی جب  $v_L = 0\text{V}$  ہوں۔ ایسا حنارجی جبانے قصر دور ہونے سے ہو سکتا ہے۔ اس وقت غیر انتراست  $V_{CE}$  کو مد نظر رکھتے ہوئے  $Q_2$

$$\frac{20 - 0.2}{2000} = 9.9\text{ mA}$$

سیدھا حنارجی جبانے پہنچائے گا جبکہ  $Q_1$  میں سے  $200\text{mA}$  گر رہا ہو گا لہذا  $i_L = 209.9\text{ mA}$  تک پہنچ پائے گا۔ یاد رہے کہ  $Q_2$  کی صورت بھی  $Q_1$  کو  $200\text{mA}$  سے کم برقی روگزارے پر مجبور نہیں کر سکتا چونکہ ایسا ہوتے ہی  $V_{BE} < 0.5\text{V}$  ہو جائے گا اور  $Q_2$  چاہو نہیں رہ سکے گا۔  
 برقی روکی حد مقرر کرنے کی حساطر استعمال کئے گئے مزاحمت  $i_L$  کی وجہ سے حنارجی برقی دباؤ  $v_L$  پر اثر ہوتا ہے جس سے  $v_L = V_{Z0} - V_{BE} - i_{Lr}$  لیکن جیسا آپ نے دیکھا اس مزاحمت کی قیمت نہایت کم ہوتی ہے اور کم برقی روپر اس کے اثر کو ظفر انداز کیا جا سکتا ہے۔ اس مزاحمت کے اثر کو منبع میں مزید پر زے نسبت کے حضم کیا جاسکتا ہے۔

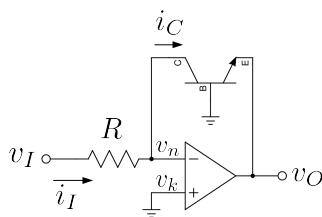
### ۳.۲۳ ٹرانزسٹر لوگاریتمی ایمپلیفیائر

شکل۔ ۳.۱۳۵ میں ٹرانزسٹر لوگاریتمی ایمپلیفیائر<sup>۶۶</sup> کا یا گیا ہے۔  $v_k = v_n = 0\text{V}$  ہونے کی بدلتے

$$i_I = \frac{v_I}{R}$$

لکھا جا سکتا ہے۔ کرنوف کے فناون برائے برقی روکے  $i_I = i_C$  ہو گا جس اس مساوات ۳.۵۵ کے تحت

$$i_C \approx I_S e^{\frac{v_{BE}}{V_T}}$$



شکل ۳.۲۵. ٹرانزسٹر لوگاریتمی ایپلینیزر

لہجہ ساتھی ہے۔  $v_{BE} = -v_O$

$$\frac{v_I}{R} = I_S e^{\frac{v_{BE}}{V_T}}$$

$$= I_S e^{-\frac{v_O}{V_T}}$$

جس سے

$$(3.250) \quad v_O = -V_T \ln \frac{\frac{v_I}{R}}{I_S}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اس مساوات کے تحت حناری برقی دباؤ  $v_O$  داخلی برقی دباؤ کے وتدرتی لوگاریتمی<sup>۲۷</sup> کے برابر ہے۔ یہاں رکہ کر شکل ۲.۲۳ کو ہمیں ایک نظر دیکھیں۔

### ۳.۲۲ شاکلی ٹرانزسٹر

غیر امنزائندہ ٹرانزسٹر کے BE اور BC جوڑ سیدھے مائل ہوتے ہیں۔ جیسے حصہ ۲.۲۰ میں بتایا گیا، سیدھے مائل  $pn$  جوڑ کا نفوذ<sup>۲۸</sup> کپیسٹر کافی زیادہ ہوتا ہے۔ یوں اگر ٹرانزسٹر کو امنزائندہ خطے میں لانا ہو تو پہلے ان کپیسٹروں میں خیرہ برقی<sup>۲۹</sup> بارا کی کرنی ہو گی۔ زیادہ بڑے کپیسٹر کی نکاحی زیادہ دیر میں ہوتی ہے لہذا ایسا ٹرانزسٹر زیادہ تیزی سے غیر امنزائندہ حال سے امنزائندہ حال میں نہیں لایا جاسکتا۔ اگر کسی طرح ان کپیسٹروں کی قیمت کم کر دی جائے تو ٹرانزسٹر زیادہ تیز رفتار پر کام کرنے کے قابل ہو جائے گا۔

شکل ۳.۱۳۶ میں ٹرانزسٹر کے یہیں اور ٹرانزسٹر کے درمیان شاکلی ڈائیڈ نسب کیا گیا ہے۔ ایسا کرنے سے شاکلی ٹرانزسٹر<sup>۳۰</sup> وجود میں آتا ہے جس کی علامت شکل ب میں دکھائی گئی ہے۔ شاکلی ٹرانزسٹر کی کارکردگی شکل ۳.۱۳۷ میں دے ایپلینیزر کی مدد سے دیکھتے ہیں۔ چپ لوگاریتمی<sup>۲۷</sup> کا  $V_{BE} = 0.7\text{V}$  ہوتا ہے۔ اگر ٹرانزسٹر امنزائندہ حال

<sup>۲۷</sup>  $\ln \frac{v_{BE}}{charge}$   
<sup>۲۸</sup> Schottky transistor<sup>۲۹</sup>

میں ہوتے ہیں اس کا کوئی کردار نہیں ہوگا اب تک اگر ٹرانزسٹر غیر افزاں ہوئے ہوئے کی کوشش کرے تب  $V_{CE}$  کم ہو کر شاگی ڈائوڈ کو سیدھا مائل کر دے گا۔ یہی صورت حال شکل میں دکھائی گئی ہے۔ یہیں سے ایک اہم حقیقت واضح ہوتی ہے۔ چونکہ سیدھے مائل شاگی ڈائوڈ پر 0.3 V پائے جاتے ہیں لہذا ٹرانزسٹر کا  $V_{BC}$  بھی 0.3 V پر ہو گا۔ آپ جانتے ہیں کہ  $pn$  جوڑ کو حپا لو کرنے کی حد اطراف کم از کم 0.5 V درکار ہوتے ہیں لہذا BC جوڑ حپا لو حالت میں نہیں ہو گا۔ غیر حپا لو جوڑ کی برقی روٹ میں نظر انداز ہوتی ہے۔ یوں صفحہ ۱۳۶ پر دیے گئے مساوات کے تحت اس جوڑ کی فوڈ ٹریکیٹنگ بھی دلتاں نظر انداز ہو گی۔ کمیٹر کے کم ہونے کی وجہ سے یہ ٹرانزسٹر زیاد رفتار پر کام کر پائے گا۔

کر خوف کے قانون برائے برقی روے ہم دیکھتے ہیں کہ

$$V_{BE} = V_{CE} + V_D$$

کے برابر ہے۔ یوں شاگی ڈائوڈ کے سیدھے برقی روکو 0.3 V لیتے ہوئے ہم دیکھتے ہیں کہ  $V_{CE} = 0.4 \text{ V}$  حاصل ہوتا ہے۔ یہ اہم حقیقت ہے جس کے مطابق شاگی ٹرانزسٹر کا  $V_{CE}$  کی صورت میں 0.4 V سے کم نہیں ہو سکتا اور یوں یہ کبھی بھی غیر افزاں ہوئے حال میں نہیں پایا جائے گا۔

شاگی ڈائوڈ کی دیکھتے ہیں کہ

$$I_{RB} = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B} = \frac{9.7 - 0.7}{10000} = 0.9 \text{ mA}$$

$$I_{RC} = \frac{V_{CC} - V_{CE}}{R_C} = \frac{9.4 - 0.4}{1200} = 7.5 \text{ mA}$$

حاصل ہوتے ہیں۔ مسزید کر خوف کے قانون برائے برقی روے ہم دیکھتے ہیں کہ

$$I_C = I_D + I_{RC}$$

$$I_D = I_{RB} - I_B$$

یہیں۔ ان دو مساوات کے ساتھ  $I_B = \frac{I_C}{\beta}$  کو ملا کر

$$I_C = I_{RB} - I_B + I_{RC}$$

$$= I_{RB} - \frac{I_C}{\beta} + I_{RC}$$

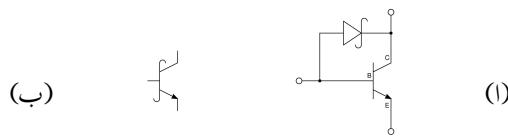
یعنی

$$I_C = 8.316 \text{ mA}$$

حاصل ہوتا ہے۔ یوں

$$I_D = I_C - I_{RC} = 0.816 \text{ mA}$$

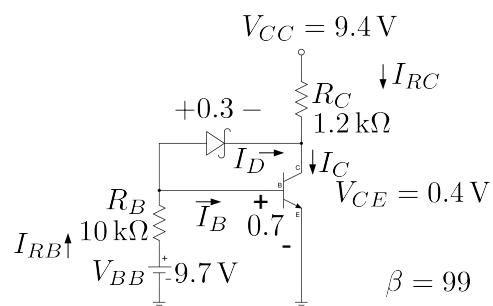
ہوں گے۔



شکل ۳.۲۲: شاگی ٹرانزسٹر کی بناء اور علامت

$$\begin{aligned} V_{CE} &= V_{BE} - V_D \\ &= 0.7 - 0.3 \\ &= 0.4 \text{ V} \end{aligned}$$

شاگی ٹرانزسٹر کبھی  
بھی غیر افراکنہ نہیں ہوتا



شکل ۳.۲۳: شاگی ایپلیفار

### ۳.۲۵ قوی ٹرانزسٹر

سیلیکان پستری پر ٹرانزسٹر کا رقبہ بڑھا کر زیادہ طاقت کے ٹرانزسٹر بنائے جاتے ہیں۔ کئی ایمپسیٹر اور کئی سو وولٹ تک کام کرنے والے ایسے قوی ٹرانزسٹر میں زیادہ طاقت متباور کرنے میں کام آتے ہیں۔ اس طرح کے متعدد ٹرانزسٹر متوازن جوڑ کر مسزید زیادہ برقی روکوٹ ایڈیکیا جاتا ہے۔ یہ سمت سے بدلتا رو برقی دباؤ بناتے اور ٹرانزسٹر میں انہیں عموماً استعمال کیا جاتا ہے۔ قوی ٹرانزسٹر ایک ماسیکرو سینکٹ کے لگے ہنگے دورانیہ میں چالوںے منقطع یا منقطعے کے چالوںات میں لائے جا سکتے ہیں۔

برقی طاقت کا ضمیع قوی ٹرانزسٹر کو گرم کرتے ہوئے اس کا درجہ حرارت بڑھاتا ہے۔ ٹرانزسٹر کا درجہ حرارت بڑھنے سے اس کا  $V_{BE}$  گھٹتا ہے۔ یوں متوازنی حبڑے ٹرانزسٹر میں اگر کسی وجب سے ایک ٹرانزسٹر زیادہ گرم ہو تو اس کا  $V_{BE}$  گھٹ جائے گا۔ متوازنی حبڑے ٹرانزسٹر میں جس ٹرانزسٹر کا  $V_{BE}$  کم سے کم ہو، اس کا  $i_B$  زیادہ ہے زیادہ ہو گا۔ یوں زیادہ سے زیادہ ہو گا۔ یوں زیادہ گرم ہونے والا ٹرانزسٹر مسزید زیادہ برقی رو گزارتے ہوئے مسزید زیادہ گرم ہو گا۔ اگر اس عمل کو روکا نہ جائے تو یہ ٹرانزسٹر آہن کار جبل جبائے گا۔ ٹرانزسٹر کے کلکٹر کو عموماً موصل نالی دار دھاتی چادر<sup>۲۴</sup> کے ساتھ جوڑ کر ٹھنڈا رکھا جاتا ہے۔ تمام ٹرانزسٹر کو فتریب فتریب ایک ہی موصل نالی دار دھاتی چادر کے ساتھ جوڑ کر کوشش کی جاتی ہے کہ تمام ٹرانزسٹر ایک ہی درجہ حرارت پر رہیں تاکہ ان میں برقی روکی تقسیم متاثر نہ ہو۔

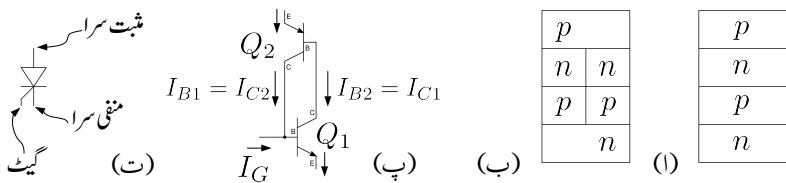
### ۳.۲۶ فتابوریکٹنیفار

شکل ۳.۳۸ الف میں  $p$  اور  $n$  کے چار تہ کا پر زد کھایا گیا ہے جسے قابو ریکٹیفیائر<sup>۲۵</sup> کہتے ہیں۔ شکل ب کے درمیان لکسیر لگا کر اسی کو آپس میں جبڑے  $n-p-n$  ٹرانزسٹر دکھایا گیا ہے جس سے شکل پے حاصل ہوتا ہے۔ قابو ریکٹیفیائر کے عموماً تین سے باہر مہیا کئے جاتے ہیں جنہیں ہم مثبت سرا<sup>۲۶</sup>، منفی سرا<sup>۲۷</sup> اور گیٹ<sup>۲۸</sup> کہیں گے۔ گیٹ عوماً  $n-p-n$  کا یہیں ہوتا ہے۔ قابو ریکٹیفیائر کی علامت شکل ت میں دکھائی گئی ہے۔

قابلو ریکٹیفیائر کی کارکردگی با آسانی شکل پے کی مدد سے سمجھی جا سکتی ہے۔ تصور کریں کہ دونوں ٹرانزسٹر منقطع ہیں۔ بیرونی مداخلت کے بغیر دونوں منقطع ہی رہیں گے۔ اب تصور کریں کہ گیٹ پر باہر سے برقی رو  $I_G$  منہاہم کی جاتی ہے۔ یوں  $Q_1$  چالو ہو کر  $I_{C2} = \beta_1 I_G$  حنارج کرے گا جو  $Q_2$  کے جاگہ کے  $I_G$  کے مدد سے سمجھی جائے گا۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ اگر اب  $I_G$  کو صفر بھی کر دیا جائے تو قابو ریکٹیفیائر چالو ہی رہے گا۔ حقیقت میں دیکھا گیا ہے کہ  $I_G$  منفی کرنے سے بھی قابو ریکٹیفیائر منقطع نہیں ہوتا۔ قابو ریکٹیفیائر کو بغیر  $I_G$  کے چالو کرنے کی حنا طریض وری ہے کہ اس میں کم از کم  $I_L$  برقی رو گزر رہی ہو۔ اس برقی رو کو ہم برقی رو چالو

---

power transistor <sup>۲۹</sup>
inverter <sup>۳۰</sup>
heat sink <sup>۳۱</sup>
scr, thyristor <sup>۳۲</sup>
anode <sup>۳۳</sup>
cathode <sup>۳۴</sup>
gate <sup>۳۵</sup>



شکل ۳.۳۸. ڈاٹ ایوریکٹنیفار

رکھنے کے حد<sup>۴۷</sup> کہیں گے۔

پا لو یا قابو ریکٹنیفار کو منقطع کرنے کا ایک ہی طریقہ ہے۔ اس سے گزرتے ہوئے برقی روکوچہ دورانیے کے لئے تقریباً صفر کرنا ہو گا۔ حقیقت میں اگر اس سے گزرتی برقی روکو ایک مخصوص حد  $I_h$  سے کم کر دی جبے تو قابو ریکٹنیفار منقطع صورت اختیار کر لیتا ہے۔ اس حد کو ہم فاٹ ایوریکٹنیفار کی برقی روکو منقطع کرنے کے حد<sup>۴۸</sup> کہیں گے۔

چاپا ہونے کے بعد قابو ریکٹنیفار بالکل ایک سادہ ڈائیوڈ کی طرح کام کرتے ہوئے گزرتی برقی روکو کرنے کی صلاحیت کھو دیتا ہے۔

فت ایوریکٹنیفار بغیر  $I_G$  کے بھی کئی طریقوں سے چاپا کیا جاسکتا ہے۔ اگر اس پر لاگو برقی دباؤ قابل برداشتہ حدے تجاوز کر جبے تو یہ چاپا ہو جاتا ہے۔ اسی طرح درجہ حرارت بڑھانے سے ٹرانزسٹر کی الٹی جانب رستابر قی روکو حصی ہے جس سے یہ چاپا ہو سکتا ہے۔

جہاں توی ٹرانزسٹر صرف چند ایمپیر برقی روگزارنے کی صلاحیت رکھتا ہے وہاں قابو ریکٹنیفار کی ہزار ایمپیر فتا بو کرنے کی صلاحیت رکھتا ہے اور یہ کئی سینکروں والٹ کے برقی دباؤ کو برداشت کر سکتا ہے۔ اس وقت ٹرانزسٹر پر مبنی انورٹر<sup>۴۹</sup> تقریباً 100 kW دستیاب ہیں جبکہ قابو ریکٹنیفار پر مبنی 10 MW طاقت کے انورٹر ہوئے کی بھیشیوں میں عام استعمال ہوتے ہیں۔

latching current<sup>۴۷</sup>  
holding current<sup>۴۸</sup>  
inverter<sup>۴۹</sup>

## امتحانات

$$i_C = I_S \left( e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right) \approx I_S e^{\frac{v_{BE}}{V_T}}$$

$$V_T = \frac{kT}{q} \approx 25 \text{ mV}$$

$$I_C = \alpha I_E$$

$$I_E = I_B + I_C$$

$$i_c = \beta i_b$$

$$i_e = (\beta + 1) i_b$$

$$\beta = \frac{\alpha}{1 - \alpha}$$

$$\alpha = \frac{\beta}{\beta + 1}$$

$$V_{BE} = 0.7 \text{ V}$$

$$V_{CE,\text{ذئب}} = 0.2 \text{ V}$$

$$\frac{\Delta v_{BE}}{\Delta T} = -2 \text{ mV/}^\circ\text{C}$$

$$g_m = \left. \frac{\partial i_C}{\partial v_{BE}} \right|_Q = \frac{I_C}{V_T}$$

$$r_{be} = \left. \frac{\partial v_{BE}}{\partial i_B} \right|_Q = \frac{\beta}{g_m}$$

$$r_e = \left. \frac{\partial v_{BE}}{\partial i_E} \right|_Q = \frac{r_{be}}{\beta + 1} = \frac{\alpha}{g_m} \approx \frac{1}{g_m}$$

$$r_o = \left. \frac{\partial v_{CE}}{\partial i_C} \right|_Q = \frac{V_A + V_{CE}}{I_C} \approx \frac{V_A}{I_C}$$

$$R_E = \frac{10R_B}{\beta + 1}$$

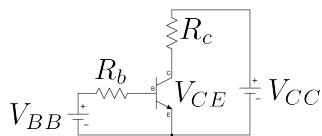
$$r_{be} = \frac{\beta V_T}{I_{CQ}} \ll R_B \ll (\beta + 1) R_E$$

$$S_{V_{BE}} \approx -\frac{1}{R_E}$$

$$S_\beta = \frac{I_{C1}}{\beta_1} \left[ \frac{R_B + R_E}{R_B + (\beta_2 + 1) R_E} \right]$$

$$I_{CQ} = \frac{V_{CC}}{R_{کمتر} + R_{بیشتر}}$$

$$A_v = -\alpha \frac{\sum R_C}{\sum R_E} = -\alpha \left( \frac{\frac{\text{مجموع کل مزایت}}{\text{مجموع کل مزایت}}}{\frac{\text{مجموع کل نقص}}{\text{مجموع کل نقص}}} \right)$$



شکل ۳.۱۳۹۔ ٹرانزسٹر کا کیک سمت دور

**سوالات**

مندرجہ ذیل سوالات میں  $I_C = I_E$  تصور کرتے ہوئے حل کریں۔  
سوال ۱.۳: شکل ۳.۱۳۹ میں

$$V_{CC} = 10\text{ V} \quad V_{BB} = 2.5\text{ V} \quad \beta = 99 \\ R_b = 147\text{ k}\Omega \quad R_c = 4\text{ k}\Omega$$

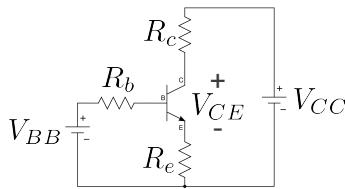
- لیتے ہوئے  $V_{CE}$ ،  $I_C$  اور  $I_B$  حاصل کریں۔  
جواب:  $V_{CE} = 5.1\text{ V}$  اور  $I_B = 12.245\text{ }\mu\text{A}$ ،  $I_C = 1.2245\text{ mA}$ ۔  
سوال ۲.۳: سوال ۱.۳ میں  $R_C = 8\text{ k}\Omega$  کرتے ہوئے اسے دوبارہ حل کریں۔  
جواب:  $V_{CE} = 0.2\text{ V}$  اور  $I_B = 12.245\text{ }\mu\text{A}$ ،  $I_C = 1.2245\text{ mA}$ ۔  
سوال ۳.۳: سوال ۱.۳ میں  $R_C = 12\text{ k}\Omega$  کرتے ہوئے اسے دوبارہ حل کریں۔  
جواب:  $V_{CE} = 0.2\text{ V}$  اور  $I_B = 12.245\text{ }\mu\text{A}$ ،  $I_C = 0.8166\text{ mA}$ ۔  
سوال ۴.۳: شکل ۳.۱۳۹ میں

$$V_{CC} = 20\text{ V} \quad \beta = 99 \\ R_b = 100\text{ k}\Omega \quad R_c = 9\text{ k}\Omega$$

- بی۔  $V_{BB}$  کی وہ قیمت حاصل کریں جس پر ٹرانزسٹر غیر امنزائندہ صورت اختیار کر لیتا ہے۔  
جواب:  $V_{BB} = 2.9\text{ V}$ ،  $I_B = 22\text{ }\mu\text{A}$ ،  $V_{CE} = 0.2\text{ V}$ ۔  
سوال ۵.۳: سوال ۴.۳ میں  $V_{BB}$  کی وہ قیمت حاصل کریں جس پر ۶ وگ۔  
جواب:  $V_{BB} = 1.811\text{ V}$ ،  $I_B = 11.11\text{ }\mu\text{A}$ ،  $I_C = 1.111\text{ mA}$ ۔  
سوال ۶.۳: شکل ۳.۱۳۰ میں

$$V_{CC} = 15\text{ V} \quad V_{BB} = 3.5\text{ V} \quad \beta = 99 \\ R_b = 14.7\text{ k}\Omega \quad R_c = 4\text{ k}\Omega \quad R_e = 1.47\text{ k}\Omega$$

- لیتے ہوئے  $V_{CE}$ ،  $I_C$  اور  $I_B$  حاصل کریں۔  
جواب:  $V_{CE} = 5.528\text{ V}$  اور  $I_B = 17.49\text{ }\mu\text{A}$ ،  $I_C = 1.73\text{ mA}$ ۔  
سوال ۷.۳: سوال ۶.۳ میں  $V_{BB} = 6\text{ V}$  کرتے ہوئے اسے دوبارہ حل کریں۔  
جواب: ٹرانزسٹر غیر امنزائندہ ہے۔  
سوال ۸.۳: سوال ۷.۳ میں ٹرانزسٹر غیر امنزائندہ ہے۔ اس صورت میں ٹرانزسٹر کا  $\beta$  کیا ہے۔



شکل ۳.۱۳۰

$$\text{جواب: } \beta = \frac{I_C}{I_B} = 31.9$$

سوال ۹: شکل ۳.۱۳۹ میں  $V_{CE} = 6\text{V}$ ،  $R_C = 3.3\text{k}\Omega$  اور  $V_{CC} = 12\text{V}$  اور  $\beta = 37$  میں  $V_{BB}$  رکھنے کی حفاظت درکار  $R_B$  اور حاصل کریں۔

جوابات: میں میں  $V_{BB} = V_{BE} + I_B R_B$  اور  $I_B = 49.14\mu\text{A}$ ،  $I_C = 1.8182\text{mA}$ ۔ اس میں  $V_{BB}$  کو  $V_{BE} + I_B R_B$  کو حاصل کیا جاتا ہے۔ البتہ اس میں دو نامعلوم جزو میں۔ دو نامعلوم اجزاء حاصل کرنے کی حفاظت درکار ہوتے ہیں۔ اس طرح کے مسائل سے انہیں کام آتی ہے۔ موجودہ مسئلہ میں اگر  $V_{BB}$  اور  $R_B$  میں سے کسی ایک کی قیمت جوں لی جائے تو دوسرے کی قیمت اس میں سے حاصل کی جاسکتی ہے۔ یوں  $V_{BB} = 6\text{V}$  پنے سے  $R_B = 107.86\text{k}\Omega$  حاصل ہوتا ہے۔

سوال ۱۰: شکل ۳.۱۳۰ میں  $V_{CE} = 6\text{V}$ ،  $R_C = 3.3\text{k}\Omega$  اور  $V_{CC} = 12\text{V}$  اور  $\beta = 37$  میں  $I_C = 1\text{mA}$  رکھنے کی حفاظت بقایاتم اجزاء حاصل کریں۔

$$\text{جوابات: } V_{BB} = 3.67\text{V}, R_B = 10.26\text{k}\Omega, R_E = 2.7\text{k}\Omega$$

سوال ۱۱: شکل ۳.۱۳۰ میں  $\beta = 37$  اور  $V_{CC} = 12\text{V}$  اور  $V_{CEQ}$  کی حفاظت بچین اور اس سے حاصل کریں۔ بقایاتم اجزاء بھی حاصل کریں۔ ایسا کرتے ہوئے  $I_C = 1\text{mA}$  اور  $R_C = 10R_E$  میں۔

جوابات: خط بوجھ کو شکل ۳.۱۳۱ الف میں دکھایا گیا ہے جس سے  $V_{CEQ} = 6.1\text{V}$  حاصل ہوتا ہے۔

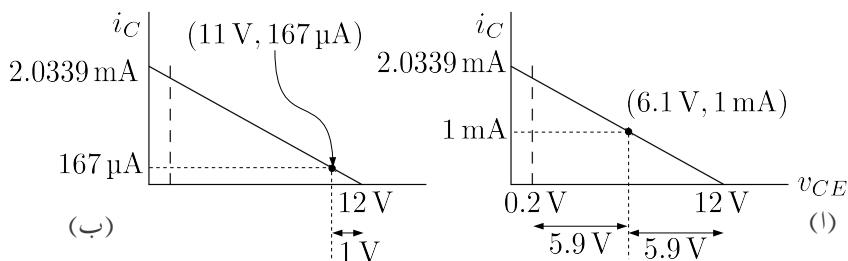
$$V_{BB} = 1.29\text{V}, R_B = 2.04\text{k}\Omega, R_C = 5.36\text{k}\Omega, R_E = 536\Omega$$

سوال ۱۲: شکل ۳.۱۳۰ میں حفاظت اشارے کا جیٹ  $V_{CC} = 12\text{V}$  متوافق ہے۔ دو کونو ولڈ کے بیٹری سے  $V_{CEQ}$  کی حفاظت اشارے کی حفاظت درکار رکھنے کی حفاظت اشارے کے سے حاصل کیا جائے۔ برقی روکم سے کمر کھا جاتا ہے۔ سوال ۱۳ میں حاصل کئے گئے  $R_E$  اور  $R_C$  استعمال کرتے ہوئے خط بوجھ سے  $V_{CEQ}$  اور  $I_{CQ}$  کا تعین کر کے  $V_{BB}$  حاصل کریں۔

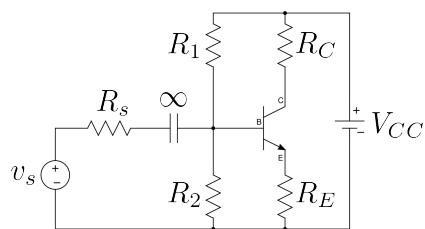
جوابات: خط بوجھ کو شکل ۳.۱۳۱ ب میں دکھایا گیا ہے جس سے  $I_C = 167\mu\text{A}$  اور  $V_{CEQ} = 11\text{V}$  حاصل ہوتے ہیں۔ یوں  $V_{BB} = 0.798\text{V}$  حاصل ہوتا ہے۔

سوال ۱۳: سوال ۳.۱۳ میں  $R_E$  کی قیمت  $R_C$  سے بہت کم رکھی گئی جس کی وجہ سے  $V_{BB}$  کی قیمت بھی بہت کم حاصل ہوئی۔ دیکھنے میں کہ  $V_{BB}$  کی قیمت کم ہونے سے کب مسئلہ پیدا ہوتا ہے۔ سوال ۳.۱۲ کے دور میں اگر حقیقت میں  $V_{BE} = 0.7\text{V}$  کے بجائے  $0.65\text{V}$  ہوتے تو  $I_C$  کیا ہوگی۔

جواب: آپ دیکھ سکتے ہیں کہ  $V_{BE}$  میں ذہی تبدیلی سے برقی روپ پر سُنی صد بڑھ گئی



شکل ۳.۱۳۱



شکل ۳.۱۳۲

بے جبکہ ہم چاہتے ہیں کہ ٹرانزسٹر کے خصوصیات تبدیل ہونے سے برقی رو میں کم سے کم تبدیلی رونما ہو۔

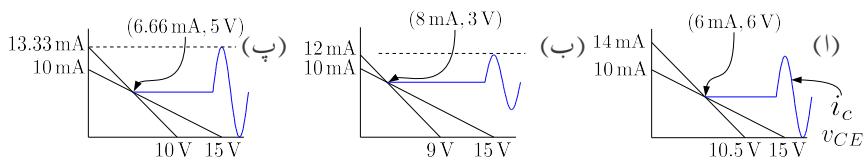
سوال ۳.۱۳۰: شکل ۳.۱۳۰ میں  $V_{CE} = 5\text{ V}$  اور  $I_C = 1\text{ mA}$ ،  $V_{CC} = 21\text{ V}$  حاصل کرنی ہے۔ اور  $R_E$  کو برابر کرتے ہوئے  $R_B$  کی وہ قیمت حاصل کریں جس سے  $\beta$  کی قیمت 49 تا 149 تبدیل ہونے کے باوجود  $v_s$  میں کل دس فنی صد سے زیادہ تبدیلی رونما ہو۔  $V_{BB}$  بھی حاصل کریں۔

جوابات:  $R_E = R_C = 8\text{ k}\Omega$  ہیں۔  $R_E = 1\text{ mA}$  درکار ہے لہذا  $\beta = 49$  پر برقی رو 5% کم یعنی  $0.95\text{ mA}$  حاصل ہوتے ہیں۔  $V_{BB} = 9.566\text{ k}\Omega$ ،  $R_B = 66.66\text{ k}\Omega$ ،  $R_2 = 328\text{ k}\Omega$ ،  $R_1 = 83\text{ k}\Omega$ ،  $R_s = 1.05\text{ mA}$  تصور کرتے ہوئے۔

سوال ۳.۱۳۱: سوال ۳.۱۳۰ کے نتائج حاصل کرنے کی حاطہ شکل ۳.۱۳۲ میں  $R_1$  اور  $R_2$  حاصل کریں۔

جوابات:  $R_2 = 328\text{ k}\Omega$ ،  $R_1 = 83\text{ k}\Omega$ ،  $R_E = 100\text{ }\Omega$ ،  $R_C = 500\text{ }\Omega$ ،  $R_s = 4\text{ k}\Omega$ ،  $V_{CC} = 10\text{ V}$

جبکہ  $\beta = 100$  ہیں۔ نقطہ کار کردگی حاصل کریں۔ اس دور میں کم  $\beta$  کا ٹرانزسٹر استعمال کرنے ہے۔ ایسا کرتے ہوئے برقی رو میں دس فنی صد تک کی تبدیلی ممکن ہے۔ بنی ٹرانزسٹر کے کم سے کم فلت بل قبول  $\beta$  کی قیمت حاصل کریں۔



شکل ۳.۱۳۳

جوابات:  $\beta = 68$ ,  $3.57 \text{ V}$ ,  $10.7 \text{ mA}$

سوال ۳.۱۶: سوال ۳.۱۶ کے تمام مزاحمت اور ثانی سٹر کے بیس۔ گلشن جوڑ پر برقی طاقت کا غایع حاصل کریں۔

جوابات:  $I_C = I_E = 10.7 \text{ mA}$ ,  $P_{RE} = 57 \text{ mW}$ ,  $P_{RC} = 11.4 \text{ mW}$  حاصل ہوتا ہے۔

سوال ۳.۱۷:  $P_{R2} = \frac{V_B^2}{R_2}$  ہے۔  $V_B = 1.77 \text{ V}$  اور یوں  $V_E = I_E R_E = 1.07 \text{ V}$  حاصل ہوتا ہے۔ یوں  $P_{R1} = 4.5 \text{ mW}$  اور

سوال ۳.۱۸: شکل ۳.۱۳۲ میں  $R_E$  کے متوازی لامدد و قیمت کا پیسٹر نسب کیا جاتا ہے۔  $R_E = 750 \Omega$  ہے۔  $V_{CC} = 15 \text{ V}$  جبکہ  $\beta = 37$ ,  $R_C = 750 \Omega$  ہے۔

• شکل ۳.۱۳۲ میں  $I_{CQ} = 6 \text{ mA}$  کی حفاظت اور  $R_2$  حاصل کریں۔

• یک سمت اور بدلتارو خط یو جھ کھینچیں اور ان پر تمام نقطیں ظاہر کریں۔

• غیر انتزاعی  $V_{CEQ}$  کو نظر انداز کرتے ہوئے، حاصل قیتوں کے استعمال سے خنجری اشارے کا زیادہ سے زیادہ ممکن جیط کیا ہوگا۔

جوابات:

•  $R_2 = 4572 \Omega$  اور  $R_1 = 7566 \Omega$ ,  $V_{BB} = 5.65 \text{ V}$

سوال ۳.۱۹:  $V_{CEQ} = 6 \text{ V}$ , شکل ۳.۱۳۲ میں یک سمت اور بدلتارو خط یو جھ کھائے گئے ہیں۔ بدلتارو، خط یو جھ کی ڈھانوان  $\frac{1}{750}$  ہے اور یہ یک سمتارو، خط یو جھ کو نقطہ کار کر دی گی پر لکراتا ہے۔

• شکل سے  $i_c$  کا حیطہ  $6 \text{ mA}$  تک ممکن ہے۔  $i_c$  کی مقنی چوٹی پہلے تراشی جائے گی۔

سوال ۳.۲۰: سوال ۳.۱۸ میں  $I_{CQ} = 9 \text{ mA}$  رکھتے ہوئے  $i_c$  کا زیادہ سے زیادہ حیطہ کیا ممکن ہے۔ حل: شکل ۳.۱۳۳ ب میں یک سمت اور بدلتارو خط یو جھ کھائے گئے ہیں جسماں سے  $i_c$  کا زیادہ سے زیادہ حیطہ  $4 \text{ mA}$  تک ممکن ہے۔  $i_c$  کی مشتمل چوٹی پہلے تراشی جائے گی۔

سوال ۳.۲۱: سوال ۳.۱۸ میں نقطہ کار کر دی گی کس معتمان پر رکھنے سے  $i_c$  کا حیطہ زیادہ سے زیادہ حاصل کرنا ممکن ہوگا۔ اس حیطہ کی قیمت حاصل کریں۔

حل:  $(I_{CQ} = 6.66 \text{ mA}, 5 \text{ V})$  درکار نقطہ کار کر دی گی ہے۔ جیسے شکل ۳.۱۳۳ پ میں دکھایا گیا ہے  $i_c$  کا زیادہ سے زیادہ حیطہ  $6.66 \text{ mA}$  ہوگا۔  $i_c$  کا حیطہ مزید بڑھانے سے دونوں جانب تراش جائے گا۔



## باب ۳

# میدانی ٹرانزسٹر

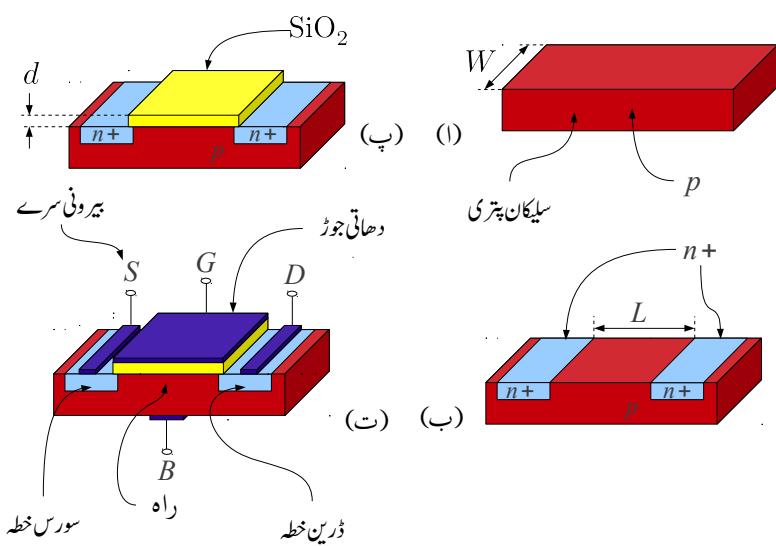
دوجو ٹرانزسٹر کی طرح میدانی ٹرانزسٹر فائیٹ FET بھی اپنے دو سروں کے مابین برقی روکا گزروت اپ کرنے کی صلاحیت رکھتا ہے۔ یوں انہیں بطور ایک پیٹائزیری برقی سوچ کی استعمال کیا جاسکتا ہے۔ میدانی ٹرانزسٹر کے دو سروں کے مابین برقہ میدانی کو شدختا اس سیں برقی روکے گزر کوت بود کرتا ہے۔ اسی سے اس کا نام میدانی ٹرانزسٹر بنالا ہے۔ میدانی ٹرانزسٹر  $n$  یا  $p$  قم کا بنانا ممکن ہوتا ہے۔  $n$  قم فائیٹ میں برقی روکا گزر بذریعہ منفی برقہ بار بجکہ  $p$  قم کے فائیٹ میں بذریعہ ثبت برقہ بار ہوتا ہے۔

میدانی ٹرانزسٹر کے کئی اقسام ہیں جن میں ماسفیٹ MOSFET سب سے زیادہ مقبول ہے۔ بقایا اقسام کے ٹرانزسٹروں کے نسبت ماسفیٹ کا بنانا سب سے آسان ہے۔ مزید یہ کہ ماسفیٹ کم رقبہ پر بنتا ہے اور یوں انہیں استعمال کرتے ہوئے سلیکان کی پتسری پر زیادہ کچھے ادوار بنتا ممکن ہوتا ہے۔ محض لفڑی ادوار صرف ماسفیٹ استعمال کرتے ہوئے تخلیق دیتا ممکن ہے لیکن ایسے ادوار مزاحمت یا ڈائڈ کے استعمال کے بغیر بنائے جاسکتے ہیں۔ انہیں وجوہات کی بنا پر جدید عدالتی مکتوط ادوار مثلاً انیک پوسیم<sup>۱</sup> اور عاقدہ<sup>۲</sup> ماسفیٹ سے ہی تخلیق دئے جاتے ہیں۔ اس باب میں ماسفیٹ MOSFET پر بالخصوص اور جوڑ دار فائیٹ JFET پر بالعوم غور کیا جائے گا۔

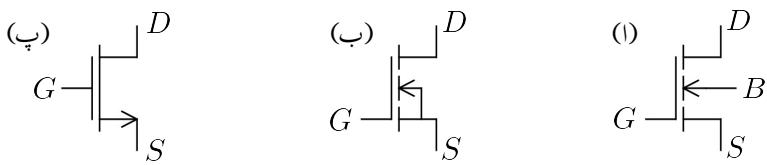
### ۳.۱ $n$ ماسفیٹ کی ساخت (بڑھاتا $n$ ماسفیٹ)

شکل ۳.۱ میں  $n$  ماسفیٹ بننے ہوئے دکھایا گیا ہے۔ اس شکل میں وضاحت کی عندرض میں ماسفیٹ کے مختلف حصے بڑھا چکھا کر دکھائے گئے ہیں جن کا ماسفیٹ کے حقیقی جسمات سے کوئی تعلق نہیں۔ اگرچہ شکل میں سلیکان کی پتسری کی موٹائی کو کہا گیا ہے حقیقت میں یہ ماسفیٹ کے جسمات سے اتنی موٹی ہوتی ہے کہ اس کے موٹائی کو ماسفیٹ کی جسمات کے لیے اس سے لامحدود تصور کیا جاتا ہے۔ شکل ۳.۱ الف میں ثبت یعنی

<sup>۱</sup> electric field intensity  
<sup>۲</sup> charge  
<sup>۳</sup> digital integrated circuits  
<sup>۴</sup> microprocessor  
<sup>۵</sup> memory



شکل ۲.۷:  $n$  ماسیٹ کی ساخت



شکل ۳.۲: n بڑھاتا ماسیف کی مختلف علامتیں

p قم کے سیکان اکی پستری جس کی چوٹی W ہے کے شروع کیا گیا ہے۔ سیکان پستری کی موٹائی ماسیف کے وجود سے بہت زیادہ ہوتی ہے لہذا سیکان پستری کی موٹائی کو لامحہ دو تصویر کیا جاتا ہے۔ جیسا شکل ب میں دکھایا گیا ہے، اس پستری میں دو جگہ دور کی چوڑائی کے پانچیں گروہ، یعنی n قم کے ایئنون کے غفوڈ سے ملاوٹ کر کے n+ خطے بنائے گئے ہیں۔ ان خطوں میں n ایئنون کی عددی تباہت عالم حالت سے کم زیادہ کم جبائی ہے۔ اسی لئے انہیں n کے بھائے n+ خطے کہا گیا ہے۔ ان دو n+ خطوں کے مابین فاصلہ L ہے۔ شکل پ میں p قم کی سیکان کی پستری کے اوپر، دو n+ خطوں کے مابین  $\text{SiO}_2$  اگایا جاتا ہے۔  $\text{SiO}_2$  انتہائی بہتر غیر موصل ہے۔ اگائے گئے  $\text{SiO}_2$  کی موٹائی d ہے۔ شکل ت میں n+ خطوں کے علاوہ  $\text{SiO}_2$  کے اوپر اور سیکان پستری کے نیچے سطح پر بر قی جوڑ بنانے کی عندرض سے دھات جوڑا گیا ہے۔ ان حپاروں و حصائی سطحوں کے ساتھ بر قی تار جوڑ کر انہیں بطور ماسیف کے بیرونی سروں کے استعمال کیا جاتا ہے۔ ان بیرونی بر قی سروں کو سورس، گیٹ، بدلنے اور بدلنے کہا جائے گا اور انہیں S، G، D اور B سے پہچان جاتا ہے۔ شکل ۳.۲ میں ماسیف کی مختلف علامتیں دکھائی گئی ہیں۔ عموماً بدلنے کو سورس کے ساتھ جوڑ کر باہر ان دونوں کے لئے ایک ہی سرانجاملا جاتا ہے جسے سورس تصویر کیا جاتا ہے۔ اسی صورت میں ماسیف کے تین سرے پائے جائیں گے۔ شکل پ میں اسی کی علامت دکھائی گئی ہے جہاں تیسرے کاشان ماسیف میں سے گزرتے بر قی روکی صحیح سمت دکھاتا ہے۔ اس کتاب میں عموماً ماسیف کو تین سروں کا ہی تصویر کیا گیا ہے۔

بدلنے اور ڈرین pn ڈائیوڈ بناتے ہیں۔ اسی طرح بدلنے اور سورس بھی pn ڈائیوڈ بناتے ہیں۔ بدلنے اور سورس کو ایک ساتھ جوڑنے سے بدلنے اور سورس کے درمیان ڈائیوڈ قصر درہ ہو جاتا ہے اور ساتھ ہی ساتھ بدلنے اور ڈرین کے درمیان ڈائیوڈ سورس اور ڈرین کے درمیان جبڑ جاتا ہے۔ شکل ۳.۲ پ میں اگرچہ سورس سے ڈرین ڈائیوڈ بھیں دکھایا گیا لیکن یہ یاد رکھنا ضروری ہے کہ ایسا ڈائیوڈیا جاتا ہے۔ اسے عموماً استعمال بھی کیا جاتا ہے۔

جیسا کہ آپ دیکھیں گے گیٹ اور سورس سروں کے مابین بر قی دباؤ کی شدت "کے ذریعے سیکان کی پستری میں، گیٹ کے نیچے، سورس اور ڈرین خطوں کے مابین بر قی روکے لئے راہ "پیدا کی جبائی ہے۔ اس راہ کے معتام کو شکل

silicon<sup>۱</sup>  
periodic table<sup>۲</sup>  
gate<sup>۳</sup>  
body<sup>۴</sup>  
channel<sup>۵</sup>

۶ ہے۔ وجود کا پستری کی سیکان مسراو سے بدن  
MOSFET<sup>۷</sup> کے نام کے پہلے تین مختلف یعنی MOS اس کی ساخت یعنی Metal Oxide Semiconductor میں شامل کئے گئے ہیں جبکہ بقیا  
مخفف یعنی FET بر قی دباؤ کی شدت سے پہنچنے کے عمل یعنی Field Effect Transistor سے لئے گئے ہیں۔

ت میں دکھایا گیا ہے۔ سورس اور ڈرین سروں کے مابین برقی دباؤ لگو کرنے سے اس راہ میں برقی رو کا گزر ہوتا ہے۔ جیسا کہ شکل سے واضح ہے اس راہ کی لمبائی  $L$  اور چوڑائی  $W$  ہو گی۔ راہ کی لمبائی  $10\text{ }\mu\text{m}$  تا  $2\text{ }\mu\text{m}$  جبکہ اس کی چوڑائی  $500\text{ }\mu\text{m}$  تا  $1\text{ }\mu\text{m}$  ہوتی ہے۔ دوجو ٹرانزسٹر میں پرلا گو برقی رو کی مدد سے ٹرانزسٹر میں برقی رو  $I_C$  کو فتوکیا جاتا ہے جہاں میں  $I_C$  برقی رو در کار ہوتی ہے۔ اس کے بر عکس ماسفیٹ کے گیٹ اور بقیا حصوں کے درمیان غیر موصل  $\text{SiO}_2$  پیا جاتا ہے جس میں برقی رو کا گزر تقریباً ممکن ہوتا ہے۔ حقیقت میں گیٹ میں یک سمت برقی رو کی مقدار  $10^{-15}\text{ آپھنٹر کے لگے بھگے ہوتی ہے جو ایک وسائل نظر انداز مقدار ہے۔}$  دوجو ٹرانزسٹر کے بر عکس میدانی ٹرانزسٹروں میں دونوں  $n+$  خطے بالکل یکساں ہوتے ہیں اور ان میں کسی ایک کو بطور سورس اور دسرے کو ڈرین خطے استعمال کیا جاتا ہے۔ اگرچہ موجودہ کئی اقسام کے میدانی ٹرانزسٹروں کے ساخت مندرجہ بالاتلائے ساخت سے مختلف ہوتے ہیں (جیسے ان میں عموماً ہست کے بجائے دیگر معنوی اجزاء استعمال کئے جاتے ہیں) ہم پھر بھی انہیں ماسفیٹ پکاریں گے۔

## ۲.۲ n ماسفیٹ کی بنیادی کارکردگی

### ۲.۲.۱ گیٹ پر برقی دباؤ کی عدم موجودگی

$n$  ماسفیٹ، جیسے ہم اس کتاب میں مفہومی ماسفیٹ بھی کہیں گے، کے گیٹ پر برقی دباؤ لگو کئے بغیر اسے دو آپس میں الٹے جبڑے ڈائیڈ تصور کیا جاتا ہے جہاں  $p$  سیلیکان پسٹری (بدن) اور  $n$  سورس پہلا ڈائیڈ اور اسی طرح  $p$  سیلیکان پسٹری (بدن) اور  $n$  ڈرین دوسرا ڈائیڈ ہے۔ یہ دو الٹے جبڑے ڈائیڈ ڈرین اور سورس سروں کے مابین برقی رو کے گزر کو ناممکن ہنتے ہیں۔ اس صورت میں ان دو سروں کے مابین نہایت زیادہ مسماحت (تقریباً  $10^{12}\text{ پیلی جاتی ہے۔}$

شکل ۲.۲ الف میں ماسفیٹ کا گیٹ آزاد رکھ کر اس کے سورس اور ڈرین سروں کے مابین برقی دباؤ  $V_{DS}$  لگا گیا ہے۔ مسزید یہ کہ ان کے بدل پڑھ اور ڈرین دونوں سروں کو برقی زمین پر رکھا گیا ہے۔  $V_{DS}$  لگو کرنے سے ڈرین-بدن جوٹ پر در ان خطے پر جباتا ہے اور اس برقی دباؤ کو دو کے رکھتا ہے۔

### ۲.۲.۲ گیٹ کے ذریعہ برقی رو کے لئے راہ کی تیاری

شکل ۲.۲ ب میں بدن اور سورس کو برقی زمین پر رکھتے ہوئے گیٹ پر برقی دباؤ  $V_{GS}$  مہیا کیا گیا ہے۔ گیٹ پر ثابت برقی دباؤ  $p$  قسم کی سیلیکان پسٹری میں آزاد حلسوں کو دور دھکیلتا ہے جبکہ یہاں موجود آزاد اقلیتی الیکٹرون کو گیٹ کی جانب کھینچتا ہے۔ مسزید یہ کہ اس برقی دباؤ کی وجہ سے دونوں  $n$  خطوں میں موجود (ضورت سے زیادہ تعداد میں) آزاد الیکٹرونوں کو بھی گیٹ کے نیچے کھینچ جاتا ہے۔ اگر گیٹ پر ثابت برقی دباؤ بتریج بڑھایا جائے تو گیٹ کے نیچے  $p$  سیلیکان میں الیکٹرونوں کی تعداد بڑھتی ہے اور آخوند کار الیکٹرونوں کی تعداد دھلاؤں کی تعداد سے بھی زیادہ ہو جاتی ہے۔ اس عمل سے  $p$  خط اسا ہو کر  $n$  خطہ بن جاتا ہے۔ ایک قسم کے سیلیکان سے زبردستی دوسری قسم کے سیلیکان بنانے کے عمل کو الٹا کرنا ۳ کہتے ہیں اور ایسے الٹا کئے خٹے کو الٹا خٹ ۴ کہا جاتا ہے۔ گیٹ پر برقی دباؤ

inversion<sup>۳</sup>  
inversion layer<sup>۴</sup>

بڑھانے سے گیٹ کے نیچے الماظہ بھی بڑھتا ہے اور آندر کاربی سورس سے ذرین تک پہل جاتا ہے۔ یوں سورس سے ذرین تک  $V_t$  قدم کی راہ وجود میں آتی ہے۔ جیسے ہی سورس اور ذرین خطوں کے مابین راہ پیدا ہوتا ہے ان خطوں کے مابین برقی رو کا گزر ممکن ہو جاتا ہے۔ جس برقی دباؤ پر ایسا ہو جائے اس کو دبیز برقل دباؤ<sup>۱۵</sup> کہتے ہیں۔ شکل ب میں یوں پیدا کیا گیا ہے کہ ایسا ہد کھایا گیا ہے۔ حقیقت میں  $V_t$  سے ذریسی زیادہ برقی دباؤ پر برقی رو کا گزر ممکن ہوتا ہے۔ یوں ہم کہہ سکتے ہیں کہ گیٹ پر  $V_t$  یا اس سے کم برقی دباؤ کی صورت میں ٹرانزسٹر پالیا مفتیع رہتا ہے جبکہ گیٹ پر  $V_t$  سے زیادہ برقی دباؤ کی صورت میں ٹرانزسٹر پالیا غیر مفتیع رہتا ہے لیکن

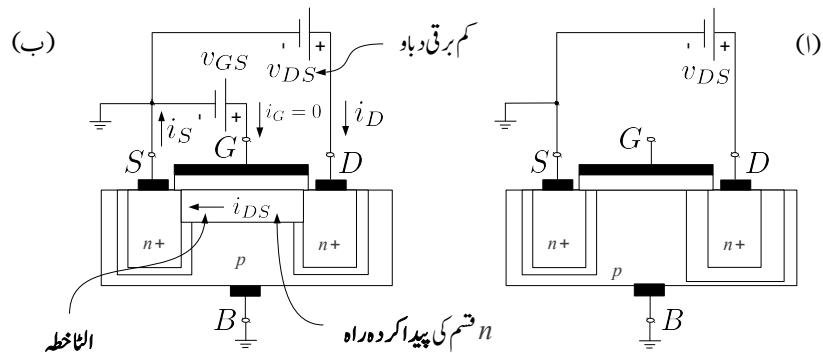
$$(2.1) \quad \begin{array}{ll} v_{GS} \leq V_t & \text{مفتیع} \\ v_{GS} > V_t & \text{پالیا غیر مفتیع} \end{array}$$

یوں  $V_t$  کو دبیز تصور کیا جاتا ہے جس کی ایک جانب ماسفیٹ پال جبکہ اس کی دوسری جانب ماسفیٹ مفتیع رہتا ہے۔ پال ماسفیٹ کے ذرین اور سورس سروں کے مابین برقی دباؤ<sup>۱۶</sup> لاگو کرنے سے پیدا کردہ راہ میں برقی رو  $i_{DS}$  گز رے گی۔ چونکہ گیٹ کی برقی رو کی قیمت صفر ہے لہذا ذرین سرے پر برقی رو  $i_D$  اور سورس سرے پر برقی رو  $i_S$  کی قیمتیں برابر ہوں گی لیکن

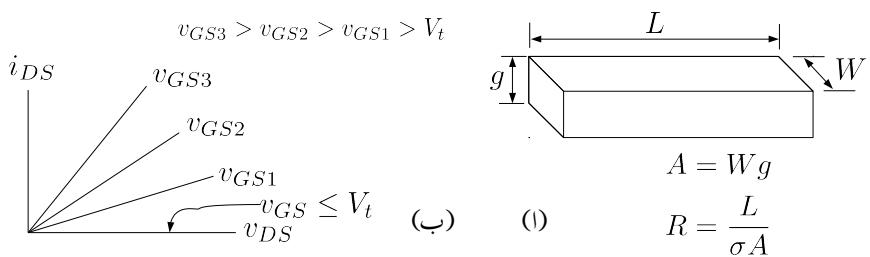
$$(2.2) \quad \begin{array}{l} i_G = 0 \\ i_D = i_S = i_{DS} \end{array}$$

دھیان رہے کہ p قدم کی سیکان پتھری پر n قدم کا راہ پیدا ہوتا ہے اور ایسے ٹرانزسٹر کا پورا نام nMOSFET ہے جہاں n اس پیدا کردہ راہ کے قدم کو بتلاتا ہے۔ راہ میں برقی رو کا دباؤ میکرونوں کے سرکت کی بدولت ہے جو سورس سے راہ میں داخل ہو کر ذرین تک سفر کرتے ہیں۔ اس کو یوں بھی کہا جاتا ہے کہ میکرون اس سورس سے راہ میں حفارج ہوتے ہیں اور ذرین پر راہ سے حاصل کئے جاتے ہیں۔ اسی سے ماسفیٹ کے ان دو خطوں کے نام سورس<sup>۱۷</sup> اور ڈرین<sup>۱۸</sup> نکلے ہیں۔ جیسے آپ آگے دیکھیں گے، ماسفیٹ کے گیٹ کی مدد سے ماسفیٹ میں برقی رو کو فتو یوں جاتا ہے۔ اسی سے گیٹ کا نام نکلا ہے۔ جیسا کہ اوپر ذکر ہوا،  $v_{DS}$  کے بغیر  $V_t$  یا اس سے زیادہ برقی دباؤ<sup>۱۹</sup> لاگو کرنے سے قدم کا راہ پیدا ہوتا ہے۔ اس پیدا کردہ راہ کو شکل ۲.۳ الف میں دکھایا گیا ہے۔ گیٹ پر لاؤ برقی دباؤ کو  $V_t$  سے مزید بڑھانے سے گیٹ کے نیچے میکرونوں کی تعداد مزید بڑھتی ہے اور یوں پیدا کردہ راہ کی گہرائی g بڑھتی ہے۔ یوں اس قدم کے ماسفیٹ کو n بڑھاتا ماسفیٹ<sup>۲۰</sup> کہتے ہیں۔ شکل الف میکرون کو دکھائی دیتے ہے۔ یوں اس گیٹ ہے جہاں n قدم کے راہ کے موصیت کا مفتیع<sup>۲۱</sup> ہے۔ گیٹ پر  $V_{GS1}$  کی قیمت  $V_t$  سے زیادہ ہے) سے پیدا کردہ راہ کو مزاحمت R تصور کرتے ہوئے ہم دیکھتے ہیں کہ اس پر لمبائی کی جانب تھوڑا برقی

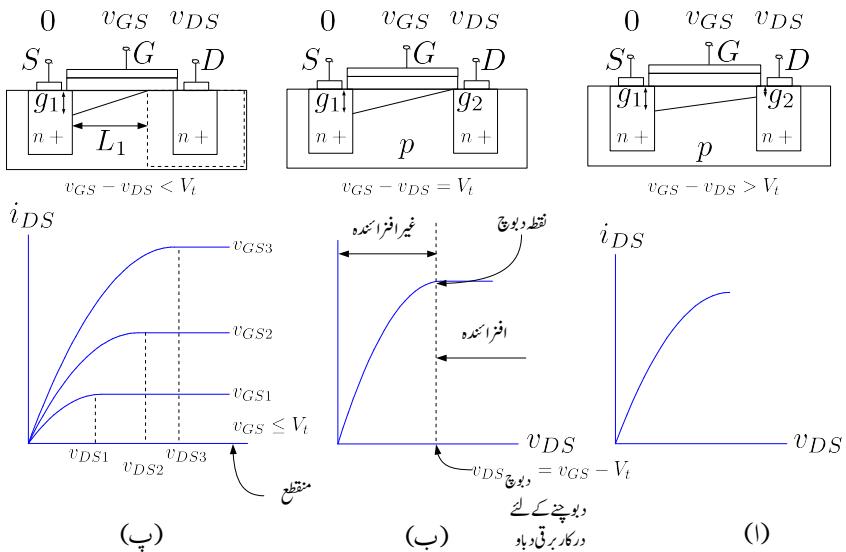
<sup>۱۵</sup> threshold voltage<sup>۱۶</sup> source<sup>۱۷</sup> drain<sup>۱۸</sup> جس مختام سے کوئی چیز حفارج ہو، اس کو انگریزی میں سورس کہتے ہیں اور جہاں سے نکالی ہو اس کو ذرین کہتے ہیں۔<sup>۱۹</sup> enhancement nMOSFET<sup>۲۰</sup> conductivity



شکل ۲.۳: بر قدر کا وجود پسیدا ہونا



شکل ۲.۴: پیدا کرده رکی مس زامن

شکل ۳.۵: پیدا کردہ راہ کی گہرائی اور  $n$  بڑھاتے ماسیٹ کے خط

دباو  $v_{DS}$  لاگو کرنے سے اس میں برقی رو  $i_{DS}$  گزے گی۔ شکل ۳.۳ ب میں انہیں گراف کیا گیا ہے جہاں خط کے فتحیب لکھ کر اس بات کی وہانی کرائی گئی ہے کہ راہ کو  $V_{GS1}$  برقی دباو سے حاصل کیا گیا ہے۔ گیٹ پر برقی دباو  $V_{GS}$  بڑھنے سے پیدا کردہ راہ کی گہرائی  $g$  بڑھتی ہے جس سے اس کی مزاحمت  $R$  کم ہوتی ہے اور یوں  $v_{DS} - i_{DS}$  کے گراف کا ذہلوان بڑھتا ہے۔ اس حقیقت کو شکل ب میں دکھایا گیا ہے جہاں گیٹ پر نسبتاً زیاد برقی دباو یعنی  $v_{GS2}$  لاگو کرتے ہوئے  $v_{DS} - i_{DS}$  کا خط گراف کیا گیا ہے۔ اسی طرح گیٹ پر برقی دباو کو مزید بڑھا کر کرتے ہوئے بھی  $v_{DS} - i_{DS}$  کا خط گراف کیا گیا ہے۔ سورس خطے کو برقی زمین پر رکھتے ہوئے گیٹ پر لاگو کریں تو جیسے ہی  $V_t$  سے تجہیز کر جائے، سورس اور ڈین خطاو کے درمیان راہ پیدا ہو جاتی ہے۔ یوں پیدا کردہ راہ کی گہرائی  $g$  گیٹ پر  $V_t$  سے اضافی برقی دباو ( $v_{GS} - V_t$ ) پر مختصر ہوتی ہے۔

یاد رہے کہ گیٹ کے نیچے کسی بھی نقطے پر  $p$  قم سیلیکان کی پتسری میں  $n$  قم کی راہ پیدا کرنے کی حاضری ضروری ہے کہ اس نقطے پر گیٹ اور سیلیکان کی پتسری کے مابین کم از کم  $V_t$  برقی دباو پایا جائے۔ اگر گیٹ اور سیلیکان پتسری کے مابین  $V_t$  برقی دباو پایا جائے تو پیدا کردہ راہ کی گہرائی لامحدود کم ہو گی۔ پیدا کردہ راہ کی گہرائی گیٹ اور سیلیکان پتسری کے مابین  $V_t$  سے اضافی برقی دباو پر مختصر ہے۔

شکل ۳.۵ الف میں سورس خطے برقی زمین یعنی صفر ولٹ پر ہے جبکہ گیٹ پر  $v_{GS}$  برقی دباو ہے۔ یوں بیساں گیٹ اور سیلیکان پتسری کے مابین ( $v_{GS} - 0 = v_{GS}$ ) برقی دباو پایا جاتا ہے اور پیدا کردہ راہ کی گہرائی  $v_{DS}$  اضافی برقی دباو یعنی ( $v_{GS} - V_t$ ) پر مختصر ہو گی جسے شکل میں  $g_1$  کہا گیا ہے۔ اسی شکل میں ڈین خطاو

دولٹ پر ہے اور یوں یہاں پیدا کردہ راہ کی گہرائی ( $V_t - v_{DS}$ ) کے اضافی بر قی دباؤ پر منحصر ہو گئی ہے شکل میں 82 کہا گیا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ 82 کی مقدار  $v_t$  سے کم ہے۔ یوں پیدا کردہ راہ تکونی شکل اختیار کر لے گا۔  $v_{DS}$  کی مقدار صفر ہونے کی صورت میں 81 اور 82 برابر ہوتے ہیں اور پیدا کردہ راہ کی مساحت یعنی پالو ما سفیٹ کے مراحت

$$(3.3) \quad \frac{\text{لبائی}}{\text{رقب} \times \text{موصلیت کا مستقل}} = \frac{L}{\sigma W g}$$

کے برابر ہوتی ہے۔  $v_{DS}$  کی مقدار صفر وولٹ سے بڑھانے سے 82 کم ہوتا ہے اور پیدا کردہ راہ کی مساحت بڑھتی ہے جس سے  $v_{DS} - i_{DS}$  خط کی ڈھلان کم ہو گی۔ شکل الف میں بڑھتے  $v_{DS}$  کے ساتھ  $v_{DS} - i_{DS}$  خط کی ڈھلان بترج کم ہوتی دکھائی گئی ہے۔

آپ دیکھ سکتے ہیں کہ  $v_{DS}$  کو بڑھا کر 82 کی مقدار صفر کی جاسکتی ہے جیسے شکل ب میں دکھایا گیا ہے۔ ہم کہتے ہیں کہ پیدا کردہ راہ  $\text{دلوچ}^{(3.3)}$  دی گئی ہے۔

سورس خطے کو بر قی زمین اور گیرے کو  $v_{GS}$  بر قی دباؤ پر رکھتے ہوئے اگر  $v_{DS}$  بڑھایا جائے تو ڈرین خطے کے باکل فتریب گیا ہے اور سیکان پتری کے مابین  $v_{DS} - v_{GS}$  بر قی دباؤ پایا جائے گا اور جب تک یہ بر قی دباؤ  $V_t$  سے زیادہ رہے یہاں  $n$  قسم کی راہ برقرار رہے گی۔ اگر  $v_{DS} - v_{GS}$  کی قیمت  $V_t$  سے کم ہو تب ڈرین کے فتریب را کابننا ممکن نہیں ہو گا۔ جب

$$(3.4) \quad v_{GS} - v_{DS} = V_t$$

ہو جائے تو ہم کہتے ہیں کہ پیدا کردہ راہ  $\text{دلوچ}^{(3.4)}$  ہے اور جس  $v_{DS}$  پر ایسا ہوا ہے پیدا کردہ راہ  $\text{دلوچ}^{(3.4)}$  کے لئے درکار بر قی  $V_{DS}$  کہتے ہیں۔ مساوات  $3.3$  سے

$$(3.5) \quad V_{DS, \text{دلوچ}} = v_{GS} - V_t$$

حاصل ہوتا ہے۔ مساوات  $3.3$  میں لکھتے ہوئے  $v_{DS} = v_D - v_S$  اور  $v_{GS} = v_G - v_S$

$$(v_G - v_S) - (v_D - v_S) = V_t \\ v_G - v_D = V_t$$

حاصل ہوتا ہے جس میں  $v_{GD} = v_G - v_D$  لکھ کر

$$(3.6) \quad v_{GD, \text{دلوچ}} = V_t$$

لکھا جاسکتا ہے۔

یہاں ایسا محسوس ہوتا ہے کہ پیدا کردہ راہ کی گہرائی صفر ہوتے ہیں (یعنی راہ  $\text{دلوچ}^{(3.6)}$  ہی) راہ کی مساحت لاحدہ وہ ہو جائے گی اور ثراز سڑ میں بر قی روکا گزنا ناممکن ہو جائے گا۔ حقیقت میں ایسا نہیں ہوتا۔ جب تک  $v_{DS}$  کی

قیمت دیوچ  $v_{DS}$  سے کم رہے، اسے بڑھانے سے مگر چونکہ  $i_{DS}$  بڑھانے سے پیدا کردہ راہ کی مزاحمت بھی بڑھتی ہے لہذا  $i_{DS}$  کے بڑھنے کی شرح بہترین کم ہوتی ہے۔ دیوچ  $v_{DS}$  پر ٹرانزسٹر میں گزرتی برقی وہ کی قیمت دیوچ  $i_{DS}$  کے لئے اور اگر  $v_{DS}$  کو دیوچ سے بڑھایا جائے تو دیکھا جاتا ہے کہ ٹرانزسٹر سے گزرتی برقی روستقل دیوچ  $i_{DS}$  کے برابر ہوتی ہے اور اس میں کسی قسم کا اضافہ نہیں آتا۔ یہ تمام شکل ب میں دکھایا گیا ہے۔

شکل ۵.۳ ب میں ٹرانزسٹر کے افراندہ اور غیر افراندہ خطے بھی دکھائے گئے ہیں۔ یہ دو جو ٹرانزسٹر کے نوعیت کے ہی ہیں۔ شکل ۵.۳ پ میں مختلف گیٹ کے برقی دباؤ پر  $v_{DS} - i_{DS}$  کے خط کھینچ گئے ہیں اور ان کے نقطہ دلوچ پر برقی دباؤ کو  $v_{DS3}$ ،  $v_{DS2}$ ،  $v_{DS1}$  اور  $v_{DS}$  لکھ کر واضح کیا گیا ہے۔ سورس خطے برقی ز میں پر رکھتے ہوئے اگر گیٹ پر برقی دباؤ سے کم ہو تو براہ موجود میں نہیں آتا اور ٹرانزسٹر مقطوع صورت اختیار کے رہتا ہے اور اس میں برقی روکی قیمت صفر رہتی ہے۔ مقطع صورتے بھی اسی شکل میں دکھایا گیا ہے۔

n ماسیف کے ان نتائج کو یہاں ایک جگہ لکھتے ہیں۔

### مقطع

(۳.۷)

$$v_{GS} \leq V_t$$

### چاہو

(۳.۸)

$v_{GS} - v_{DS} \geq V_t$	غیر انسانندہ
$v_{GS} - v_{DS} = V_t$	نقطہ دیوچ
$v_{GS} - v_{DS} \leq V_t$	انسانندہ

انہیں مددات کو پوں

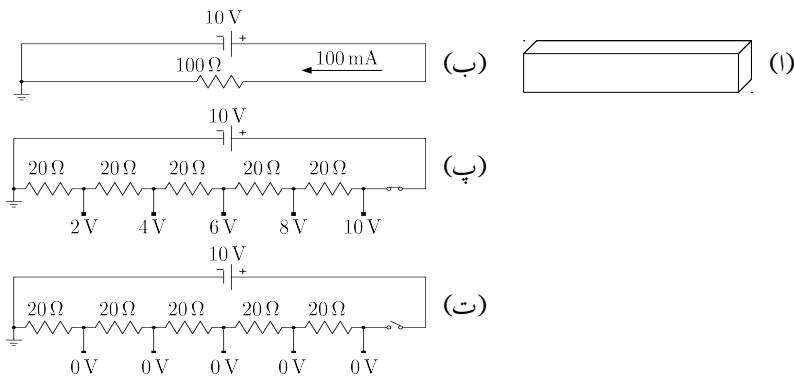
(۳.۹)

$v_{GS} \leq V_t$	مقطع
$v_{DS} \leq v_{GS} - V_t$	غیر انسانندہ
$v_{DS} = v_{GS} - V_t$	نقطہ دیوچ
$v_{DS} \geq v_{GS} - V_t$	انسانندہ

یا یوں

(۳.۱۰)

$v_{GS} \leq V_t$	مقطع
$v_{GD} \geq V_t$	غیر انسانندہ
$v_{GD} = V_t$	نقطہ دیوچ
$v_{GD} \leq V_t$	انسانندہ



شکل ۲.۶: پیدا کردہ راہ میں مختلف معتمات پر برقی دباؤ

بھی لکھ جا سکتا ہے۔ یاد رہے کہ افزائندہ یا غیر افزائندہ خطے ہونے کے لئے لازمی ہے کہ ماسنیٹ چپا لو (یعنی غیر منقطع) ہو۔ ماسنیٹ کو افزائندہ خطے میں رکھ کر ایپلیک ایجاد کیا جاتا ہے۔

**مثال ۲.۱:** شکل ۲.۶ الف میں  $n$  ماسنیٹ کے پیدا کردہ راہ کو بطور سو اہم ( $100\Omega$ ) کے موصل سلاخ دکھایا گیا ہے جس پر لمبائی کے حساب سے دس ولٹ (10 V) برقی دباؤ لگائی گیا ہے۔ مسئلہ کو سادہ رکھنے کی خاطر پیدا کردہ راہ کے ترچھاپن کو نظر انداز کریں۔  
 ۱. پیدا کردہ راہ کے مختلف معتمات پر برقی دباؤ حاصل کریں۔

$$\text{۲. اگر } V_t = 3 \text{ V اور } v_{GS} = 15 \text{ V تو } V_t = 3 \text{ V}$$

$$\text{۳. اگر } V_t = 3 \text{ V اور } v_{GS} = 11 \text{ V تو } V_t = 3 \text{ V}$$

حل:

۱. موصل سلاخ کو ایک مزاحمت تصور کیا جا سکتا ہے۔ یوں اس مسئلہ کو شکل ب کے طرز پر پیش کیا جا سکتا ہے جس میں 100 mA برقی رو پیدا ہو گی۔ مزید یہ کہ سو اہم کے مزاحمت کو کئی مزاحمت سلسلہ وار جبڑے تصور کیا جا سکتا ہے۔ شکل پ میں اسے پائی گئی 20 Ω سلسلہ وار جبڑے تصور کیا گیا ہے جہاں ہر جوڑ پر برقی دباؤ بھی دکھایا گیا ہے۔

۲. چونکہ ڈرین سرے پر

$$v_{GS} - v_{DS} = 15 - 10 = 5 > V_t$$

لہذا ایسا پیدا کردہ راہ وجود میں آئے گا اور ٹرانزسٹر میں برقی رو کا گزر ممکن ہو گا۔

## ۳. چونکہ ڈرین سرے پر

$$v_{GS} - v_{DS} = 11 - 10 = 1 < V_t$$

ہے لہذا پیدا کردہ راہ دلوچا جبائے گا۔ اگر ایسا ہونے کے پیدا کردہ راہ کی مزاجمت لامدد ہو جبائے اور اس میں برقی رو کی مقدار صفر ہو جبائے تو صورت حال شکلت کے مانند ہو گی جہاں ڈرین سرے پر لامدد مزاجمت کو بطور منقطع کئے گئے برقی سوچ دکھایا گیا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ برقی رو کی عدم موجودگی میں پیدا کردہ راہ میں ہر مدت ام پر بر قی دباؤ کی مقدار صفر وولٹ (0V) ہو جبائے گی اور یوں ڈرین سرے پر بھی صفر وولٹ ہوں جس سے

$$v_{GS} - v_{DS} = 11 - 0 = 11 > V_t$$

ہو گا اور یوں بر قی رو کا گزر ممکن ہو گا۔

مندرجہ بالادو نتائج تصادم ہیں۔ پہلے نتیجے کے مطابق بر قی رو کا گزر ناممکن ہے جبکہ دوسرا نتیجے کے مطابق، اس کے بر عکس، بر قی رو کا گزر ممکن ہے۔ حقیقی صورت حال کو شکل ۳.۵ پر میں دکھایا گیا ہے جہاں آپ دیکھ سکتے ہیں کہ پیدا کردہ راہ کے دلوچے کامعت ام تبدیل ہو چکائے اور یوں پیدا کردہ راہ کی لمبا فی مدت رکم ہو گئی ہے اور ساتھ ہی ساتھ ڈرین سرے پر ویران خطے اتنا بڑھ گئی ہے کہ ایک جناب یہ ڈرین خطے کو اور دوسرا جناب پیدا کردہ راہ کو چھوتا ہے۔ چونکہ نقطہ دبوچ پر گیٹ اور پیدا کردہ راہ کے ماہین  $V_t$  بر قی دباؤ پیا جاتا ہے لہذا نقطہ دبوچ پر

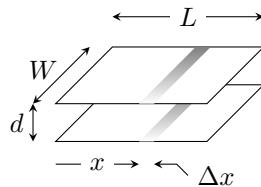
$$v_{DS} = v_{GS} - V_t$$

ہو گا اور ڈرین۔ سورس سرے کے ماہین اضافی بر قی دباؤ ( $v_{DS} - v_{DS}$ ) ویران خطے برداشت کرے گا۔ پیدا کردہ راہ پر لا گو بر قی دباؤ ( $v_{DS}$ ) اس میں بر قی رو پیدا کرے گا جو کہ سورس سے ڈرین جناب اسیکٹر ان کے بیاؤ سے پیدا ہو گا۔ یہ اسیکٹر ان نقطہ دبوچ پر پہنچتی ویران خطے میں داخل ہوں گے۔ ویران خطے میں آزاد اسیکٹر ان نہیں ٹھر سکتے اور انہیں ڈرین خطے میں دھکیل دیا جاتا ہے۔ یوں اسیکٹر ان سورس سرے سے رواں ہو کر ڈرین سرے پہنچ کر  $i_{DS}$  پیدا کرتے ہیں۔

شکل پر میں گیٹ پر خلف بر قی دباؤ کے لئے ماسیفیٹ کے خط گراف کئے گئے ہیں۔

## ۲.۳ n ماسیفیٹ کی مساوات

مندرجہ بالائے کو مد نظر رکھتے ہوئے n ماسیفیٹ کی  $i_{DS} - v_{DS}$  مساوات حاصل کرتے ہیں۔ ایسا کرتے وقت سورس سرے کو بر قی زمین (یعنی صفر وولٹ) پر کھا جائے گا جبکہ گیٹ کو  $v_{GS}$  اور ڈرین سرے کو  $v_{DS}$  پر کھا جائے گا۔ مزید یہ کہ  $v_t < v_{GS} - v_{DS}$  اور بر قی دباؤ صفر وولٹ ہو گا جبکہ ڈرین جناب  $x$  اسیتے ہوئے سورس جناب  $0 = x$  اور بر قی دباؤ  $v_{DS} = x$  پر کھا جائے گا۔



شکل ۷. گیٹ اور راہ بطور دو چار کے ادا کرتے ہیں۔

دباو کوہم ( $x$ )  $v$  لکھتے ہیں۔ گیٹ اور پییدا کردہ راہ (یعنی  $n$  قلم کا موصول) بطور دو چار کے کپیسٹر کا کردہ ادا کریں گے۔ پییدا کردہ راہ میں ابائی کے زخ نقل  $x$  پر ذرہ سی ابائی  $\Delta x$  پر غور کرتے ہیں۔ یہ اس بطور کپیسٹنس  $\Delta C$  کردہ ادا کرے گا جس کا

$$(3.11) \quad \Delta C = \frac{\epsilon \times \text{رقبہ}}{d} = \frac{\epsilon W \Delta x}{\text{فاصلہ}}$$

ہوگا۔ اس کپیسٹر کو شکل ۷. ۲ میں دکھایا گیا ہے۔ آپ کپیسٹر کی مساوات  $C = C \times V$  سے بخوبی آگاہ ہوں گے۔ اس مساوات کے مطابق کپیسٹر کے ثابت چار پر بار  $Q$  کی مقدار کپیسٹر کے دو چاروں کے مابین برقی دباو  $V$  پر مختص ہوتا ہے۔ کپیسٹر کے منقی چار پر (Q-) بار پایا جاتا ہے۔ ماسفیٹ کے کپیسٹر  $\Delta C$  پر بھی اسی طرح بار پایا جائے گا مگر اس کا تخمینہ لگانے کی حد طراست مسئلہ کو زیادہ گہرائی سے دیکھنا ہوگا۔ آئیں ایسا ہی کرتے ہیں۔

جیسا کہ آپ جانتے ہیں کہ کسی بھی نقطے  $x$  پر تب راہ پیدا ہوتا ہے جب اس نقطے پر گیٹ اور سلیکان پستری کے مابین  $V_t$  برقی دباو پایا جائے (یعنی جب  $v_{GS} - v(x) = V_t$  ہو) اور اسی صورت میں پیدا کردہ راہ میں وسائل نظر انداز (قریب اصر) مقدار میں  $n$  قلم کا بار یعنی آزاد سیکٹر ان جیج ہوتے ہیں۔ یوں (3.12)  $v(x) = V_t - v_{GS}$  ہونے کی صورت میں آزاد سیکٹر انوں کی تعداد بھی (قریب اصر) صورت ہوتی ہے۔ جیسے گیٹ اور سلیکان پستری کے مابین برقی دباو مزید بڑھا جائے یہاں آزاد سیکٹر انوں کی تعداد بڑھتی ہے۔ یوں آزاد سیکٹر انوں کی تعداد کا داروں مدار برقی دباو ( $v_{GS} - V_t - v(x)$ ) پر ہوتا ہے اور ہم ماسفیٹ کے گیٹ کے لئے کپیسٹر کی مساوات یوں لکھ سکتے ہیں۔

$$(3.12) \quad \Delta Q = \Delta C \times V \\ = \left[ \frac{\epsilon W \Delta x}{d} \right] \times [v_{GS} - V_t - v(x)]$$

پیدا کردہ راہ میں اس نقطے پر بار کی مقدار اتنی ہی مسکنی قلم کی ہوگی۔ اس مساوات کو پیدا کردہ راہ کے لئے یوں لکھا جاسکتا ہے۔

$$(3.13) \quad \frac{\Delta Q_n}{\Delta x} = - \left[ \frac{\epsilon W}{d} \right] \times [v_{GS} - V_t - v(x)]$$

فناصلہ کے ساتھ برقی دباؤ کی شرح کو شدتِ برقی دباؤ  $E$  کہتے ہیں۔ یوں نقطے  $x$  پر

$$(۳.۱۴) \quad E = -\frac{\Delta v(x)}{\Delta x}$$

ہوگا۔ اس کی صفت ڈینے سے سورس نظر کی جانب ہے۔ شدتِ برقی دباؤ کی بھی صفت بار کو  $E$  کی صفت میں جبکہ منفی بار کو الٹی جانب و حلیلت ہے۔ چونکہ پیدا کردہ راہ میں منفی بار پائے جاتے ہیں لہذا شدتِ برقی دباؤ انہیں سورس سے ڈینے نظر کی جانب دھلیتے گا۔ کسی بھی موصل میں چارجوں کی رفتار وہاں کے شدتِ برقی دباؤ کے برائے راستے مستnasib ہوتا ہے۔ یوں منفی چارجوں کے رفتار کو  $(E - \mu_n E)$  اور صحت چارجوں کے رفتار کو  $(\mu_p E)$  لکھا جائے گا۔ جہاں  $\mu_n$  سیلان پتسری میں الکٹرون کی حرکت پذیری<sup>۲۳</sup> کے لالاتا ہے جبکہ  $\mu_p$  سیلان پتسری میں غلوکر حرکت پذیری<sup>۲۴</sup> کے لالاتا ہے۔ یہاں حرکت پذیری<sup>۲۵</sup> سے مراد اتنا نظر میں حرکت پذیری ہے۔ یہاں رکر کر تسلی کر لیں کہ یہ دو مساوات دونوں اقسام کے چارجوں کے رفتار کے صحیح صفت دیتے ہیں۔ یوں رفتار کو  $\frac{\Delta x}{\Delta t}$  لکھتے ہوئے الکٹرونوں کے لئے ہم یوں لکھ سکتے ہیں۔

$$(۳.۱۵) \quad \frac{\Delta x}{\Delta t} = -\mu_n E = \mu_n \frac{\Delta v(x)}{\Delta t}$$

مساوات ۳.۱۳ اور مساوات ۳.۱۵ کی مدد سے ہم پیدا کردہ راہ میں آزاد الکٹرونوں کے سر کرتے سے پیدا برقی رو یوں حاصل کر سکتے ہیں۔

$$(۳.۱۶) \quad i(x) = \frac{\Delta Q_n}{\Delta t} = \frac{\Delta Q_n}{\Delta x} \times \frac{\Delta x}{\Delta t} \\ = -\left[ \frac{eW}{d} \right] [v_{GS} - V_t - v(x)] \times \left[ \mu_n \frac{\Delta v(x)}{\Delta x} \right]$$

اس مساوات کو یوں لکھا جا سکتا ہے۔

$$(۳.۱۷) \quad i(x)\Delta x = -\left[ \frac{eW}{d} \right] [v_{GS} - V_t - v(x)] \times [\mu_n \Delta v(x)]$$

اس مساوات میں  $\Delta$  کو باریک سے باریک تر لیتے ہوئے مساوات کا تکملہ لیتے ہیں جہاں پیدا کردہ راہ کے سورس سرے کو ابتدائی نقطے جبکہ اس کے ڈین سرے کو اختتامی نقطہ لیتے ہیں۔ یوں ابتدائی نقطے پر  $0 = x$  جبکہ اختتامی نقطے پر  $L = x$  ہے اسی طرح ابتدائی برقی دباؤ  $v(0) = 0$  جبکہ اختتامی برقی دباؤ  $v_{DS} = v(L)$  ہے۔ یوں

$$(۳.۱۸) \quad \int_0^L i(x) dx = \int_0^{v_{DS}} -\left[ \frac{e\mu_n W}{d} \right] [v_{GS} - V_t - v(x)] dv(x)$$

چونکہ پیدا کردہ راہ میں از خود بر قی روشن پیدا اور نہیں غائب ہو سکتی ہے لہذا اس میں اس باتی کی حساب بر قی رو تبدیل نہ ہوگی۔ اس بر قی رو کو  $i$  لکھتے ہوئے تکمیل کے باہر نکالا جاسکتا ہے۔

$$\begin{aligned}
 \int_0^L i(x) dx &= i \int_0^L dx = \int_0^{v_{DS}} - \left[ \frac{\epsilon \mu_n W}{d} \right] [v_{GS} - V_t - v(x)] dv(x) \\
 ix|_0^L &= - \left[ \frac{\epsilon \mu_n W}{d} \right] \left[ (v_{GS} - V_t) v(x)|_0^{v_{DS}} - \frac{v(x)^2}{2}|_0^{v_{DS}} \right] \\
 (3.19) \quad iL &= - \left[ \frac{\epsilon \mu_n W}{d} \right] \left[ (v_{GS} - V_t) v_{DS} - \frac{v_{DS}^2}{2} \right] \\
 i &= - \left[ \frac{\epsilon \mu_n}{d} \right] \left[ \frac{W}{L} \right] \left[ (v_{GS} - V_t) v_{DS} - \frac{v_{DS}^2}{2} \right]
 \end{aligned}$$

منفی بر قی رو کا مطلب ہے کہ یہ بڑھتے  $x$  کے الٹے حساب بر قی روں ہے لیکن ذرین سے سورس حساب۔ ماسنیٹ میں اسی حساب بر قی رو کو  $i_{DS}$  لکھا جاتا ہے۔ یوں درج ذیل حاصل ہوتا ہے۔

$$(3.20) \quad i_{DS} = \left[ \frac{\epsilon \mu_n}{d} \right] \left[ \frac{W}{L} \right] \left[ (v_{GS} - V_t) v_{DS} - \frac{v_{DS}^2}{2} \right]$$

نقطہ دبوق پر  $v_{DS} = v_{GS} - V_t$  استعمال کرتے اس مساوات سے حاصل ہوتا ہے۔

$$\begin{aligned}
 i_{DS\text{، دبوق}} &= \left[ \frac{\epsilon \mu_n}{d} \right] \left[ \frac{W}{L} \right] \left[ (v_{GS} - V_t) v_{DS\text{، دبوق}} - \frac{v_{DS\text{، دبوق}}^2}{2} \right] \\
 (3.21) \quad &= \left[ \frac{\epsilon \mu_n}{d} \right] \left[ \frac{W}{L} \right] \left[ (v_{GS} - V_t) (v_{GS} - V_t) - \frac{(v_{GS} - V_t)^2}{2} \right] \\
 &= \frac{1}{2} \left[ \frac{\epsilon \mu_n}{d} \right] \left[ \frac{W}{L} \right] (v_{GS} - V_t)^2
 \end{aligned}$$

چونکہ انسزاں نہ خطے میں نقطہ دبوق پر بر قی رو کے برابر بر قی رو ہی رہتی ہے لہذا انسزاں نہ خطے میں بر قی رو کی بھی یہی مساوات ہے۔ ان مساوات میں

$$\begin{aligned}
 k'_n &= \left( \frac{\epsilon \mu_n}{d} \right) \\
 (3.22) \quad k_n &= \left( \frac{\epsilon \mu_n}{d} \right) \left( \frac{W}{L} \right) = k'_n \left( \frac{W}{L} \right)
 \end{aligned}$$

لیتے ہوئے انہیں دوبارہ لکھتے ہیں۔ ساتھ ہی ساتھ ان کا دائرہ عمل تعین کرنے کے نکالے بھی درج کرتے ہیں۔

غیر انسان نہ خط:

$$(۳.۲۳) \quad v_{GS} > V_t \\ v_{GS} - v_{DS} = v_{GD} = \geq V_t$$

$$(۳.۲۴) \quad i_{DS} = k'_n \left[ \frac{W}{L} \right] \left[ (v_{GS} - V_t) v_{DS} - \frac{v_{DS}^2}{2} \right] \\ = k_n \left[ (v_{GS} - V_t) v_{DS} - \frac{v_{DS}^2}{2} \right]$$

نقطہ دیوچ:

$$(۳.۲۵) \quad v_{GS} > V_t \\ v_{GS} - v_{DS} = v_{GD} = V_t$$

$$(۳.۲۶) \quad i_{DS} = \frac{k'_n}{2} \left[ \frac{W}{L} \right] [v_{GS} - V_t]^2 \\ = \frac{k_n}{2} [v_{GS} - V_t]^2$$

افسزائندہ:

$$(۳.۲۷) \quad v_{GS} > V_t \\ v_{GS} - v_{DS} = v_{GD} \leq V_t$$

$$(۳.۲۸) \quad i_{DS} = \frac{k'_n}{2} \left[ \frac{W}{L} \right] [v_{GS} - V_t]^2 \\ = \frac{k_n}{2} [v_{GS} - V_t]^2$$

منقطع:

$$(۳.۲۹) \quad v_{GS} \leq V_t \\ i_{DS} = 0$$

ماسنیٹ تخلیق ریتی وقت پیدا کرده راہ کے چوڑائی  $W$  اور لمبائی  $L$  کی تناسب بدل کر مختلف ساصل کے جب تے ہیں۔  
 یاد ہانی کی خاطر کچھ ہاتھ دوبارہ دھرا تے ہیں۔

### باب۔۲۔ میدانی ٹرانزسٹر

nMOSFET کو غیر امنزائندہ خطے میں استعمال کرنے کی حد طریقہ گیٹ اور سورس کے مابین  $V_t$  سے زیادہ بر قی دباؤ مہیا کیا جاتا ہے اور ڈرین - سورس سرروں کے مابین بر قی دباؤ کو رہ دباؤ بر قی دباؤ دباؤ دباؤ  $v_{DS}$  سے کم رکھا جاتا ہے لیکن

$$(2.30) \quad \begin{aligned} v_{GS} &> V_t && \text{راہ پسیدا} \\ v_{DS} &\leq v_{DS\text{دبوچ}} && \text{ نقطہ دبوچ} \\ &\leq v_{GS} - V_t \end{aligned}$$

اسی طریقہ nMOSFET کو امنزائندہ خطے میں استعمال کرنے کی حد طریقہ گیٹ اور سورس کے مابین  $V_t$  سے زیادہ بر قی دباؤ مہیا کیا جاتا ہے اور ڈرین - سورس سرروں کے مابین بر قی دباؤ کو رہ دباؤ بر قی دباؤ دباؤ دباؤ  $v_{DS}$  سے زیادہ رکھا جاتا ہے لیکن

$$(2.31) \quad \begin{aligned} v_{GS} &> V_t && \text{راہ پسیدا} \\ v_{DS} &\geq v_{DS\text{دبوچ}} && \text{ نقطہ دبوچ} \\ &\geq v_{GS} - V_t \end{aligned}$$

نقطہ دبوچ ان دو خطوں کے درمیان حسہ ہے جسے دونوں کا حصہ تصور کیا جاتا ہے۔ nMOSFET کو منقطع کرنے کی حد طریقہ گیٹ اور سورس کے مابین  $V_t$  یا اس سے کم بر قی دباؤ رکھا جاتا ہے لیکن

$$(2.32) \quad v_{GS} \leq V_t \quad \text{ منقطع}$$

غیر امنزائندہ ماسفیٹ پر جب باریکے  $v_{DS}$  لاگو کیا جائے تو مساوات ۲.۲۳ میں  $v_{DS}^2$  کو نظر انداز کرنا ممکن ہوتا ہے اور اس مساوات کو یوں لکھا جاتا ہے۔

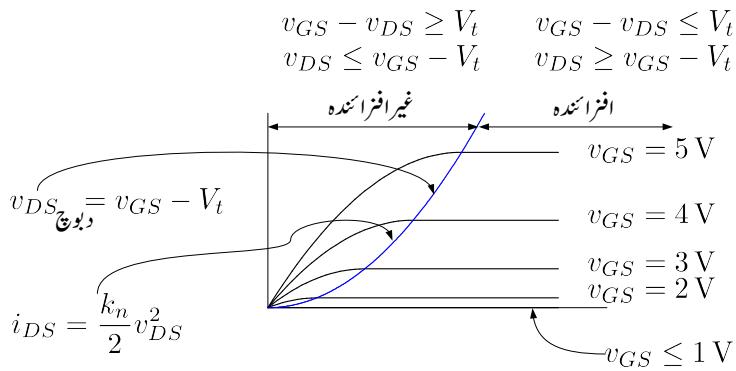
$$i_{DS} = k'_n \left[ \frac{W}{L} \right] \left[ (v_{GS} - V_t) v_{DS} - \frac{v_{DS}^2}{2} \right] \approx k'_n \left[ \frac{W}{L} \right] [(v_{GS} - V_t) v_{DS}]$$

اس مساوات سے باریکے  $v_{DS}$  کی صورت میں ماسفیٹ کی مزاجمت حاصل کی جا سکتی ہے لیکن

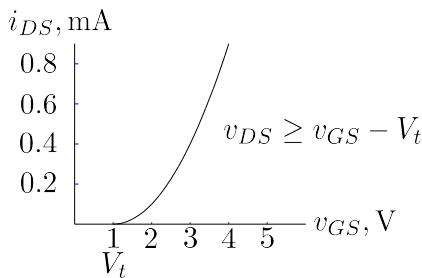
$$(2.33) \quad R = \frac{v_{DS}}{i_{DS}} = \frac{1}{k'_n \left[ \frac{W}{L} \right] [v_{GS} - V_t]}$$

ماسفیٹ کے گیٹ پر بر قی دباؤ تبدیل کر کے اس کی مزاجمت تبدیل کی جاتی ہے اور یوں ماسفیٹ کو بطور فتاویٰ مزاجمت استعمال کیا جاتا ہے۔ شکل ۲.۸ میں ماسفیٹ کا خط دکھایا گیا ہے جس میں امنزائندہ اور غیر امنزائندہ خطے میں اس وقت داخل ہوتا ہے جب لکیر کھینچنی گئی ہے۔ چونکہ ماسفیٹ غیر امنزائندہ سے امنزائندہ خطے میں اس وقت داخل ہوتا ہے جب  $v_{DS} = v_{GS} - V_t$  یعنی  $v_{GS} - v_{DS} = V_t$  ہو لہذا مساوات ۲.۲۸ میں  $(v_{GS} - V_t)$  کی جگہ پر کرنے سے اس لکیر کی مساوات حاصل ہو گی۔ یوں

$$(2.34) \quad i_{DS} = \frac{k_n}{2} v_{DS}^2$$



شکل ۳.۸



شکل ۳.۹: افراستہ ماسفیٹ کا برقی رو بال مقابل گیٹ کی بر قی دباؤ

حاصل ہوتا ہے جسے شکل ۳.۸ میں ماسفیٹ کے خطوط پر کھینچا گیا ہے جبکہ مساوات ۳.۲۸ کو شکل ۳.۹ میں کھینچا گیا ہے۔ باب ۳ میں دو جو ٹرانزیستر کے غیر افراستہ اور افراستہ خطے دکھائے گئے ہیں۔ ان کا ماسفیٹ کے خطوں کے ساتھ موازنے کریں۔ ٹرانزیستر تقریباً  $0.2 \text{ V}$  سے کم  $v_{CE}$  پر غیر افراستہ جبکہ اس سے زیادہ برقی دباؤ پر افراستہ ہوتا ہے۔ ماسفیٹ دیچ  $v_{DS}$  کے کم برقی دباؤ پر غیر افراستہ جبکہ اس سے زیادہ برقی دباؤ پر افراستہ ہوتا ہے جسas دیچ  $v_{DS}$  کی قیمت مساوات ۳.۵ سے حاصل کی جاتی ہے۔ شکل ۳.۸ اور ۳.۹ میں  $k_n = 0.2 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2}$  اور  $V_t = 1 \text{ V}$  ہیں۔

ٹرانزیستر کے  $\beta$  کی طرح ایک ہی قسم کے دو عدد ماسفیٹ کے  $k_n$  میں فرق پایا جاتا ہے۔ اسی طرح ان کے  $V_t$  میں بھی فرق پایا جاتا ہے۔ ان وجہات کی بنا پر کسی بھی دور میں ماسفیٹ تبدیل کرنے سے فقط کارکردگی تبدیل ہونے کا مکان ہوتا ہے۔

### ۴.۳.۱ فتابل برداشت برقی دباؤ

$V_{DS}$  کو دبوچ  $DS$  کے بھتاری ہایج بائے، نقطہ دبوچ ڈرین خطے کے اتنا ہی دور ہو جاتا ہے۔ اگر اس برقی دباؤ کو بتدریج بڑھایا جائے تو نقطہ دبوچ آہن کار سورس خطے تک پہنچ جاتا ہے اور ان خطوں کے مابین برقی رو تیزی سے بڑھتا ہے۔ یہ عمل تقریباً  $20\text{ V}$  پر پیدا ہوتا ہے۔ یہ عمل از خود نقصان دہ نہیں جب تک بے قت ابو برقی رو ماسفیٹ کی فتابل برداشت برقی دباؤ کے حد سے تحاوز نہ کر جائے۔ یہ عمل نسبتاً کم لمبائی کے راہ رکھنے والے ماسفیٹ میں پایا جاتا ہے۔

ڈرین اور سیلیکان پستری کے مابین برقی دباؤ کو ویران خطے برداشت کرتا ہے۔ اگر یہ برقی دباؤ ویران خطے کی برداشت سے تحاوز کر جائے تو ویران خطے تودہ کے عمل سے بے قت ابو ہو جائے گا جس سے ان خطوں کے مابین برقی رو تیزی سے بڑھنے شروع ہو جائے گا۔ یہ عمل عموماً  $50\text{ V}$  کے درمیان پیدا ہوتا ہے۔

ایک تیساً عمل جو ماسفیٹ کو فوراً ستراہ کر لیتا ہے اس وقت پیش آتا ہے جب گیٹ اور سورس کے مابین برقی دباؤ میں کے فتابل برداشت حد  $V_{GS_{BR}}$  سے تحاوز کر جائے۔ یاد رہے کہ گیٹ اور سورس کے درمیان انتہائی باریک غیر موصل  $\text{SiO}_2$  کی تہ ہوتی ہے۔ یوں گیٹ اور سورس کے مابین کچھ ہی برقی دباؤ پر اس غیر موصل میں شدید برقی دباؤ بہت زیادہ بڑھ کر اس کے برداشت کی حد سے تحاوز کر جاتا ہے۔ یہ عمل تقریباً  $50\text{ V}$  پر محدود ہوتا ہے۔ اس عمل سے پہنچ کی حنا طریقہ پر ڈیلوڈ بطور شکنندہ لکایا جاتا ہے جو گیٹ پر برقی دباؤ پر خطرناک حد سے کم رکھتا ہے۔ یاد رہے کہ عام استعمال میں ماسفیٹ کو فتابل برداشت برقی دباؤ سے کم برقی دباؤ پر استعمال کیا جاتا ہے۔

### ۴.۳.۲ درجہ حرارت کے اثرات

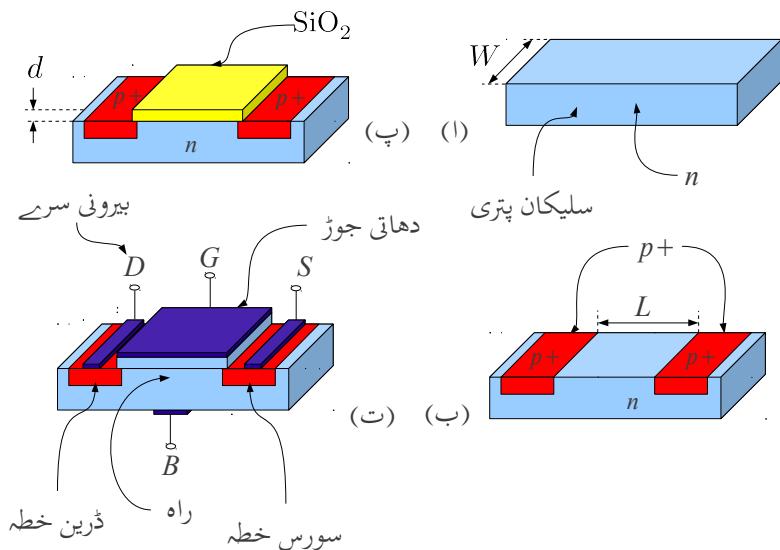
$V_t$  اور  $k'_n$  دونوں پر درجہ حرارت کا اثر پایا جاتا ہے۔ دجوز ٹرانزسٹر کے  $V_{BE}$  کی طرح  $V_t$  بھی حرارت بڑھنے سے کم ہوتا ہے لیکن

$$(4.35) \quad \frac{dV_t}{dT} = -2 \frac{mV}{^{\circ}\text{C}}$$

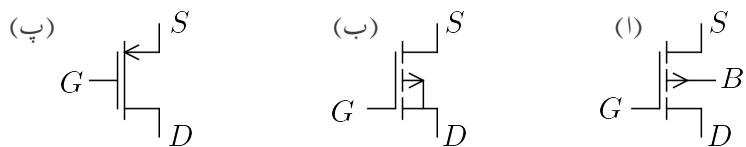
البتہ  $k'_n$  کی قیمت درجہ حرارت بڑھنے سے بڑھتی ہے اور  $k'_n$  بڑھنے کا اثر  $V_t$  گھٹنے کے اثر سے زیادہ ہوتا ہے لہذا ماسفیٹ کی مسماحت درجہ حرارت بڑھنے سے بڑھتی ہے۔ قوی ماسفیٹ کو آپس میں متوازی جوڑتے وقت اس حقیقت کو زیر استعمال لایا جاتا ہے۔

### ۴.۳.۳ بڑھاتا pMOSFET ماسفیٹ

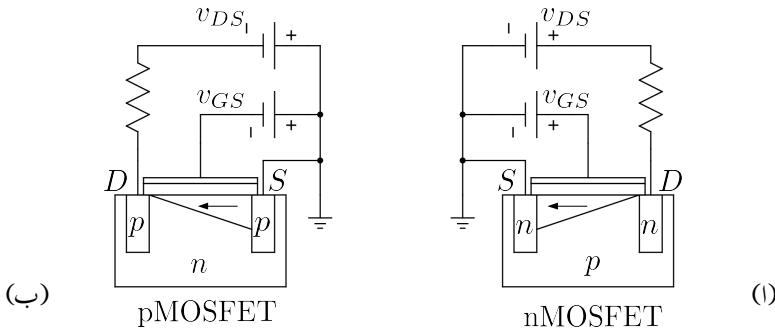
p ماسفیٹ، جسے ہم اس کتاب میں بیٹ ماسفیٹ بھی کہیں گے، کو n قم کی سیلیکان پستری پر بنایا جاتا ہے جس میں دو عدد p+ قم کے خطے بنائے جاتے ہیں۔ pMOSFET کی کارکردگی بالکل nMOSFET کی طرح ہے البتہ اس میں  $V_{DS}$ ،  $V_{GS}$  اور  $V_t$  کی قیمتیں منفی ہوتی ہیں۔ اسی طرح برقی دباؤ  $i_{DS}$  کی سمت بھی الٹی ہوتی ہے لیکن برقی رو ٹرانزسٹر کے ڈرین سرے سے باہر کی جانب ہوتا ہے۔ اسی لئے pMOSFET کے برقی دباؤ کو  $i_{SD}$  لکھا جائے گا۔ p ماسفیٹ بنانے کی ترکیب شکل ۴.۱۰ میں دکھائی گئی ہے جبکہ اس کی عمل میں شکل ۴.۱۱ میں دکھائی گئی ہیں۔ pMOSFET کے راہ میں برقی دباؤ کے حصر کرت کی بدولت ہے۔ سورس سے غلوہ میں حnarج ہو کر ڈریز نہ تک سفر کرتے ہیں جہاں انہیں راہ سے حاصل کیا جاتا ہے۔ ماسفیٹ میں برقی دباؤ غلوہ کے اسی حصار کت کی بدولت ہے۔



شکل ۱۰.۳: p ماسفیٹ کی ساخت



شکل ۱۱.۳: p بھائی ماسفیٹ کی علامتیں



شکل ۲.۱۲: بُرھاتے nMOSFET اور pMOSFET نقطہ دبوچ پر

nMOSFET کی جامست کم ہونے کی بدلت سیکان پتھری پر انہیں زیادہ تعداد میں بنایا جاسکتا ہے۔ یوں اگرچہ مختل ادوار میں nMOSFET کو pMOSFET پر تجھ دی جاتی ہے مگر پھر بھی ان کی اپنی ایمیٹ ہے جس کی بن پر انہیں بھی مختل ادوار میں استعمال کیا جاتا ہے۔ بالخصوص جبڑہ اماسفینٹ (CMOS) ادوار جو کہ اہم ترین ادوار تصور کے جاتے ہیں ان دونوں اقسام کو استعمال کرتے ہی بنائے جاتے ہیں۔

شکل ۴.۱۲ میں موازنے کے لئے بڑھاتے nMOSFET اور pMOSFET کو نقطے دیوچ پر مائل کرتے دکھائے گئے ہیں۔ nMOSFET میں سورس S کو برقی زمین پر رکھا گیا ہے۔ پسید اکرہ رہ میں برقی روکو تیسرے کے نشان دکھایا گیا ہے۔ یوں اگر رہا کابیاں سر اصنفر روولٹ پر ہو تو اس کا دیاں سراہبٹ برقی دیا پر ہو، کالکیوں گیٹ اور باکس سرے کے مابین برقی دیاوز زیادہ ہو گا جبکہ گیٹ اور دائیں سرے کے مابین برقی دیاوز نسبتاً کم ہو گا جس سے رہ ترقی شکل کا پسیدا ہو گا۔ جہاں گیٹ اور سلیکان کے مابین برقی دیاوز زیادہ ہو پہ رہ کی گھر رائی زیادہ ہو گی۔ pMOSFET میں بھی سورس S کو برقی زمین پر رکھا گیا ہے۔ پسید اکرہ رہ میں برقی روکو تیسرے کے نشان دکھایا گیا ہے۔ یوں اگر رہا کابیاں سر اصنفر روولٹ پر ہو تو اس کا دیاں سراہبٹ برقی دیا پر ہو، کالکیوں گیٹ اور باکس سرے کے مابین برقی دیاوز زیادہ ہو گا جبکہ گیٹ اور دائیں سرے کے مابین برقی دیاوز نسبتاً کم ہو گا۔ جہاں گیٹ اور سلیکان کے مابین برقی دیاوز زیادہ ہو پہ رہ کی گھر رائی زیادہ ہو گی۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ دونوں اقسام کے ماسفین گیٹ میں پسید اکرہ رہ ذرین پر دیوچ پر ہوتا ہے۔

$v_{GS}$  کے pMOSFET اور  $v_{DS}$  اور  $i_{DS}$  میں مقداریں ممکنہ ترین مقدار ہوں گے۔

۳.۳. غیر افزایشی

$$(r.m) \quad v_{SG} > -V_t \\ v_{DG} \geq -V_t \\ i_{SD} = k'_p \left[ \frac{W}{L} \right] \left[ (v_{SG} + V_t) v_{SD} - \frac{v_{SD}^2}{2} \right]$$

نقطہ دبوچ

$$(3.37) \quad \begin{aligned} v_{SG} &> -V_t \\ v_{DG} &= -V_t \\ i_{SD} &= \frac{k'_p}{2} \left[ \frac{W}{L} \right] [v_{SG} + V_t]^2 \end{aligned}$$

افزارشندہ

$$(3.38) \quad \begin{aligned} v_{SG} &> -V_t \\ v_{DG} &\leq -V_t \\ i_{SD} &= \frac{k'_p}{2} \left[ \frac{W}{L} \right] [v_{SG} + V_t]^2 \end{aligned}$$

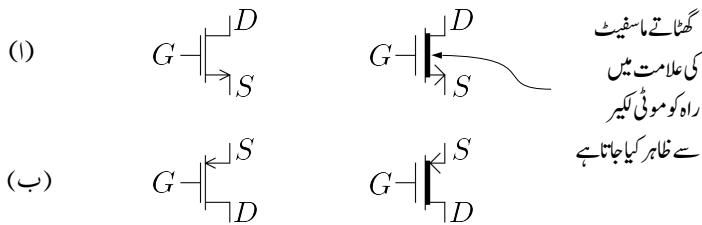
منقطع

$$(3.39) \quad \begin{aligned} v_{SG} &\leq -V_t \\ i_{SD} &= 0 \end{aligned}$$

### ۳.۵ گھٹاتا n ماسفیٹ

nMOSFET بنتے وقت، اس کے سورس اور ڈرین خطوں کے درمیان سلیکان پستری میں گیٹ کے بالکل نیچے قدم کے خط کے اضافے سے n قدم کا گھٹاتا ماسفیٹ<sup>۲۵</sup> وجود میں آتا ہے۔ شکل ۳.۱۳ میں n قدم کے گھٹاتے ماسفیٹ کی علامت دکھائی گئی ہے۔ گھٹاتے ماسفیٹ کی علامت میں راہ کو موٹی لکسیر سے ظاہر کیا جاتا ہے۔ شکل افے میں n گھٹاتا ماسفیٹ کی علامت دکھائی گئی ہے۔ ساتھ ہی موڑنے کی حناطر n گھٹاتے ماسفیٹ کی علامت بھی دکھائی گئی ہے۔

چونکہ گھٹاتا ماسفیٹ میں پہلے سے ہی سورس اور ڈرین خطوں کے مابین راہ موجود ہوتا ہے لہذا گیٹ پر صفر ولٹ (0)  $v_{GS} = 0$  ہوتے ہوئے بھی اگر سورس اور ڈرین سروں کے مابین برقی دباؤ  $v_{DS}$  لاگو کی جبائے تو ماسفیٹ میں برقی دباؤ  $i_{DS}$  گزرنے والے گیٹ پر برقی دباؤ بڑھانے سے راہ کی گہرائی بڑھتی ہے جس سے برقی دباؤ میں اضافہ ہوتا ہے جبکہ گیٹ پر مغل برقی دباؤ لاگو کرنے سے راہ کی گہرائی گھٹتی ہے جس سے  $i_{DS}$  میں کمی آتی ہے۔ اسی سے اس کا نام n قدم کا گھٹاتا ماسفیٹ کہا جاتا ہے۔ اگر گیٹ پر لاگو برقی دباؤ کو بتدریج مغلی جبائے تو آخسنر کار راہ کی گہرائی صفر ہو



شکل ۲.۳: گھناتے اور بڑھاتے ماسفیٹ کی علامتیں

جبائے گی اور ماسفیٹ میں برقی روکا گزنا ممکن نہیں رہے گا۔ یہ برقی دباؤ اس ماسفیٹ کا  $V_t$  ہوتا ہے۔ یوں  $n$  تم کے گھناتاما سفیٹ کا  $V_t$  منفی قیمت رکھتا ہے۔  
گھناتا اور بڑھاتا منفی ماسفیٹ کے مادات میں کوئی فخری نہیں لہذا اب تک کے تمام بڑھاتا ماسفیٹ کے مادوں کے توں گھناتاما سفیٹ کے لئے بھی استعمال کئے جائیں گے۔

### ۲.۵.۱ م نقطہ صورت

اگر گھناتاما سفیٹ کے  $v_{GS}$  پر  $V_t$  سے کم (یعنی مزید منفی) برقی دباؤ لاگو کیا جائے تو راہ کا وجود نہیں رہے گا یعنی پیدا کردہ راہ نہیں رہے گا اور ماسفیٹ م نقطہ صورت<sup>۲۱</sup> اختیار کر لے گا۔ اس شرط کو یوں بیان کیا جاتا ہے۔

$$(2.30) \quad v_{GS} \leq V_t$$

یوں اگر کسی گھناتاما سفیٹ کا  $V_t = -3.5V$  ہو اور اس کے گیٹ پر  $v_{GS} = -4V$  م نقطہ ہو جائے گا اور اگر اس کے گیٹ پر  $v_{GS} = -2.2V$  یا  $v_{GS} = 1.2V$  اور یا  $v_{GS} = 5.3V$  لاگو کیا جائے تو ماسفیٹ چپا لورہ ہے گا۔

### ۲.۵.۲ غیر افنسائزدہ

$v_{GS}$  پر  $V_t$  سے زیادہ برقی دباؤ لاگو کرنے سے ماسفیٹ چپا لو حالت اختیار کر لیتا ہے۔ جب تک چپا لو ماسفیٹ کے گیٹ پر دین خلل سے  $|V_t|$  و لگتے کم نہ ہو جائیں گھناتاما سفیٹ غیر افنسائزدہ ہو گا۔ اس شرط کو یوں بیان کیا جاتا ہے۔

$$(2.31) \quad v_{GS} - v_{DS} \geq V_t \\ v_{GD} \geq V_t$$

یوں اسی مثال کو آگے بڑھاتے ہوئے اگر  $v_{GS} = 5.3V$  ہو اور  $v_{DS} = -3.5V$  ہو تو جب تک  $v_{DS} < 8.8V$  رہے ماسفیٹ غیر افنسائزدہ رہے گا۔

## ۳.۵.۳ دیوچ

جب گیٹ پر ڈرین سے  $|V_t|$  ولٹ کم ہو جائیں تو پیدا کردہ راہ دیوچ پا جاتا ہے۔ اس شرط کو یوں بیان کرتے ہیں۔

$$(3.32) \quad \begin{aligned} v_{GS} - v_{DS} &= V_t \\ v_{GD} &= V_t \end{aligned}$$

یوں  $v_{GS} = 8.8\text{V}$  کی صورت میں جب  $v_{DS} = 5.3\text{V}$  اور  $V_t = -3.5\text{V}$  دیوچ پیدا کر دیا جائے گا۔

## ۳.۵.۴ انسانہ

جب چالو ماسفیٹ کے ڈرین پر گیٹ سے  $|V_t|$  ولٹ زیادہ ہوں تو یہ انسانہ حال میں ہو گا۔ اس شرط کو یوں بیان کرتے ہیں۔

$$(3.33) \quad \begin{aligned} v_{GS} - v_{DS} &\leq V_t \\ v_{GD} &\leq V_t \end{aligned}$$

یوں  $v_{GS} = 5.3\text{V}$  اور  $V_t = -3.5\text{V}$  کی صورت میں جب  $v_{DS} > 8.8\text{V}$  دیوچ ماسفیٹ انسانہ نظر میں ہو گا۔

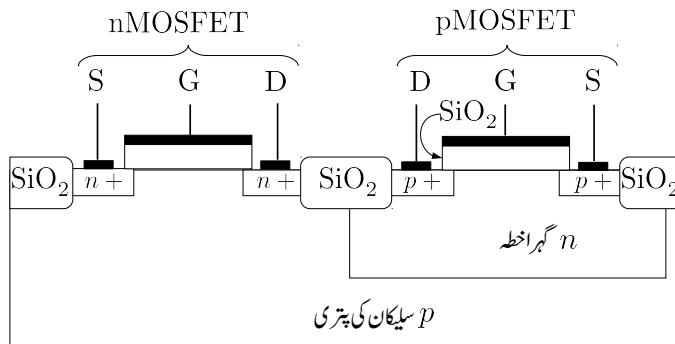
یہاں تسلی کر لیں کہ گھناتا ماسفیٹ کے مختلف خطوں کی مساواتیں بالکل وہی ہیں جو عام ماسفیٹ کی ہیں۔ فرق صرف اتنا ہے کہ گھناتا ماسفیٹ کے  $V_t$  کی قیمت منفی ہوتی ہے۔

## ۳.۶ گھناتا p ماسفیٹ

p قم کا گھناتا ماسفیٹ اسی طرح p ماسفیٹ بناتے وقت سیلان پتھری میں گیٹ کے بالکل یقچے p قم کی راہ، سورس سے ڈرین خطے تک بنانے کے پیدا ہوتا ہے۔ p قم کے گھناتا ماسفیٹ اور عام p قم کے ماسفیٹ کے مساوات ایک ہی طرح کے ہیں۔ فرق صرف اتنا ہے کہ p قم کے گھناتا ماسفیٹ کی  $V_t$  کی قیمت مثبت ہوتی ہے۔ مزید یہ کہ کسی بھی p قم کے ماسفیٹ کی طرح p قم کے گھناتا ماسفیٹ میں بر قی روڈرین سرے سے باہر کی جانب ہوتا ہے۔ شکل ۳.۱۳ ب میں p قم کے گھناتے ماسفیٹ کی علامت دکھائی گئی ہے۔

## ۷. CMOS

جزوا ماسفیٹ nMOSFET اور pMOSFET دونوں استعمال کرتے ہیں جنہیں p سیلان پر بنایا جاتا ہے۔ nMOSFET تو بنتا ہی p سیلان پر ہے البتہ pMOSFET بنتے وقت پہلے p سیلان میں گہرا n خطے بنایا جاتا ہے اور پھر اس خطے میں pMOSFET بنایا جاتا ہے۔ شکل ۳.۱۲ میں جزا ماسفیٹ کی ساخت دکھائی گئی ہے۔ جزا ماسفیٹ کو عام قم میں یا  $2^{-2}$  کہتے ہیں۔ شکل میں ماسفیٹ کے دونوں جانب  $\text{SiO}_2$  کے گہرے حصے دکھائے گئے ہیں جو ساتھ ساتھ دو ماسفیٹ کو مکمل طور پر علیحدہ رکھنے کی حفاظت استعمال کئے جاتے ہیں۔ یاد رہے



شکل ۲.۷: سیاسیا میکرو ماسفیٹ کی ساخت

کہ  $\text{SiO}_2$  نہایت عمدہ غیر موصل ہے۔ سیاسی کو  $p$  سیکان پر بھی بنایا جاسکتا ہے۔ پس اس میں  $p$  میکرو میٹر  $n$  خطے میں بنانا ہو گا جبکہ nMOSFET تو بتاتی  $p$  سیکان پر ہے۔

### ۲.۸ ماسفیٹ کے یک سمت ادوار کا حل

اس حصے میں ماسفیٹ کے یک سمت ادوار حل کے جائیں گے۔ جیسے اس کتاب کے شروع میں بتایا گیا ہے، یک سمت متغیرات اگریزی کے بڑے حروف سے ظہور کے جاتے ہیں۔ یوں گیٹ پر بر قی دباؤ کو  $v_{GS}$  کی وجہ سے لکھا جائے گا۔ اسی طرح  $V_{DS}$  کو  $v_{DS}$  کو  $I_{DS}$  کو  $i_{DS}$  کو لکھا جائے گا۔ اس حصے میں دئے گئے مثالوں کو پہلے خود حل کرنے کی کوشش کریں اور بعد میں کتاب میں دئے حل دیکھیں۔

مثال ۲.۲: ایک منی گھناتما ماسفیٹ جس کا  $k_n = 0.1 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2}$  اور  $V_t = -3.2 \text{ V}$ ،  $v_{DS} = 1 \text{ V}$  روم درجہ ذیل پر حاصل کریں۔

$$v_{GS} = -4 \text{ V} \quad .1$$

$$v_{GS} = -3.2 \text{ V} \quad .2$$

$$v_{GS} = -2.8 \text{ V} \quad .3$$

$$v_{GS} = -2.2 \text{ V} \quad .4$$

$$v_{GS} = 1.5 \text{ V} \quad .5$$

حل:

۱. گھناتاماسنیٹ مقطوع ہے اور اس میں برقی روکائزر مسکن نہیں ہے لیکن  $i_{DS} = 0$  ہے اور یوں  $v_{GS} = -4 \text{ V}$  اور  $V_t = -3.2 \text{ V}$  ہے لہذا  $v_{GS} < V_t = -3.2 \text{ V}$  چونکہ (-4) < (-3.2)

۲. کروہ راہ و جود میں آئے گا مگر اس کی گھنرائی تقریباً صفر ہو گی اور اس میں برقی روکائزر مسکن نہیں ہے لیکن  $i_{DS} = 0$  ہے اس صورت پیدا ہے۔

۳. گھناتاماسنیٹ حپا ہے۔ پر گیئے اور ڈرین کے مابین برقی دباؤ  $V_{DS} = 1 \text{ V}$  پر چونکہ  $V_t = -3.2 \text{ V}$  اور  $v_{GS} = -2.8 \text{ V}$  ہے لہذا  $v_{GS} > V_t = -3.2 \text{ V}$  (-2.8) > (-3.2)

$$v_{GS} - v_{DS} = (-2.8) - (1) = -3.8 \text{ V}$$

لہذا جو کہ  $V_t$  سے کم ہے لیکن

$$v_{GS} - v_{DS} < V_t$$

لہذا گھناتاماسنیٹ انسزائندہ ہے اور یوں

$$\begin{aligned} i_{DS} &= \frac{k_n}{2} [v_{GS} - V_t]^2 \\ &= \frac{0.1 \times 10^{-3}}{2} \times [(-2.8) - (-3.2)]^2 \\ &= 8 \mu\text{A} \end{aligned}$$

۴. گھناتاماسنیٹ حپا ہے۔ پر گیئے اور ڈرین کے مابین برقی دباؤ  $V_{DS} = +1 \text{ V}$  پر چونکہ  $V_t = -3.2 \text{ V}$  اور  $v_{GS} = -2.2 \text{ V}$  ہے لہذا  $v_{GS} > V_t = -3.2 \text{ V}$  (-2.2) > (-3.2)

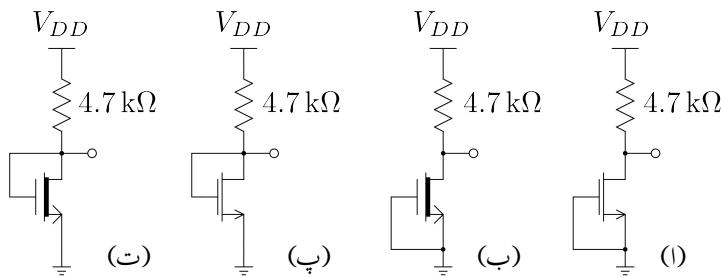
$$v_{GS} - v_{DS} = (-2.2) - (1) = -3.2 \text{ V}$$

لہذا جو کہ  $V_t$  کے برابر ہے لیکن

$$v_{GS} - v_{DS} = V_t$$

لہذا گھناتاماسنیٹ نقطہ دبوچ پر ہے۔ یوں

$$\begin{aligned} i_{DS} &= \frac{k_n}{2} [v_{GS} - V_t]^2 \\ &= \frac{0.1 \times 10^{-3}}{2} [(-2.2) - (-3.2)]^2 \\ &= 50 \mu\text{A} \end{aligned}$$



شکل ۳.۱۵: ماسفیٹ کے یک سمت ادوار

۳.۵ ماسفیٹ پر جو کہ  $V_t = -3.2 \text{ V}$  اور  $v_{GS} = 1.5 \text{ V}$  ہے اور یوں گھٹاتا ہے اور یوں گھٹاتا ہے اب  $v_t > -3.2 \text{ V}$  ہے لہذا  $v_{GS} > V_t + 1.5 > -3.2 \text{ V}$  ہے اور ڈرین کے مابین برقی دباؤ  $V_{DS} = 1 \text{ V}$  پر گیٹ اور ڈرین کے مابین برقی دباؤ پا لو ہے۔

$$v_{GS} - v_{DS} = +1.5 - 1 = 0.5 \text{ V}$$

جو کہ  $V_t$  سے زیادہ ہے یعنی

$$v_{GS} - v_{DS} > V_t$$

لہذا گھٹاتا ماسفیٹ غیر امنزائند ہے۔ یوں

$$\begin{aligned} i_{DS} &= k_n \left[ (v_{GS} - V_t) v_{DS} - \frac{v_{DS}^2}{2} \right] \\ &= 0.1 \times 10^{-3} \times \left[ (1.5 - (-3.2)) \times 1 - \frac{1^2}{2} \right] \\ &= 0.42 \text{ mA} \end{aligned}$$

مثال ۳.۳: شکل ۳.۱۵ اف میں منی بڑھاتا ماسفیٹ کے گیٹ کو سورس کے ساتھ جوڑ کر دور ہتایا گیا ہے۔ اسکے ماسفیٹ کا  $V_t = 3 \text{ V}$  اور  $k_n = 0.2 \text{ mA V}^{-2}$  ہے۔ اسکے دور میں  $V_{DD} = 10 \text{ V}$  ہے۔ دور میں برقی رہا صل کریں۔

حل:  $n$  قم کے بڑھاتا ماسفیٹ کے  $V_t$  کی قیمت ہر صورت ثابت ہوتی ہے۔  $n$  قم کے ماسفیٹ کا گیٹ اور سورس آپس میں جوڑنے سے  $V_{GS} = 0$  ہو جاتا ہے اور یوں  $V_{GS} < V_t$  ہوتا ہے جس سے ماسفیٹ منقطع ہو جاتا ہے اور  $I_{DS} = 0$  ہوتا ہے۔

مثال ۳.۷: شکل ۳.۱۵ ب میں منی گھناتاما سفیٹ کے گیٹ کو سورس کے ساتھ جوڑ کر دور بنایا گیا ہے۔ اس ماسفیٹ کا  $V_t = -3\text{V}$  اور  $k_n = 0.2 \text{ mAV}^{-2}$  میں جبکہ دور میں  $V_{DD} = 10\text{V}$  ہے۔ دور میں برقی روحاصل کریں۔

حل: قدم کے گھناتاما سفیٹ کے  $V_t$  کی قیمت ہر صورت منی ہوتی ہے۔  $n$  قدم کے ماسفیٹ کا گیٹ اور سورس آپس میں جوڑنے سے  $V_{GS} = 0$  ہو جاتا ہے اور یوں  $V_t > V_{GS}$  لیعنی ماسفیٹ پا لو ہوتا ہے۔ اب یہ دیکھنا ہو گا کہ آیا یہ ماسفیٹ افسزائندہ خطے میں ہے یا کہ غیر افسزائندہ خطے میں ہے۔

مسفیٹ کے سوالات میں عموماً قبل از وقت یہ جانتا ممکن نہیں ہوتا کہ ماسفیٹ افسزائندہ یا غیر افسزائندہ خطے میں ہے۔ یوں آپ جان نہیں سکتے کہ ماسفیٹ کی برقی روحاصل کرتے وقت افسزائندہ ماسفیٹ کی مساوات یا غیر افسزائندہ ماسفیٹ کی مساوات استعمال ہوگی۔

اس طرح کے سوالات حل کرتے وقت آپ تصور کریں گے کہ ماسفیٹ افسزائندہ (یا غیر افسزائندہ) خطے میں ہے<sup>۲۸</sup> اور پھر دور حل کرنے کی کوشش کریں گے۔ حل کرنے کے بعد دوبارہ تسلی کریں گے کہ ماسفیٹ افسزائندہ (یا غیر افسزائندہ) خطے میں ہی ہے۔ اگر حقی جواب اور تصور کردہ صور تین یکساں نکل آئیں تو حل تسلیم کر لیا جاتا ہے ورنہ ماسفیٹ کو غیر افسزائندہ (افسزائندہ) تصور کر کے دور کو دوبارہ حل کیا جاتا ہے۔ آئیں اس ترکیب کو استعمال کریں۔

ہم تصور کرتے ہیں کہ گھناتاما سفیٹ افسزائندہ خطے میں ہے۔ یوں مساوات ۳.۲۸ کے تحت

$$I_{DS} = \frac{k_n}{2} (V_{GS} - V_t)^2 = \frac{0.2 \times 10^{-3}}{2} (0 - (-3))^2 = 0.9 \text{ mA}$$

اور شکل ب میں خارجی جبانب کر خوف کا فانون برائے برقی دبا استعمال کرتے ہوئے

$$\begin{aligned} V_{DD} &= I_{DS} R_D + V_{DS} \\ 10 &= 0.9 \times 10^{-3} \times 4.7 \times 10^3 + V_{DS} \\ V_{DS} &= 5.77 \text{ V} \end{aligned}$$

حصہ میں ہوتا ہے۔

اس جواب کو استعمال کرتے ہوئے ہم نے یہ دیکھنا ہو گا کہ آیا ماسفیٹ واقعی افسزائندہ ہے یا نہیں۔ مساوات کا آخری حصہ افسزائندہ ماسفیٹ کی شرط بیان کرتا ہے۔ موجودہ مثال میں

$$V_{GS} - V_{DS} = 0 - 5.77 = -5.77 \text{ V}$$

ہے جبکہ  $V_t = -3\text{V}$  یوں  $V_{GS} - V_{DS} < V_t$  کی شرط پوری ہوتی ہے اور ماسفیٹ یقیناً افسزائندہ ہی ہے لہذا  $I_{DS} = 0.9 \text{ mA}$  یہ صحیح جواب ہے۔

<sup>۲۸</sup> میری عادت ہے کہ میں ماسفیٹ کو افسزائندہ تصور کر کے دور حل کرنے کی کوشش پہلے کرتا ہوں۔

آنے ای مشال میں ماسفیٹ کو غیر افناہنده تصور کر کے مشال کو دوبارہ حل کرتے ہیں۔ غیر افناہنده ماسفیٹ کی مساوات حل کرنے کی حالت  $V_{DS}$  کا معلوم ہونا ضروری ہے۔ دور کے حنری جواب کر خوف کے قانون برائے برقی دباؤ سے ملتا ہے

$$\begin{aligned} V_{DD} &= I_{DS}R_D + V_{DS} \\ 10 &= I_{DS} \times 4.7 \times 10^3 + V_{DS} \\ V_{DS} &= 10 - 4700I_{DS} \end{aligned}$$

غیر افناہنده ماسفیٹ کے مساوات میں  $V_{DS}$  کی جگہ اسے استعمال کرتے حل کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned} I_{DS} &= k_n \left[ (V_{GS} - V_t) V_{DS} - \frac{V_{DS}^2}{2} \right] \\ \frac{I_{DS}}{k_n} &= \left[ (V_{GS} - V_t) V_{DS} - \frac{V_{DS}^2}{2} \right] \\ \frac{I_{DS}}{0.2 \times 10^{-3}} &= \left[ (0 - (-3)) (10 - 4700I_{DS}) - \frac{(10 - 4700I_{DS})^2}{2} \right] \end{aligned}$$

۔

$$I_{DS} = 1.26 \mp j0.46 \text{ mA}$$

حصہ ہوتا ہے۔ یہ مختلط جوابات ہیں۔ غیر حقیقی رومتی نہیں رکھتے لہذا ماسفیٹ کے غیر افناہنده ہونے کو روکیا جاتا ہے۔

مشال ۳.۵: شکل ۳.۱۵ پر میں منفی بڑھاتا ماسفیٹ کے ڈرین اور گیٹ جوڑ کر یک سمت دور ہتایا گیا ہے۔ اس ماسفیٹ کا  $V_t = 3 \text{ V}$  اور  $k_n = 0.2 \text{ mA/V}^{-2}$  ہے جبکہ دور میں  $V_{DD} = 10 \text{ V}$  ہے۔ دور میں برقی روح حصہ ہوتا ہے۔

حل: گیٹ اور ڈرین جوڑنے سے گیٹ اور ڈرین برابر برقی دباؤ پر ہوں گے یعنی

$$V_{GS} = V_{DS}$$

ہوگا اور یوں  $V_{GS} - V_{DS} < V_t$  ہوگا۔ اس طرح ماسفیٹ افناہنده ہو گا اور ہم برقی رو

$$I_{DS} = \frac{k_n}{2} (V_{GS} - V_t)^2$$

سے حاصل کر سکتے ہیں۔ البتہ ایسا کرنے کی حرکت درکار ہوگی۔ شکل پے کے حنارتی جناب کرخونے کے فتنوں برائے برقی دباؤ کے استعمال سے

$$V_{DD} = I_{DS}R_D + V_{DS}$$

حاصل ہوتا ہے۔ چونکہ اس مثال میں  $V_{GS} = V_{DS}$  ہے لہذا اس مساوات کو پوچھ سکتے ہیں

$$V_{DD} = I_{DS}R_D + V_{GS}$$

$$10 = I_{DS} \times 4.7 \times 10^3 + V_{GS}$$

$$V_{GS} = 10 - 4700I_{DS}$$

اس مساوات کو افسزائندہ ماسفینٹ کے مساوات کے ساتھ حل کرنے سے برقی رو حاصل کی جا سکتی ہے۔ اس مساوات سے حاصل  $V_{GS}$  کو افسزائندہ ماسفینٹ کے مساوات میں استعمال کرتے ہیں

$$I_{DS} = \frac{k_n}{2} (V_{GS} - V_t)^2$$

$$\frac{2I_{DS}}{k_n} = (V_{GS} - V_t)^2$$

$$22090000I_{DS}^2 - 75800I_{DS} + 49 = 0$$

$$I_{DS} = 2.567 \text{ mA}, 0.8639 \text{ mA}$$

ان دو جوابات سے  $V_{DS}$  کے دو قیمتیں حاصل ہوتی ہیں۔

$$V_{DS} = V_{GS} = 10 - 2.567 \times 10^{-3} \times 4700 = -2.06 \text{ V}$$

$$V_{DS} = V_{GS} = 10 - 0.8639 \times 10^{-3} \times 4700 = 5.94 \text{ V}$$

ان میں پہلے جواب کے مطابق  $V_{GS} = -2.06 \text{ V}$  ہے جس سے  $V_t < V_{GS}$  ہے جس سے حاصل ہوتا ہے۔ اگر ایسا ہوتا تو ماسفینٹ منقطع ہوتا اور اس میں برقی رو کا گر ممکن ہی نہیں ہوتا لہذا یہ جواب عناطی ہے۔ دوسرے جواب کے مطابق  $V_{GS} = 5.94 \text{ V}$  ہے اور یوں  $V_t > V_{GS}$  ہے۔ اس طرح ماسفینٹ پا لو حاصل میں ہے اور جواب تسلیم کرنا ہو گا۔

---

مثال ۳.۶: شکل ۳.۱۵ میں منی گھاتا ماسفینٹ کا گیٹ اور فرین جوڑ کر دور بنتا گیا ہے۔ اس ماسفینٹ کا  $V_{DD} = 10 \text{ V}$  اور  $V_t = -3 \text{ V}$  ہے۔ جبکہ دور میں  $k_n = 0.2 \text{ mA/V}^{-2}$  ہے۔ دور میں برقی رو حاصل کریں۔

حل: اس مثال میں حنارتی جناب کرخونے کے فتنوں برائے برقی دباؤ کے تحت

$$V_{DD} = I_{DS}R_D + V_{DS}$$

$$10 = I_{DS} \times 4700 + V_{DS}$$

## باب ۳. میدانی تراز سر

حاصل ہوتا ہے۔ چونکہ گیٹ اور ڈرین آپس میں جبڑے میں لہذا ان پر برابر قدر دا بیا جائے گا لہنی ہو  $V_{GS} = V_{DS}$  ہو گا لہذا اس مساوات کو یوں بھی لکھ سکتے ہیں۔

$$\begin{aligned}V_{DD} &= I_{DS}R_D + V_{GS} \\10 &= I_{DS} \times 4700 + V_{GS} \\V_{GS} &= 10 - 4700I_{DS}\end{aligned}$$

اگر ماسفیٹ مفقط ہوتا ہے بر قریبی مقتدار صفر ہو گی اور اس صورت میں اس مساوات کے تحت  $V_{GS} = 10\text{ V}$  حاصل ہوتا ہے۔ گھٹاتا ماسفیٹ کا  $V_t$  مخفی ہوتا ہے اور یوں یہاں  $V_t > V_{GS}$  ہے جو کہ چپا لوماسفیٹ کی نشانی ہے۔ یوں اس ماسفیٹ کو مفقط تصور کرنا عالی طبقے آئیں اب دیکھتے ہیں کہ آیا ماسفیٹ افزائندہ یا غیر افزائندہ نظر میں ہے۔

گیٹ اور ڈرین آپس میں جبڑے ہونے کی وجہ سے  $V_{GS} - V_{DS} = 0$  ہو گا۔ چونکہ گھٹاتا ماسفیٹ کا  $V_t$  مخفی مقتدار ہوتا ہے لہذا  $V_t > V_{GS} - V_{DS}$  ہو گا اور یوں اگر یہ ماسفیٹ چپا لو ہو تو یہ ہر صورت غیر افزائندہ نظر میں ہو گا اور اس کی مساوات غیر افزائندہ ماسفیٹ کی مساوات سے حاصل کی جا سکتی ہے۔

$$\begin{aligned}I_{DS} &= k_n \left[ (V_{GS} - V_t) V_{DS} - \frac{V_{DS}^2}{2} \right] \\ \frac{I_{DS}}{k_n} &= (10 - 4700I_{DS} + 3)(10 - 4700I_{DS}) - \frac{(10 - 4700I_{DS})^2}{2} \\ I_{DS} &= 4.3\text{ mA}, 1.68\text{ mA}\end{aligned}$$

ہم جانتے ہیں کہ اگر یہاں ماسفیٹ چپا لو ہوتا ہے یہ غیر افزائندہ ہو گا لہذا دیکھنا یہ ہے کہ آیا ماسفیٹ چپا لو ہے یا نہیں۔  
اگر  $I_{DS} = 4.3\text{ mA}$  ہوتا ہے۔

$$\begin{aligned}V_{GS} &= 10 - 4700I_{DS} \\&= 10 - 4700 \times 4.3 \times 10^{-3} \\&= -10.21\text{ V}\end{aligned}$$

اور یوں  $V_t < V_{GS}$  ہو گا جو کہ مفقط ماسفیٹ کی نشانی ہے۔ مفقط ماسفیٹ بر قریبی نہیں کرتا لہذا اس جواب کو رد کیا جاتا ہے۔  
اگر  $I_{DS} = 1.68\text{ mA}$  ہوتا ہے۔

$$\begin{aligned}V_{GS} &= 10 - 4700I_{DS} \\&= 10 - 4700 \times 1.68 \times 10^{-3} \\&= 2.104\text{ V}\end{aligned}$$

اور یوں  $V_t > V_{GS}$  ہو گا جو کہ چپا لوماسفیٹ کی نشانی ہے۔ یوں  $I_{DS} = 1.68\text{ mA}$  ہی درست جواب ہے۔

مثال ۳.۷: شکل ۳.۱۵ پر میں

$$k_n = 0.15 \text{ mA}V^{-2}$$

$$V_t = 3 \text{ V}$$

$$V_{DD} = 10 \text{ V}$$

بی۔ بر قی در  $I_{DS} = 0.6 \text{ mA}$  حاصل کرنے کی خاطر  $R_D$  کی قیمت دریافت کریں۔  
 حل: جیسے مثال ۳.۶ میں ثابت کیا گیا، بڑھاتا  $n$  ماسفینٹ کا یہ اور ڈرین جوڑنے سے ماسفینٹ پا لو  
 حال میں رہتا ہے۔ مزید یہ کہ یہ افزائندہ ہوتا ہے جیسے مندرجہ ذیل مساوات سے دیکھا جا سکتا  
 ہے۔

$$V_{GS} = V_{DS}$$

$$V_{GS} - V_{DS} = 0$$

$$V_{GS} - V_{DS} < V_t$$

یوں افزائندہ ماسفینٹ کی مساوات استعمال کرتے ہوئے  $V_{GS}$  کے لئے حل کرتے ہیں۔

$$I_{DS} = \frac{k_n}{2} (V_{GS} - V_t)^2$$

$$0.6 \times 10^{-3} = \frac{0.15 \times 10^{-3}}{2} (V_{GS} - 3)^2$$

$$\frac{2 \times 0.6 \times 10^{-3}}{0.15 \times 10^{-3}} = (V_{GS} - 3)^2$$

$$8 = (V_{GS} - 3)^2$$

$$V_{GS} = \pm\sqrt{8} + 3$$

$$V_{GS} = 0.172 \text{ V}, 5.828 \text{ V}$$

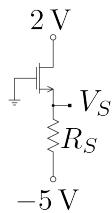
$V_{GS}$  کے جواب کو درکرتے ہیں چونکہ اس طرح  $V_t < V_{GS}$  ہو گا اور ماسفینٹ مقتطع ہو  
 گا۔  $V_{GS} = 5.828 \text{ V}$  کو تسلیم کرتے ہوئے دور کے حناری جناب کرخونے کے فتوں برائے بر قی دباد میں  $V_{DS}$  کی  
 قیمت کو حاصل شدہ  $V_{GS}$  کی قیمت کے برابر ہے۔

$$V_{DD} = I_{DS}R_D + V_{DS}$$

$$10 = 0.6 \times 10^{-3} \times R_D + 5.828$$

$$R_D = 6.95 \text{ k}\Omega$$

حاصل ہوتا ہے۔



شکل ۳.۱۶

مثال ۳.۸: اگر شکل ۳.۱۶ میں  $V_D = 2\text{ V}$ ,  $I_{DS} = 0.8\text{ mA}$ ,  $V_t = 2.5\text{ V}$ ,  $k_n = 0.4\text{ mA V}^{-2}$  ہوں تو اس دور کے مزاحمت کی قیمت حاصل کریں۔

حل: دور کے داخلی جواب کر خوف کے متanon بر قی دباؤ کے تحت

$$\begin{aligned} V_{GS} + I_{DS}R_S - 5 &= 0 \\ V_{GS} &= 5 - I_{DS}R_S \end{aligned}$$

اگر ماسفینٹ مقطعی ہوتے برقی روکی قیمت صفر ہو گی اور یوں

$$V_{GS} = 5 - I_{DS}R_S = 5 - 0 \times R_S = 5\text{ V}$$

حاصل ہوتا ہے جس سے  $V_t > V_{GS}$  ثابت ہوتا ہے جو کہ حپاوماسفینٹ کی نشانی ہے۔ لہذا ماسفینٹ مقطعی نہیں ہے۔

گیٹ برقی زمین پر ہے جبکہ ڈرین دو دو ولٹ پر ہے۔ یوں

$$V_{GD} = V_G - V_D = 0 - 2 = -2\text{ V}$$

حاصل ہوتا ہے اور یوں  $V_{GD} < V_t$  ثابت ہوتا ہے جو کہ افزاں دہ ماسفینٹ کی نشانی ہے۔ اس طرح

افزائندہ ماسفینٹ کی مساوات استعمال ہوگی

$$\begin{aligned} I_{DS} &= \frac{k_n}{2} (V_{GS} - V_t)^2 \\ I_{DS} &= \frac{k_n}{2} ([5 - I_{DS}R_S] - V_t)^2 \\ 0.8 \times 10^{-3} &= \frac{0.4 \times 10^{-3}}{2} (5 - 0.8 \times 10^{-3} \times R_S - 2.5)^2 \\ \mp \sqrt{4} &= (2.5 - 0.8 \times 10^{-3} \times R_S) \\ R_S &= 0.625 \text{ k}\Omega, \quad 5.625 \text{ k}\Omega \end{aligned}$$

اگر  $R_S = 0.625 \text{ k}\Omega$  تو

$$V_{GS} = 5 - I_{DS}R_S = 5 - 0.8 \times 10^{-3} \times 0.625 \times 10^3 = 4.5 \text{ V}$$

$R_S = V_t$  ہو گا اور یوں  $V_{GS} > V_t$  ہو گا اینی ماسفینٹ پا لو ہو گا جو کہ وتابل قبول جواب ہے۔ اس کے برعکس اگر  $V_t > V_{GS}$  ہو گا اور یوں  $V_t < V_{GS}$  ہو گا اینی ماسفینٹ منقطع ہو گا۔ منقطع ماسفینٹ میں برقی روکا گزرا مسکن نہیں اور یوں یہ ناتابل قبول جواب ہے اور اسے رد کیا جاتا ہے۔

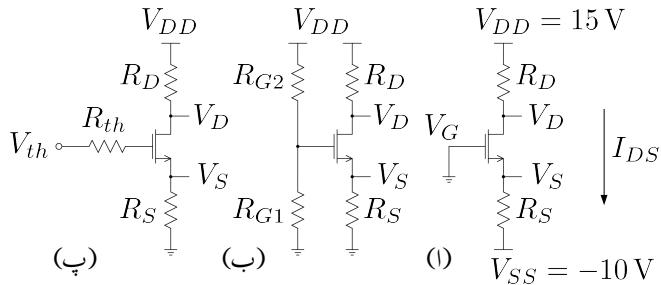
$$V_{GS} = 5 - I_{DS}R_S = 5 - 0.8 \times 10^{-3} \times 5.625 \times 10^3 = 0.5 \text{ V}$$

اگر  $V_t < V_{GS}$  ہو گا اینی ماسفینٹ میں برقی روکا گزرا مسکن نہیں اور یوں یہ ناتابل قبول جواب ہے اور اسے رد کیا جاتا ہے۔

مثال ۳.۹: شکل ۳.۱۷ اف میں دیے گئے دور کو اس طرح تحلیل کریں کہ  $I_{DS} = 2 \text{ mA}$  جبکہ  $V_D = 2 \text{ V}$  ہوں۔ دور میں استعمال کئے گئے ماسفینٹ کی  $k_n = 0.6 \text{ mA}V^{-2}$  جبکہ اس کی  $V_t = 3.3 \text{ V}$  ہے۔ دور میں  $V_{SS} = -10 \text{ V}$  اور  $V_{DD} = 15 \text{ V}$  رکھیں۔

حکم: چونکہ گیئے مصروف جبکہ ڈریور دو دو لٹر پر ہے لہذا  $V_{GD} = -2 \text{ V}$  اور یوں  $V_{GD} < V_t$  ہے جو کہ افزاں دہ ماسفینٹ کی نشانی ہے۔ یوں

$$\begin{aligned} I_{DS} &= \frac{k_n}{2} (V_{GS} - V_t)^2 \\ 2 \times 10^{-3} &= \frac{0.6 \times 10^{-3}}{2} (V_{GS} - 3.3)^2 \\ V_{GS} &= 3.3 \mp \sqrt{\frac{4}{0.6}} \\ V_{GS} &= 0.718 \text{ V}, \quad 5.88 \text{ V} \end{aligned}$$



شکل ۳.۱۷: ماسفین کے مزیدیکے سمت ادوار

اگر  $V_{GS} < V_t$  ہو گا اور ماسفین ممقطع ہو گا لہذا اس جواب کو رد کیا جاتا ہے۔ یہ  $V_{GS} = 5.88 \text{ V}$  چھ جواب ہے۔ دور کے خارجی جانب کر خوف کے وفاون برائے بر قی دباؤ کے تحت

$$\begin{aligned} V_{GS} &= V_G - V_S \\ 5.88 &= 0 - V_S \\ V_S &= -5.88 \text{ V} \end{aligned}$$

یہ ادھم کے وفاون کے تحت

$$R_S = \frac{V_S - V_{SS}}{I_{DS}} = \frac{-5.88 - (-10)}{2 \times 10^{-3}} = 2.06 \text{ k}\Omega$$

اور

$$R_D = \frac{V_{DD} - V_D}{I_{DS}} = \frac{15 - 2}{2 \times 10^{-3}} = 6.5 \text{ k}\Omega$$

حاصل ہتے ہیں۔

مثال ۳.۱۰: شکل ۳.۱۷ ب میں دو جوڑ ترازی سٹر مائل کرنے کے طرز پر گیٹ کے ساتھ دو مزاحمت

مشکل کر کے ماسفینٹ کو مکمل کیا گیا ہے۔ اگر

$$\begin{aligned}V_{DD} &= 12 \text{ V} \\R_D &= 6.8 \text{ k}\Omega \\R_S &= 5.6 \text{ k}\Omega \\R_{G1} = R_{G2} &= 10 \text{ M}\Omega \\V_t &= 2.5 \text{ V} \\k_n &= 0.1 \text{ mA V}^2\end{aligned}$$

ہوں تب اس دور میں تمام برقی دباؤ اور برقی رو حاصل کریں۔  
حل: شکل پر میں اس کام ساوی تھونن دور دکھایا گیا ہے جہاں

$$\begin{aligned}V_{th} &= \frac{R_{G1}V_{DD}}{R_{G1} + R_{G2}} = 6 \text{ V} \\R_{th} &= \frac{R_{G1}R_{G2}}{R_{G1} + R_{G2}} = 5 \text{ M}\Omega\end{aligned}$$

چونکہ ماسفینٹ کے گیٹ پر برقی رو کی قیمت صفر ہوتی ہے ( $I_G = 0$ ) لہذا ماسفینٹ کے گیٹ پر برقی دباؤ اسی تھونن برقی دباؤ کے برابر ہو گا لیکن

$$V_G = 6 \text{ V}$$

شکل پر میں گیٹ کو کھلے سے تصور کرتے ہوئے  $R_1$  اور  $R_2$  کے جو زپری یعنی  $6 \text{ V}$  پائے جائیں گے۔ یوں ماسفینٹ کے ادوار حل کرتے ہوئے تھونن مساوی دور بنتا لازم نہیں اور شکل ب پر گیٹ پر  $6 \text{ V}$  لکھ کر آگے بڑھا جا سکتا ہے۔  
خارجی جواب مزاجحت پر اور ہم کافی انون لاگو کرنے کے سورس اور ڈرین سروں پر برقی دباؤ کے مندرجہ ذیل کلیات حاصل ہوتے ہیں۔

$$\begin{aligned}V_{DD} - V_D &= I_{DS}R_D \\V_D &= V_{DD} - I_{DS}R_D \\V_D &= 12 - 6800I_{DS}\end{aligned}$$

$$V_S = I_{DS}R_S = 5600I_{DS}$$

یوں

$$\begin{aligned}V_{GS} &= V_G - V_S = (6) - (5600I_{DS}) \\V_{GD} &= V_G - V_D = (6) - (12 - 6800I_{DS}) = -6 + 6800I_{DS}\end{aligned}$$

ہو گا۔ ان معلومات کے ساتھ رہتے ہوئے ہم یہ نہیں کہ سکتے کہ ماسفینٹ امنزائزڈ یا غیر امنزائزڈ خلیے میں ہے۔ اس طرح کے مسائل میں ہم ماسفینٹ کو امنزائزڈ (غیر امنزائزڈ) تصور کر کے دور کو حل کرتے

### باب ۳۔ میدانی ٹرانزسٹر

بیں۔ حقیقی جواب حاصل ہونے کے بعد دوبارہ یکھتے ہیں کہ آیا ماسفینٹ افسز ائنڈ (غیر افسز ائنڈ) ہی ہے۔ آئیں ایسا ہی کرتے ہوئے ہم ماسفینٹ کو افسز ائنڈ کا تصور کرتے ہیں۔ پہلے

$$I_{DS} = \frac{k_n}{2} (V_{GS} - V_t)^2$$

$$I_{DS} = \frac{0.1 \times 10^{-3}}{2} [(6 - 5600 I_{DS}) - 2.5]^2$$

$$3.136 \times 10^7 I_{DS}^2 - 5.92 \times 10^4 I_{DS} + 12.25 = 0$$

$$I_{DS} = 1.65 \text{ mA}, 0.237 \text{ mA}$$

حاصل ہوتا ہے۔  $\leftarrow 1.65 \text{ mA}$

$$V_{GS} = 6 - 1.65 \times 10^{-3} \times 5.6 \times 10^3 = -3.24 \text{ V}$$

یعنی  $V_t < V_{GS}$  ہاصل ہوتا ہے لہذا اس جواب کو رد کیا جاتا ہے۔  $\leftarrow 0.237 \text{ mA}$

$$V_{GS} = 6 - 0.237 \times 10^{-3} \times 5.6 \times 10^3 = 4.67 \text{ V}$$

یعنی  $V_t > V_{GS}$  ہاصل ہوتا ہے جو کہ چپ الوماسفینٹ کی نشانی ہے۔ مزید یہ کہ اس برقرار رے

$$V_{GD} = -6 + 0.237 \times 10^{-3} \times 6.8 \times 10^3 = -4.39 \text{ V}$$

یعنی  $V_t < V_{GD}$  ہاصل ہوتا ہے جو کہ افسز ائنڈ ماسفینٹ کی نشانی ہے۔ یہ 0.237 mA کو درست جواب تسلیم کیا جاتا ہے۔ اس طرح

$$V_D = 12 - 0.237 \times 10^{-3} \times 6.8 \times 10^3 = 10.388 \text{ V}$$

$$V_S = 0.237 \times 10^{-3} \times 5.6 \times 10^3 = 1.327 \text{ V}$$

حاصل ہوتے ہیں۔

مثال ۱۱.۳: شکل ۱۱.۷ بے میں

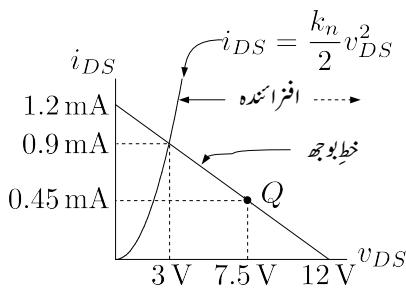
$$V_{DD} = 12 \text{ V}$$

$$R_D = 8 \text{ k}\Omega$$

$$R_S = 2 \text{ k}\Omega$$

$$V_t = 2.5 \text{ V}$$

$$k_n = 0.2 \text{ mA V}^2$$



شکل ۳.۱۸: خط بوجہ سے نقطہ کارکردگی کا حصول

ہیں۔ اس ایکلپیٹائز کے گیٹ پر لامبڈا و کیمیٹر کے ذریعے داخلی اشارہ مہیا کیا جاتا ہے۔  $v_{DS}$  کی زیادہ سے زیادہ میٹاکل چوٹی کے لئے درکار نقطہ مائل حاصل کریں۔  
حل: خط بوجہ کی مساوات

$$V_{DD} = v_{DS} + i_{DS} (R_D + R_S)$$

$$12 = v_{DS} + 10000i_{DS}$$

کو شکل ۳.۱۸ میں گراف کیا گیا ہے۔ شکل میں نقطہ بوجہ کے گراف کی مدد سے افزائندہ خط کی نشاندہی بھی کی گئی ہے۔ نقطہ بوجہ کا خط مساوات ۳.۲۲ سے حاصل کیا گیا ہے۔

$$i_{DS} = \frac{k_n}{2} v_{DS}^2$$

ان دو مساوات کو اکٹھے کرتے ہوئے

$$12 = v_{DS} + 10000i_{DS}$$

$$= v_{DS} + 10000 \times \frac{0.2 \times 10^{-3}}{2} v_{DS}^2$$

حاصل ہوتا ہے۔ اس دور بھی مساوات سے  $v_{DS} = 3\text{V}$ ، بوجہ میں  $i_{DS} = 0.9\text{mA}$  حاصل ہوتا ہے۔ اس کا دوسرا جواب  $v_{DS} = 4\text{V}$  ہے جسے رد کیا جاتا ہے جونکہ بوجہ میں ممکن نہیں۔ حاصل بوجہ  $v_{DS} = 0.9\text{mA}$  ہوتا ہے۔

ماسفینٹ ایکلپیٹائز خط بوجہ پر چھل وتدی کرتا ہے۔ جیسے شکل میں دکھلایا گیا ہے، ماسفینٹ اس وقت تک افزائندہ رہتا ہے جب تک  $v_{DS}$  کی قیمت بوجہ سے زیادہ ہو۔ یوں ماسفینٹ کا  $v_{DS}$  تین دوڑتے کے کم نہیں رکھا جاتا بلکہ

$$3\text{V} \leq v_{DS} < 12\text{V}$$

$$0 < i_{DS} < 0.9\text{mA}$$

## باب۔۳۔ میدانی تراز سڑ

خارجی متغیرات کے حدود ہیں جن میں ماسفیٹ امنزائندہ رہے گا۔ ان قیتوں کے بالکل درمیانی نقطے پر نقطہ کارکردگی رکھنے سے زیادہ سے زیادہ  $i_{DS}$  اور  $v_{DS}$  حاصل کرنا ممکن ہو گا۔ یوں نقطہ کارکردگی کو ( $7.5\text{ V}, 0.45\text{ mA}$ ) رکھا جائے گا۔

---



---

مثال ۳.۱۲:  $p$  بُصاتاً ماسفیٹ استعمال کرتے ہوئے شکل ۳.۱۹ الف کا دور بنا یا گیا ہے۔ ماسفیٹ کو امنزائندہ خط میں رکھتے ہوئے  $I_{SD} = 0.2\text{ mA}$  اور  $V_D = 4\text{ V}$  حاصل کریں۔  
حل:  $V_D = 4\text{ V}$  اور  $I_{SD} = 0.2\text{ mA}$

$$\begin{aligned}V_D &= I_{SD} R_D \\4 &= 0.2 \times 10^{-3} R_D \\R_D &= 20\text{ k}\Omega\end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے۔  
امنزاںدہ ماسفیٹ کی ساداتے سے

$$\begin{aligned}I_{SD} &= \frac{k_p}{2} (V_{SG} + V_t)^2 \\0.2 \times 10^{-3} &= \frac{0.1 \times 10^{-3}}{2} (V_{SG} - 2)^2 \\V_{SG} &= 0\text{ V}, 4\text{ V}\end{aligned}$$

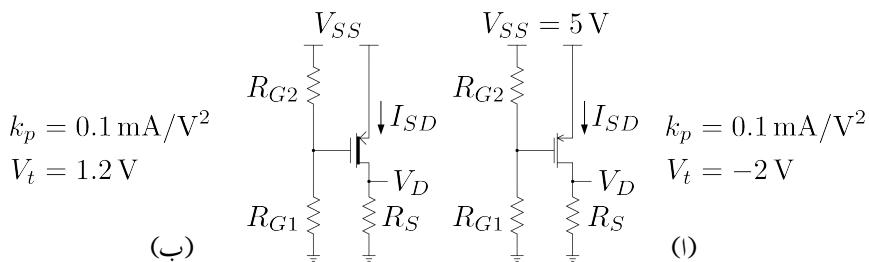
حاصل ہوتے ہیں۔ امنزاںدہ  $p$  بُصاتاً ماسفیٹ کے لئے ضروری ہے کہ  $V_{SG} > -V_t$  رہے۔ چونکہ  $-V_t = -(-2) = 2\text{ volt}$

ہے لہذا اس شرط کا مطلب ہے کہ  $V_{SG} > 2\text{ V}$  ہو۔ یوں  $V_{SG} = 4\text{ V}$  کو درست جواب تسلیم کیا جاتا ہے۔ یوں چونکہ لہذا  $V_S = 5\text{ V}$

$$\begin{aligned}V_{SG} &= V_S - V_G \\4 &= 5 - V_G \\V_G &= 1\text{ V}\end{aligned}$$

$R_{G1} = 1\text{ M}\Omega$  اور  $R_{G2}$  کے قیمتیں چن کر  $V_G = 1\text{ V}$  حاصل کیا جاتا ہے۔ مثلاً اگر  $R_{G1}$  چنانچہ تو

$$\begin{aligned}V_G &= \frac{R_{G1} V_{SS}}{R_{G1} + R_{G2}} \\R_{G2} &= R_{G1} \left( \frac{V_{SS}}{V_G} - 1 \right) \\R_{G2} &= 4\text{ M}\Omega\end{aligned}$$



شکل ۱۹: p ماسیفیٹ کے پک سمت ادوار

حاصل ہوتا ہے۔

**مثال ۳.۱۳:** شکل ۳.۱۹ ب میں  $p$  قسم کا گھٹاتا مانیٹ استعمال کرتے دور بنایا گیا ہے جس میں مانیٹ کو افسزائندہ رکھتے ہوئے  $V_D = 1\text{ V}$  اور  $I_{SD} = 0.2\text{ mA}$  درکار ہیں۔ اس دور کو حل کریں۔

$$V_D = I_{SD} R_D$$

$$1 = 0.2 \times 10^{-3} R_D$$

$$R_D = 5 \text{ k}\Omega$$

افزائندہ ماسیف کی مساوات سے

$$I_{SD} = \frac{k_p}{2} (V_{SG} + V_t)^2$$

$$0.2 \times 10^{-3} = \frac{0.1 \times 10^{-3}}{2} (V_{SG} + 1.2)^2$$

$$V_{SG} = -3.2 \text{ V}, 0.8 \text{ V}$$

$V_{SG} = -3.2 \text{ V}$  ضروری ہے۔ یوں  $V_{SG} > -1.2 \text{ V}$  یعنی  $V_t$  کے لئے  $V_{SG}$  کو درست جواب تیم کی جاتا ہے۔ یوں  $V_{SG} = 0.8 \text{ V}$  کو درست جواب تیم کی جاتا ہے۔

$$V_{SG} = V_S - V_G$$

$$0.8 = 5 - V_G$$

$$V_G = 4.2 \text{ V}$$

درکار ہے۔  $R_{G1} = 10 \text{ M}\Omega$

$$R_{G2} = R_{G1} \left( \frac{V_{SS}}{V_G} - 1 \right) = 10 \times 10^6 \left( \frac{5}{4.2} - 1 \right) = 1.9 \text{ M}\Omega$$

حاصل ہوتا ہے۔

مثال ۳.۱۳: شکل ۳.۲۰ میں  $I_{DS}$  اور  $V_{DS}$  حاصل کریں۔ گھٹتا ماسفینٹ کے

$$k_n = 0.1 \text{ mA V}^{-2}$$

$$V_t = -1 \text{ V}$$

پل حل: ماسفینٹ کا گیٹ برقی زمین پر ہے یعنی  $V_G = 0 \text{ V}$  ہے۔ بقا یادو سروں کے لئے ہم لکھ سکتے ہیں۔

$$V_S = I_{DS} R_S = 2000 I_{DS}$$

$$V_D = V_{DD} - I_{DS} R_D = 5 - 16000 I_{DS}$$

یوں

$$V_{GS} = V_G - V_S = 0 - 2000 I_{DS} = -2000 I_{DS}$$

تصور کرتے ہیں کہ ماسفینٹ اندازہ نہ ہے۔ اس طرح

$$I_{DS} = \frac{k_n}{2} (V_{GS} - V_t)^2$$

$$I_{DS} = \frac{0.1 \times 10^{-3}}{2} [(-2000 I_{DS}) - (-1)]^2$$

$$I_{DS} = 5.958 \text{ mA}, 0.042 \text{ mA}$$

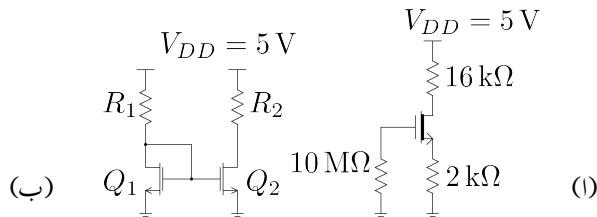
$5.958 \text{ mA}$  کے برقی روے  $V_{GS} = -5.958 \times 10^{-3} \times 2000 = -11.9 \text{ V}$  حاصل ہوتا ہے جو کہ مقطوع ماسفینٹ کی نشانی ہے لہذا اس جواب کو رد کیا جاتا ہے۔  $0.042 \text{ mA}$  کے برقی روے  $V_{GS} = -0.042 \times 10^{-3} \times 2000 = -0.084 \text{ V}$  حاصل ہوتا ہے جو کہ حپا لو ماسفینٹ کی نشانی ہے۔ یہی صحیح جواب ہے۔ مزید کہ

$$V_S = 0.042 \times 10^{-3} \times 2000 = 0.084 \text{ V}$$

$$V_D = 5 - 0.042 \times 10^{-3} \times 16000 = 4.328 \text{ V}$$

$$V_{DS} = V_D - V_S = 4.328 - 0.084 = 4.224 \text{ V}$$

$$V_{GD} = V_G - V_D = 0 - 4.328 = -4.328 \text{ V}$$



شکل ۳.۲۰: ماسفیٹ کے یک سمت ادوار

چونکہ  $V_t < V_{GD}$  ہے لہذا ماسفیٹ انزائندہ ہی ہے جیسے تصور کیا گیا تھا۔

مثال ۳.۱۵: شکل ۳.۲۰ ب میں بقیہ آئینہ دکھایا گیا ہے۔ اس دور میں استعمال ہونے والے دونوں ماسفیٹ کو بالکل یکساں تصور کرتے ہوئے اسے حل کریں۔

حل:  $Q_1$  کا گیٹ اس کے ڈرین کے ساتھ مسلک کیا گیا ہے۔ یہاں رکے کر مثال ۳.۵ کو دوبارہ دیکھیں جہاں اس طرح جبڑے ماسفیٹ پر تفصیلی غنٹکوگی گئی ہے۔

ماسفیٹ کا گیٹ اور ڈرین جبڑے ہونے کی وجہ سے ان دونوں پر برابر قیمتوں پر برابر ہوں گے جیسے  $V_{D1} = V_{G1}$  ہو گا۔ یہاں  $V_{GS1} - V_{DS1} < V_t$  اور  $V_{GS1} = V_{DS1}$  کر خون کے وسائل برائی دہاوے کے تحت

$$V_{DD} = I_{DS1}R_1 + V_{DS1}$$

$$V_{DS1} = V_{DD} - I_{DS1}R_1$$

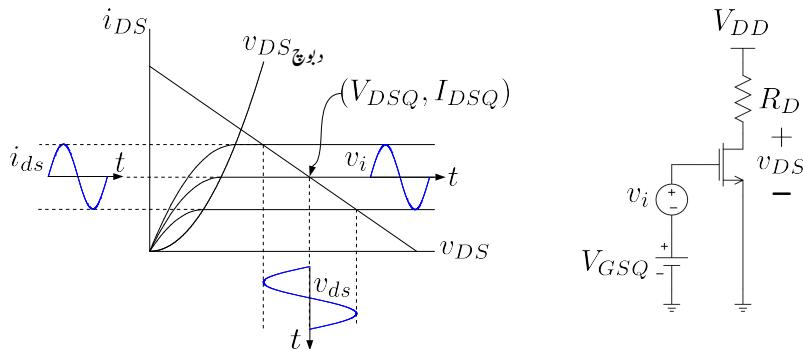
ہے۔ چونکہ  $V_{GS1}$  اور  $V_{DS1}$  برابر ہیں لہذا

$$V_{GS1} = V_{DS1} = V_{DD} - I_{DS1}R_1$$

ہو گا اور یوں

$$\begin{aligned} I_{DS1} &= \frac{k_n}{2} (V_{GS} - V_t)^2 \\ &= \frac{k_n}{2} [(V_{DD} - I_{DS1}R_1) - V_t]^2 \end{aligned}$$

ہو گا۔ اس مساوات کو حل کرتے ترقی روکی دو مفتداریں حاصل ہوں گے جن میں سے صرف ایک مفتدار قابل تجسس ہو گی۔ اس بقیہ روکے مطابق  $V_{GS1}$  حاصل کی جاتا ہے۔



شکل ۲.۲۱: ماسفیٹ ایمپلیفیاٹر

دور میں دونوں ماسفیٹ کے گیٹ آپس میں جبڑے ہیں جبکہ دونوں کے سورس برقی زمین پر ہیں۔ یوں  $V_{GS2} = V_{GS1}$  ہو گا۔ جب تک ماسفیٹ  $Q_2$  بھی افسزاں نہ ہے اس کی برقی رو

$$I_{DS2} = \frac{k_n}{2} (V_{GS2} - V_t)^2$$

ہو گی جو کہ ماسفیٹ  $Q_1$  کے برقی رو کے برابر ہے لیکن  $I_{DS1} = I_{DS2}$  میں درکار برقی رو حاصل کی جاتی ہے۔ چونکہ  $V_{GS2}$  اور  $V_{GS1}$  میں بھی  $Q_1$  کے برقی رو جتنا برقی رو گزرے گا۔

## ۲.۹ ماسفیٹ ایمپلیفیاٹر کا ترکیبی تجزیہ

ماسفیٹ کو بطور ایمپلیفیاٹر استعمال کرنے کی حالت اسے افسزاں نہ خلے میں مائل کیا جاتا ہے۔ شکل ۲.۲۱ میں ماسفیٹ ایمپلیفیاٹر دکھایا گیا ہے۔ ساتھ ہی ماسفیٹ کے خطوط اور برقی خط بوجھ بھی دکھایا گیا ہے۔ افسزاں نہ خلے کے حد کو دبوخ  $v_{DS}$  کے خط سے دکھایا گیا ہے۔ ماسفیٹ ایمپلیفیاٹر اس وقت تک خوش اسلوبی سے داخلی اشارے کو بڑھاتا ہے جب تک ماسفیٹ افسزاں نہ خلے میں رہے۔ ہم یہاں nMOSFET کو مثال بتا کر ماسفیٹ ایمپلیفیاٹر پر تبصرہ کریں گے۔ ماسفیٹ کے تباہیات اقسام پر مبنی ایمپلیفیاٹر بھی اسی طرح کام کرتے ہیں۔

شکل ۲.۲۱ میں نقطہ کار کردگی ماسفیٹ کے گیٹ پر برقی دباؤ،  $V_{GSQ}$  کی مسماحت  $R_D$  اور برقی دباؤ کی منع  $V_{DD}$  تین کرتے ہیں۔  $v_i = 0$  ہونے کی صورت میں ماسفیٹ نقطہ کار کردگی پر پایا جائے گا جہاں اس کے یک سمت برقی دباؤ  $V_{DSQ}$  اور یک سمت برقی رو  $I_{DSQ}$  ہوں گے۔ اب تصور کریں کہ باریک اشارہ  $v_i$  بہت جانب بڑھتا ہے۔ یوں ماسفیٹ کے گیٹ پر کل برقی دباؤ  $V_{GSQ}$  سے بڑھ جائے گا جس سے  $i_{DS}$  بڑھ جائے گی جبکہ  $v_{DS}$  گھٹ جائے گا۔ اسی طرح اگر  $v_i$  منفی ہوتا ہے تو گیٹ پر برقی دباؤ کچھ گھٹ جس سے  $i_{DS}$  گھٹ جائے گی جبکہ  $v_{DS}$  بڑھے گا۔ شکل میں سائز نہ  $v_i$  کی صورت میں ایسا ہوتا دکھایا گیا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ خط بوجھ کی ڈھلوان کم کرنے سے  $v_{ds}$  بڑھتا ہے۔ اس ایمپلیفیاٹر کی افسزاں برقی دباؤ  $A_v$  ہے۔

### ۳.۱۰.۱ ماسفیٹ ایمپلیفائر کا تخلیلی تجزیہ

شکل ۳.۲۲ میں بڑھاتا ماسفیٹ کو استعمال کرتے ہوئے ایمپلیفائر کا دور بنایا گیا ہے جس میں دو عدد منفج بر قی دباؤ  $V_{GS}$  اور  $V_{DD}$  ماسفیٹ کو مائل کرنے کی حاطر استعمال کئے گے ہیں۔ جیسا کہ ہم اسی باب میں آگے بیکھیں گے، حقیقت میں عموماً ایسی نہیں کیا جاتا۔ یہ در حال اس دور میں ایمپلیفائر پر غور کرنا نسبتاً آسان ہے۔ اس دور میں داخلی جانب یک سمت منفج  $V_{GS}$  کے ساتھ سلسلہ وار بدلت اشارہ  $v_{gs}$  منلک کیا گیا ہے۔ اس دور کا مقصد داخلی اشارہ  $v_{gs}$  کا حیطہ بڑھانا ہے۔ بڑھایا گیا اشارہ ماسفیٹ کے ذریں سے حاصل کیا جائے گا۔ مندرجہ ذیل بحث گزشتہ باب میں ٹرانزسٹر پر بحث کے ہو ہو ہے۔

### ۳.۱۰.۱.۱ یک سمت تجزیہ

ماسفیٹ کا نقطہ کار کردگی حاصل کرنے کی حاطر بدلت اشارہ کو قصر دور کیا جاتا ہے یعنی اس کی قیمت صفر کر دی جاتی ہے۔ یوں

$$(3.33) \quad I_{DS} = \frac{k_n}{2} (V_{GS} - V_t)^2$$

حاصل ہوتا ہے۔ حناری جناب کر خوف کے فتاون برائے بر قی دباؤ سے

$$(3.35) \quad V_{DS} = V_{DD} - I_{DS}R_D$$

حاصل ہوتا ہے۔ ماسفیٹ امنڑا نہ ہونے کی حاطر

$$V_{GS} - V_{DS} < V_t$$

کا ہونا ضروری ہے۔

### ۳.۱۰.۲ بدلتارو تجزیہ

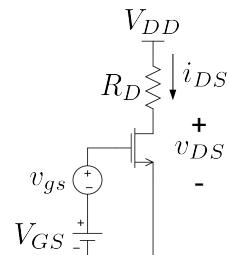
بدلتارو تجزیہ کی حاطر دور میں  $v_{gs}$  پر نظر رکھی جائے گی۔ شکل ۳.۲۲ میں  $V_{GS}$  اور  $v_{gs}$  سلسلہ وار جوڑنے سے

$$(3.34) \quad v_{GS} = V_{GS} + v_{gs}$$

حاصل ہوتا ہے جس کو استعمال کرتے ہوئے

$$(3.37) \quad i_{DS} = \frac{k_n}{2} (v_{GS} - V_t)^2$$

$$\begin{aligned}
 i_{DS} &= \frac{k_n}{2} (V_{GS} - V_t)^2 = \frac{k_n}{2} (V_{GS} + v_{gs} - V_t)^2 \\
 &= \underbrace{\frac{k_n}{2} (V_{GS} - V_t)^2}_{I_{DS}} + k_n (V_{GS} - V_t) v_{gs} + \underbrace{\frac{k_n}{2} v_{gs}^2}_{\text{ناؤار جزو}} \\
 &\quad \text{یک سنتی جزو} \qquad \text{i}_{ds} \qquad \text{اشارتی جزو}
 \end{aligned}$$



$$v_{GS} = V_{GS} + v_{gs}$$

شکل ۳.۲۲: ماسیفٹ اینپلیفیٹر کے برقی روکے مختلف اجزاء

$$\begin{aligned}
 (3.38) \quad i_{DS} &= \frac{k_n}{2} \left( V_{GS} + v_{gs} - V_t \right)^2 \\
 &= \frac{k_n}{2} \left[ (V_{GS} - V_t) + v_{gs} \right]^2 \\
 &= \frac{k_n}{2} \left[ (V_{GS} - V_t)^2 + 2(V_{GS} - V_t)v_{gs} + v_{gs}^2 \right] \\
 &= \frac{k_n}{2} (V_{GS} - V_t)^2 + k_n (V_{GS} - V_t) v_{gs} + \frac{k_n}{2} v_{gs}^2
 \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اس مساوات کا پہلا جزو  $\frac{k_n}{2} (V_{GS} - V_t)^2$  یک سنتی جزو ہے۔ یہ مساوات ۳.۲۲ میں دئے I<sub>DS</sub> کے برابر ہے اور یوں اسے لکھا جاتا ہے۔ مساوات کا دوسرا جزو  $v_{gs} (V_{GS} - V_t)$  بدلتا رو جزو ہے۔ یہ جزو داخلي اشاره کا  $(V_{GS} - V_t) k_n$  گاہی پڑھایا جزو ہے اور یوں اسے i<sub>ds</sub> لکھا جاتا ہے۔ مساوات کا تیسرا جزو  $v_{gs}^2$  کے مرتع کے راست تناسب ہے اور یوں یہ جزو اشارہ کی شکل بگاتا ہے۔ یہ آخری جزو ناؤار جزو ہے۔ اشارہ کی اصل شکل برقرار رکھنے کی حاطر اس جزو کی قیمت دوسرے جزو سے بہت کم رکھنی ضروری ہے یعنی

$$\frac{k_n}{2} v_{gs}^2 \ll k_n (V_{GS} - V_t) v_{gs}$$

اس سے حاصل ہوتا ہے

$$(3.39) \quad v_{gs} \ll 2(V_{GS} - V_t)$$

ساوات ۳.۴۹ باریکے اشارہ کی شرط بیان کرتا ہے۔ جو اشارہ اس ساوات پر پورا ترے اسے باریکے اشارہ تصور کیا جاتا ہے۔

اگر داخلی اشارہ باریکے اشارہ کی شرط پر پورا ترے تو ساوات ۳.۴۸ میں آئندہ جزو کو ظفر اندازیا جا سکتا ہے اور اسے یوں لکھا جا سکتا ہے۔

$$(3.50) \quad i_{DS} \approx I_{DS} + i_{ds}$$

جہاں

$$(3.51) \quad i_{ds} = k_n (V_{GS} - V_t) v_{gs}$$

ساوات ۳.۵۰ کو یوں بھی لکھا جا سکتا ہے۔

$$(3.52) \quad i_d = g_m v_{gs}$$

جہاں

$$(3.53) \quad g_m = \frac{i_d}{v_{gs}} = k_n (V_{GS} - V_t)$$

ماسفیٹ کی باریکے اشاراتی موصل-نما نزاکت ہے۔ ساوات ۳.۴۲ کی مدد سے  $g_m$  کو یوں بھی لکھا جا سکتا ہے۔

$$(3.54) \quad \begin{aligned} g_m &= \sqrt{2I_{DS}k_n} \\ &= \frac{2I_{DS}}{V_{GS} - V_t} \end{aligned}$$

$g_m$  کے باضابطہ تعریف کے مطابق یہ ماسفیٹ کے  $v_{GS}$  -  $i_{DS}$  خط کے نقطے مائل پر ماس کی ڈھالوان ہے یعنی

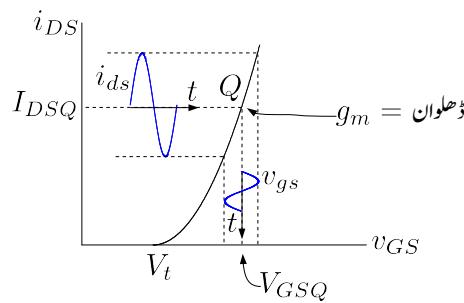
$$(3.55) \quad g_m = \left. \frac{\partial i_{DS}}{\partial v_{GS}} \right|_{v_{GS}=V_{GSQ}}$$

اسکے میں موجود گی میں ساوات ۳.۴۵ مندرجہ ذیل صورت اختیار کر لیتا ہے۔

$$(3.56) \quad v_{DS} = V_{DD} - i_{DS} R_D$$

ساوات ۳.۵۰ کے استعمال سے

$$(3.57) \quad \begin{aligned} v_{DS} &= V_{DD} - (I_{DS} + i_{ds}) R_D \\ &= V_{DD} - I_{DS} R_D - i_{ds} R_D \end{aligned}$$



شکل ۳.۲۳: ماسفیٹ ایمپلیفیاٹر کا گیٹ پر بر قی دباؤ بال مقابل ماسفیٹ کی بر قی روکا خط

یہ مساوات داخنی اشارہ کے موجودگی میں حنارجی بر قی دباؤ دیتا ہے۔ داخنی اشارہ کے عدم موجودگی میں  $i_{ds}$  کی قیمت صفر ہو گی اور اس سے مساوات ۳.۲۵ حاصل ہو گا۔ اس مساوات کو یوں بھی لکھا جاتا ہے۔

$$(3.58) \quad v_{DS} = V_{DS} + v_{ds}$$

جہاں  $V_{DS}$  مساوات ۳.۲۵ میں دی گئی ہے جبکہ

$$(3.59) \quad v_{ds} = -i_{ds} R_D$$

ہے۔ مساوات ۳.۵۲ کی مدد سے

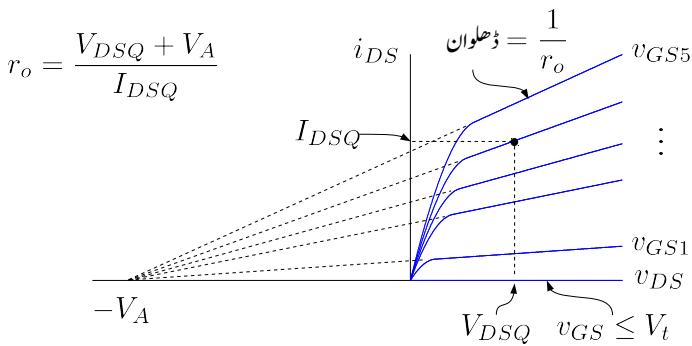
$$(3.60) \quad v_{ds} = -g_m R_D v_{gs}$$

حاصل ہوتا ہے جس سے اندازش بر قی دباؤ یوں حاصل ہوتا ہے۔

$$(3.61) \quad A_v = \frac{v_{ds}}{v_{gs}} = -g_m R_D$$

یہاں منفی علامت کا مطلب یہ ہے کہ جب داخنی اشارہ  $v_{gs}$  مثبت ہوتا ہے حنارجی اشارہ  $v_{ds}$  منفی ہو گا یعنی یہ دو اشارات آپس میں  $180^\circ$  زاویہ پر رہتے ہیں۔

شکل ۳.۲۳ میں مساوات ۳.۲۷ کا خط کھینچا گیا ہے۔ نقطہ کارکردگی پر اس خط کی ڈھلوان  $g_m$  کہلاتی ہے۔ داخنی اشارہ  $v_{gs}$  کے عدم موجودگی میں ماسفیٹ نقطہ کارکردگی  $Q$  پر رہے گا اور یوں اس پر  $V_{GSQ}$  اور  $I_{DSQ}$  پائے جائیں گے۔ سائن نس  $v_{gs}$  کی صورت میں  $i_{DS}$  میں سائن نس حبزو پایا جائے گا جسے کہا جاتا ہے۔



شکل ۳.۲۳: ارلی برقی دباؤ

## ۳.۱۱ ماسفیٹ ریاضی نمونہ

اسی ہے میں ماسفیٹ کے ریاضی نمونے ۳۳ حاصل کے جب نئی گے جنہیں استعمال کر کے بدلتے برقی دباؤ اور بدلتے برقی رو حاصل کے جاتے ہیں۔

### ۳.۱۱.۱ حناجی مزاجمت $r_0$

ماسفیٹ کو بطور ایکلینیٹر استعمال کرنے کی حراظر اسے افسزاں دہ خلیے میں مائل کیا جاتا ہے۔ مساوات ۳.۲۶ کے مطابق افسزاں دہ خلیے میں  $v_{DS}$  میں  $i_{DS}$  تبدیل کرنے سے  $i_{DS}$  پر کوئی اثر نہیں ہوتا۔ صفحہ ۳۸۱ پر شکل ۳.۵ پر میں  $v_{DS}$  کو دیوچ  $v_{DS}$  سے بڑھانے پر پیدا کردہ راہ کی لمبائی کم ہوتے دکھائی گئی ہے۔ مساوات ۳.۲۲ حاصل کرتے وقت اس اثر کو نظر انداز کیا گیا۔ پیدا کردہ راہ کی لمبائی کم ہونے سے پیدا کردہ راہ کی مزاجمت کم ہو جاتی ہے اور یوں  $i_{DS}$  بڑھ جاتا ہے۔ بڑھتے برقی دباؤ کے ساتھ پیدا کردہ راہ کی لمبائی کم ہونے کے اثر کو ہم مساوات ۳.۲۶ میں الٹے برقی دباؤ  $V_A$  کے طرز کا حذوٹ حاصل کرنے سے حاصل کر سکتے ہیں جیسے

$$(3.22) \quad i_{DS} = \frac{k'_n}{2} \left[ \frac{W}{L} \right] [v_{GS} - V_t]^2 \left[ 1 + \frac{v_{DS}}{V_A} \right]$$

$$= \frac{k_n}{2} [v_{GS} - V_t]^2 \left[ 1 + \frac{v_{DS}}{V_A} \right]$$

الٹے برقی دباؤ کے اثر کو حاصل کرتے ہوئے ماسفیٹ کے خط شکل ۳.۲۲ میں گراف کئے گئے ہیں۔ اس مساوات سے ماسفیٹ کا حناجی مزاجمت حاصل کرنے کی عندرش سے اس کا تفریق فقط مائل پر لیتے

بیں۔

$$\left. \frac{\partial i_{DS}}{\partial v_{DS}} \right|_{V_{GS}} = \frac{k_n}{2} (V_{GS} - V_t)^2 \frac{1}{V_A}$$

اور یوں

$$(۴.۴۳) \quad r_o = \left. \frac{\partial i_{DS}}{\partial v_{DS}} \right|_{v_{GS}}^{-1} = \frac{1}{\frac{k_n}{2} [v_{GS} - V_t]^2 \frac{1}{V_A}}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اگر ارلی برقی دباؤ کے اثر کو نظر انداز کیا جائے تو  $I_{DS}$  کو  $\frac{k_n}{2} (v_{GS} - V_t)^2$  کے حساب سکتا ہے اور یوں مندرجہ بالا ترجیحی مزاجت کی مساوات کو بہتر طریقے سے یوں لکھا جاسکتا ہے۔

$$(۴.۴۴) \quad r_o = \left. \frac{\partial i_{DS}}{\partial v_{DS}} \right|_{v_{GS}}^{-1} \approx \frac{V_A}{I_{DS}}$$

ہم  $V_A$  کو ارلی برقی دباؤ کی قیمت پر اکرده را کے لمبائی کے راستے تناسب ہوتا ہے۔

$$(۴.۴۵) \quad V_A \propto L_r$$

یوں  $r_o$  بڑھنے کی حرکت رزیادہ لمبائی کی راہ تخلیق کی جاتی ہے۔ ماسفیٹ کے ارلی برقی دباؤ کی معمولی قیمت ۲۰۰ ٹا ۳۰۰ V ہوتی ہے۔

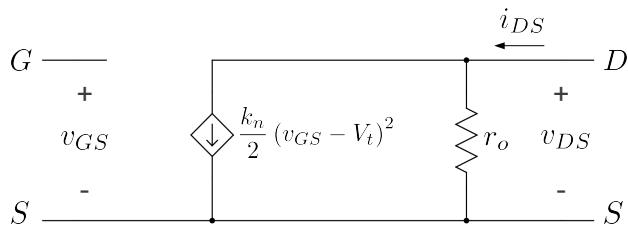
### ۴.۱۱.۲ و سچ اشاراتی ماسفیٹ ریاضی نمونہ

افزارہ خلی میں ماسفیٹ کا و سچ اشاراتی ریاضی نمونہ ۴.۲۵ شکل ۴.۲۵ میں دکھایا گیا ہے۔ اس ریاضی نمونے کے داخلی جناب مزاجت لامحدود ہے جبکہ مساوات ۴.۲۳ اس کا حنارجی مزاجت  $r_o$  دیتا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ اس ریاضی نمونے سے درست  $i_{DS}$  حاصل ہوتا ہے۔

### ۴.۱۱.۳ باریک اشاراتی ماسفیٹ π ریاضی نمونہ

ماسفیٹ کا باریک اشاراتی ریاضی نمونہ بالکل BJT ٹرانزسٹر کی طرح حاصل کیا جاتا ہے۔ افزارہ خلی میں استعمال ہوتے ماسفیٹ کا باریک اشاراتی ریاضی نمونہ حاصل کرنے کی عنصر پر مساوات ۴.۲۸ کا جزوی تفسیر حاصل کرتے ہیں جس سے افزاں  $g_m$  حاصل ہوگی۔ جزوی تفسیر کی قیمت نظر مائل  $V_{GS}$  پر حاصل کیا جاتا ہے۔ یوں

$$(۴.۶۶) \quad g_m = \left. \frac{\partial i_{DS}}{\partial v_{GS}} \right|_{V_{GS}} = k_n [V_{GS} - V_t]$$



شکل ۳.۲۵: دو سچ اشارات ماسفیٹ ریاضی نمونہ

حاصل ہوتا ہے۔ مساوات ۳.۲۸ کی یک سمت شکل

$$I_{DS} = \frac{k_n}{2} (V_{GS} - V_t)^2$$

$$V_{GS} - V_t = \sqrt{\frac{2I_{DS}}{k_n}}$$

حاصل ہوتا ہے جس کی مدد سے مساوات ۳.۲۹ کو یوں بھی لکھا جاسکتا ہے۔

$$(3.27) \quad g_m = k_n [V_{GS} - V_t] = k_n \sqrt{\frac{2I_{DS}}{k_n}} = \sqrt{2k_n I_{DS}}$$

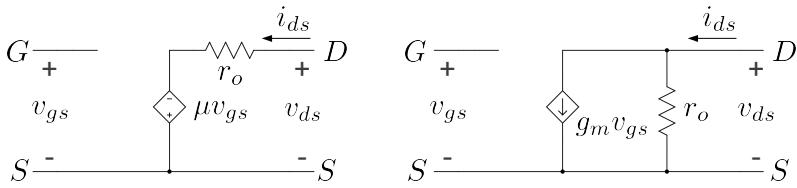
مساوات ۳.۲۷ سے حاصل  $r_o$  اور مساوات ۳.۲۷ سے حاصل  $g_m$  استعمال کرتے ہوئے ماسفیٹ کا پہتھنہ تعدادی باریکے اشاراتی ماسفیٹ پائے ریاضی نمونہ حاصل ہوتا ہے جسے شکل ۳.۲۶ میں دیکھ دکھایا گیا ہے۔ اس ریاضی نمونے کا عسومی نام  $\pi$  ریاضی نمونے ہے۔ دوجو ٹرانزسٹر کے باریکے اشاراتی ریاضی نمونے کے ساتھ موازنے کرتے ہوئے صاف ظاہر ہے کہ ماسفیٹ کا داخلی مزاجحت لامحہ دو ہونے کی وجہ سے اس کی داخلی برقی رو ضفر ہو گی۔ ماسفیٹ کے  $g_m$  کا دوجو ٹرانزسٹر کے  $g_m$  کے ساتھ موازنے کرنے سے معلوم ہوتا ہے کہ ماسفیٹ کی برقی وہ چار گنا کرنے سے اس کا  $g_m$  دگنا ہوتا ہے جبکہ دوجو ٹرانزسٹر کی برقی وہ صرف دگن کرنے سے ہی اس کا  $g_m$  دگنا ہو جاتا ہے۔

شکل ۳.۲۶ میں اسی ریاضی نمونے کی دوسری شکل بھی دکھائی گئی ہے جہاں ریاضی نمونے میں حنارجی جانب نارٹن مساوی کی جگہ تھوڑن مساوی استعمال کیا گیا ہے۔ یوں تھوڑن برقی دباء  $v_{gs}r_o$  کے برابر لیتے ہوئے

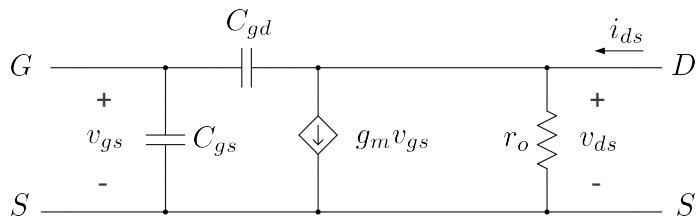
$$\mu = g_m r_o$$

حاصل ہوتا ہے۔

ماسفیٹ کے گیٹ اور سورس کے مابین  $C_{gs}$  کپیسٹر پیلا جاتا ہے۔ اسی طرح گیٹ اور ڈرین کے مابین  $C_{gd}$  کپیسٹر پیلا جاتا ہے۔ کم تعدد پر ان کپیسٹر کو نظر انداز کیا جاتا ہے البتہ بلند تعدد پر ان کو نظر انداز کرنا ممکن نہیں ہوتا۔ یوں



شکل ۳.۲۶: پست تعددی باریکے اشاراتی ماسفیٹ پائے ریاضی نمونہ



شکل ۳.۲۷: بلند تعددی باریکے اشاراتی ماسفیٹ پائے ریاضی نمونہ

بلند تعدد پر ماسفیٹ کے پائے ریاضی نمونے میں انہیں شامل کرنے سے بلند تعدد کو پائے ریاضی نمونہ حاصل ہوتا ہے جسے شکل ۳.۲۷ میں دکھایا گیا ہے۔ کم  $v_{DS}$  کی صورت میں غیر امنزائلڈ ماسفیٹ کے گیٹ کے بیچ الٹا خطہ سورس سے ڈرین تک قریب ایکال شکل کا ہوتا ہے۔ گیٹ اور الٹا خطہ مسلک کپیٹر  $\frac{\epsilon WL}{d}$  کو جسم دیتے ہیں۔ اس کپیٹر کا آدھا حصہ  $C_{gs}$  اور آدھا حصہ  $C_{gd}$  ہے لیکن

$$(3.28) \quad C_{gs} \approx C_{gd} \approx \left( \frac{1}{2} \right) \frac{\epsilon WL}{d}$$

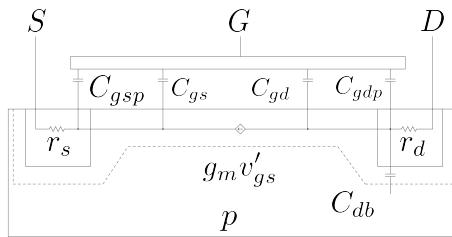
جہاں  $W$  گیٹ کی چوڑائی،  $L$  گیٹ کی لمبائی،  $d$  گیٹ اور سیکان کے درمیان فاصلہ ہے۔  $\epsilon = \epsilon_r \epsilon_0 = 3.9 \times 10^{-12} \frac{\text{F}}{\text{m}}$

امنزاںڈڈ ماسفیٹ کے ڈرین جانب راہ دبوچ گیا ہوتا ہے یوں گیٹ کے بیچ پیدا کردہ راہ ہر جگہ یکساں نہیں ہوتا۔ اس صورت میں  $C_{gs} \approx 0$  جبکہ  $C_{gd} \approx \frac{2\epsilon WL}{3d}$  ہوتا ہے۔

$$(3.29) \quad C_{gd} \approx 0$$

$$C_{gs} \approx \left( \frac{2}{3} \right) \frac{\epsilon WL}{d}$$

ان کے علاوہ گیٹ کا کچھ حصہ سورس کو اور کچھ حصہ ڈرین کو ڈھانپتا ہے جس سے گیٹ اور سورس کے مابین غیر مطلوب کپیٹر  $C_{gsp}$  اور اسی طرح گیٹ اور ڈرین کے مابین غیر مطلوب کپیٹر  $C_{gdp}$  پیدا ہوتا ہے۔ ڈرین اور



شکل ۳.۲۸: ماسفیٹ ریاضی نمونے کے اجزاء

سیکان پتسری کامائین  $pn$  جوڑ پایا جاتا ہے جس کے کپیسٹر کو  $C_{db}$  سے ظاہر کیا جاتا ہے۔

ماسفیٹ کے ریاضی نمونے میں  $C_{gs}$  گیٹ اور سورس کے درمیان دونوں اقسام کے کپیسٹروں کے مجموعے کو کہتے ہیں۔ اسی طرح  $C_{gd}$  بھی دونوں اقسام کے کپیسٹروں کے مجموعے کو ظاہر کرتا ہے۔ شکل ۳.۲۸ میں ان تمام قسم کے کپیسٹروں کو دکھایا گیا ہے۔ ساتھ ہی ساتھ مزاحمت  $r_s$  اور  $r_d$  بھی دکھائے گئے ہیں۔ بسیروں سورس سرے اور اندروں سورس کے درمیان  $r_s$  مزاحمت پایا جاتا ہے۔ اسی طرح بیرونی ذرین سرے اور اندروں ذرین کے درمیان  $r_d$  پایا جاتا ہے۔ اس کتاب میں  $C_{db}$ ،  $r_s$  اور  $r_d$  کو استعمال نہیں کیا جائے گا۔ دو جوڑ ٹرانزسٹر کے پائے ریاضی نمونوں کی طرح ماسفیٹ کے باریکے اشاراتی پائے ریاضی نمونے nMOSFET اور pMOSFET کے لئے یہاں تابل استعمال ہیں۔

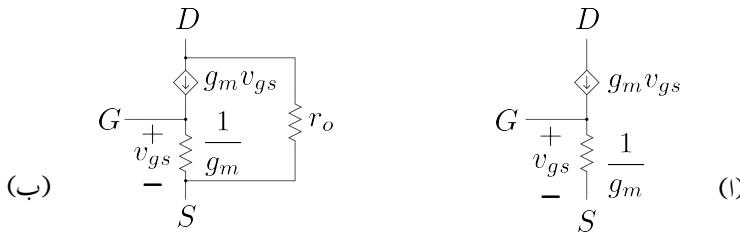
### ۳.۱۱.۳ باریکے اشاراتی ماسفیٹ ٹی ریاضی نمونہ

شکل ۳.۲۹ اف میں ۲۰ کو نظر انداز کرتے ہوئے ماسفیٹ کاٹھ ریاضی نمونہ دکھایا گیا ہے۔ اس ریاضی نمونے میں گیٹ اور سورس کے مابین مزاحمت نسب ہے جس کی قیمت  $\frac{1}{g_m}$  ہے۔ اس ماسفیٹ ریاضی نمونے کو پائے ریاضی نمونے سے یوں حاصل کیا جاتا ہے۔ پائے ریاضی نمونے میں

$$(3.70) \quad i_g = 0 \\ i_d = i_s = i_{ds} = g_m v_{gs}$$

پائے جاتے ہیں جہاں  $i_d$  اور  $i_s$  ذرین اور سورس کے برقی رو ہیں۔ داخلی مزاحمت لامحمد ود ہے۔ آئیں اب ٹی ریاضی نمونے پر نظر ڈالیں۔ ٹی ریاضی نمونے میں  $i_d = g_m v_{gs}$  ہے۔ گیٹ اور سورس کے مابین مزاحمت نسب ہے جس پر برقی دباؤ  $v_{gs}$  ہے۔ یوں اونہ کے فتاون سے اس مزاحمت میں برقی رو کی مقدار

$$\frac{\text{برقی دباؤ}}{\text{برقی رو}} = \frac{v_{gs}}{\frac{1}{g_m}} = g_m v_{gs}$$



شکل ۳.۲۹: باریکے اشارتی ماسفینٹی ریاضی نمونہ

ہو گی۔ یہی برقی رو سورس پر ہو گی۔ گیٹ G کے جوڑ پر D کی جانب سے  $g_m v_{gs}$  برقی رو آتی ہے۔ اس جوڑ سے اتنی ہی برقی رو مسازحت سے گزرتے ہوئے S روں ہے۔ یوں کر خوف کے قوت انہی برقی رو کی مدد سے گیٹ پر برقی رو  $= 0$  ہو۔ حاصل ہوتی ہے۔ داخلی مسازحت  $\frac{v_{gs}}{i_g}$  کی قیمت  $= 0$  کی بن پر لامدہ حاصل ہوتی ہے۔ ہم دیکھتے ہیں کہ ٹی ریاضی نمونے سے بھی بالکل وہی جوابات حاصل ہوتے ہیں جو پائے ریاضی نمونے سے حاصل ہوتے ہیں لہذا ماسفینٹ کے ادوار حل کرتے وقت ٹی ریاضی نمونے کو بھی استعمال کیا جا سکتا ہے۔ ٹی ریاضی نمونے میں ۳.۲۹ کی شکلیت شکل ۳.۲۹ ب میں دکھلایا گیا ہے۔  
دو جوڑ ترازی سڑ کے ٹی ریاضی نمونے کی طرح شکل ۳.۲۹ میں دکھائے گئے ماسفینٹ کے ٹی ریاضی نمونے دونوں اقسام کے ماسفینٹ یعنی nMOSFET اور pMOSFET کے لئے تبلیغاتیں ہیں۔

### ۳.۱۱.۵ یک سست اور بدلتے مقتصیرات کی علیحدگی

مندرجہ بالا ذکرہ سے ہم دیکھتے ہیں کہ برقی دباؤ اور برقی رو کے دو حصے (یعنی یک سست حصہ اور بدلت حصہ) ہوتے ہے۔ ماسفینٹ کے ادوار حل کرتے وقت ان دو حصوں کو علیحدہ علیحدہ حل کیا جاتا ہے۔ پہلے بدلت مقتصیرات کی قیمتیں صفر کرتے ہوئے یک سست حصہ حل کر کے نقطہ مقابل حاصل کیا جاتا ہے اور پھر بدلت حصے کو ریاضی نمونے کی مدد سے حل کیا جاتا ہے۔

مثال ۳.۱۶: مساوات ۳.۳۸ میں  $\frac{k_n v_{gs}^2}{2}$  ناپسندیدہ حصہ ہے۔ اگر داخلی اشارہ  $v_{gs} = V_p \cos \omega t$  ہو تو بناپسندیدہ حصہ میں  $\frac{k_n V_p^2}{2} [1 + \cos(2\omega t)]$  استعمال کرتے ہوئے لکھا جا سکتا ہے جو داخلی اشارے کے دو گنی تعداد کا حصہ ہو۔ یہی اصل اشارے کی شکل بگاڑتا ہے۔ حنارتی اشارے میں دو گنی تعداد اور اصل تعداد کے اجزاء کے حیطوں کی نسبت حاصل کریں۔ اگر  $V_t = 4 \text{ V}$  اور  $V_{GS} = 4 \text{ V}$  ہوں تو بداخلی اشارے کی چوٹی کی وہ حاصل کریں جس پر حاصل کردہ نسبت ۱% ہو۔  
حل: دو گنی تعداد کا حصہ  $\frac{k_n V_p^2}{4} \cos(2\omega t)$  ہے۔ یوں

$$\frac{\text{بجزہ حبزو}}{\text{اصل حبزو}} = \frac{V_p}{4(V_{GS} - V_t)}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اس طرح

$$\frac{V_p \times 100}{4(4 - 1.4)} = 1$$

$$V_p \leq 104 \text{ mV} \leftarrow$$


---

مثال ۱.۲: ایک دور بند شکل ۱.۲ ب میں دکھایا گیا ہے کا تجزیہ کرتے ہوئے مندرجہ ذیل معلومات حاصل کئے جاتے ہیں۔

$$V_{DD} = 15 \text{ V}$$

$$R_D = 6.8 \text{ k}\Omega$$

$$R_S = 560 \Omega$$

$$R_{G1} = 10 \text{ M}\Omega$$

$$R_{G2} = 15 \text{ M}\Omega$$

ہیں۔ مزید اس کے گیٹ پر  $V_G = 6 \text{ V}$  جبکہ سورس پر  $V_S = 0.81 \text{ V}$  ہے۔ ساتھ ہی ساتھ باریک اشارتی بر قی دباؤ کی امنز اش  $A_v = -6.8 \frac{\text{V}}{\text{V}}$  ہے جہاں حنارجی اشارے کوڈین سے لیا گیا۔ استعمال کئے گئے ماسفیٹ کی  $k_n$  اور  $V_t$  حاصل کریں۔ حل: اوہم کے قانون سے

$$I_{DS} = \frac{V_S}{R_S} = \frac{0.81}{560} = 1.4464 \text{ mA}$$

حاصل ہوتا ہے۔ ساتھ ہی ساتھ

$$V_{GS} = V_G - V_S = 6 - 0.81 = 5.19 \text{ V}$$

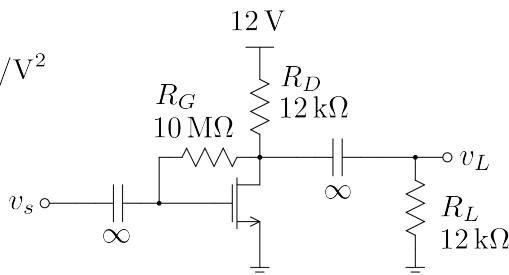
ہے۔ مساوات ۱.۲ کی مدد سے  $g_m = 1 \text{ mA/volt}$  میں پر کرتے ملتے ہے۔

$$10^{-3} = k_n (5.19 - V_t)$$

تصور کرتے ہیں کہ ماسفیٹ امنز اسندہ خط میں ہے یوں امنز اسندہ ماسفیٹ کی مساوات سے

$$1.4464 \times 10^{-3} = \frac{k_n}{2} (5.19 - V_t)^2$$

$$\begin{aligned}V_t &= 2 \text{ V} \\k_n &= 0.2 \text{ mA/V}^2 \\V_A &= 60 \text{ V}\end{aligned}$$



شکل ۳.۳۰: ماسیف ایپلیناٹر

حاصل ہوتا ہے۔ مندرجہ بالادوست ان ملک

$$1.4464 \times 10^{-3} = \frac{k_n}{2} \left( \frac{10^{-3}}{k_n} \right)^2$$

لکھا جا سکتا ہے جس سے  $k_n$  حاصل ہوتا ہے۔ اس قیمت کو استعمال کرتے ہوئے

$$V_t = V_{DD} - I_{DS}R_D = 12 - 1.4464 \times 10^{-3} \times 6800 = 2.16 \text{ V}$$

حاصل ہوتا ہے۔

شکل کو دیکھتے ہوئے

$$V_D = V_{DD} - I_{DS}R_D = 12 - 1.4464 \times 10^{-3} \times 6800 = 2.16 \text{ V}$$

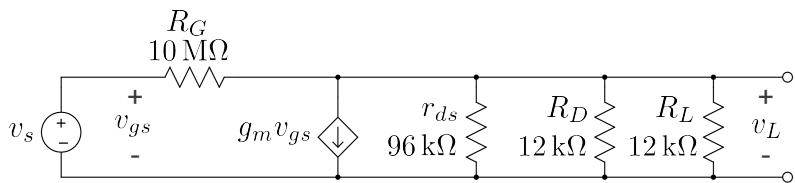
لکھا جا سکتا ہے۔ یوں

$$V_{GD} = V_G - V_D = 6 - 5.16 = 0.835 \text{ V}$$

حاصل ہوتا ہے جو  $V_t$  سے کم ہے لہذا ماسیف افزاں نہ خلے میں ہی ہے۔

مثال ۳.۱۸: شکل ۳.۳۰ میں ماسیف ایپلیناٹر کھایا گیا ہے۔ داخلی اور خارجی جبناب لامحمد و دخنی کپیٹر استعمال کئے گئے ہیں۔ داخلی مساز ہست، خارجی مساز ہست اور افزاں کش  $A_v = \frac{v_L}{v_s}$  حاصل کریں۔

حل: چونکہ گیٹ پر برقی رو ضرور ہے لہذا  $R_G$  پر صفر ولٹ کا گھٹاؤ ہو گا۔ اس طرح  $V_G = V_D$  ہوں گے، یعنی  $V_{GS} = V_{DS} = 0 \text{ V}$  ہو گا۔ لہذا  $V_{GD} < V_t$  ہے جس سے ثابت ہوتا ہے کہ ماسیف



شکل ۱۱.۳: ماسفیٹ ایکپلینافر کا مساوی باریکے اسٹار آنی دور

افزار نہ نظر میں ہے۔ یوں

$$\begin{aligned} I_{DS} &= \frac{0.2 \times 10^{-3}}{2} (V_{GS} - 2)^2 \\ &= \frac{0.2 \times 10^{-3}}{2} (V_{DS} - 2)^2 \end{aligned}$$

لکھ سکتا ہے۔ اور ہم کے فتاوں سے

$$I_{DS} = \frac{12 - V_{DS}}{R_D} = \frac{12 - V_{DS}}{12000}$$

حصہ ہوتا ہے۔ ان دو مساوات کو ملا کر حل کرنے سے

$$V_{DS} = 4.5 \text{ V}, \quad I_{DS} = 0.625 \text{ mA}$$

حصہ ہوتا ہے۔ دوسری مساوات کے دوسرے جواب کو رد کیا جاتا ہے۔  
گزینہ  $g_m$  کی قیمت

$$\begin{aligned} g_m &= k_n (V_{GS} - V_t) \\ &= 0.2 \times 10^{-3} (4.5 - 2) \\ &= 0.5 \frac{\text{mA}}{\text{V}} \end{aligned}$$

اور حنارجی مزاحمت  $r_o$  کی قیمت

$$r_o = \frac{V_A}{I_{DS}} = \frac{60}{0.625 \times 10^{-3}} = 96 \text{ k}\Omega$$

حصہ ہوتے ہیں۔ شکل ۱۱.۳ میں ان قیمتیں کو استعمال کرتے ہوئے مساوی پست تعدادی باریکے اسٹار آنی دو دکھایا گیا ہے۔  $R_G$  کے گزرتے برقی روکو نظر انداز کرتے ہوئے

$$v_L \approx -g_m v_{gs} \overbrace{(r_o \parallel R_D \parallel R_L)}^{5.647 \text{ k}\Omega} = -2.823 v_{gs}$$

حاصل ہوتا ہے۔ چونکہ  $v_s$  اور  $v_{gs}$  برابر ہیں لہذا

$$A_v = \frac{v_L}{v_s} = -2.823 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

حاصل ہوتا ہے۔ چونکہ  $R_G$  میں برقرار رہو

$$\begin{aligned} i_s &= \frac{v_s - v_L}{R_G} \\ &= \frac{v_s}{R_G} \left(1 - \frac{v_L}{v_s}\right) \\ &= \frac{v_s}{R_G} [1 - (-2.823)] \\ &= 3.823 \frac{v_s}{R_G} \end{aligned}$$

کے برابر ہے لہذا اداحتی مساز ہوتے

$$R_i = \frac{v_s}{i_s} = \frac{R_G}{3.823} = 2.6 \text{ M}\Omega$$

حاصل ہوتا ہے۔

---

مثال ۷.۱۹: شکل ۷.۳۲ میں  $k_n = 1.2 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2}$  اور  $V_t = 0.8 \text{ V}$  کو نظر راند از کرتے ہوئے  $r_0$  کی قیمت لاحمد و د تصور کریں۔

حل: یک سمت خبزی سے  $V_{GS} = 1.8 \text{ V}$ ,  $I_{DS} = 0.6 \text{ mA}$  اور  $V_{DS} = 5.38 \text{ V}$  حاصل ہوتے ہیں۔ یوں ماسنیٹ افسزائندہ خطے میں ہے۔ انہیں استعمال کرتے ہوئے

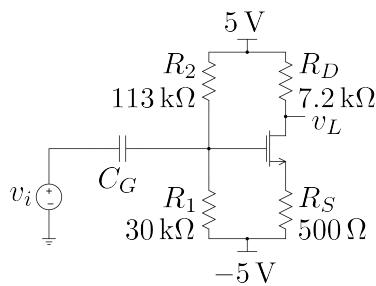
$$g_m = \sqrt{2k_n I_{DS}} = \sqrt{2 \times 1.2 \times 10^{-3} \times 0.6 \times 10^{-3}} = 1.2 \text{ mS}$$

حاصل ہوتا ہے۔ ایک پلیائز کا باریکے اشاراتی مساوی دور شکل ۷.۳۳ میں دکھایا گیا ہے جس سے

$$v_L = -g_m v_{gs} R_D = -8.64 v_{gs}$$

$$v_g = v_i$$

$$v_s = g_m v_{gs} R_S = 0.6 v_{gs}$$



شکل ۳.۳۲: مشترک-بھر بین-بھر مزاحمت

حاصل ہوتے ہیں۔ چونکہ  $v_{gs} = v_g - v_s$  ہے لہذا

$$v_{gs} = v_i - 0.6v_{gs}$$

لکھا جاتا ہے جس سے

$$v_{gs} = \frac{v_i}{1.6} = 0.625v_i$$

حاصل ہوتا ہے۔ اس قیت کو  $v_L$  کی مساوات میں پُکرتے ملتا ہے

$$v_L = -8.64 \times 0.625 \times v_i = -5.4v_i$$

لیکن

$$A_v = \frac{v_L}{v_i} = -5.4 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

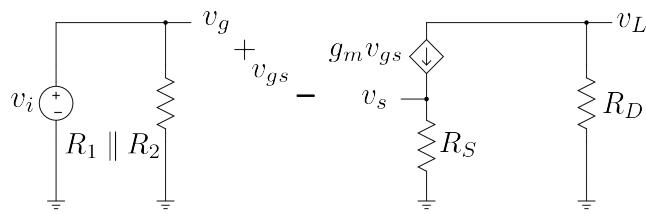
مثال ۳.۲۰: مثال ۳.۱۹ میں  $R_S$  کے متوازی لامدد قیت کا کمیٹر نسب کرتے ہوئے  $A_v$  دوبارہ حاصل کریں۔

حل: کمیٹر نسب کرنے سے نقطہ کار کر دیگر کوئی اثر نہیں پڑتا ہے  $|g_m| = 1.2 \text{ mS}$  ہے گا۔ باہریک اشاراتی مساوی دور شکل ۳.۳۲ میں دکھایا گیا ہے جس سے

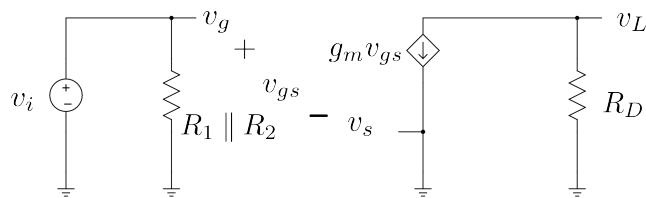
$$v_L = -g_m v_{gs} R_D = -8.64 v_{gs}$$

$$v_g = v_i$$

$$v_s = 0$$



شکل ۳.۳۲: مشترک گیٹ میکٹر بھن بھر مساز ہست کا بدیک اشاراتی مساوی دور



شکل ۳.۳۳

یعنی

$$\begin{aligned}v_{gs} &= v_i \\v_L &= -8.64v_i\end{aligned}$$

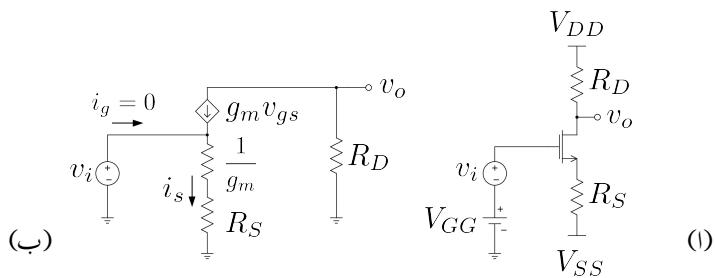
اور

$$A_v = -8.64 \frac{V}{V}$$

حاصل ہوتے ہیں۔

ان دو مثالوں سے آپ دیکھتے ہیں کہ  $R_S$  کی شمولیت سے  $A_v$  گھٹتا ہے لیکن پونکہ  $R_S$  کے استعمال سے نقطہ کار کردگی ممکن ہوتا ہے لہذا  $R_S$  کا استعمال کیا جاتا ہے۔  $R_S$  کے متوازنی لامحدود کمیٹر نسبت کرنے سے  $A_v$  پر  $R_S$  کے بڑے اثر کو حنتم کیا جاتا ہے۔

مثال ۳.۲۱: شکل ۳.۳۵ اف کے ایک پلینائز کوئی ریاضی مuwنے سے حل کریں۔



شکل ۲.۳۵

حل: شکل ب میں اسی ریاضی نمونے استعمال کرتے ہوئے اس کا باریک اشاراتی مساوی دودھ سایا گیا ہے۔  
ریاضی نمونے استعمال کرتے وقت اس حقیقت کو بروئے کارلا میں کہ گیٹ پر بر قی رو صفر رہتی ہے۔ شکل میں  $i_g = 0$  لکھ کر اس حقیقت کی یاد رہنی کرائی گئی ہے۔ داخلی جانب کر خوف کے قانون برائے بر قی دباؤ کی مدد سے ہم لکھ سکتے ہیں۔

$$i_s = \frac{v_i}{\frac{1}{g_m} + R_S}$$

چونکہ  $i_g = 0$  ہے لہذا برقی رو  $R_D$  سے بھی گزرے گی۔ اس طرح

$$v_o = - \left( \frac{v_i}{\frac{1}{g_m} + R_S} \right) R_D$$

ہو گا جس سے

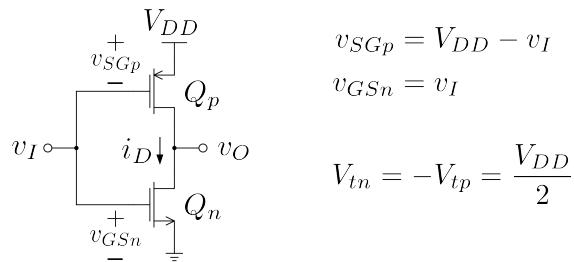
$$(2.71) \quad A_v = \frac{v_o}{v_i} = - \left( \frac{R_D}{\frac{1}{g_m} + R_S} \right)$$

حاصل ہوتا ہے۔ اس مساوات کو یوں بہتر طرز پر لکھا جاسکتا ہے

$$(2.72) \quad A_v = - \frac{\sum R_{\text{ذین}}}{\sum R_{\text{سر}}} \quad \text{جس کی صورت میں } \frac{1}{g_m} \text{ کو لکھا گیا جبکہ یہاں } R_S \text{ کو } \frac{1}{g_m} \text{ لکھیں گے۔}$$

---

صفحہ ۳۰۳ پر مساواتے کو یوں لیتے ہوئے مساواتے ۲۱۷ میں  $A_v = 1$  حاصل ہوتا ہے۔ دو جو ٹرانزستر کی صورت میں  $\frac{1}{g_m}$  کو لکھا گیا جبکہ یہاں  $R_S$  کو  $\frac{1}{g_m}$  لکھیں گے۔



شکل ۳.۳۹: نفی کار

### ۳.۱۲ سیاس نفی کار

عدوی ادوار ۳ میں نفی کار کا گلکیڈی کردار ادا کرتا ہے۔ جیسا کہ پہلے بھی ذکر کیا گیا، سیاس ٹیکنالوژی کی بہتر خصوصیات کی بناء پر مختلطف ادوار زیادہ تر انہیں کو استعمال کرتے ہوئے بنائے جاتے ہیں۔

شکل ۳.۳۶ الف میں ایک عد د MOSFET p اور ایک عد nMOSFET کو استعمال کرتے ہوئے نفی کار بنایا گیا ہے۔ عد دی اشارات صرف دو یقینتیں ۰V یعنی پست صورت یا ۵V یعنی بلند صورت اختیار کر سکتے ہیں۔ آئین ۷V I کو ان قیمتیں پر رکھتے ہوئے حنارتی اشارہ O حاصل کریں۔ شکل کو دیکھتے ہوئے

$$(3.43) \quad \begin{aligned} v_{SGp} &= V_{DD} - v_I \\ v_{GSn} &= v_I \end{aligned}$$

لکھا جا سکتا ہے۔ مزید تصور کریں کہ

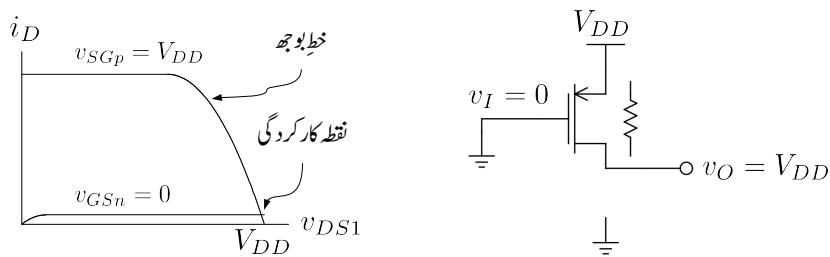
$$(3.43) \quad V_{tn} = -V_{tp} = V_t$$

کے برابر ہے۔

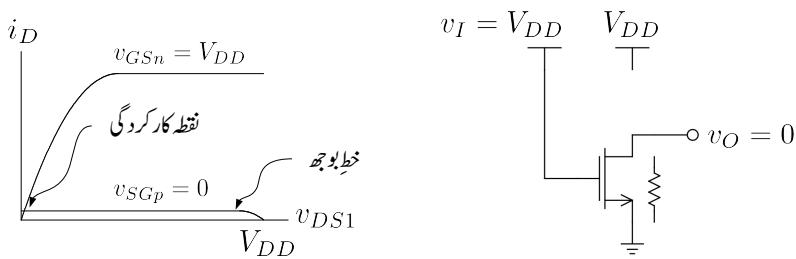
داخلی اشارہ  $v_I = 0V$  کی صورت میں مساوات ۳.۴۳ سے  $v_{GSn} = 0V$  حاصل ہوتا ہے۔ چونکہ  $V_{tn} = v_{SGp} < V_{tp}$  ہے۔ اس طرح  $Q_n$  مفتوح ہو گا اور اس کی برقرار و صفر ہو گی۔ اس کے بر عکس  $Q_p$  کے لئے مساوات ۳.۴۳ کے مطابق  $v_{SGp} = V_{DD}$  ہے۔ یہاں  $v_{SGp} > -V_{tp}$  ہے لہذا  $v_{SGp}$  چالو ہو گا۔ شکل ۳.۳۷ میں مفتوح  $Q_n$  کے خط کو بطور چپا لو  $Q_p$  کے خط کو بطور خط بو جو جد دکھایا گیا ہے۔  $Q_p$  کے خط کا عسدوی محور میں عس لینے کے بعد اس عس کو اپنی محور پر دائیں  $V_{DD}$  اکیاں منتقل کرنے سے خط بو جو ۳.۴۹ حاصل ہوتا ہے۔  $Q_n$  کے خط کو اپنی محور سے منتدر اور کر کے دکھایا گیا ہے تاکہ یہ محور سے علیحدہ نظر آئے۔ ان دونوں خطوں سے حاصل نقطہ کار کر دگی کے مطابق  $V_{DSQ} \approx V_{DD}$  کے برابر ہے۔ اس طرح  $v_O = v_I = V_{DD}$  کی صورت میں حاصل ہوتا ہے۔

---

شکل ۳.۱۲ کے شروع میں ٹرانزسٹر خط بو جو بچھتا دکھایا گیا۔ اس طریقے پر ایک مرتب دوبارہ نظر رکھیں۔



شکل ۷.۳۷: داخلي اشاره پست ہونے کي صورت میں خارجي اشاره بلند حاصل ہوتا ہے۔



شکل ۷.۳۸: داخلي اشاره بلند ہونے کي صورت میں خارجي اشاره پست حاصل ہوتا ہے۔

یہی جواب خطوط کھینچے بغیر یوں حاصل کیا جاتا ہے۔ منقطع  $Q_n$  کو کھلے دور جبکہ  $Q_p$  کو بطور مزاحمت تصور کریں۔ ایسا کرنے سے شکل ۷.۳۷ میں دکھایا در حاصل ہوتا ہے جس کو دیکھ کر  $v_O = V_{DD}$  لکھا جاتا ہے۔ داخلي اشاره پست میں مساوات  $v_{GSn} = V_{DD}$  کی صورت میں مساوات  $v_{SGp} = 0$  ہوتا ہے لہذا  $v_I = V_{DD}$  ہے۔ اس طرح  $Q_n$  کا  $Q_p$  کے مساوات کے مطابق  $v_{GSn} > V_{tn}$  ہے۔ یہاں  $v_{SGp} = 0$  ہے لہذا  $v_{SGp} < -V_{tp}$  ہے لہذا  $v_{SGp} = 0$  ہے۔ خط بوچ کو فتحی خورے فتدراپ کر کے دکھایا گیا ہے تاکہ یہ خورے عیجہ پر منقطع  $Q_p$  کے خط کو بطور خط بوچ دکھایا گیا ہے۔ خط بوچ کو فتحی خورے فتدراپ کر کے دکھایا گیا ہے تاکہ یہ خورے عیجہ نظر آئے۔ ان دو خطوں سے حاصل نقطہ کارکردگی کے مطابق  $0 \approx v_{DSQ}$  کے برابر ہے۔ اس طرح  $v_I = V_{DD}$  کی صورت میں  $v_O = 0$  ہاصل ہوتا ہے۔

یہی جواب خطوط کھینچے بغیر یوں حاصل کیا جاتا ہے۔  $Q_p$  کو مزاحمت جبکہ منقطع  $Q_n$  کو کھلے دور تصور کریں۔ ایسا کرنے سے شکل ۷.۳۸ میں دکھایا در حاصل ہوتا ہے جس کو دیکھ کر  $v_O = V_{DD}$  لکھا جاتا ہے۔  $v_I = 0$  کی صورت میں  $v_{DS} = V_{DD}$  ہے جبکہ  $i_D \approx 0$  کے برابر حاصل ہوتا ہے لہذا  $v_{DS} = V_{SD}$  میں برقرار رکھنے والی نظر انداز ہو گا۔ چونکہ اس صورت میں  $0 \approx V_{SD}$  ہے لہذا  $Q_p$  میں طاقت کا ضیاء عادت ہے۔ اس سے بھی کم ہو گا۔  $v_I = V_{DD}$  کی صورت میں  $Q_p$  اور  $Q_n$  کے کردار آپس میں تبدیل ہو جاتے ہیں لہذا طاقت کا ضیاء عادت ہے۔ حقیقت میں ماسفیٹ سے بنائے گئے کار میں کل طاقت کا

ضیاء ایک مائیکرووائٹ سے بھی کم ہوتا ہے۔ آئین شکل ۲.۳۶ میں دئے گئی کارکارا  $v_O$  بال مقابل  $v_I$  خط حاصل کریں۔ ایسا کرنے کی حراطر  $V_I$  کو بتدریج ۰V سے تبدیل کرتے ہوئے  $v_O$  حاصل کیا جائے گا۔ پہلے دونوں ماسفیٹ کے برقی رو بال مقابل برقی دباد مساوات لکھتے ہیں۔

شکل کے کے لئے  $Q_n = v_{DS}$  اور  $v_{GS} = v_I$  کما جاتا ہے۔ یہ مساوات ۲.۲۳ اور مساوات ۲.۲۴ کو یوں لکھا جاتا ہے۔

$$(2.25) \quad i_{DS} = k_n \left[ (v_I - V_{tn}) v_O - \frac{v_O^2}{2} \right] \quad \text{جب } v_O \leq v_I - V_{tn}$$

اسی طرح مساوات ۲.۲۸ اور مساوات ۲.۲۹ کو

$$(2.26) \quad i_{DS} = \frac{k_n}{2} [v_I - V_{tn}]^2 \quad \text{جب } v_O \geq v_I - V_{tn}$$

لکھا جاتا ہے۔ اسی طرح  $Q_p$  کے لئے مساوات ۲.۳۶ کو

$$(2.27) \quad i_{SD} = k_p \left[ (V_{DD} - v_I + V_{tp}) (V_{DD} - v_O) - \frac{(V_{DD} - v_O)^2}{2} \right] \quad \text{جب } v_O \geq v_I - V_{tp}$$

اور مساوات ۲.۳۸ کو

$$(2.28) \quad i_{SD} = \frac{k_p}{2} [V_{DD} - v_I + V_{tp}]^2 \quad \text{جب } v_O \leq v_I - V_{tp}$$

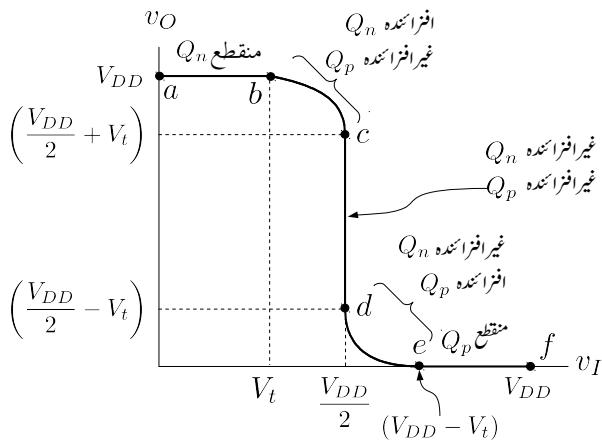
لکھا جاتا ہے۔ ٹنگی کارکو عسمومایوں تخلیق دیا جاتا ہے کہ

$$(2.29) \quad V_{tn} = |V_{tp}| = V_t$$

$$(2.30) \quad k_n = k_p$$

ہوں۔ اس طرح  $v_O$  بال مقابل  $v_I$  کا خط میثاکل تناسب رکھتا ہے اور حرارتی سرے پر  $v_O$  کی پست اور بلند دونوں صور توں میں ٹنگی کارکیں برقی رو کی صلاحیت رکھتا ہے۔ مندرجہ بلاچار مساوات سے شکل ۲.۳۹ میں دکھایا گیا خط حاصل ہوتا ہے۔ عمدی ادوار کے نقطے نظر سے غالب اس خط سے زیادہ اہم کوئی خط نہیں پایا جاتا لہذا اس کو اچھی طرح سمجھ کر ہی آگے بڑھیں۔ آئین اس پر خط منزید غور کریں۔

شکل ۲.۳۹ پر اہم نقطے دکھائے گئے ہیں۔ تصور کریں کہ  $V_{tn} = 1V$  اور  $V_t = 1V$  ہیں۔ اس طرح  $V_{DD} = 5V$  اور  $V_{tp} = -1V$  ہوں گے۔ شکل میں  $a$  اور  $b$  خطے پر غور کریں۔ یہاں  $v_I$  کی قیمت  $v_{GS} = Q_n$  ہے۔ چونکہ  $Q_n = Q_p$  کی مفقط ہے۔ اس کے بر عکس  $v_{SG} = V_{DD} - v_I$  ہے اور  $v_{SG} < V_{tn}$  ہے۔ یہاں  $v_{GS} = V_{DD} - v_I - v_{SG}$  ہے اور  $v_{SG} > -V_{tp}$  ہے اور  $-V_{tp} = 1V$  ہے لہذا  $v_{GS} < 1V$  ہے۔ چونکہ  $4V < 5V$  ہے اس طرح  $v_{GS} > -V_{tp}$  ہے اور اس طرح  $v_{SG} < -V_{tp}$  ہے۔



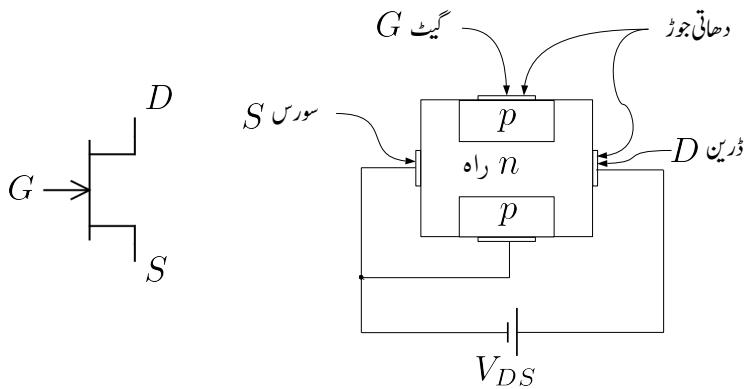
شکل ۲.۳۹: منفی کارکرد

اس طرح  $Q_p$  پا لو ہے۔ مزید  $V = 5\text{V}$  سے لہذا اسی ماسفیٹ کے  $v_{GD}$  کی قیمت  $5\text{V} - 4\text{V} = 1\text{V}$  رہے گی جو  $V_{tp}$  سے کم ہے لہذا  $Q_p$  غیر افزاں ہے ہو گا۔

شکل ۲.۳۹ سے  $v_I$  اور  $v_O$  کی قیمتیں پڑھتے ہوئے تسلی کر لیں کہ  $b$  سے  $c$  تک منفی ماسفیٹ افزاں ہے جبکہ مثبت ماسفیٹ غیر افزاں ہے۔ بسا یا نقطوں کے درمیان بھی صورت حال دیکھیں۔

### ۲.۱۳ جوڑدارفیٹ (JFET)

جوڑدارفیٹ کے دو اقسام یعنی  $n$  اور  $p$  پائے جاتے ہیں۔ شکل ۲.۳۰ میں  $n$  قسم کے جوڑدارفیٹ یعنی ( $n$ JFET) کی ساخت اور عمل اسے دکھائے گے ہیں۔ منفی جوڑدارفیٹ بنانے کی خاطر  $n$  قسم سیلان گلکرے کے دونوں اطراف  $p$  قسم کے خط بنائے جاتے ہیں جنہیں گیٹ ہے۔ ان دونوں خطوں کو یہ ورنی دھاتی تار سے جوڑ کر بطور گیٹ (G) استعمال کیا جاتا ہے۔ شکل میں اس بیرونی دھاتی تار کو نہیں دکھایا گیا ہے۔ دونوں گیٹوں کے درمیان راہ میں آزاد اسیکٹران پائے جاتے ہیں۔ اس راہ پر بیرونی برقی دباؤ  $v_{DS}$  لاگو کرنے سے راہ میں موجود آزاد اسیکٹران منفی برقی دباؤ والے سے مثبت برقی دباؤ والے سے کی جانب حرکت کریں گے جس سے برقی را  $i_{DS}$  پیدا ہو گی۔ یوں منفی برقی دباؤ والے سے کی جانب حرکت کریں گے جس سے برقی را  $i_{DS}$  پیدا ہو گی۔ یوں سروں کو سورس  $S$  اور ڈرین  $D$  کے نام دئے گے ہیں۔ روایتی برقی روا اسیکٹران کے حرکت کی الٹ سمت ہوتی ہے۔ یوں  $n$  میں روایتی برقی را کی سمت راہ میں ڈرین سے سورس کی جانب ہو گی۔ اگرچہ راہ میں برقی را دو نوں جانب بالکل یکساں طور ممکن ہے اور یوں اس کے سروں کو  $S$  اور  $D$  کے نام دینا شاید درست نہ لگے ہم پھر بھی



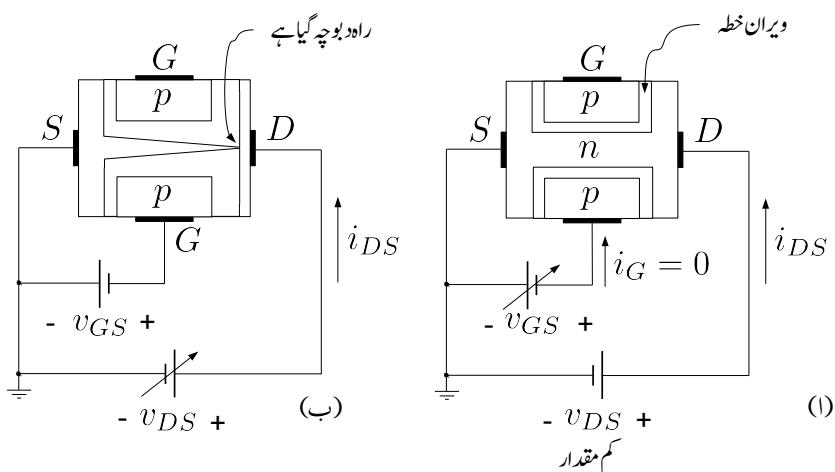
### شکل ۳۰: جوڑدار منفی فیٹ کی ساخت

اس راہ کے ایک سرے کو سورس (S) جبکہ دوسرے سرے کوڈرین (D) پکاریں گے۔ بیرونی برقی باو کا بثتے سرا (nJFET) کے  $D$  کی جانب رکھا جائے گا۔ nJFET میں راہ  $n$  قائم کے نئے موصل سے حاصل ہوتا ہے اور اس کے نام میں  $n$  ایک کو ظاہر کرتا ہے۔

آئیں شکل ۳.۲ کی مدد سے nJFET کی کارکردگی پر غور کریں۔ رہا اور گیٹ آپس میں pn جوڑ یعنی ڈائیوڈ بناتے ہیں۔ nJFET کی علامت میں گیٹ پر تیر کا نشان اس ڈائیوڈ کے سیدھے رنگ کو دکھاتا ہے۔ اس جوڑ پر بالکل ڈائیوڈ کی طرح ویران خط وجود میں آتا ہے اور جیسا کہ آپ جانتے ہیں، اس ویران خط کی چوڑائی کا درمداد اس جوڑ پر بارے جانے والے برقی دباؤ پر ہے۔ شکل انفے میں سورس S کو برقی زمین پر رکھتے ہوئے گیٹ G پر منی برقی دباؤ لوگوں کیا گیا ہے۔ گیٹ پر لاگو منی برقی دباؤ کو جتنا زیادہ منی کیا جائے یہان خطا اتنا ہی زیادہ چوڑا ہو گا اور n رہا کی چوڑائی اتنی ہی کم ہوگی۔  $V_{GS}$  کو اگر بدتر رجح منی جیسا جانب بڑھتے تو ویران خط بڑھتے آخوند کارست  $n$  رہ کو ٹھیک کر لے گا۔ جس  $V_{GS}$  پر ایسا ہو، اس کو nJFET کے دبوچے کا برقی دباؤ کہتے ہیں اور رواۃ طور سے  $V_p$  سے ظاہر کیا جاتا ہے۔ یوں  $V_p$  کے nJFET کی قیمت منی ہوگی۔ اس سے معلوم یہ ہوا کہ رہا کی گھرائی کو گیٹ پر برقی دباؤ سے فتاوی کیا جاسکتا ہے۔ مزید یہ کہ گیٹ اور رہا pn جوڑ ہوتا ہے۔ اگر گیٹ اور رہا کے درمیان مثبت برقی دباؤ دی جائے تو رہا کی گھرائی مزید نہیں بڑھ سکتی بلکہ گیٹ اور رہا کے مابین pn جوڑ سیدھا مائل ہو جائے گا اور اس میں برقی روگزرنے شروع ہو جائے گی۔ یوں آپ دیکھ سکتے ہیں کہ nJFET میں گیٹ اور رہا کے درمیان برقی دباؤ کو pn جوڑ کے چپا لے برقی دباؤ 0.5 V سے کم ہی رکھ سکتا ہے۔

$D$  اور  $S$  کے مابین راہ بالکل ایک موصل سالخ کی مانند مسازہت کا کردار ادا کرے گا یہاں اگر راہ کی لمبائی  $L$ ، گہرائی  $g$ ، چوڑائی  $W$  اور اس کے موصیلیت کا مستقل  $\sigma$  ہو تو اس کا مسازہت  $R = \frac{L}{\sigma W g}$  ہو گا۔

اب تصور کریں کہ ڈرین  $D$  پر معمولی مشتبہ برقی دباؤ  $v_{DS}$  لاگو کیا جاتا ہے۔  $n$  راہ میں برقی رو  $i_{DS}$  گزرنے کی جس کی قیمت اور ہم کے فتنوں سے حاصل کی جاتی ہے۔  $v_{DS}$  کو کم یا زیادہ کرتے ہوئے  $i_{DS}$  کو کم یا زیادہ کرنا ممکن ہے۔ کم  $v_{DS}$  پر، کسی بھی مزاجحت کی طرح، برقی دباؤ بالمقابل برقی رو کا خط تقریباً سیدھا ہو گا۔ اب تصور کریں کہ  $v_{GS}$  کو



شکل ۳.۳۱: جوڑدار مفہیم فیٹ کی کارکردگی

تبديل کئے بغیر  $v_{DS}$  کو بڑھایا جائے۔ یون  $n$  راہ کے سورس سرے پر  $0V$  جبکہ اس کے ڈرین سرے پر  $v_{DS}$  برقی دباوی جائے گی۔ جیسا شکل ب میں دکھایا گیا ہے، یون سورس سرے کے متريب  $pn$  جوڑ پر ویران خطے کی چوڑائی کم جبکہ ڈرین سرے کے متريب ویران خطے کی چوڑائی زیادہ ہو گی۔ ان دونوں کے درمیان ویران خطے کی چوڑائی ترچھی شکل اختیار کرے گی۔ اس ترچھا پن کی وجہ سے  $n$  راہ کی مسازامت بڑھے گی جس سے راہ کا مسازامت بھی بڑھے گا۔ یون اگر چہ کم  $v_{DS} - i_{DS}$  پر  $i_{DS}$  کا خط سیدھا ہو گا لیکن جیسے جیسے  $v_{DS}$  بڑھایا جائے، راہ کا مسازامت ایسے ایسے بڑھے گا اور یون  $i_{DS} - v_{DS}$  کے خط میں جھکاوپیدا ہو گا۔ اگر  $v_{DS}$  کو بتدریج بڑھایا جائے تو آہنر کار ڈرین سرے کی جانب ویران خطے بڑھتے بڑھتے راہ کو بدوچ جائے گا۔ شکل ب میں ایسا ہوتے دھایا گیا ہے۔  $v_{DS}$  کو مزید بڑھانے سے برقی رو میں تبدلی نہیں پیدا ہوتی اور اس کی قیمت نقطہ دبوچ پر پارے جاتے والے برقی رو کے قیمت پر ہی رہتی ہے۔

مندرجہ بالاتر کے نتائج کے ظاہر ہے کہ JFET بالکل گھٹانا مافیٹ کی مانند کام کرتا ہے۔ البتہ جہاں مافیٹ کے گیٹ پر ثابت یا مفہیم برقی دباو دینا ممکن ہے، nJFET کے گیٹ پر صرف مفہیم برقی دباو ہی دینا ممکن ہے۔ اگر اس کے گیٹ پر ثابت برقی دباو دی جائے تو گیٹ اور راہ کے مابین  $pn$  جوڑ یعنی یہاں کا ڈیاٹو سیدھا مائل ہو جائے گا اور گیٹ کو قتا بول کرنے کی صلاحیت کھو دے گا۔ چونکہ JFET کے گیٹ پر ڈیاٹو کو اسٹا مائل رکھا جاتا ہے لہذا اس کے گیٹ پر نہیاں کم (الٹے مائل ڈیاٹو کے برابر) برقی رو پائی جاتی ہے جسے عموماً صفت ایمپیٹر تصور کیا جاتا ہے۔ یہ برقی رو اگر چہ نہیاں کم ہے لیکن مافیٹ کے گیٹ پر اس سے بھی کئی گستاخ برقی رو پائی جاتی ہے۔

## ۳.۱۳.۱ برقی رومال مقابل برقی دباؤ

چونکہ JFET کی کارکردگی بالکل گھناتاما سفیٹ کی مانند ہے لہذا گھناتاما سفیٹ کے مساواتی JFET کے لئے بھی استعمال کے حبائیں گے۔ البتہ ادب میں JFET کے مساوات کو متعدد طریقے سے لکھا جاتا ہے۔ آئین nJFET کے مساوات دیکھیں۔

## ۳.۱۳.۱.۱ منقطع خط

جیسا کہ اوپر ذکر کیا گیا، اگر  $v_{GS}$  کو  $V_p$  سے کم کیا جائے تو ویران خط تمام راہ کو گھیر لیتا ہے اور برقی روکا گز مر مسکن نہیں ہوتا۔

$$(3.81) \quad v_{GS} \leq V_p \quad i_D = 0$$

## ۳.۱۳.۱.۲ غیر امنزانتہ خط

غیر امنزانتہ خط میں  $pn$  جوڑ کو الٹامائیں رکھتے ہوئے  $v_{GS}$  کو  $V_p$  سے زیاد رکھا جاتا ہے۔ مزید یہ کہ  $v_{DS}$  کو نقطہ دبوچ سے کم رکھا جاتا ہے۔ اس خطے میں سفیٹ کی مساوات کو JFET کے لئے یہاں لکھتے ہیں۔ ایسا کرتے ہوئے  $V_t$  کی جگہ  $V_p$  لکھا جائے گا۔

$$\begin{aligned} i_{DS} &= k_n \left[ (v_{GS} - V_p)v_{DS} - \frac{v_{DS}^2}{2} \right] \\ &= \frac{k_n V_p^2}{2} \left[ 2 \left( \frac{v_{GS}}{V_p} - 1 \right) \frac{v_{DS}}{V_p} - \left( \frac{v_{DS}}{V_p} \right)^2 \right] \end{aligned}$$

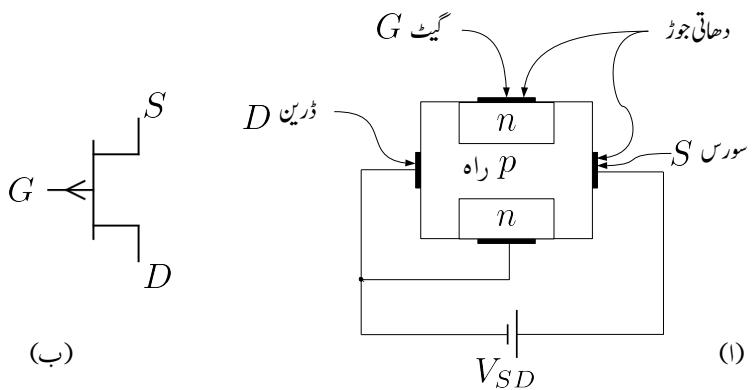
اس مساوات میں  $I_{DSS}$  کو  $\frac{k_n V_p^2}{2}$  کے لئے JFET کے لکھا جاتا ہے۔ یہ

$$(3.82) \quad \begin{aligned} V_p &\leq v_{GS} \leq 0, & v_{DS} &\leq v_{GS} - V_p \\ i_{DS} &= I_{DSS} \left[ 2 \left( \frac{v_{GS}}{V_p} - 1 \right) \frac{v_{DS}}{V_p} - \left( \frac{v_{DS}}{V_p} \right)^2 \right] \end{aligned}$$

## ۳.۱۳.۱.۳ امنزانتہ خط

سفیٹ کی مساوات کو یہ لکھا جاتا ہے۔

$$(3.83) \quad \begin{aligned} V_p &\leq v_{GS} \leq 0, & v_{DS} &\geq v_{GS} - V_p \\ i_{DS} &= I_{DSS} \left( 1 - \frac{v_{GS}}{V_p} \right)^2 \left( 1 + \frac{v_{DS}}{V_A} \right) \end{aligned}$$



شکل ۳.۳۲: جوڑدار مثبت فیٹ کی ساخت

جہاں ارلی برقی دباؤ  $V_A$  کے اثر کو بھی شامل کی گیا ہے۔ ارلی برقی دباؤ کے اثر کو نظر انداز کرتے ہوئے،  $v_{GS} = 0$  پر اس مساوات سے  $i_{DS} = I_{DSS}$  حاصل ہوتا ہے لہذا  $I_{DSS}$  وہ برقی روہے جو گیٹ کو سورس کے ساتھ جوڑنے سے حاصل ہوتی ہے۔ مندرجہ بالامساوات میں  $(v_{GS} - v_{DS} \geq v_{GS} - V_p)$  کو  $(v_{DS} \geq v_{GS} - V_p)$  کو سمجھا جاتا ہے۔

## ۳.۳۲.۲ pJFET

جیسا شکل ۳.۳۲ اف میں دکھایا گیا ہے، مثبت جوڑدار فیٹ بنانے کی حناظر p قم سیکان گھوے کے دونوں اطراف n گیٹ بنائے جاتے ہیں۔ ان دو خطوں کو بیرونی دھانی تار سے جوڑ کر بطور گیٹ (G) استعمال کیا جاتا ہے۔ دو گیٹوں کے درمیان راہ میں آزاد حنلوپائے جاتے ہیں۔ اس راہ پر بیرونی برقی دباؤ  $v_{SD}$  لاگو کرنے سے راہ میں موجود آزاد حنلوپیت برقی دباؤ والے سرے سے منفی برقی دباؤ والے سرے کی جانب حرکت کریں گے جس سے برقی روہ  $i_{SD}$  پیدا ہوگی۔ یوں مثبت برقی دباؤ والے سرے سے خارج حنلو، منفی برقی دباؤ والے سرے پر حاصل ہوتے ہیں۔ اسی سے ان دو سروں کو سورس S اور ڈرین D کے نام دئے گئے ہیں۔ یوں (p) pJFET میں راویتی برقی روکی سمت راہ میں سورس سے ڈرین کی جانب ہوگی۔ بیرونی برقی دباؤ کا مثبت سر (pJFET) کے S کی جانب رکھا جائے گا۔ میں راہ p قم کے نیم موصل سے حاصل ہوتا ہے اور اس کے نام میں p اسی کو ظاہر کرتا ہے۔ جیسا شکل ۳.۳۲ ب میں دکھایا گیا ہے، pJFET کی علامت میں گیٹ پر تیسرا نام راہ سے گیٹ کی جانب کو ہوتا ہے۔ pJFET کی صبح کارکردگی کے لئے ضروری ہے کہ گیٹ اور راہ پر بنند والے pn جوڑ کو غیر حپا اور کھا جائے یعنی اس جوڑ پر ڈالیوں کے سیدھے رخ ۰.۵ V سے برقی دباؤ کو کم رکھا جائے۔

## ۳.۱۳.۳ باریکے اشاراتی ریاضی نمونہ

چونکہ JFET اور MOSFET کی کارکردگی یہاں ہے لہذا ان کے پست تعدادی اور بلند تعدادی پائے ریاضی نمونے کھی یہاں  
بین۔ یہاں

$$(3.83) \quad g_m = \left( \frac{-2I_{DSS}}{V_p} \right) \left( 1 - \frac{V_{GS}}{V_p} \right)$$

$$(3.84) \quad = \left( \frac{-2I_{DSS}}{V_p} \right) \sqrt{\frac{I_D}{I_{DSS}}}$$

کے برابر ہے جہاں  $I_D$  نقطہ مائل پر یکے سمت بر قی رو ہے۔ اسی طرح

$$(3.85) \quad r_o = \frac{V_A}{I_D}$$

کے برابر ہے۔

مثال ۳.۲۲: یکے سمت بر قی رو  $I_{DSS} = 8 \text{ mA}$  اور  $V_p = -3 \text{ V}$  کے nJFET میں۔ اس کی بر قی رو  $v_{GS} = -1.5 \text{ V}$  اور  $v_{DS} = 3.5 \text{ V}$  پر حاصل کریں۔ اسی بر قی دباؤ کے اثر کو نظر انداز کریں۔  
حل: چونکہ  $v_{GS} - V_p$  کی قیمت

$$(-1.5 \text{ V}) - (-3 \text{ V}) = 1.5 \text{ V}$$

دئے گئے  $v_{DS}$  کے قیمت سے کم ہے لہذا مساوات ۳.۸۳ کے پہلے جزو کے تحت فیٹ افزاں نہ خطے میں ہے  
اور یوں اسی مساوات کے دوسرے جزو کے تحت

$$i_{DS} = 8 \times 10^{-3} \left[ 1 - \left( \frac{-1.5}{-3} \right) \right]^2 = 2 \text{ mA}$$

حاصل ہوتا ہے۔

مثال ۳.۲۳: مندرجہ بالا مثال میں  $v_{GS}$  کو بڑھا کر  $-1.4 \text{ V}$  کر دیا جاتا ہے۔  $i_{DS}$  میں تبدیلی حاصل کرتے ہوئے  $\frac{\Delta i_{DS}}{\Delta v_{GS}}$  حاصل کریں۔ مساوات ۳.۸۳ سے  $g_m$  کی قیمت حاصل کرتے ہوئے دونوں جوابات کا موازنے کریں۔

$$\text{حل: اب بھی } (v_{DS} \geq v_{GS} - V_p) \text{ ہے لہذا}$$

$$i_{DS} = 8 \times 10^{-3} \left[ 1 - \left( \frac{-1.4}{-3} \right) \right]^2 = 2.2756 \text{ mA}$$

حاصل ہوتا ہے جس سے

$$\frac{\Delta i_{DS}}{\Delta v_{GS}} = \frac{2.2756 \text{ mA} - 2 \text{ mA}}{(-1.4) - (-1.5)} = 2.756 \frac{\text{mA}}{\text{V}}$$

حاصل ہوتا ہے۔ مساوات ۲.۸۳ کے تحت

$$g_m = \left( \frac{-2 \times 8 \text{ mA}}{-3} \right) \sqrt{\frac{2 \text{ mA}}{8 \text{ mA}}} = 2.6667 \text{ mA}$$

حاصل ہوتا ہے۔ ان دونوں جوابات میں صرف

$$\left( \frac{2.756 - 2.6667}{2.6667} \right) \times 100 = 3.34 \%$$

کافی نہ ہے۔  $v_{GS}$  میں تبدیلی کو کم سے کم کرتے ہوئے زیادہ درست جواب حاصل ہوتا ہے۔

---

مثال ۲.۲۴: اری برقی دباؤ  $V_A$  کی قیمت ۷۵ V لیتے ہوئے حرارتی مزاحمت  $r_o$  کا تخمینہ ۱ mA اور ۱۰ mA پر لائیں۔ ایسا کرتے ہوئے تصور کریں کہ فیٹ افسزاں نہ خلط میں ہے۔  
حل: ایک ملی اینپیکر پر

$$r_o = \frac{75}{0.001} = 75 \text{ k}\Omega$$

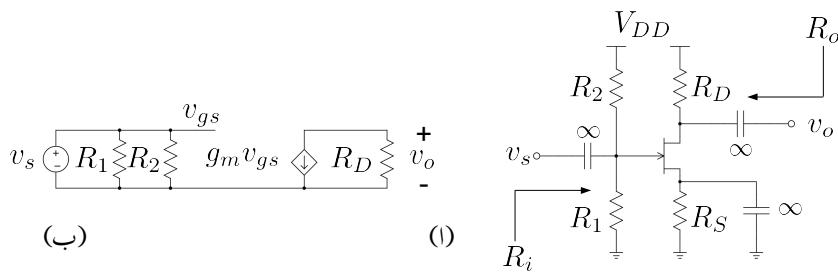
اور دس ملی اینپیکر پر

$$r_o = \frac{75}{0.01} = 7.5 \text{ k}\Omega$$

حاصل ہوتا ہے۔

---

مثال ۲.۲۵: شکل ۲.۲۳ میں منقی جوڑدارفیٹ کا ایپلینائزر دکھلایا گیا ہے جس میں استعمال ہونے والے فیٹ کی  $V_G = 4 \text{ V}$ ,  $I_{DS} = 5 \text{ mA}$ ,  $V_p = -3 \text{ V}$ ,  $V_D = 9 \text{ V}$  حاصل کرنے کی حد اطسدر کار مزاحمت معلوم کریں۔ ایسا کرتے وقت گیٹ پر نسب مزاحمت میں  $10 \mu\text{A}$  کی برقی رو تصور کریں۔ تمام کپیٹروں کی قیمت لامحدود تصور کرتے ہوئے ایپلینائزر کی افسزاں حاصل کریں۔ ایپلینائزر کی داخلی مزاحمت  $i_R$  اور حرارتی مزاحمت  $R_o$  بھی حاصل کریں۔



شکل ۲.۳۳: جوڑدار منقی فیٹ کی مثال

حسل: گیٹ کے مزاحمت میں  $10 \mu\text{A}$  برقیوں

$$\frac{V_{DD}}{R_1 + R_2} = 10 \mu\text{A}$$

$$R_1 + R_2 = \frac{15}{10 \times 10^{-6}} = 1.5 \text{ M}\Omega$$

حصل ہوتا ہے۔ گیٹ پر 4V حصل کرنے کی حاطر

$$V_G = \left( \frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) V_{DD}$$

$$4 = \left( \frac{R_1}{1.5 \times 10^6} \right) \times 15$$

$$R_1 = 400 \text{ k}\Omega$$

حصل ہوتا ہے۔ یوں

$$R_2 = 1.5 \text{ M}\Omega - 400 \text{ k}\Omega = 1.1 \text{ M}\Omega$$

حصل ہوتا ہے۔  $V_D = 9 \text{ V}$  کی حاطر

$$V_{DD} - V_D = I_{DS} R_D$$

$$R_D = \frac{15 - 9}{5 \times 10^{-3}} = 1.2 \text{ k}\Omega$$

حصل ہوتا ہے۔  
چونکہ  $(V_G - V_D) = 4 \text{ V} - 9 \text{ V} = -5 \text{ V}$  (کم ہے لہذا افیٹ انساندہ نظر میں)

بے۔ یوں مساوات ۲.۸۳ کے تحت

$$5 \times 10^{-3} = 8 \times 10^{-3} \left( 1 - \frac{V_{GS}}{-3} \right)^2$$

$$V_{GS} = -0.628 \text{ V}, -5.37 \text{ V}$$

حاصل ہوتا ہے۔ مقجواب کو رد کرتے ہوئے

$$V_{GS} = V_G - V_S = -0.628 \text{ V}$$

$$V_S = 4.628 \text{ V}$$

حاصل ہوتا ہے۔ جس سے

$$V_S = I_{DS} R_S$$

$$R_S = \frac{4.628}{5 \times 10^{-3}} = 925.6 \Omega$$

حاصل ہوتا ہے۔  
شکل ب میں مساوی باریک اشاراتی دو رکھا یا گیا ہے جس سے

$$R_i = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = 293 \text{ k}\Omega$$

$$R_o = R_D = 1.2 \text{ k}\Omega$$

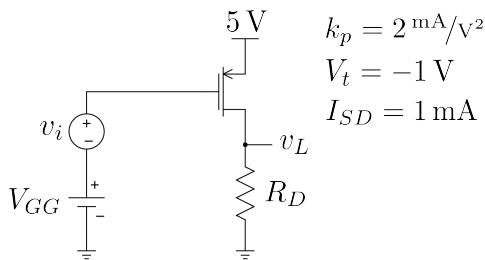
حاصل ہوتے ہیں۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ  $R_i$  کا دارو مدار گیٹ پر نسب مسازتوں پر ہے۔ یوں دھنی مزاحمت بڑھانے کی خاطر ان مسازتوں کو زیادہ سے زیادہ رکھا جاتا ہے جس کا مطلب ہے کہ ان میں گزرتے یک سست روکوم کے کم رکھا جاتا ہے۔ اس مثال میں اس برتنی روکو  $A = 10 \mu\text{A}$  رکھا گیا ہے۔  
مساوات ۲.۸۳ کی مدد سے

$$g_m = \frac{-2 \times 8 \times 10^{-3}}{-3} \sqrt{\frac{5 \times 10^3}{8 \times 10^{-3}}} = 4.216 \frac{\text{mA}}{\text{V}}$$

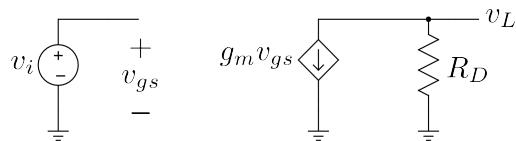
اور یوں

$$A_v = \frac{v_o}{v_s} = -g_m R_D = -4.216 \times 10^{-3} \times 1.2 \times 10^3 = -5.059 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

حاصل ہوتا ہے۔



شکل ۲.۲۴



شکل ۲.۲۵

مثال ۲.۲۶: شکل ۲.۲۴ میں  $v_i, V_{GG}, R_D$  اور  $I_{SD} = 1 \text{ mA}$  اور  $v_L = 2 + 0.56 \sin \omega t$  حاصل کرتے ہوئے  $A_v = \frac{v_L}{v_i}$  حاصل کریں۔  
حل: یک سمت میں  $v_L = 2 \text{ V}$  ہے لہذا

$$R_D = \frac{2}{1 \times 10^{-3}} = 2 \text{ k}\Omega$$

ہے۔ ماسنیٹ کو افسزائندہ تصور کرتے ہوئے ماسنیٹ کی مساوات سے

$$10^{-3} = \frac{2 \times 10^{-3}}{2} (V_{SG} - 1)^2$$

کی تیت ۰ V اور ۲ V حاصل ہوتے ہیں۔  $V_t = -1 \text{ V}$  ہے لہذا  $V_{SG} < 0 \text{ V}$  اور  $V_{SG} > -V_t$  کی شرط سے جواب تسلیم کیا جاتا ہے۔ یوں

$$\begin{aligned} V_{SG} &= V_S - V_G \\ 2 &= 5 - V_G \end{aligned}$$

شاوی دو رکھا یا گیا ہے۔ شکل ۲.۲۵ میں باریک اشارتی مساوی اسکے میں ہے۔

دیکھ کر  $v_L = -g_m v_{gs} R_D$  لکھا جا سکتا ہے جبکہ

$$g_m = \sqrt{2k_p I_{SD}} = \sqrt{2 \times 2 \times 10^{-3} \times 10^{-3}} = 2 \text{ mS}$$

$$v_{gs} = v_i$$

کے برابر ہیں۔  $v_L$  میں بدلتہ حصہ  $0.56 \sin \omega t$  ہے جسے استعمال کرتے ہوئے

$$0.56 \sin \omega t = -2 \times 10^{-3} v_i \times 2000$$

$$A_v = -4 \frac{V}{V} \text{ اور } v_i = -0.14 \sin \omega t \text{ ہے جسے حاصل ہوتے ہیں۔}$$


---

### ۳.۱۲ مخلوط ادوار میں ماسفیٹ کا نقطہ کارکردگی تعین کرنے کے ادوار

شکل ۳.۲۳ اور ۳.۲۲ میں مزاحمت استعمال کرتے ہوئے انفرادی ماسفیٹ کا نقطہ کارکردگی تعین کیا گی۔ مخلوط ادوار میں ماسفیٹ مزاحمت استعمال کرتے ہوئے تعین نہیں کیا جاتا۔ مخلوط دور بنتے وقت سیلان پتیری کے کم سے کم رقبے پر زیادہ سے زیادہ پر زے بنائے جاتے ہیں۔ یوں مخلوط دور میں ان پر زوں کو ترجیح دی جاتی ہے جو کم سے کم رقبے گھیر دیں۔ ماسفیٹ کی نسبت سے مزاحمت زیادہ رقبہ گھیرتا ہے لہذا مزاحمت کے استعمال سے پچھے کی ہر ممکن کوشش کی جاتی ہے۔ سزید یہ کہ سیلان پر بالکل درست قیمت کامزاحمت بنانے کی خاطر اضافی گراں قیمت اوتدام کرنے پڑتے ہیں جبکہ در کارخویوں کاماسفیٹ آسانی سے بتاتا ہے۔ اس کے علاوہ انفرادی ماسفیٹ ایپلینائز میں جفتہ اور مقابلہ راستہ کپیٹر استعمال کے جاتے ہیں۔ مخلوط دور میں چند pF سے زیادہ قیمت کا کپیٹر بنتا ممکن نہیں ہوتا لہذا اپیٹر کا استعمال بھی ممکن نہیں ہوتا۔ آئین دیکھیں کہ مخلوط دور میں ماسفیٹ کا نقطہ کارکردگی کیے تعین کیا جاتا ہے۔

### ۳.۱۳ منع مستقل بر قی رو

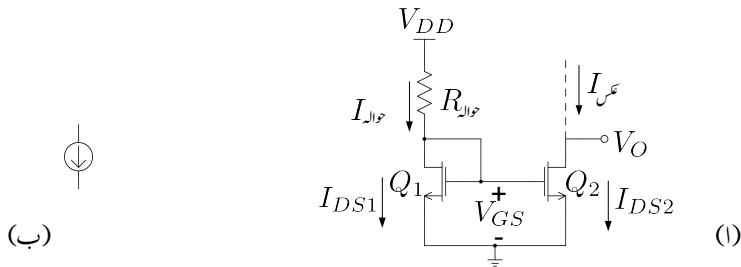
شکل ۳.۲۶ الگ میں منع مستقل بر قی رو<sup>۳۰</sup> کا سادہ دور اور شکل ب میں اس کی علامت دکھائے گئے ہیں۔ مثال ۳.۵ کی طرح  $Q_1$  اور  $Q_2$  کے دور کو حل کرنے سے بر قی رو  $I_{DS1} = V_{GS1} = V_{GS2} = V_{GS}$  حاصل ہوں گے۔  $Q_1$  اور  $Q_2$  کے سورس آپس میں جبڑے ہیں اور اسی طرح ان کے گیٹ بھی آپس میں جبڑے ہیں لہذا ان دونوں کے  $V_{GS}$  بر ابر ہوں گے یعنی

$$V_{GS1} = V_{GS2} = V_{GS}$$

ہوگا  $Q_1$  کا گیٹ اور ڈرین آپس میں جبڑے ہیں لہذا اس کا  $V_t < V_{GD}$  ہے اور یہ اندازہ نظر میں ہے لہذا

$$(۳.۸۷) \quad I_{DS1} = \frac{k'_n}{2} \left( \frac{W}{L} \right)_1 (V_{GS} - V_t)^2$$


---



شکل۔۲۔۳۶: منع مستقل بر قی ردو

ہو گا۔ لیکن پر برقی رو منیر ہونے سے  $I_{DS1}$  اور حوالہ  $I$  برابر ہوں گے۔ یوں اور ہم کے فتنوں سے

$$(2.88) \quad I_{DS1} = I_{\text{حوالہ}} = \frac{V_{DD} - V_{GS1}}{R_{\text{حوالہ}}}$$

لکھا جا سکتا ہے۔ درکار  $I_{DS1}$  کے لئے دور میں مسماحت حوالہ  $R$  کی قیمت مندرجہ بالا دو مساوات حل کر کے حاصل کی جاتی ہے۔  
اگر ہم تصور کریں گے کہ  $Q_2$  بھی انسنندہ خطے میں ہے تب اس کے لئے ہم لکھ سکتے ہیں

$$(2.89) \quad I_{DS2} = I_{\text{مس}} = \frac{k'_n}{2} \left( \frac{W}{L} \right)_2 (V_{GS} - V_t)^2$$

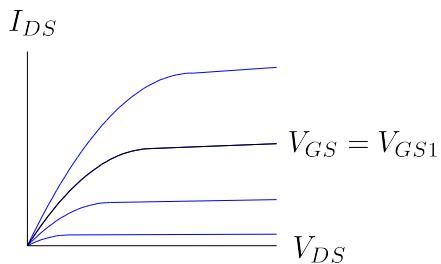
جہاں  $I_{DS1}$  کے برابر ہے۔  $V_{GS1} = V_{GS2} = V_{GS}$  تقسیم کرتے ہوئے ملتا ہے

$$(2.90) \quad \frac{I_{DS2}}{I_{DS1}} = \frac{I_{\text{مس}}}{I_{\text{حوالہ}}} = \frac{\left( \frac{W}{L} \right)_2}{\left( \frac{W}{L} \right)_1}$$

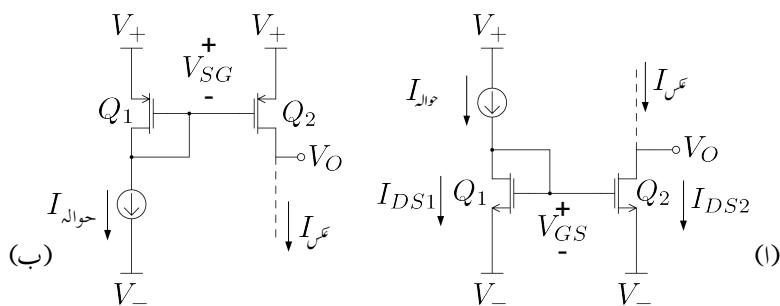
آپ دیکھ سکتے ہیں کہ  $I_{DS2}$  کی قیمت کا دار و مدار  $I_{DS1}$  کی قیمت کے حوالے سے ہے۔ اگر دونوں ماسنیفیٹ بالکل ایک ہی جامات کے ہوں تب

$$(2.91) \quad I_{\text{حوالہ}} = I_{\text{مس}}$$

حاصل ہوتا ہے۔ ایسا معلوم ہوتا ہے جیسے  $I_{\text{مس}} = I_{\text{حوالہ}}$  کا عکس ہے۔ اسی سے اس دور کا دوسرانام آئینہ برقی رو ۳۔۷ کا ہے۔ دونوں برقی رو برابرنے ہونے کی صورت میں بھی اس دور کو اسی نام سے پکارا جاتا ہے۔



شکل ۳.۲: ماسفیٹ کا خط



شکل ۳.۳: آئینہ برقی رو

معنی مسئلہ برقی رو میں مزاجمت  $V_{DS}$  کی مدد سے درکار برقی رو حاصل کیا جاتا ہے۔ اس مزاجمت کو تبدیل کرنے سے  $V_{GS2}$  اور  $V_{GS1}$  تبدیل ہوتے ہیں۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ  $Q_1$  کو  $Q_2$  فتاو کرتا ہے۔ یوں تائیں ماسفیٹ ہے۔ مختلط دور میں دونوں ماسفیٹ کے  $k'_n$  اور  $V_t$  یکساں ہوتے ہیں۔ یوں  $\left(\frac{W}{L}\right)_1$  اور  $\left(\frac{W}{L}\right)_2$  کی شرح سے  $I_{DS}$  اور  $I_HO$  کی شرح تعین ہوتی ہے۔

مندرجہ بالا بصیرے میں الٹے برقی دباؤ کے اثر کو نظر انداز کرتے ہوئے تصور کیا گیا کہ دو ماسفیٹ کے  $V_{GS}$  برابر ہونے کی صورت میں ان کے  $I_{DS}$  بھی برابر ہوتے ہیں۔ حقیقت میں ایسا نہیں ہوتا اور دو ماسفیٹ جن کے  $V_{GS}$  برابر ہوں کے برقی رو صرف اسی وقت برابر ہوتے ہیں جب ان کے  $V_{DS}$  بھی برابر ہوں۔ شکل ۳.۲ میں ماسفیٹ  $Q_2$  کے خط دکھائے گئے ہیں۔  $V_{GS1}$  کی قیمت  $V_{GS2}$  کے برابر ہے جو قطعی مقدار ہے لہذا ان تمام خطوط میں صرف ایک ہی خط کا آمد ہے۔ اس خط کو موٹا کر کے دکھایا گیا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ  $V_{GS}$  تبدیل کے بغیر  $V_{DS}$  کے بڑھانے سے  $I_{DS2}$  کے تبدیلی سے  $I_{DS}$  میں تبدیلی کو ماسفیٹ کے حنارتی مزاجمت  $r_o$  کی مدد سے حاصل کیا جاتا ہے۔

شکل ۳.۳۸ میں حوالہ  $R$  کی جگہ دو منفی متفاہ برقی روکا استعمال کیا گیا ہے۔  $Q_1$  میں حوالہ  $I$  برقرار رہ پائی جاتی ہے۔ انسانندہ ماسیٹ کی مساوات سے  $Q_1$  کی حاصل کی جا سکتی ہے جو  $Q_2$  پر بھی لاگو ہے۔ یہ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ اس صورت میں بھی

$$\text{حوالہ } I = \text{عمر } I$$

ہو گا۔ اس شکل میں بثت برقی منبع کو  $V_+$  اور منفی کو  $V_-$  لکھا گیا ہے۔ شکل ب میں  $n$ pMOSFET استعمال کرتے ہوئے آئینہ برقی رو بنایا گیا ہے جس کی کارکردگی باکل  $n$ MOSFET سے بنائے گئے آئینہ برقی رو کی طرح ہے۔ مندرجہ صرف اتنا ہے کہ  $I$  کی سمت آئینہ کے جواب ہے جبکہ  $p$ MOSFET کی سمت آئینہ میں عمر  $I$  سمت آئینہ سے باہر کو ہے۔

### مثال ۳.۲۷: منفی متفاہ برقی رو میں

$$V_{DD} = 15 \text{ V}, \quad k_n = 0.12 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2}, \quad V_t = 2.1 \text{ V}$$

یہ۔  $I = 2 \text{ mA}$  حاصل کرنے کے لئے درکار حوالہ  $R$  حاصل کریں۔  
حل:  $\text{حوالہ } I = \text{عمر } I$  لیتے ہوئے مساوات ۳.۸۷

$$2 \times 10^{-3} = \frac{0.12 \times 10^{-3}}{2} (V_{GS1} - 2.1)^2$$

→

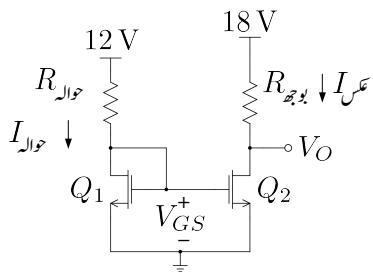
$$V_{GS1} = 7.8735 \text{ V}, \quad -3.67 \text{ V}$$

حاصل ہوتے ہیں۔ منفی جواب کو رد کیا جاتا ہے چونکہ  $V_t$  سے کم ہے جس سے ماسیٹ منظم حالت میں ہو گا۔ بثت جواب کو لیتے ہوئے مساوات ۳.۸۷ کو استعمال کرتے ہوئے

$$2 \times 10^{-3} = \frac{15 - 7.8735}{R}$$

$$\text{حوالہ } R = 5.66 \text{ k}\Omega \quad \rightarrow$$

مثال ۳.۲۸: شکل ۳.۳۹ میں دونوں ماسیٹ کے  $k_n = 0.2 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2}$  اور  $V_t = 1.7 \text{ V}$  میں۔ مزید یہ کہ  $V_O$  اور  $R_O$  ۴.۷ k $\Omega$  اور  $R_I = 6.8 \text{ k}\Omega$  ہے۔  $I$  حاصل کریں۔



شکل ۱۳.۳۹: منع مستقل بر قی روکی مثال

حالتی ہے  $V_{DS1} = V_{GS1}$

$$\frac{12 - V_{GS1}}{6800} = \frac{0.2 \times 10^{-3}}{2} (V_{GS1} - 1.7)^2$$

۔

$$V_{GS1} = 4.926 \text{ V}, -2.99 \text{ V}$$

حاصل ہوتا ہے۔  $-2.99 \text{ V}$  کو رد کیا جاتا ہے پونکہ اس طرح  $V_{GS1} < V_t$  ہے جو منقطع ماسفینٹ کو ظاہر کرتا ہے۔ مساوات ۱۳.۸۷ اور ۱۳.۸۸ دونوں استعمال کرتے ہوئے  $V_{GS1} = 4.926 \text{ V}$  پر بر قی رو حاصل کرتے ہیں۔ ظاہر ہے دونوں جوابات برابر ہوں گے۔

$$I_{DS1} = \frac{12 - 4.926}{6800} = 1.04 \text{ mA}$$

$$I_{DS1} = \frac{0.2 \times 10^{-3}}{2} (4.926 - 1.7)^2 = 1.04 \text{ mA}$$

چونکہ آئینہ بقیہ رو ہے لہذا

$$I_{\text{مک}} = I_{\text{حوالہ}} = 1.04 \text{ mA}$$

ہوگا۔  $Q_2$  کے ڈرین پر

$$V_O = V_{DS2} = 17 - I_{DS2} R_{\text{مک}}$$

$$= 17 - 1.04 \times 10^{-3} \times 4700$$

$$= 12.1 \text{ V}$$

یہیں یوں کا  $Q_2$

$$V_{GD2} = V_{GS2} - V_{DS2} = 4.925 - 12.1 = -7.1 \text{ V}$$

حاصل ہوتا ہے۔ چونکہ  $V_t < V_{GD2}$  ہے لہذا  $Q_2$  امنزائندہ خطے میں ہی ہے۔

---

مثال ۳.۲۹: مندرجہ بالامثال میں بوجہ  $R$  کی وہ قیمت حاصل کریں جس پر  $Q_2$  امنزائندہ خطے سے نکل آئے گا۔  
حل:  $V_{GS2} = V_{GS1} = V_{GD2} < V_t$  ہو۔ چونکہ  $Q_2$  اس وقت تک امنزائندہ رہے گا جب تک  $V_{GD2} < V_t$  ہو۔ چونکہ  $4.925 \text{ V}$  یہ رہے گا جبکہ

$$\begin{aligned} V_{DS2} &= 17 - I_{DS2} R_{DS2} \\ &= 17 - 1.04 \times 10^{-3} \times R_{DS2} \end{aligned}$$

کے برابر ہے۔ یہاں  $Q_2$  اس وقت امنزائندہ خطے سے باہر نکلے گا جب

$$\begin{aligned} V_{GD2} &= V_{GS2} - V_{DS2} > V_t \\ &= 4.925 - \left( 17 - 1.04 \times 10^{-3} \times R_{DS2} \right) > 1.7 \end{aligned}$$

ہو گا۔ یوں تقریباً  $R_{DS2} > 13.24 \text{ k}\Omega$  حاصل ہوتا ہے۔ مثال کے طور پر اگر بوجہ کی مسازحت ۱۵  $\text{k}\Omega$  کر دیا جائے تو  $V_{GD2} = 3.5 \text{ V}$  اور  $V_{DS2} = 1.4 \text{ V}$  سے زیادہ ہے لہنی مانگیت امنزائندہ خطے میں نہیں ہے۔

---

مثال ۳.۳۰: مثال ۳.۲۸ میں  $I_{DS} = 1.04 \text{ mA}$  اور  $V_{DS1} = 4.926 \text{ V}$ ،  $V_{DS2} = 12.1 \text{ V}$ ،  $V_{GS} = 50 \text{ V}$  کی صورت میں  $I$  حاصل کردہ قیمت سے کتنا انحراف کرے گا۔  
حل: مانگیت کا حنارجی مسازحت تقریباً

$$r_o = \frac{50}{1.04 \times 10^{-3}} \approx 48 \text{ k}\Omega$$

ہے۔ اگر  $V_{DS2}$  کی قیمت  $4.926 \text{ V}$  ہوتا تب تو  $I_{DS2}$  بھی  $1.04 \text{ mA}$  ہوتا۔ البتہ

$$12.1 - 4.926 = 7.175 \text{ V}$$

زیادہ ہے لہذا مانگیت کے حنارجی مسازحت کی تعریف

$$r_o = \frac{\Delta V_{DS}}{\Delta I_{DS}}$$

$$\Delta I_{DS} = \frac{7.175}{48000} \approx 149 \mu\text{A}$$

ہو گا۔ یوں

$$I_{\text{واد}} = 1.04 \text{ mA} + 149 \mu\text{A} = 1.189 \text{ mA}$$

ہو گا۔

## ۲.۱۵ مزاحمت کے عکس

دو جو ٹرانزسٹر کے حصے میں آپ نے دیکھا کہ ٹرانزسٹر کے بینٹ پر پائے جبانے والے بیرونی مزاحمت  $R_E$  کا ٹرانزسٹر کے بینٹ جناب عکس  $(R_E + 1) \beta$  نظر آتا ہے۔ اسی طرح ٹرانزسٹر کے بینٹ پر اس کے اندر بیرونی مزاحمت  $r_e$  کا عکس ٹرانزسٹر کے بینٹ جناب  $(\beta + 1)$  نظر آتا ہے جسے  $r_{be}$  لکھا جاتا ہے۔ ٹرانزسٹر کے بینٹ جناب بیرونی جبڑے مزاحمت  $R_B$  کا عکس ٹرانزسٹر کے بینٹ جناب  $\frac{R_B}{\beta + 1}$  نظر آتا ہے۔ اسی طرح ٹرانزسٹر کے بینٹ جناب ٹرانزسٹر کی اندر بیرونی مزاحمت  $r_{be}$  کا عکس ٹرانزسٹر کے بینٹ جناب  $\frac{r_{be}}{\beta + 1}$  نظر آتا ہے۔ بر قی دباو کا عکس یہ میں سے بینٹ یا بینٹ سے بینٹ جناب تبدیلی کے بغیر جوں کا توں نظر آتا ہے۔

ماسفیٹ میں مزاحمت کے عکس پر گفتگو کرنے کی حرطہ شکل ۲.۵۰ الف پر غور کرتے ہیں۔ اس دور میں ماسفیٹ کے تیسونوں پر اشارات فراہم کئے گئے ہیں تاکہ مختلف ممکنات کو دیکھا جاسکے۔ ماسفیٹ مائل کرنے والے اجسام کو شامل نہیں کیا گیا ہے تاکہ اصل موضوع پر توجہ رہے۔

شکل ب میں اس کا باریک اشارتی مساوی دور دکھایا گیا ہے جسے دیکھتے ہوئے

$$i_{ds} = \frac{\mu v_{gs} + v_3 - v_2}{R_s + r_o + R_d}$$

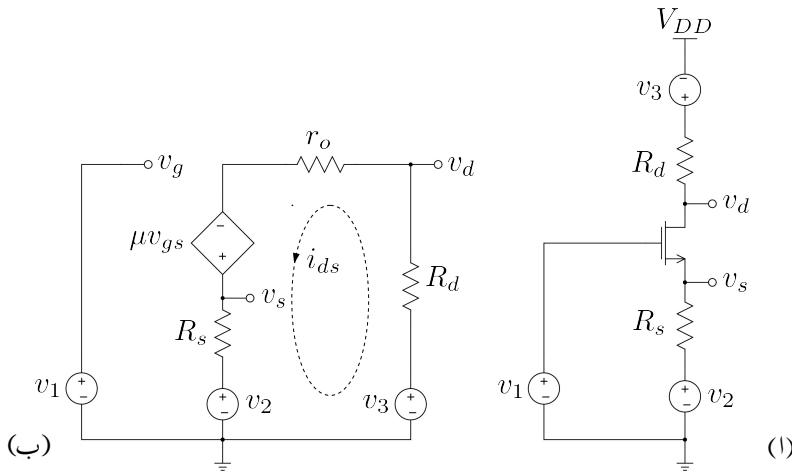
لکھا جاسکتا ہے جس اس

$$v_{gs} = v_1 - i_{ds} R_s - v_2$$

کے برابر ہے۔ ان دو مساوات کو ملا کر حاصل ہوتا ہے

$$(2.92) \quad i_{ds} = \frac{\mu v_1 + v_3 - (\mu + 1) v_2}{(\mu + 1) R_s + r_o + R_d}$$

مساویت ۲.۹۲ سے شکل ۲.۵۰ حاصل ہوتا ہے۔ اس شکل کو دیکھتے ہوئے یہ حقیقت سامنے آتی ہے کہ ذرین پر پائے جبانے والے  $v_3$  اور  $R_d$  جوں کے توں میں جبکہ سورس پر پائے جبانے والے  $v_1$  اور  $R_s$  دونوں  $(\mu + 1)$  سے



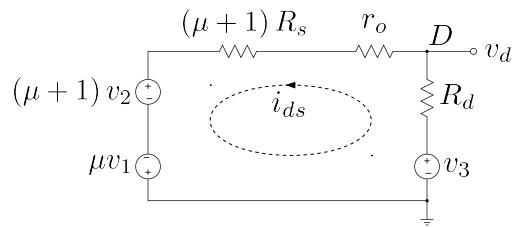
شکل ۲.۵۰: مزاحمت کے عکس

ضرب شدہ میں جبکہ گیٹ پر پائے جانے والا  $v_1$  صرف  $\mu$  سے ضرب شدہ ہے۔ ڈرین پر پائے جانے والے اجزاء جوں کے توں میں لہذا یہ شکل ڈرین سے دیکھتے ہوئے نظر آئے گی۔ اس طرح ڈرین سے دیکھتے ہوئے سورس پر پائے جانے والا مزاحمت اور بر قی اشارہ دونوں کا عکس  $(\mu + 1)$  سے ضرب ہوتا نظر آئے گا جبکہ گیٹ پر بر قی اشارہ صرف  $\mu$  سے ضرب ہوتا نظر آئے گا۔

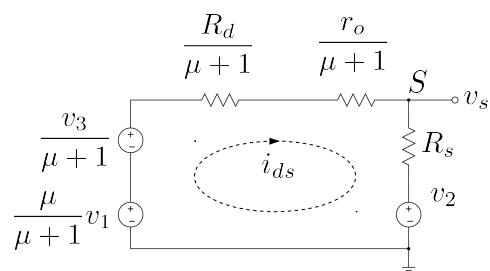
مساوات ۲.۹۲ کے کسر میں اپر خپلے دونوں حصوں کو  $1 + \mu$  سے تقسیم کرتے ہوئے یوں لکھا جاتا ہے

$$(2.93) \quad i_{ds} = \frac{\frac{\mu v_1}{\mu+1} + \frac{v_3}{\mu+1} - v_2}{R_s + \frac{r_o}{\mu+1} + \frac{R_d}{\mu+1}}$$

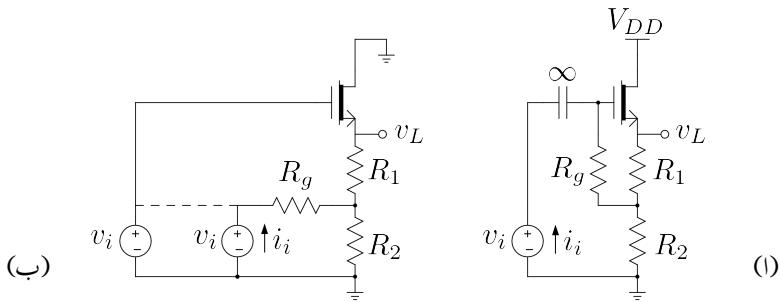
جس سے شکل ۲.۵۲ حاصل ہوتا ہے۔ یہاں آپ دیکھ سکتے ہیں کہ سورس کا مزاحمت  $R_s$  اور اشارہ  $v_2$  جوں کے توں میں جبکہ ڈرین اور گیٹ کے اشارات اور مزاحمت کے عکس نظر آتے ہیں۔ اس طرح سورس سے دیکھتے ہوئے ڈرین کے اجزاء لیجی  $r_o, R_d, v_3$  اور  $T_{SiN}$  کا عکس  $(\mu + 1)$  سے ضرب ہوتا نظر آتے ہیں۔ جیسے گزشتہ شکل میں دیکھا گیا ہے کہ  $v_1$  کا عکس ڈرین پر  $\mu$  سے ضرب ہوتا نظر آتا ہے اور ڈرین پر پائے جانے والے اس عکس کا سورس جانب عکس  $(\mu + 1)$  سے تقسیم ہوتا ہے۔



شکل ۱۵.۵: مزین جانب عکس



شکل ۱۵.۶: سورس جانب عکس



شکل ۳.۵۳: تابع سورس

## ۳.۱۶ تابع سورس (ڈرین مشترک ایمپلیفیئر)

نقطہ مائل

شکل ۳.۵۴ الف میں گھانتا ماسفیٹ کے تابع سورس ایمپلیفیئر دکھایا گیا ہے۔ یہاں nFET بھی استعمال کیا جا سکتا ہے۔ ایسا دور مخفی  $V_{GSQ}$  مہیا کرنے کی حاضر استعمال کیا جاتا ہے۔ یہ سخت و خلائق لکھتے ہیں۔

$$(3.93) \quad V_{DD} = v_{DS} + i_{DS} (R_1 + R_2)$$

نقطہ مائل یک سمت مقداروں سے حاصل ہوتا ہے۔ مزاحمت  $R_g$  میں صفر یک سمت برقی رو ہونے کی وجہ سے اس کے دونوں سرروں پر برابر یک سمت برقی دباؤ پایا جائے گا۔ شکل انفہ میں  $R_g$  کے نیچے سرے پر  $I_{DSQ}R_2$  برقی دباؤ پایا جاتا ہے اور یوں ماسفیٹ کے گیٹ پر بھی بھی برقی دباؤ ہو گا۔ ماسفیٹ کے سورس پر برقی دباؤ ہے۔ یوں ماسفیٹ کے لئے ہم لکھ سکتے ہیں  $I_{DSQ} (R_1 + R_2)$

$$(3.95) \quad \begin{aligned} V_{GSQ} &= V_{GQ} - V_{SQ} \\ &= I_{DSQ} (R_2) - I_{DSQ} (R_1 + R_2) \\ &= -I_{DSQ} R_1 \end{aligned}$$

عسموماً  $V_{GSQ}$  چند ولٹ کے برابر ہو گا جبکہ  $V_{DD}$  قدریباً  $V_{DSQ}$  کے نصف کے برابر ہو گا۔ یوں کسی بھی حقیقی ایمپلیفیئر میں  $R_1 \ll R_2$  ہو گا۔

افزار اش  $A_v$ 

شکل ۳.۵۶ ب میں باریک اشاراتی مساوی دور بنا نے کی عنصر سے  $V_{DD}$  اور گیٹ کپیٹ کو قصر دور کیا گیا ہے۔ مزید گیٹ اور سورس کو علیحدہ کرنے کی حاضر  $v_i$  کو دو مرتب بنایا گیا ہے جہاں نقطہ دار لکیر کے دونوں سرروں پر ہر وقت برابر برقی اشارہ  $v_i$  پایا جاتا ہے۔ نقطہ دار لکیر کو مٹانے سے گیٹ اور سورس دونوں

جہاں کوئی تبدیلی نہیں پیدا ہوتی چونکہ دونوں جہاں  $v_i$  اپنی جگہ پر مرکزیار پیالا جاتا ہے یوں شکل ۳.۵۲ کے طرز پر باریک اشاراتی مساوی دور بنتے ہوئے شکل ۳.۵۳ الگ حاصل ہوتا ہے۔ اس شکل میں تمام احیاء کو سورس منتقل کیا گیا ہے۔  $R_2$  اور  $R_g$  اور  $v_i$  کی جگہ ان کا تھونن مساوی دور استعمال کرتے ہوئے شکل ۳.۵۳ بے حاصل ہوتا ہے جس کے

$$v_{th} = \frac{R_2 v_i}{R_2 + R_g}$$

$$R_{th} = \frac{R_2 R_g}{R_2 + R_g} = R_2 \parallel R_g$$

کے برابر ہیں۔ شکل ۳.۵۳ بے میں

$$R_s = R_1 + (R_2 \parallel R_g)$$

لکھتے ہوئے

$$(3.91) \quad i_{ds} = \frac{\left[ \frac{\mu}{\mu+1} - \frac{R_2}{R_2+R_g} \right] v_i}{\frac{r_o}{\mu+1} + R_s}$$

$$v_L = i_{ds} R_s + \frac{R_2}{R_2 + R_g} v_i$$

لکھا جاسکتا ہے جس سے

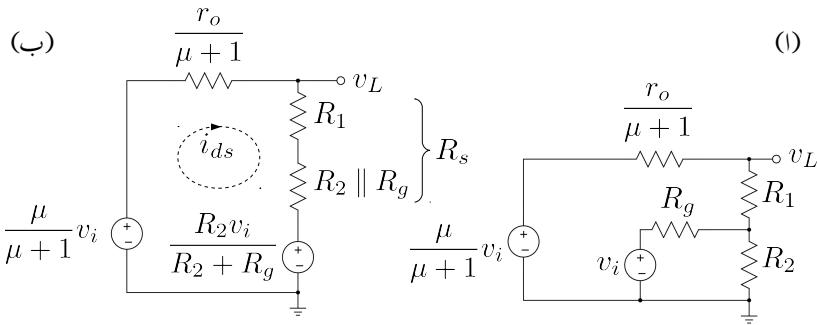
$$v_L = \left[ \frac{\frac{\mu}{\mu+1} - \frac{R_2}{R_2+R_g}}{\frac{r_o}{\mu+1} + R_s} \right] R_s v_i + \frac{R_2}{R_2 + R_g} v_i$$

حاصل ہوتا ہے۔ جس سے  $A_v = \frac{v_L}{v_i}$

$$(3.92) \quad A_v = \frac{\left( \frac{\mu}{\mu+1} \right) R_s + \left( \frac{R_2}{R_2+R_g} \right) \left( \frac{r_o}{\mu+1} \right)}{\frac{r_o}{\mu+1} + R_s}$$

چونکہ  $\mu = g_m r_o$  کے برابر ہے لہذا  $\approx \frac{1}{g_m}$  لکھا جاسکتا ہے جس سے مندرجہ بالامساوات کو یوں بھی لکھ سکتے ہیں۔

$$(3.93) \quad A_v = \frac{g_m \left( \frac{\mu}{\mu+1} \right) R_s + \left( \frac{R_2}{R_2+R_g} \right)}{1 + g_m R_s}$$



شکل ۳.۵۲: تابع سورس کامساوی باریکے اشارتی دور

اگر  $R_g \gg R_2$  ہو، جیسا کہ عموماً ہوتا ہے، تو  $\frac{R_2}{R_2 + R_g}$  کو نظر انداز کرتے ہوئے اس مساوات کو یوں لکھا جا سکتا ہے۔

$$(3.99) \quad A_v \approx \frac{g_m \left( \frac{\mu}{\mu+1} \right) R_s}{1 + g_m R_s}$$

عموماً  $R_2 \gg R_g$  اور  $R_2 \approx R_1 + R_2$  لکھا جا سکتا ہے۔ اگر  $g_m R_s \ll 1$  ہو تو مندرجہ بالا مساوات کو

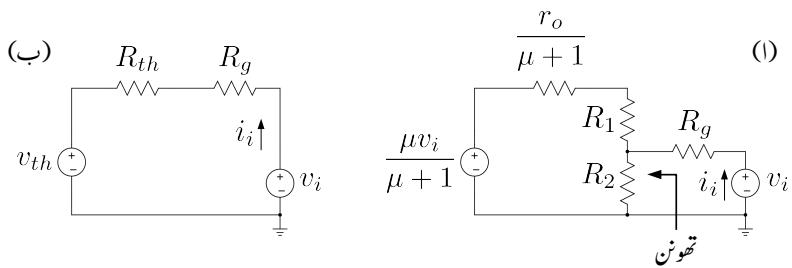
$$(3.100) \quad A_v \approx \frac{\mu}{\mu + 1} \approx 1$$

لکھا جا سکتا ہے۔ اس مساوات سے صاف ظاہر ہے کہ ماسفینٹ کے تابع سورس ایپلیفیٹر کا حنارجی اشارہ بھی خوش اسلوبی سے داخلی اشارے کی پیروی کرتا ہے۔ دو جو ترازی سر کی طرح ماسفینٹ کے مشترک کہ ڈرین ایپلیفیٹر کا بھی تقریباً ایکے برابر ہے۔

### حنارجی مزاحمت

شکل ۳.۵۳ ب کو دیکھتے ہوئے حنارجی مزاحمت یوں لکھی جا سکتی ہے۔

$$(3.101) \quad R_o = \frac{r_o}{\mu + 1} \parallel R_s \\ = \frac{1}{g_m} \parallel R_s$$



شکل ۳.۵۵: تابع سورس کا دا خالی مزاحمت

اگر  $R_s \gg \frac{1}{g_m}$  تو اے یوں لکھ جاسکتا ہے۔

$$(3.102) \quad R_o \approx \frac{1}{g_m}$$

### دا خالی مزاحمت

دا خالی مزاحمت شکل ۳.۵۳ اف میں  $\frac{v_i}{i_i}$  سے حاصل ہو گی۔ چونکہ گیٹ کی برقی رو ضرور ہوتی ہے لہذا  $i_i$  دیرتی رہے ہے جو مزاحمت  $R_g$  سے گزرتی ہے۔ شکل ۳.۵۳ ب میں اس کی نتیجہ کی گئی ہے۔ چونکہ اس شکل میں  $v_i$  دو جگہ نظر آتا ہے لہذا یہ ضروری ہے کہ  $R_g$  کے ساتھ جبڑی  $v_i$  پر نظر رکھی جائے۔ شکل ۳.۵۳ اف کو قدر مختلف طرز پر شکل ۳.۵۵ اف میں دکھایا گیا ہے جہاں مطلوب  $v_i$  اور  $i_i$  کی وضاحت کی گئی ہے۔  $R_g$  کے بائیں جناب کا تھوڑا مساوی دور لیتے ہوئے

$$(3.103) \quad v_{th} = \frac{R_2 \left( \frac{\mu}{\mu+1} \right) v_i}{R_1 + R_2 + \frac{r_o}{\mu+1}}$$

$$R_{th} = R_2 \parallel \left( \frac{r_o}{\mu+1} + R_1 \right)$$

حاصل ہوتا ہے۔ شکل ۳.۵۵ ب میں حاصل کردہ تھوڑا دور استعمال کیا گیا ہے۔ یوں

$$i_i = \frac{v_i - v_{th}}{R_g + R_{th}}$$

$$= \frac{v_i - \frac{R_2 \left( \frac{\mu}{\mu+1} \right) v_i}{R_1 + R_2 + \frac{r_o}{\mu+1}}}{R_g + R_2 \parallel \left( \frac{r_o}{\mu+1} + R_1 \right)}$$

لکھتے ہوئے داخلی مزاحمت  $R_i$  یوں حاصل ہوتا ہے۔

$$(۷.۱۰۴) \quad R_i = \frac{v_i}{i_i} = \frac{R_g + R_2 \parallel \left( \frac{r_o}{\mu+1} + R_1 \right)}{1 - \frac{R_2 \left( \frac{\mu}{\mu+1} \right)}{R_1 + R_2 + \frac{r_o}{\mu+1}}}$$

اس مساوات میں  $\frac{r_o}{\mu+1} \approx \frac{1}{g_m}$  پر کرنے سے

$$(۷.۱۰۵) \quad R_i = \frac{R_g + R_2 \parallel \left( \frac{1}{g_m} + R_1 \right)}{1 - \frac{g_m R_2 \left( \frac{\mu}{\mu+1} \right)}{g_m (R_1 + R_2) + 1}}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اگر  $R_2 \gg 1$  اور  $R_g \gg R_2$  کے عسم ماؤنٹ ہے، تو اس مساوات کو

$$(۷.۱۰۶) \quad R_i \approx \frac{R_g}{1 - \frac{R_2 \left( \frac{\mu}{\mu+1} \right)}{R_1 + R_2}}$$

لکھا جا سکتا ہے۔ اگر ساتھی ساتھ  $R_1 + R_2 \gg R_2$  ہو تو اس سے مزید سادہ مساوات یوں حاصل ہوتی ہے۔

$$(۷.۱۰۷) \quad R_i \approx (\mu + 1) R_g$$

مثال ۳.۵۵ میں بیس سے بیٹھ مزاحمت جوڑنے سے داخلی مزاحمت میں اضافہ ہوتا دکھایا گیا۔ یہاں بھی ایسا کرنے سے داخلی مزاحمت کی قیمت  $R_g$  سے زیادہ ہو جاتی ہے۔

مثال ۳.۳۱: شکل ۳.۵۳ میں استعمال کے جانے والے ماسنیٹ کے  
مشال ۳.۳۱: شکل ۳.۵۳ میں استعمال کے جانے والے ماسنیٹ کے  
 $V_t = k_n = 0.2 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2}$  اور  $V_{DSQ} = 10 \text{ V}$ ،  $I_{DSQ} = 0.4 \text{ mA}$  اور  $r_o = 90 \text{ k}\Omega$  اور  $V_{GSQ} = 15 \text{ V}$  کی منع استعمال کرتے ہوئے  $R_i = 200 \text{ k}\Omega$  حاصل کرنے کی نظر درکار مزاحمت حاصل کریں۔

حل:

$$I_{DSQ} = \frac{k_n}{2} (V_{GS} - V_t)^2$$

$$0.0004 = \frac{0.0002}{2} (V_{GSQ} + 3)^2$$

$$V_{GSQ} = -5 \text{ V}, -1 \text{ V}$$

حاصل ہوتے ہیں۔  $V_{GSQ} = -5\text{V}$  کو دیا جاتا ہے جو کہ یہ قیمت  $V_t$  سے کم ہے جس سے ماسیٹ منطقہ ہو جاتا ہے۔ یوں مساوات ۲.۹۵ کے تحت  $R_1 = 2.5\text{k}\Omega$  حاصل ہوتا ہے۔ مساوات ۲.۹۳ کی مدد سے

$$\begin{aligned} R_1 + R_2 &= \frac{V_{DD} - V_{DSQ}}{I_{DSQ}} \\ &= \frac{15 - 10}{0.4 \times 10^{-3}} \\ &= 12.5\text{k}\Omega \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے اور یوں  $R_2 = 10\text{k}\Omega$  ہو گا۔ چونکہ

$$V_{GD} = V_{GS} - V_{DS} = -1 - 10 = -11\text{V} < V_t$$

ہے لہذا ماسیٹ کو افسزاں نہ خلے میں ٹیک تصور کیا گیا تھا۔  
مساوات ۲.۹۴ سے

$$g_m = \sqrt{2k_n I_{DS}} = \sqrt{2 \times 0.2 \times 10^{-3} \times 0.4 \times 10^{-3}} = 0.4\text{mS}$$

اور یوں  $R_s \approx R_1 + R_2 = 12.5\text{k}\Omega$  حاصل ہوتا ہے۔  $R_g \gg R_2$  تصور کرتے ہوئے میں ٹیک تصور کیا گیا تھا۔  
حاصل ہوتا ہے اور یوں مساوات ۲.۹۹ سے

$$A_v \approx \frac{0.4 \times 10^{-3} \left( \frac{36}{36+1} \right) 12.5 \times 10^3}{1 + 0.4 \times 10^{-3} \times 12.5 \times 10^3} = 0.81 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

حاصل ہوتا ہے۔  
مساوات ۲.۱۰۲ کی مدد سے  $R_i = 200\text{k}\Omega$  حاصل کرنے کی حراطر

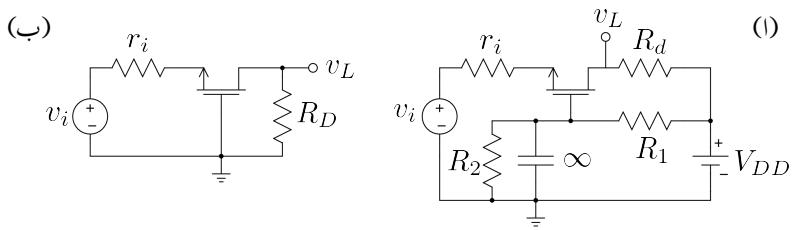
$$200000 = \frac{R_g}{1 - \frac{10000 \left( \frac{36}{36+1} \right)}{2500 + 10000}}$$

حاصل ہوتا ہے۔  $R_g = 44\text{k}\Omega$  سے

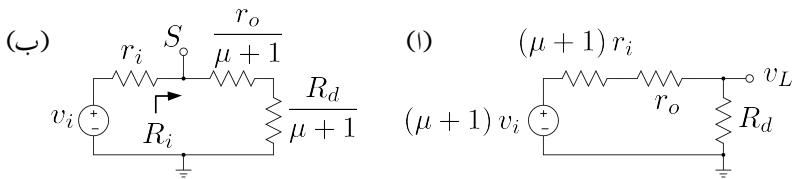
---

## ۷.۱. گیٹ مشترک ایمپلیفیائر

شکل ۲.۵۶ اف میں گیٹ مشترک ایمپلیفیائر دکھایا گیا ہے جبکہ شکل ب میں اسی کا مساوی بدلتا رو دور دکھایا گیا ہے۔ گیٹ پر نسب کپیٹر کی قیمت لامبہ دو دکھائی گئی ہے۔ یوں درکار تعدد پر کپیٹر کو قصر دو ر تصور کیا گیا ہے۔ شکل ب کا شکل ۲.۵۰ کے ساتھ موازنہ کریں۔ یہاں  $v_1$  اور  $v_3$  صفر وولٹ ہیں جبکہ  $v_2$  کو  $v_i$  کہا گیا ہے۔ لہذا تمام اجزاء کو ذرین میں منتقل کرتے ہوئے شکل ۲.۵ اے کے طرز پر شکل ۲.۵۷ کا حاصل ہوتا ہے۔ اسی طرح سورس حبائب کا ٹکس شکل ب میں دکھایا گیا ہے۔



شکل ۷.۵۶: گیٹ مشترک ایپلیناٹر



شکل ۷.۵۷: گیٹ مشترک ایپلیناٹر کے ڈرین اور سورس جنابے عکس

شکل ۷.۵۸: اف کو دیکھتے ہوئے ہم لکھ سکتے ہیں

$$v_L = \frac{R_d}{(\mu + 1) r_i + r_o + R_d} (\mu + 1) v_i$$

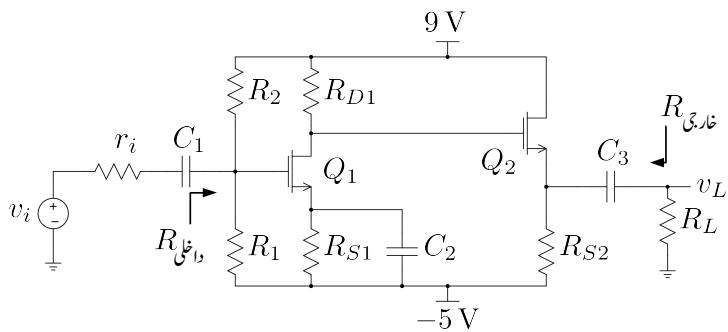
جس سے افزاش  $A_v = \frac{v_L}{v_i}$  یوں کہی جا سکتی ہے

$$A_v = \frac{(\mu + 1) R_d}{(\mu + 1) r_i + r_o + R_d}$$

شکل ۷.۵۹: ب سے ایپلیناٹر کا داخلی مزاحمت لکھا جاتا ہے لیکن

$$R_i = \frac{r_o + R_d}{\mu + 1}$$

گیٹ مشترک ایپلیناٹر بلند تعداد پر استعمال ہوتا ہے۔ یہ بطور بر قی سوچ بھی استعمال کیا جاتا ہے۔



شکل ۵.۵۸: دو کریزی زنجیری ماسفیٹ ایمپلیفیائر

## ۱۸. زنجیری ایمپلیفیائر

ایک سے زیادہ ایمپلیفیائر کو زنجیری کہا جاتا ہے زیادہ افسزاں حاصل کرنا ممکن ہوتا ہے۔ ایسے زنجیری ایمپلیفیائر میں عموماً داخلی جانب پہلی کڑی، درکار داخلی مزاجت فراہم کرنے کی عذرخواہ تخلیق دیا جاتا ہے جبکہ آخوندی کڑی کو درکار خارجی مزاجت کے لئے تخلیق دیا جاتا ہے۔ درمیانی کڑیاں درکار افسزاں حاصل کرنے کے لئے تخلیق دیں جاتی ہیں۔

مثال ۵.۳۲: شکل ۵.۵۸ میں دو بالکل یکساں ماسفیٹ استعمال کرتے ہوئے، پہلی کڑی سورس مشرک اور دوسری کڑی ڈرین مشرک ایمپلیفیائر کے تخلیق دی گئی ہے۔  $V_t = 1\text{V}$  اور  $k_n = 0.6 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2}$  ہیں۔  $R_{S1} = 150\text{k}\Omega$  اور  $R_{D1} = 1.2\text{mA}$  اور  $R_{S2} = 5\text{V}$  اور  $I_{DS1} = I_{DS2} = 0.12\text{mA}$  اور  $V_{GS1} = V_{GS2} = 7.5\text{k}\Omega$  حاصل کرنے کے لئے درکار  $R_1$  اور  $R_2$  حاصل کریں۔ تسام کپیسٹروں کی قیمت لامحہ دو تصور کریں۔

حل:  $Q_2$  کے خارجی جانب کرخوف کے قانون برائے بر قی دبادے

$$\begin{aligned} 9 + 5 &= V_{DS2} + I_{DS2}R_{S2} \\ &= 5 + 1.2 \times 10^{-3}R_{S2} \end{aligned}$$

$R_{S2} = 7.5\text{k}\Omega$  حاصل ہوتا ہے۔ افسزاں ماسفیٹ کی مساوات سے

$$1.2 \times 10^{-3} = \frac{0.6 \times 10^{-3}}{2} (V_{GS2} - 1)^2$$

حاصل ہوتا ہے۔  $Q_2$  کے سورس پر قیداً  $V_{GS2} = 3\text{V}$  ہے

$$V_{S2} = 9 - V_{DS2} = 9 - 5 = 4\text{V}$$

ہے یہ اس کے گیٹ پر

$$V_{G2} = V_{S2} + V_{GS2} = 4 + 3 = 7\text{V}$$

ہوں گے جو  $V_{D1}$  کے برابر ہے۔ یوں مزاحمت  $R_{D1}$  پر اور ہم کے فتنوں سے

$$9 - V_{D1} = I_{DS1}R_{D1}$$

$$9 - 7 = 0.12 \times 10^{-3}R_{D1}$$

حاصل ہوتا ہے۔ چونکہ  $V_{DS1} = 5\text{V}$  ہے لہذا  $R_{D1} = 16.7\text{k}\Omega$

$$V_{S1} = V_{D1} - V_{DS1} = 7 - 5 = 2\text{V}$$

اور پر اور ہم کے فتنوں سے  $R_{S1}$

$$V_{S1} - (-5) = I_{DS1}R_{S1}$$

$$7 = 0.12 \times 10^{-3}R_{S1}$$

حاصل ہوا ہے۔  $Q_1$  کو امنزاسنڈھ تصور کرتے ہوئے امنزاسنڈھ ماسفیٹ کی مساوات سے

$$0.12 \times 10^{-3} = \frac{0.6 \times 10^{-3}}{2} (V_{GS1} - 1)^2$$

حاصل ہوتے ہیں لہذا  $V_{GS1} = 1.632\text{V}$

$$V_{G1} = V_{S1} + V_{GS1}$$

$$2 + 1.632 = 3.632\text{V}$$

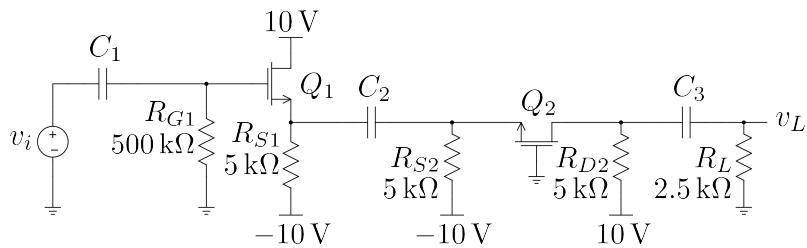
حاصل ہوتا ہے۔  $V_{G1}$  کے لئے ہم لکھ سکتے ہیں

$$V_{G1} = 3.632 = \left[ \frac{9 - (-5)}{R_1 + R_2} \right] R_1 - 5$$

چونکہ  $R_1$  کے برابر ہے جس کی قیمت  $150\text{k}\Omega$  درکار ہے لہذا  $R_1 = R_2 \parallel R_2$

$$150 \times 10^3 = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$$

مندرجہ بالادو مساوات سے  $R_1 = 392\text{k}\Omega$  اور  $R_2 = 243\text{k}\Omega$  حاصل ہوتے ہیں۔



شکل ۵.۹: دو کڑی زنجیری مشترک ذرین، مشترک گیٹ ایمپلیکیٹر

مثال ۳۳: شکل ۵.۹ میں  $I_{DS1}$  کیتے ہوئے  $V_{t1} = V_{t2} = 2\text{V}$  اور  $k_{n1} = k_{n2} = 3 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2}$  میں،  $I_{DS1}$  اور  $I_{DS2}$  حاصل کریں۔ ان قیتوں کو استعمال کرتے ہوئے کل افزائش  $A_v = \frac{v_L}{v_i}$  حاصل کریں۔ حل: ماسنیٹ کو افزائشہ تصور کرتے ہوئے بدلتے متغیرات کی قیمت صفر کرتے ہوئے نقطہ مائل حاصل کرنے کی عنصر خر سے  $Q_1$  کے لئے لکھا جائے گا۔

$$V_{G1} = 0$$

$$V_{S1} = -10 + I_{DS1}R_{S1} = -10 + 5000I_{DS1}$$

حاصل ہے

$$V_{GS1} = V_{G1} - V_{S1} = 10 - 5000I_{DS1}$$

حاصل ہوتا ہے۔ یوں افزائشہ ماسنیٹ کی مساوات

$$I_{DS1} = \frac{0.003}{2} (10 - 5000I_{DS1} - 2)^2$$

$$\text{اور } I_{DS1} = 0.73 \text{ mA}$$

$$g_{m1} = \sqrt{2k_{n1}I_{DS1}} = \sqrt{2 \times 0.003 \times 0.00073} = 2.09 \text{ mS}$$

حاصل ہوتے ہیں۔ اسی طرح  $Q_2$  کے

$$V_{G2} = 0$$

$$V_{S2} = -10 + 5000I_{DS2}$$

$$V_{GS2} = V_{G2} - V_{S2} = 10 - 5000I_{DS2}$$

## سے اندازندہ ماسفیٹ کامساوات

$$I_{DS2} = \frac{0.003}{2} (10 - 5000I_{DS2} - 2)^2$$

دیتا ہے جس سے  $I_{DS2} = 0.73 \text{ mA}$

$$g_{m2} = \sqrt{2 \times 0.003 \times 0.00073} = 2.09 \text{ mS}$$

حاصل ہوتا ہے۔ یہاں رکر تسلی کر لیں کہ دونوں ماسفیٹ اندازندہ خطے میں ہی ہیں۔  
ان قیمتیوں کے ساتھ پائے ریاضی نہ صرف استعمال کرتے ہوئے زنجیری ایپلیکیشن کامساوی دور شکل ۳.۲۰ میں دکھایا گیا ہے جس کو دیکھ کر ہم

$$\begin{aligned} v_{g1} &= v_i \\ v_{g2} &= 0 \\ v_{s1} &= v_{s2} = v_s \end{aligned}$$

لکھ سکتے ہیں۔ یہاں

$$\begin{aligned} v_{gs1} &= v_i - v_s \\ v_{gs2} &= -v_s \end{aligned}$$

لکھا جاسکتا ہے۔  $v_s$  کی مساوات حاصل کرتے ہیں۔

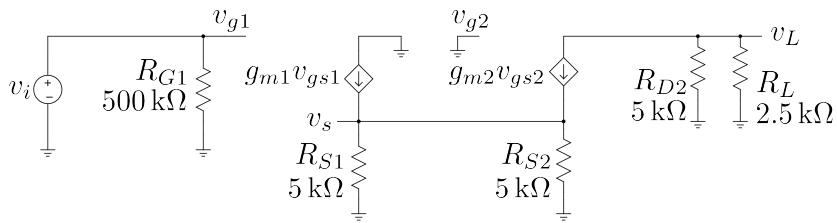
$$\begin{aligned} v_s &= \left( g_{m1}v_{gs1} + g_{m2}v_{gs2} \right) \left( \frac{R_{S1}R_{S2}}{R_{S1} + R_{S2}} \right) \\ &= g_m [(v_i - v_s) + (-v_s)] R_S \end{aligned}$$

جہاں دوسرے متدمر پر  $R_S$  کو  $\frac{R_{S1}R_{S2}}{R_{S1} + R_{S2}}$  پر لکھا گیا۔ یہاں

$$v_s = \frac{g_m R_S v_i}{1 + 2g_m R_S}$$

حاصل ہوتا ہے۔  $v_L$  کے لئے یہاں لکھا جاسکتا ہے

$$\begin{aligned} v_L &= -g_{m2}v_{gs2} \left( \frac{R_{D2}R_L}{R_{D2} + R_L} \right) \\ &= g_m v_s \left( \frac{R_{D2}R_L}{R_{D2} + R_L} \right) \end{aligned}$$



شکل ۲.۲۰: دو کڑی زنجیری مشترک ڈرین، مشترک گیٹ ایپلیکیشن کا مساوی دور

جہاں  $g_m1 = g_m2 = g_m$  کا استعمال کیا گیا ہے۔ اس میں  $v_s$  پر کرنے سے

$$v_L = g_m \left( \frac{g_m R_S v_i}{1 + 2g_m R_S} \right) \left( \frac{R_{D2} R_L}{R_{D2} + R_L} \right)$$

حاصل ہوتا ہے جس سے

$$A_v = \frac{v_L}{v_i} = \frac{g_m^2 R_S}{1 + 2g_m R_S} \left( \frac{R_{D2} R_L}{R_{D2} + R_L} \right)$$

لکھا جاسکتا ہے۔

$$R_S = \frac{5000 \times 5000}{5000 + 5000} = 2.5 \text{ k}\Omega$$

$$\frac{R_{D2} R_L}{R_{D2} + R_L} = \frac{5000 \times 2500}{5000 + 2500} = 1.667 \text{ k}\Omega$$

کے استعمال سے

$$A_v = \left( \frac{0.00209^2 \times 2500}{1 + 2 \times 0.00209 \times 2500} \right) \times 1667 = 1.59 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

حاصل ہوتا ہے۔

## ۲.۱۹ قوی ماسفیٹ

سیکان پتسری پر ماسفیٹ کا رقبہ بڑھا کر زیادہ طاقت کا ماسفیٹ وجود میں آتا ہے۔ کنی ایپلیکیشن اور ولٹ ٹکے کام کرنے والے ایسے قوی ماسفیٹ<sup>۲۰</sup> زیادہ طاقت فتاہ کرنے میں کام آتے ہیں۔ اس طرح کے متعدد ماسفیٹ متوازی

جوڑ کر مسزید زیادہ برقی روکوٹا بکیا جاتا ہے۔ یک سمت سے بدلتا رو برقی دبادہ نتائے انورٹر<sup>۲۵</sup> میں انہیں عموماً استعمال کیا جاتا ہے۔ قوی ٹرانزسٹر کی نسبت سے قوی ماسفیٹ انتہائی تیز ہے۔ اے چالوے منقطع یا منقطعے طاقت نہیات کم ہے جسے عام CMOS مختلط دور مفراہم کر سکتا ہے۔

برقی طاقت کا ضیاء قوی ماسفیٹ کو گرم کرتے ہوئے اس کا درجہ حرارت بڑھاتا ہے۔ درجہ حرارت بڑھنے سے ماسفیٹ کی مسزاحمت بھی بڑھتی ہے۔ یوں متوازی جبڑے ٹرانزسٹر میں اگر کسی دھبے سے ایک ماسفیٹ زیادہ گرم ہو تو اس کی مسزاحمت بڑھ جائے گا۔ متوازی جبڑے ماسفیٹ میں جس ماسفیٹ کا مسزاحمت زیادہ ہو، اس کا  $i_{DS}$  کم ہو گا۔ یوں زیادہ گرم ہونے والا ماسفیٹ خود بخود کم برقی روگزارتے ہوئے کم گرم ہو گا۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ متوازی جبڑے قوی ٹرانزسٹر کے بر عکس متوازی جبڑے قوی ماسفیٹ از خود برقی روکی تسمیہ یوں رکھتے ہیں کہ ان میں کسی ایک پر زیادہ بوجھ نہ ڈلے۔ قوی ماسفیٹ کو بھی ٹھنڈار کرنے کی حناطہ سردم کار<sup>۲۶</sup> کے ساتھ جوڑ کر کھا جاتا ہے۔

### امم نکالت

#### nMOSFET

بڑھاتا منقی ماسفیٹ کے  $V_t$  کی قیمت ثابت ہوتی ہے جبکہ گھناتا منقی ماسفیٹ کے  $V_t$  کی قیمت منقی ہوتی ہے۔  $V_A$  کی قیمت دونوں کے لئے ثابت ہے۔ دونوں کے مساوات میں کوئی فرق نہیں۔

غیر امنز اسندہ

$$v_{GS} > V_t, \quad v_{GD} \geq V_t$$

$$i_{DS} = k'_n \left( \frac{W}{L} \right) \left[ (v_{GS} - V_t) v_{DS} - \frac{v_{DS}^2}{2} \right]$$

$$\frac{1}{k'_n \left( \frac{W}{L} \right) (v_{GS} - V_t)} = \text{مسزاحمت} \quad \text{کم برقی دبادہ پر مسزاحمت}$$

امنزاں اسندہ

$$v_{GS} > V_t, \quad v_{GD} \leq V_t$$

$$i_{DS} = \frac{k'_n}{2} \left( \frac{W}{L} \right) (v_{GS} - V_t)^2 \left( 1 + \frac{v_{DS}}{V_A} \right)$$

---

inverter<sup>۲۷</sup>  
heat sink<sup>۲۸</sup>

**بیت ماسفیٹ pMOSFET**

بھاتا ماسفیٹ کے  $V_t$  کی قیمت منقی ہوتی ہے جبکہ گھاتا ماسفیٹ کے  $V_t$  کی قیمت بیت ہوتی ہے۔  $V_A$  کی قیمت دونوں کے لئے بیت ہے۔ دونوں کے مساوات میں کوئی فرق نہیں۔

غیر افزائندہ

$$v_{SG} > -V_t, \quad v_{DG} \geq -V_t$$

$$i_{SD} = k'_p \left( \frac{W}{L} \right) \left[ (v_{SG} + V_t) v_{SD} - \frac{v_{SD}^2}{2} \right]$$

$$= \frac{1}{k'_p \left( \frac{W}{L} \right) (v_{SG} + V_t)} \quad \text{کم بر قی دبادپر سزاہت}$$

افزائندہ

$$v_{SG} > -V_t, \quad v_{DG} \leq -V_t$$

$$i_{SD} = \frac{k'_p}{2} \left( \frac{W}{L} \right) (v_{SG} + V_t)^2 \left( 1 + \frac{v_{SD}}{V_A} \right)$$

nMOSFET کے باریکے اشارائی اجزاء

$$r_o = \left| \frac{V_A}{I_{DS}} \right|$$

$$g_m = k' \left( \frac{W}{L} \right) (V_{GS} - V_t)$$

### سوالات

**سوال ۱.۱:** ایک nMOSFET کے  $v_{DS}$  کے نہایت کم  $\epsilon = 3.97\epsilon_0$  اور  $d = 0.02 \mu\text{m}$  اور  $\mu_n = 650 \frac{\text{cm}^2}{\text{Vs}}$  ماسنیٹ کی مسازامت کی مساوات کیا ہوگی۔ اگر  $V_t = 0.8 \text{ V}$  جبکہ  $V_{GS} = 1.8 \text{ V}$  اور  $\frac{W}{L} = 20$  ہوں تب ماسنیٹ کی مسازامت نہایت کم  $v_{DS}$  پر کیا ہوگی۔  
جوابات:

$$r = \frac{1}{k'_n \frac{W}{L} (v_{GS} - V_t)} = 445 \Omega$$

**سوال ۱.۲:** ایک pMOSFET کے  $\mu_p \approx 0.4\mu_n$  ہوتا ہے۔ سوال ۱.۱ میں بقیا معلومات تبدیل کے بغیر، نہایت کم  $V_{SD}$  پر مسازامت حاصل کریں۔  
جواب:

**سوال ۱.۳:** بقیا ساخت مکمل طور پر ایک جیسے رکھنے ہوئے مقنی اور مقبت ماسنیٹ کے چوڑائی  $W$  کی ایسی شرح دریافت کریں جن پر دونوں ماسنیٹ کی مسازامت برابر ہو۔

$$\frac{W_n}{W_p} = 0.4$$

**سوال ۱.۴:** ایک مقنی ماسنیٹ جس کے  $i_{DS}$  کے  $\frac{\text{mA}}{\text{V}^2}$  اور  $k_n = 0.02 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2}$  اور  $V_t = 1 \text{ V}$  میں  $V_{GS} = 4 \text{ V}$  پر چلا جاتا ہے۔  $v_{DS} = 1 \text{ V}$  اور  $v_{DS} = 6 \text{ V}$  اور  $i_{DS} = i_{DS}$  پر حاصل کریں۔  
جوابات:

$$90 \mu\text{A}, 50 \mu\text{A}$$

**سوال ۱.۵:** ایک مقنی ماسنیٹ جس کے

$$k_n = 0.08 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2}, \quad V_t = 1 \text{ V}$$

میں کو افسزائندہ خطے میں  $i_{DS} = 4 \text{ mA}$  پر استعمال کرنے کی حراطر درکار  $v_{GS}$  اور کم کم  $v_{DS}$  حاصل کریں۔ اگر اس مقنی ماسنیٹ کی صورت میں  $V_t = -1 \text{ V}$  ہو تو جوابات کیا ہوں گے۔  
جوابات:

**سوال ۱.۶:**  $V_t = 1 \text{ V}$  کی صورت میں  $v_{DS} = 11 \text{ V}$  اور  $v_{GS} = 10 \text{ V}$  اور  $v_{DS} \geq 10 \text{ V}$  جبکہ  $V_t = -1 \text{ V}$  کی صورت میں  $v_{DS} = 9 \text{ V}$  اور  $v_{GS} = 10 \text{ V}$  اور  $v_{DS} \geq 10 \text{ V}$  حاصل ہوتے ہیں۔  
سوال ۱.۷:

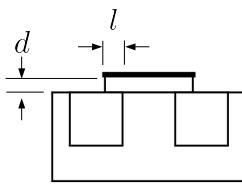
سوال ۱.۷ کو  $i_{DS} = 0.4 \text{ mA}$  کے لئے دوبارہ حل کریں۔  
جوابات:

صورت میں  $V_t = 1 \text{ V}$  کی صورت میں  $v_{DS} = 4.16 \text{ V}$  اور  $v_{GS} = 3.16 \text{ V}$  اور  $v_{DS} \geq 3.16 \text{ V}$  جبکہ  $V_t = -1 \text{ V}$  کی صورت میں  $v_{DS} = 2.16 \text{ V}$  اور  $v_{GS} = 2.16 \text{ V}$  حاصل ہوتے ہیں۔

**سوال ۱.۸:** مقنی بڑھاتا ماسنیٹ کے مساوات کے ظکا غنڈ پر قائم کھپیں۔ انہیں کو کسی پوری کی مدد سے کھپیں۔

**سوال ۱.۹:** شکل ۱.۲.۲ میں  $W$  چوڑائی کا گیٹ سورس کوڈھانپتہ ہواد کھایا گیا ہے۔ گیٹ اور سورس کا ذہان پا گیا حصہ مسل کر کپیٹر  $C_{gsp}$  کو جسم دیتے ہیں۔ اس کپیٹر کی چوڑائی  $W$  اور لمبائی  $l$  ہے جبکہ کپیٹر کے دو چہاروں کے درمیانی فاصلہ  $d$  ہے۔ اگر  $\mu\text{m}\cdot d = 0.02 \mu\text{m}$  اور  $W = 100 \mu\text{m}$  اور  $l = 1 \mu\text{m}$  ہوں تب اس کپیٹر کی قیمت کیا ہوگی۔  $\epsilon = 3.97\epsilon_0$  میں جسas  $\epsilon = 8.85 \times 10^{-12} \frac{\text{F}}{\text{m}}$  اور  $\epsilon_0 = 176 \text{ fF}$  جوابات:

**سوال ۱.۱۰:** ایک مقنی بڑھاتا ماسنیٹ کے گیٹ اور ذین کو آپس میں جوڑ کر اس کے  $v_{DS}$  اور  $i_{DS}$  ناپے جاتے ہیں۔  $V_t = 4 \text{ V}$  پر  $1 \text{ mA}$  جبکہ  $6 \text{ V}$  پر  $2.5 \text{ mA}$  ناپا جاتا ہے۔ اس ماسنیٹ کے  $k_n$  اور  $V_t$  حاصل کریں۔



شکل ۱۹.۲۰: سورس اور ڈرین کو گیٹ ڈھانپ کر کپیسٹر کو جسم دیتا ہے

جوابات:  $v_{GS} > V_t = 0.5575 \text{ V}$ ,  $k_n = 0.169 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2}$   
یاد رہے کہ حپاومقی بڑھاتا ماسفینٹ کے لئے  $V_t = 0.5575 \text{ V}$  کا ہوناضر وری ہے۔

سوال ۱۹.۲۱: ایک بڑھاتا مقی ماسفینٹ کا  $v_{DS} = 5 \text{ V}$  پر رکھتے ہوئے اس کے  $i_{DS}$  اور  $v_{GS}$  تاپے جاتے ہیں۔  
سوال ۱۹.۲۲: ایک بڑھاتا مقی ماسفینٹ کا  $i_{DS} = 4 \text{ mA}$  پر  $v_{DS} = 6 \text{ V}$  جبکہ  $v_{GS} = 3 \text{ V}$  تاپے جاتے ہیں۔ ماسفینٹ کے حاصل کریں۔

جوابات:  $V_t = 3.24 \text{ V}$ ,  $k_n = 2.59 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2}$

سوال ۱۹.۲۳: کم  $v_{DS}$  پر مقی بڑھاتا ماسفینٹ کو بطور متغیر مزاجت استعمال کیا جا سکتا ہے۔ مزاجت کی قیمت  $v_{GS}$  سے متاثر کی جاتی ہے۔  $k'_n = 15 \frac{\mu\text{A}}{\text{V}^2}$  اور  $V_t = 1.2 \text{ V}$  اور  $r_0 = 8 \text{k}\Omega$  پر  $v_{GS} = 2 \text{ V}$  ہے۔ اگر  $v_{DS} = 8 \text{ V}$  پر مزاجت کرنے کے لئے درکار  $L = 10 \mu\text{m}$  ہو تو  $W = \frac{v_{DS}}{v_{GS}} = 8 \text{ V}$  پر مزاجت کی قیمت کیا ہوگی؟

جوابات:  $940.2 \mu\text{m}$ ,  $104.2 \Omega$

سوال ۱۹.۲۴: ایک ماسفینٹ کو اندازہ نظر میں استعمال کرتے ہوئے اس کا  $v_{GS}$  برقرار رکھا جاتا ہے۔  
اوپر اربی برقی دباؤ  $V_A = 50 \text{ V}$  دریافت کریں۔  
سوال ۱۹.۲۵: ایک ماسفینٹ کو اندازہ نظر میں استعمال کرتے ہوئے اس کا  $i_{DS} = 3.6 \text{ mA}$  پر  $v_{DS} = 5 \text{ V}$  تاپے جاتے ہیں۔ ماسفینٹ کی  $r_0$  اور اربی برقی دباؤ  $V_A = 50 \text{ V}$  دریافت کریں۔

جوابات:  $r_0 = \frac{\Delta v_{DS}}{\Delta i_{DS}} = 33.33 \text{k}\Omega$ ,  $V_A = 50 \text{ V}$

سوال ۱۹.۲۶: مندرجہ بالا سوال کے ماسفینٹ کے حنری مزاجت  $r_0$  کی قیمت  $i_{DS} = 100 \mu\text{A}$  اور  $10 \text{ mAr}$  پر حاصل کریں۔

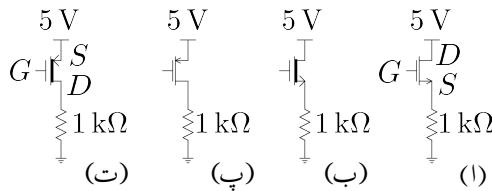
جوابات:  $5 \text{k}\Omega$ ,  $r_0 = \frac{V_A}{I_{DSQ}} = 500 \text{k}\Omega$

سوال ۱۹.۲۷: ایک گھناتہ مقی ماسفینٹ کے  $V_t = -3 \text{ V}$  اور  $k_n = 0.2 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2}$  ہے۔ اگر گیٹ کو سورس کے ساتھ جوڑا جائے تو  $i_{DS} = 5 \text{ V}$  اور  $v_{DS} = -2 \text{ V}$  کیا ہوں گے؟ ان دونوں صورتوں میں ماسفینٹ کس خطے میں ہوگا؟

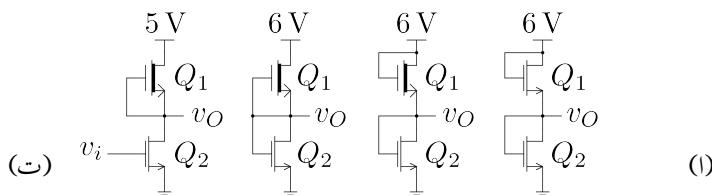
جوابات: ۰.۸ mA, ۰.۹ mA پہلی صورت میں غیر اندازہ نظر جبکہ دوسری صورت میں اندازہ نظر میں ہے۔

سوال ۱۹.۲۸: شکل ۱۹.۲۱ کے ماسفینٹ کا  $V_t = 1 \text{ V}$  اور  $k_n = 160 \frac{\mu\text{A}}{\text{V}^2}$  ہے۔ اگر گیٹ کو ڈرین کے ساتھ جوڑا جائے تو  $i_{DS}$  کیا ہوگا؟ اگر گیٹ کو سورس کے ساتھ جوڑا جائے تو  $i_{DS}$  کی قیمت کیا ہوگی۔

جوابات: ڈرین کے ساتھ جوڑنے سے  $0.56 \text{ mA}$  جبکہ سورس کے ساتھ جوڑنے سے  $0 \text{ mA}$



شکل ۳.۲۲



شکل ۳.۲۳

سوال ۳.۱۶: شکل ۳.۲۲ ب کے ماسنیٹ کا  $V_t = -1V$  اور  $k_n = 160 \frac{\mu A}{V^2}$  ہے۔ اگر گیٹ کوڈرین کے سے ساتھ جوڑا جائے تو  $i_{DS}$  کیا ہوگا؟ اگر گیٹ کو سورس کے ساتھ جوڑا جائے تو  $i_{DS}$  کی قیمت کیا ہوگی۔

جواب: ذرین کے ساتھ جوڑنے سے 1.525 mA جبکہ سورس کے ساتھ جوڑنے سے 0.16 mA.

سوال ۳.۱۷: شکل ۳.۲۲ پ کے ماسنیٹ کا  $V_t = -1V$  اور  $k_p = 160 \frac{\mu A}{V^2}$  ہے۔ اگر گیٹ کوڈرین کے سے ساتھ جوڑا جائے تو  $i_{DS}$  کیا ہوگا؟ اگر گیٹ کو سورس کے ساتھ جوڑا جائے تو  $i_{DS}$  کی قیمت کیا ہوگی۔

جواب: ذرین کے ساتھ جوڑنے سے 0.04 mA جبکہ سورس کے ساتھ جوڑنے سے 0 A.

سوال ۳.۱۸: شکل ۳.۲۲ ت کے ماسنیٹ کا  $V_t = 1V$  اور  $k_p = 160 \frac{\mu A}{V^2}$  ہے۔ اگر گیٹ کوڈرین کے سے ساتھ جوڑا جائے تو  $i_{DS}$  کیا ہوگا؟ اگر گیٹ کو سورس کے ساتھ جوڑا جائے تو  $i_{DS}$  کی قیمت کیا ہوگی۔

جواب: ذرین کے ساتھ جوڑنے سے 1.52 mA جبکہ سورس کے ساتھ جوڑنے سے 0.08 mA.

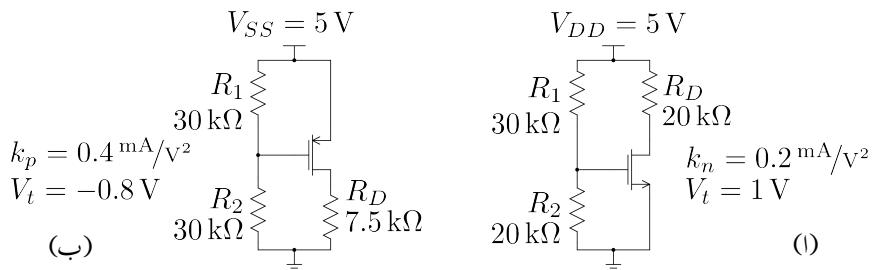
سوال ۳.۱۹: شکل ۳.۲۳ اف میں  $k_{n1} = 50 \frac{\mu A}{V^2}$ ,  $k_{n2} = 200 \frac{\mu A}{V^2}$ ,  $V_t = 1V$  ہے۔  $v_O$  حاصل کریں۔

جواب:  $v_O = 2.3333 V$ ، دونوں ماسنیٹ انسائز دھنٹے میں ہیں۔

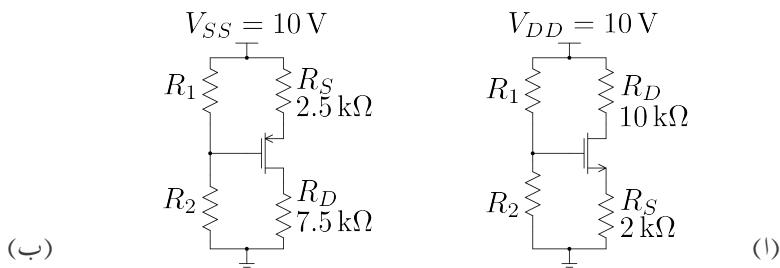
سوال ۳.۲۰: شکل ۳.۲۳ ب میں  $k_{n1} = 50 \frac{\mu A}{V^2}$ ,  $k_{n2} = 200 \frac{\mu A}{V^2}$  جبکہ  $V_t1 = -0.8V$ ,  $V_t2 = 1.2V$  ہے۔  $v_O$  حاصل کریں۔

جواب:  $v_O = 3.04 V$ ،  $Q_2$  انسائز دھنٹے جبکہ  $Q_1$  غیر انسائز دھنٹے۔

سوال ۳.۲۱: شکل ۳.۲۳ پ میں  $k_{n1} = 50 \frac{\mu A}{V^2}$ ,  $k_{n2} = 200 \frac{\mu A}{V^2}$  جبکہ  $V_t1 = -0.8V$ ,  $V_t2 = 1.2V$  ہے۔  $v_O$  حاصل کریں۔



شکل ۲.۲۴



شکل ۲.۲۵

جواب:  $v_O = 1.6 \text{ V}$  دو نوں امنزائندہ خطوں میں ہیں۔

سوال ۲.۲۲: شکل ۲.۲۳ االف میں نقطہ کار کردگی حاصل کریں۔

جواب:  $3 \text{ V}, 0.1 \text{ mA}$

سوال ۲.۲۳: شکل ۲.۲۴ ب میں نقطہ کار کردگی حاصل کریں۔

جواب:  $v_{SD} = 1.14 \text{ V}, i_{SD} = 0.515 \text{ mA}$

سوال ۲.۲۴: شکل ۲.۲۵ االف میں  $I_{DS}$  کے 10% برقرار پائی جائے۔ اور  $R_1$  اور  $R_2$  کو یوں چنیں کر

جواب:  $I_{DS} = 0.5 \text{ mA}$

$R_2 = 95.4 \text{ k}\Omega, R_1 = 104.6 \text{ k}\Omega$

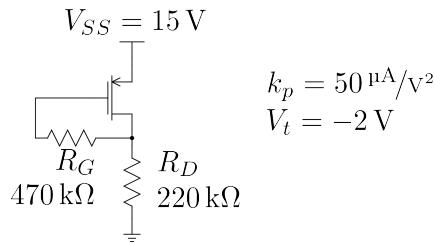
سوال ۲.۲۵: شکل ۲.۲۵ ب میں  $I_{SD}$  میں نقطہ کار کردگی حاصل کریں۔ اور  $R_1$  اور  $R_2$  کو یوں چنیں کر

جواب:  $V_{SD} = 5 \text{ V}$

$R_2 = 102.36 \text{ k}\Omega, R_1 = 97.64 \text{ k}\Omega$

سوال ۲.۲۶: شکل ۲.۲۶ میں ماسفینٹ کا نقطہ کار کردگی حاصل کریں۔

جواب:  $V_{GS} = -3.45 \text{ V}, I_{SD} = 52.5 \mu\text{A}$



شکل ۳.۲۶

سوال ۳.۲۷: شکل ۳.۲۵ میں اگر ماسفیٹ  $R_S = 1.2 \text{ k}\Omega$  اور  $R_D = 5.6 \text{ k}\Omega$ ،  $V_{DD} = 12 \text{ V}$  ہوں تب  $i_{DS} = 0.8 \text{ mA}$  حاصل کرنے کی حنا طرود رکار  $R_1$  اور  $R_2$  حاصل کریں۔ اور  $R_2$  میں بر قی رو  $i_{DS}$  کے پابندی صدر کھیں۔

$$R_1 = 156.5 \text{ k}\Omega, R_2 = 143.5 \text{ k}\Omega$$

سوال ۳.۲۸: عموماً ایک ہی تم کے دعو د ماسفیٹ کے خصوصیات میں فرق ہوتا ہے۔ یہاں اگر سوال ۳.۲۷ میں ماسفیٹ کی قیمت  $V_t = 2 \text{ V}$  تا  $1.6 \text{ V}$  ممکن ہو جبکہ  $k_n$  اب بھی  $0.18 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2}$  ہو تو  $i_{DS}$  کی قیمت کے حدود حاصل کریں۔

جواب:  $0.735 \text{ mA}$  تا  $0.8656 \text{ mA}$  دونوں صورتوں میں ماسفیٹ افسزائند ہے۔

سوال ۳.۲۹: شکل ۳.۲۵ میں  $R_1 = 100 \text{ k}\Omega$  اور  $R_2 = 50 \text{ k}\Omega$  اور  $R_S = 50 \text{ k}\Omega$  پر  $R_S = 50 \text{ k}\Omega$  اور  $R_2 = 1000 \text{ k}\Omega$  نسب کرنے کے بعد  $R_S$  پر  $0.507 \text{ V}$  ناپا جاتا ہے۔ ماسفیٹ کو دونوں صورتوں میں افسزائندہ خط میں تصور کرتے ہوئے  $g_m$  حاصل کریں۔

$$\text{جواب: } 0.33 \frac{\text{mA}}{\text{V}}$$

سوال ۳.۳۰: مندرجہ بالا سوال میں ماسفیٹ کا  $k_n$  اور  $V_t$  بھی حاصل کریں۔

$$\text{جواب: } V_t = 1.2 \text{ V}, k_n = 0.22 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2}$$

سوال ۳.۳۱: شکل ۳.۲۵ میں  $i_{DS} = 0.1 \text{ mA}$  کی توقع ہے۔ یہاں  $v_{DS} = 3 \text{ V}$  ہونی چاہئے۔ اصل قیمت  $V = 2.94 \text{ V}$  ناپا جاتی ہے۔ ماسفیٹ کی الٹہ بر قی رو دا و حاصل کریں۔

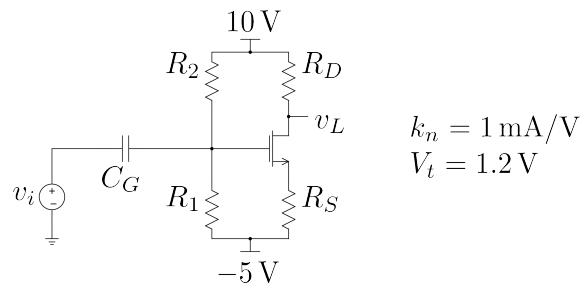
$$\text{جواب: } 100 \text{ V}$$

سوال ۳.۳۲: شکل ۳.۲۷ کے ایک پیغام میں  $I_{DS} = 2 \text{ mA}$  اور  $V_{DS} = 5 \text{ V}$  حاصل کرنے کے لئے درکار مسازحت حاصل کریں۔  $R_S$  کو  $R_D$  کے نو گنرا کھیں اور  $R_1$  میں بر قی رو  $I_{DS}$  کے دس فی صد کھیں۔ ایک پیغام کا  $A_v = \frac{v_L}{v_i}$  بھی حاصل کریں۔

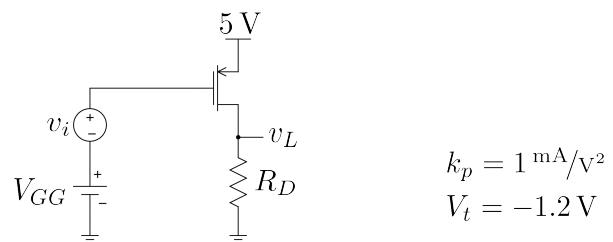
جواب:  $R_2 = 64 \text{ k}\Omega$  اور  $R_1 = 11 \text{ k}\Omega$  اور  $R_D = 4.5 \text{ k}\Omega$ ،  $R_S = 0.5 \text{ k}\Omega$  اور  $A_v = -2.25 \frac{\text{V}}{\text{V}}$ ،  $g_m = 2 \text{ mS}$  حاصل ہوتے ہیں۔

سوال ۳.۳۳: شکل ۳.۲۸ میں  $V_{SD} = 3 \text{ V}$  اور  $A_v = -6 \frac{\text{V}}{\text{V}}$  حاصل کرنے کی حنا طرود رکار  $R_D$  اور  $V_{GG}$  حاصل کریں۔  $I_{SD}$  کی قیمت کیا ہوگی؟

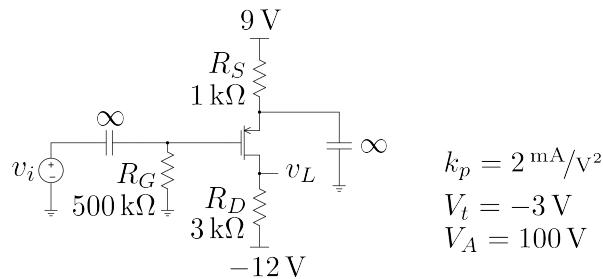
$$\text{جواب: } I_{SD} = 0.222 \text{ mA}, V_{GG} = 3.133 \text{ V}, R_D = 9 \text{ k}\Omega$$



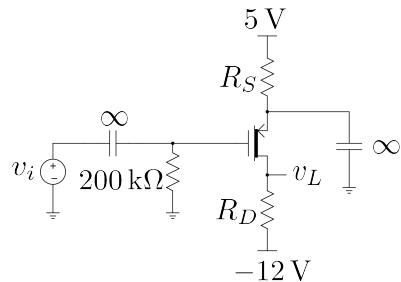
شکل ۷.۲۷



شکل ۷.۲۸



شکل ۳.۶۹



شکل ۳.۷۰

سوال ۳.۳۷: شکل ۳.۶۹ میں  $A_v = \frac{v_L}{v_i}$  اور  $V_{SD}$ ,  $I_{SD}$  حاصل کریں۔

جوابات:  $A_v = -10.73 \frac{V}{V}$  اور  $r_o = 25.5 \text{ k}\Omega$  اور  $g_m = 4 \text{ mS}$ ،  $V_{SD} = 2 \text{ V}$ ،  $I_{SD} = 4 \text{ mA}$ ۔

سوال ۳.۳۸: شکل ۳.۷۰ میں  $R_D$  اور  $R_S$  میں  $V_A = 40 \text{ V}$ ،  $k_p = 2 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2}$ ،  $V_t = -1.4 \text{ V}$  اور  $V_A = 40 \text{ V}$  کی ایک قیمتیں حاصل کریں جن سے  $A_v = \frac{v_L}{v_i}$  کی قیمت کو حاصل کریں۔

جوابات:  $A_v = -22.7 \frac{V}{V}$  اور  $r_o = 128 \text{ k}\Omega$ ،  $R_D = 22 \text{ k}\Omega$ ،  $R_S = 8.333 \text{ k}\Omega$  حاصل ہوتے ہیں۔

سوال ۳.۳۹: صفحہ ۳۴۳ پر شکل ۳.۵۸ میں  $R_{S1} = R_{D1} = 16.7 \text{ k}\Omega$ ،  $R_2 = 243 \text{ k}\Omega$ ،  $R_1 = 392 \text{ k}\Omega$ ،  $V_t = 1 \text{ V}$  اور  $k_n = 0.6 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2}$ ،  $R_{S2} = 7.5 \text{ k}\Omega$ ،  $R_{D2} = 58.3 \text{ k}\Omega$  کا کرکردی حاصل کریں۔

جوابات:  $V_{DS2} = 5 \text{ V}$  اور  $I_{DS2} = 1.2 \text{ mA}$ ،  $V_{DS1} = 5 \text{ V}$ ،  $I_{DS1} = 0.12 \text{ mA}$ ۔

سوال ۳.۷: صفحہ ۳۶۵ پر شکل ۳.۵۹ میں

$$R_{G1} = 100 \text{ k}\Omega, \quad R_L = 5 \text{ k}\Omega$$

$$k_{n1} = 4 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2}, \quad k_{n2} = 6 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2}$$

$$V_{t1} = V_{t2} = 1.5 \text{ V}$$

بیں۔ دور کو اس طرح تخلیق دیں کہ  $V_{DS2} = 8 \text{ V}$  اور  $I_{DS2} = 6 \text{ mA}$ ,  $I_{DS1} = 2 \text{ mA}$  ہوں۔ حاصل جواب استہل کرتے ہوئے ہے  $A_v = \frac{v_L}{v_i}$  اور  $g_m2, g_m1$  اور  $R_{D2} = 818 \Omega, R_{S2} = 1.182 \text{ k}\Omega, R_{S1} = 3.75 \text{ k}\Omega$  ہے۔

$$A_v = 1.75 \frac{\text{V}}{\text{V}}, \quad R_{D2} = 818 \Omega, \quad R_{S2} = 1.182 \text{ k}\Omega, \quad R_{S1} = 3.75 \text{ k}\Omega$$



## باب ۵

### تفرقی ایمپلیفیکر

#### ۱.۵ دو جوڑ ٹرانزسٹر کا تفرقی جوڑ

##### ۱.۱.۵ تفرقی اشارہ کی عدم موجودگی

شکل ۱.۵ میں دو جوڑ ٹرانزسٹر کا بنیادی تفرقی جوڑ ادا کھایا گیا ہے۔ تفرقی جوڑے میں دو بالکل یکساں ٹرانزسٹر استعمال کئے جاتے ہیں۔ تفرقی جوڑے کی صیغہ کار کردگی کے لئے یہ ضروری ہے کہ  $Q_1$  اور  $Q_2$  افنسز اسندہ خطے میں رہیں۔ انہیں افنسز اسندہ خطے میں رکھنے کی حاضر تفرقی جوڑے کو  $R_C$  کی مدد سے منع ہوتی ہے بلکہ  $V_{CC}$  کے ساتھ جوڑا گیا ہے۔ جیسا کہ اسی بارے میں دیکھایا جائے گا  $R_C$  کی جگہ ٹرانزسٹر بھی استعمال کئے جاتے ہیں۔ تفرقی جوڑے کے دو داخلي اشارات  $v_{B2}$  اور  $v_{B1}$  میں جبکہ اس کا عسمی تفرقی حشاری اشارہ  $v_o$  ہے جسے شکل ۱.۶ میں دیکھایا گیا ہے۔ بعض اوقات  $v_{C1}$  یا  $v_{C2}$  کو ہی بطور حشاری اشارہ  $v_o$  لیا جاتا ہے۔ تفرقی جوڑے کے دونوں ٹرانزسٹر کے بینٹ سرے آپس میں جبڑے ہونے کی وجہ سے ان دونوں سروں پر ہر صورت برابری دباو ہوگا (یعنی  $v_{E1} = v_{E2}$ )۔ ان برابری دباو کو لکھتے ہوئے زیرِ نوشت (۱) اور (۲) لکھے بغیر  $v_E$  لکھا جائے گا۔

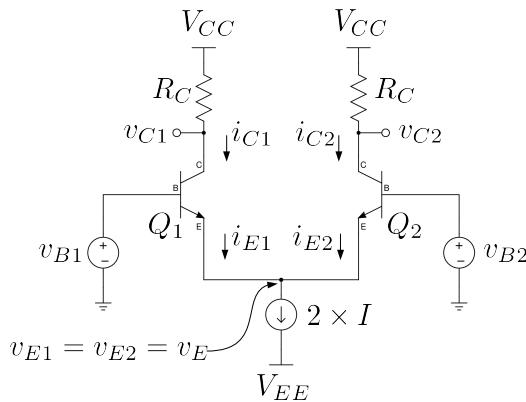
$$(5.1) \quad v_{E1} = v_{E2} = v_E$$

مسزید یہ کہ اس جوڑ پر پیدا کار برقی روکی برقی رو  $i_{E1}$  اور  $i_{E2}$  میں تقسیم ہو گی جس کے لئے کرخونے کے وفاون برائے برقی رو کے تحت لکھا سکتا ہے

$$(5.2) \quad i_{E1} + i_{E2} = 2 \times I$$

تفرقی جوڑے کی کار کردگی پر شکل ۱.۵ کی مدد سے غور کرتے ہیں جہاں تفرقی جوڑے کے دونوں داخلي سروں پر یہ سمت برقی دباو  $V_B$  بطور داخلي اشارات  $v_{B1}$  اور  $v_{B2}$  مہی اکیا گیا ہے۔ یوں  $V_B$  کو بطور مثبتکہ برقی دباو اور مینوس برقی دباو اکیا گیا

difference pair<sup>۱</sup>  
matched<sup>۲</sup>  
common mode voltage<sup>۳</sup>



شکل ۵.۵: دو جوڑا نز ستر کے تفسیقی جوڑے کی بنیادی ساخت

ہے۔ دور کو دیکھتے ہوئے یہ بات واضح ہے کہ اس کے باعث اور دائمی اطراف بالکل یکساں ہیں۔ یوں دونوں اطراف میں برابر قی رمپائی جائے گی (یعنی  $i_{E1} = i_{E2}$ )۔ ایسی صورت میں مساوات ۵.۲ سے  $i_{E1} = i_{E2} = I$  حاصل ہوتا ہے اور یوں  $i_{C1} = i_{C2} = \alpha I$  ہو گا۔ لہذا

$$v_{C1} = V_{CC} - i_{C1}R_C = V_{CC} - \alpha IR_C$$

$$v_{C2} = V_{CC} - i_{C2}R_C = V_{CC} - \alpha IR_C$$

اس صورت میں

$$(5.3) \quad v_o = v_{C2} - v_{C1} = 0$$

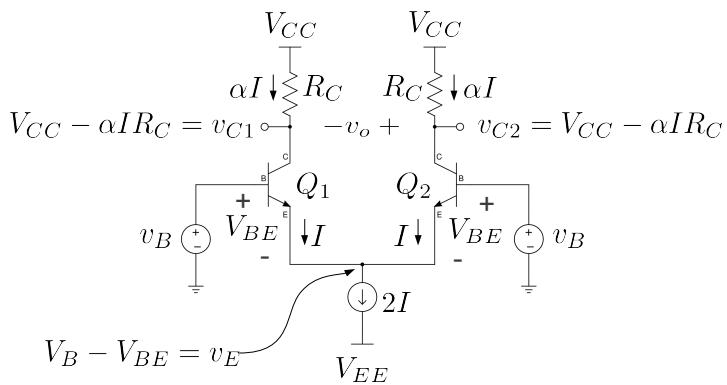
ہو گا۔ یہ ایک اہم اور عمومی نتیجہ ہے جس کے تحت اگر تفسیقی جوڑے کے دونوں مداہنل پر برابر قی دباؤ مہیا کیا جائے تو یہ صفر و بیڈ خارج کرے گا۔ اس حقیقت کو یوں بہتر بیان کیا جاسکتا ہے کہ تفسیقی جوڑا مشترکہ برقی دباؤ کو رد کرتا ہے۔ تفہق برقی اشارہ  $v_d$  کو یوں بیان کیا جاتا ہے

$$(5.4) \quad v_d = v_{B1} - v_{B2}$$

جبکہ مشترکہ برقی دباؤ  $v_{CM}$  کو یوں بیان کیا جاتا ہے

$$(5.5) \quad v_{CM} = \frac{v_{B1} + v_{B2}}{2}$$

یہاں رکے کر تسلی کر لیں کہ  $v_d$  حسابی ایپلینیاٹر کا تفہق برقی دباؤ ہی ہے۔ اسی طرح  $v_{B1}$  حسابی ایپلینیاٹر کا مشترکہ مداہنل جبکہ  $v_{B2}$  اس کا متنی مداہنل ہے۔



شکل ۱.۵: دو نوں مداحنل پر برابر قی دباؤ کی صورت

مثال ۱.۵: شکل ۱.۵ میں

$$V_{CC} = 15 \text{ V} \quad V_{EE} = -15 \text{ V}$$

$$V_B = 3 \text{ V} \quad R_C = 3.9 \text{ k}\Omega$$

$$I = 2 \text{ mA} \quad \alpha = 0.99$$

ہیں۔ تفسیری جوڑی کے تمام برقی دباؤ اور برقی روح حاصل کریں۔

حل: منج رو  $2 \times I = 4 \text{ mA}$  روپیدا کرتی ہے۔ چونکہ دو نوں زنگ انز سفر کے یس سے برابر قی دباؤ یعنی  $3 \text{ V}$  پر ہیں لہذا  $V_{BE} = 0.7 \text{ V}$  لیتے ہوئے

$$v_E = 3 - 0.7 = 2.3 \text{ V}$$

ہو گا اور

$$i_{E1} = i_{E2} = \frac{4 \text{ mA}}{2} = 2 \text{ mA}$$

اور یوں

$$i_{C1} = i_{C2} = \alpha \times 2 \text{ mA} = 0.99 \times 2 \text{ mA} = 1.98 \text{ mA}$$

$$v_{C1} = v_{C2} = 15 - 1.98 \times 10^{-3} \times 3.9 \times 10^3 = 7.3 \text{ V}$$

$$v_o = v_{C2} - v_{C1} = 7.3 - 7.3 = 0 \text{ V}$$

## باب ۵. تفسری ایمپلینیٹر

یہاں منبع روکے سروں پر ۲.۳ V اور ۱۵ V ہونے سے اس پر

$$2.3 - (-15) = 17.3 \text{ V}$$

ہوں گے۔ مزید یہ کہ ٹرانزیستروں کے بیس سروں پر ۳ V جبکہ ان کے گلکشہ سروں پر ۷.۳ V ہونے سے ان کے بیس۔ گلکشہ جوڑالٹ مائل ہیں۔ یوں یہ افزاں نہ خلے میں ہیں جو کہ تفسری جوڑے کے چھج کار کر دی گی کے لئے ضروری ہے۔

---



---

**مثال ۵.۲:** مثال ۱.۵ میں مشترک بر قی دباؤ کی وہ حد معلوم کریں جس پر ٹرانزیستر غیر-افزاں نہ خلے میں داخل ہو جائیں گے۔

حل: اس مثال میں ہم نے دیکھا کہ مشترک بر قی دباؤ مہیا کرنے سے دونوں ٹرانزیستروں میں برابر بر قی روکا گزر ہوتا ہے اور ان کے گلکشہ سروں پر ۷.۳ V پایا جاتا ہے۔ اگر بیس۔ گلکشہ جوڑ پر سیدھی رُخ چالو کر دہ بر قی دباؤ یعنی ۰.۵ V پایا جائے تو ٹرانزیستر غیر-افزاں نہ صورت اختیار کر لیتا ہے۔ یوں ٹرانزیستر اس وقت تک افزاں نہ رہیں گے جب تک ان کے بیس سروں پر تقدیریاً  $(7.3 + 0.5) = 7.8 \text{ V}$  یا اس سے کم مشترک بر قی دباؤ پائی جائے یعنی

$$v_{CM} \leq 7.8 \text{ V}$$


---

## ۵.۱.۲ تفسری اشارہ موجود

آنیں تفسری بر قی اشارہ کو صفر دو لٹے سے بڑھا کر تفسری جوڑے کی کار کر دی گی دیکھیں۔ شکل ۵.۳ الف میں  $v_{B2}$  کو بر قی زمینی صفر دو لٹے پر رکھا گیا ہے جبکہ  $v_{B1} = 0.9 \text{ V}$  رکھا گیا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ اس صورت تفسری جوڑے کے دو اطراف یکساں صورت نہیں رہتے۔ اگر دونوں مداخل پر صفر دو لٹے دے جاتے تب

$$v_{BE1} = v_{BE2} = 0.7 \text{ V}$$

$$v_E = v_B - v_{BE} = 0 - 0.7 = -0.7 \text{ V}$$

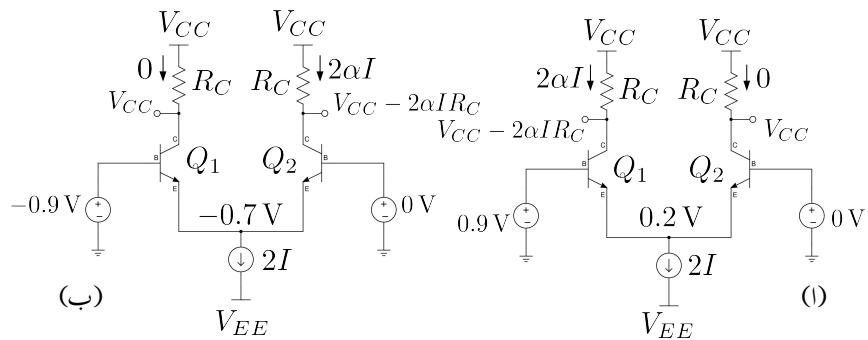
ہوتے ایک مداخل مثلاً  $v_{B2}$  کو صفر دو لٹے پر رکھتے ہوئے اگر  $v_{B1}$  پر بر قی دباؤ بڑھایا جائے تو آپ دیکھ سکتے ہیں کہ  $Q_1$  کا بیس۔ گلکشہ جوڑ سیدھے مائل ہو گا اور

$$v_E = v_{B1} - v_{BE1}$$

رہے گا اس طرح اگر  $v_{B1} = 0.9 \text{ V}$  کر دیا جائے تو

$$v_E = 0.9 - 0.7 = 0.2 \text{ V}$$


---



شکل ۱.۵.۳: تفسیری اشارہ کے موجودگی میں تفسیری جوڑے کی کارکردگی

ہو گا اور یوں  $Q_2$  کے بیس-گلکشن جوڑ پر

$$v_{BE2} = v_{B2} - v_E = 0 - 0.2 = -0.2 \text{ V}$$

برقی دباؤ ہو گا جو اے منقطع رکھ کے گا۔ منقطع رکھ رکھ سیئن برقی رو گا گز مسکن نہیں لہذا اتم ہاتم  $I \times 2$  برقی رو زنر ایز سٹر  $Q_1$  کو مقتول ہو جائے گی یعنی

$$\begin{aligned} i_{E1} &= 2I \\ i_{E2} &= 0 \end{aligned}$$

پول

$$v_{C1} = V_{CC} - 2\alpha I R_C$$

$$v_{C2} = V_{CC}$$

$$v_o = v_{C2} - v_{C1} = +2\alpha I R_C$$

ہوں گے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں تفسیری اشارہ کے موجودگی میں حنارجی برقی دباؤ  $v_0$  کی قیمت صفر دوائے نہیں رہتی۔ حقیقت میں تفسیری جوڑ انہی ایتے کم داخلی تفسیری برقی دباؤ پر ہی تسام کی تسام برقی رو ( $I \times 2$ ) کو ایک زنر ایز سٹر مقتول کر کے  $+2\alpha I R_C$  برقی دباؤ حنارج کر دے گا جس کے بعد تفسیری دباؤ مسزید بڑھانے سے حنارجی برقی دباؤ  $v_0$  میں مسزید تبدیلی مسکن نہیں۔ تفسیری جوڑ کے دونوں دخول صدر دوائے ہونے کی صورت میں برقی دباؤ  $v_E = -0.7 \text{ V}$  ہوتا ہے۔ اب اگر  $v_{B2} = 0 \text{ V}$  رکھتے ہوئے  $v_{B1} = -0.9 \text{ V}$  کر دیا جائے تو  $Q_2$  کا بیس-گلکشن جوڑ سیدھا مائل ہو جائے گا لہذا  $v_E = -0.7 \text{ V}$  ہو گا۔ یوں  $Q_1$  کے بیس سرے پر  $-0.9 \text{ V}$  جبکہ اس کے بیٹھ سرے پر  $-0.7 \text{ V}$  ہونے کی وجہ سے یہ ممکن چھوٹی صورت اختیار کر لے گا۔ یہ صورت شکل ۱.۵.۳ ب میں

دھکائی گئی ہے۔ یوں منبع رو کی تسام برقی رو (یعنی  $I \times 2$ ) ٹرانزسٹر  $Q_2$  کو مقتول ہو جائے گی۔ اس طرح

$$i_{E1} = 0$$

$$i_{E2} = 2I$$

$$v_{C1} = V_{CC}$$

$$v_{C2} = V_{CC} - 2\alpha IR_C$$

$$v_o = v_{C2} - v_{C1} = -2\alpha IR_C$$

ہوں گے۔ شکل ۵.۳۔الف میں ہم نے دیکھا کہ  $v_d = v_{B1} - v_{B2} = 0.9\text{ V}$  کی صورت میں تفرقی جوڑاتام کی تسام برقی رو (یعنی  $I \times 2$ ) کو ایک ٹرانزسٹر میں مقتول کر پکا ہوتا ہے اور یوں یہ  $v_o = +2\alpha IR_C$  حداجنگ کرتا ہے جبکہ شکل ب میں اور تفرقی جوڑاتام کی تسام برقی رو کو دوسرے ٹرانزسٹر میں مقتول کر کے  $v_o = -2\alpha IR_C$  حداجنگ کرتا ہے۔

## ۵.۲ باریکے والی تفرقی اشارہ پر تفرقی جوڑے کی بنیادی کارکردگی

کر خوف کے متanon برائے برقی رو کے تحت  $i_{E1} + i_{E2} = 2 \times I$  رہے گا۔ اب تصور کریں کہ تفرقی جوڑے کو باریکے تفرقی اشارہ  $v_d$  مہیا کیا جاتا ہے۔ باریکے تفرقی اشارہ سے مسراو اتنی  $v_d$  ہے جس سے تام کی تسام برقی رو  $I \times 2$  کی ایک ٹرانزسٹر میں مقتول نہ ہو۔ جیسا شکل ۵.۳ میں دکھایا گیا ہے، ہم اس صورت کو یوں بیان کر سکتے ہیں کہ  $v_d/2 + v_{B1}$  اور  $-v_{B2}/2$  اشارہ بطور  $v_{B1}$  اور  $v_{B2}$  مہیا کیا جاتا ہے یعنی

$$v_{B1} = +\frac{v_d}{2}$$

$$v_{B2} = -\frac{v_d}{2}$$

اگر  $v_{B1}$  اور  $v_{B2}$  دونوں پر صفر وولٹ دے جاتے تو  $i_{E1} = i_{E2} = I$  ہوتا۔ اب جب کوہاکا ہٹھا یا اور  $v_{B2}$  کو گھٹایا گیا ہے تو  $i_{B1}$  میں  $\Delta I$  کا اضافہ ہو گا جبکہ  $i_{B2}$  میں اتنی ہم کی واقع ہو گی۔ تاہم اب ہم یوں  $i_{E1} + i_{E2} = 2I$

$$i_{E1} = I + \Delta I$$

$$i_{E2} = I - \Delta I$$

ہوں گے۔ لہذا

$$i_{C1} = \alpha I_{E1} = \alpha (I + \Delta I)$$

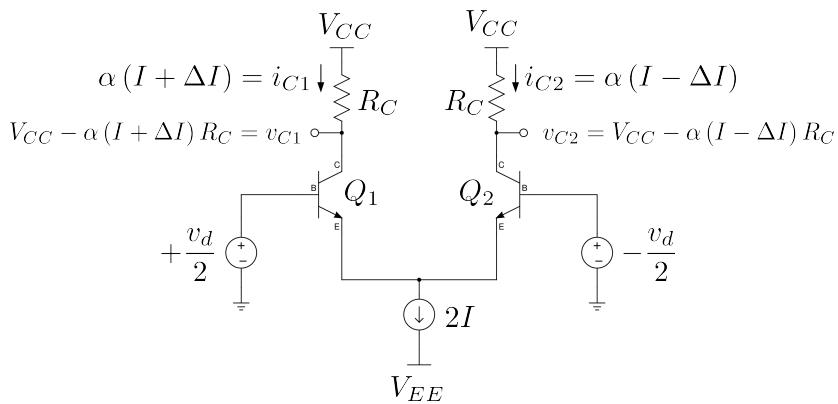
$$i_{C2} = \alpha I_{E2} = \alpha (I - \Delta I)$$

$$v_{C1} = V_{CC} - i_{C1} R_C = V_{CC} - \alpha (I + \Delta I) R_C$$

$$v_{C2} = V_{CC} - i_{C2} R_C = V_{CC} - \alpha (I - \Delta I) R_C$$

$$v_o = v_{C2} - v_{C1} = +2\alpha \Delta I R_C$$

ہوں گے۔ یہاں یہ بات ہے کہ نشین کرنا ضروری ہے کہ تفرقی جوڑے کے ایک ٹرانزسٹر کی برقی رو میں جتنا بھی اضافہ (یا کی) پیدا ہو، دوسرے ٹرانزسٹر میں اتنی ہی کی (یا اضافہ) پیدا ہوتا ہے۔



شکل ۵.۳: باریکے تفسیری اشارے پر صورت حال

### ۵.۳ و سیچ داخنی اشارہ پر تفسیر قی جوڑے کی کارکردگی

اس حصہ میں تفسیر قی جوڑے پر تفصیلی غور کیا جائے گا۔  $Q_1$  کے بیس سرے پر  $v_{B1}$  جبکہ اس کے بیٹھ سرے پر  $v_{E1}$  برقی دباؤ پایا جاتا ہے۔ چونکہ دونوں ٹرانزیستر کے بیٹھ سرے آپس میں جبڑے ہیں لہذا  $v_{E1}$  ہو گا جیسا کہ دباؤ کو  $v_{E1} = v_{E2} = v_E$  لکھ سکتے ہیں۔ اس طرح

$$(5.1) \quad v_{BE1} = v_{B1} - v_{E1} = v_{B1} - v_E$$

ہو گا اسی طرح  $Q_2$  کے لئے ہم لکھ سکتے ہیں

$$(5.2) \quad v_{BE2} = v_{B2} - v_{E2} = v_{B2} - v_E$$

ان برقی دباؤ کو استعمال کر کے ہم لکھ سکتے ہیں

$$(5.3) \quad i_{C1} = I_S \left( e^{\frac{v_{BE1}}{V_T}} - 1 \right) \approx I_S e^{\frac{v_{BE1}}{V_T}} = I_S e^{\frac{v_{B1} - v_E}{V_T}}$$

$$(5.4) \quad i_{C2} = I_S \left( e^{\frac{v_{BE2}}{V_T}} - 1 \right) \approx I_S e^{\frac{v_{BE2}}{V_T}} = I_S e^{\frac{v_{B2} - v_E}{V_T}}$$

یہ

$$(5.5) \quad i_{E1} = \frac{i_{C1}}{\alpha} = \frac{I_S}{\alpha} e^{\frac{v_{B1} - v_E}{V_T}}$$

$$(5.6) \quad i_{E2} = \frac{i_{C2}}{\alpha} = \frac{I_S}{\alpha} e^{\frac{v_{B2} - v_E}{V_T}}$$

## باب ۵۔ تصریف ایک پلینگ ایز

ان مساوات میں  $v_{B1}$  اور  $v_{B2}$  داخلی اشارات ہیں جنہیں آزاد متغیرات تصور کیا جائے جبکہ  $i_{E1}$  اور  $i_{E2}$  تابع متغیرات ہیں جن کا حضور درکار ہے۔ آئیں انہیں حاصل کریں۔ پہلے دتم میں مساوات ۱۰.۵ میں مساوات ۱۰.۵ سے تقسیم کر کے  $v_E$  سے چھکارا حاصل کیا جاتا ہے۔

$$(5.12) \quad \frac{i_{E2}}{i_{E1}} = \frac{\left( \frac{I_S}{\alpha} e^{\frac{v_{B2}-v_E}{V_T}} \right)}{\left( \frac{I_S}{\alpha} e^{\frac{v_{B1}-v_E}{V_T}} \right)} = e^{\left( \frac{v_{B2}-v_{B1}}{V_T} \right)} = e^{-\frac{v_d}{V_T}}$$

جسas ( $v_d$ ) کو لکھا گیا ہے۔ دونوں جانب ایک (۱) جمع کرتے ہیں

$$(5.13) \quad \frac{i_{E2}}{i_{E1}} + 1 = 1 + e^{\frac{v_d}{V_T}}$$

$$(5.14) \quad \frac{i_{E2} + i_{E1}}{i_{E1}} = 1 + e^{-\frac{v_d}{V_T}}$$

چونکہ  $I \times I$  ہوتا ہے لہذا اس مساوات کو یوں لکھ سکتے ہیں

$$(5.15) \quad \frac{2 \times I}{i_{E1}} = 1 + e^{-\frac{v_d}{V_T}}$$

اسے اسکرنے سے تابع متغیر  $i_{E1}$  حاصل ہوتا ہے

$$(5.16) \quad \begin{aligned} \left( \frac{2 \times I}{i_{E1}} \right)^{-1} &= \left( 1 + e^{-\frac{v_d}{V_T}} \right)^{-1} \\ \frac{i_{E1}}{2 \times I} &= \frac{1}{\left( 1 + e^{-\frac{v_d}{V_T}} \right)} \end{aligned}$$

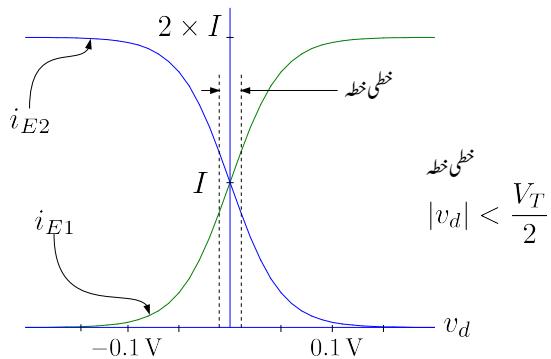
یعنی

$$(5.17) \quad i_{E1} = \frac{2 \times I}{\left( 1 + e^{-\frac{v_d}{V_T}} \right)}$$

اگر ہم مساوات ۱۰.۵ کو مساوات ۱۰.۵ سے تقسیم کرتے تو مندرجہ ذیل مساوات حاصل ہوتا ہے۔

$$(5.18) \quad i_{E2} = \frac{2 \times I}{\left( 1 + e^{+\frac{v_d}{V_T}} \right)}$$

مساوات ۱۰.۵ اور مساوات ۱۰.۵ شکل ۱۰.۵ میں کھینچ گئے ہیں۔



شکل ۵.۵: تفسیری جوڑے کے خط

مثال ۵.۳: صفر دوں تفسیری اشارہ یعنی  $v_d = 0$  اور  $i_{E1} \neq i_{E2}$  حاصل کریں۔  
حل: مساوات ۱۵.۱۸ میں حاصل ہوتے ہیں

$$i_{E1} = \frac{2 \times I}{1 + e^{-\frac{0}{V_T}}} = \frac{2 \times I}{1 + e^0} = \frac{2 \times I}{1 + 1} = I$$

اسی طرح مساوات ۱۵.۱۸ میں حاصل ہوتے ہیں

$$i_{E2} = \frac{2 \times I}{1 + e^{+\frac{0}{V_T}}} = \frac{2 \times I}{1 + e^0} = \frac{2 \times I}{1 + 1} = I$$

مثال ۵.۴: مندرجہ ذیل تفسیری برقی اشارات پر  $i_{E2}$  حاصل کریں۔

.۱

$$v_d = -0.15 \text{ V}$$

.۲

$$v_d = -0.1 \text{ V}$$

۱

$$v_d = 0.1 \text{ V}$$

۲

$$v_d = 0.15 \text{ V}$$

### حل: مساوات ۱۸.۵ کے تحت

۳

$$i_{E2} = \frac{2 \times I}{1 + e^{\frac{-0.15}{0.025}}} = \frac{2 \times I}{1 + 0.0024788} \approx 2 \times I$$

۴

$$i_{E2} = \frac{2 \times I}{1 + e^{\frac{-0.1}{0.025}}} = \frac{2 \times I}{1 + 0.018316} = 0.982 \times 2 \times I$$

۵

$$i_{E2} = \frac{2 \times I}{1 + e^{\frac{+0.1}{0.025}}} = \frac{2 \times I}{1 + 54.598} = 0.018 \times 2 \times I$$

۶

$$i_{E2} = \frac{2 \times I}{1 + e^{\frac{+0.15}{0.025}}} = \frac{2 \times I}{1 + 403.41} = 0.00247 \times 2 \times I \approx 0$$

مثال ۵.۳ سے صاف ظاہر ہے کہ تفسری اشارہ کے عدم موجودگی میں دونوں ٹرانزسٹر میں برابر برقی روپائی جاتی ہے۔ مزید یہ کہ ان برقی روپر مخفیہ اشارہ  $v_{CM}$  کا کسی فتح کا کوئی اثر نہیں۔

مثال ۵.۴ میں  $v_d = -0.1 \text{ V}$  پر  $v_d = -98.2 \text{ V}$  نی صدر برقی رو  $Q_2$  سے گرتی ہے جبکہ  $v_d = 0.1 \text{ V}$  پر صرف ۱.۸ نی صد اس میں سے گرتی ہے۔ اس سے یہ بات واضح ہوتی ہے کہ تفسری اشارہ میں ہر یک تبدیلی سے تفسری جوڑے میں برقی روکی تقسیم بہت زیادہ متاثر ہوتی ہے۔

تفسری جوڑے میں برقی روکو ایک ٹرانزسٹر سے دوسرے ٹرانزسٹر میں مقتل کرنے کی حاضر نہیں۔ کم داخلی تفسری برقی دباؤ رکارہوتا ہے۔ مزید یہ کہ اس تمام عمل میں تفسری جوڑے کے دونوں ٹرانزسٹر افزاں نہ سال رہتے ہیں۔

جیا کہ آپ جانتے ہیں کہ ٹرانزسٹر کے بیس-ہیٹر جوڑ پر اندر ونی کپیٹر  $C_{b'e}$  اور بیس-کلکٹر جوڑ پر اندر ونی کپیٹر  $C_{b'c}$  پائے جاتے ہیں۔ غیر افزاں نہ ٹرانزسٹر میں ان کپیٹروں کے مجموعے کی قیمت، افزاں نہ ٹرانزسٹر

کے نسبت، زیادہ ہوتی ہے۔ ان کپسٹروں میں بار بھرنا یا ان سے بار کے نکای کے لئے وقت درکار ہوتا ہے۔ اس درکار وقت کا دار و مدار کل کپسٹ کی قیمت اور ان دونوں مختلف برقی دباؤ (جن کے مابین اس میں بار بھر اجابت یا بار کی نکای کی جبائے) پر ہوتا ہے۔ تفرقی جوڑا چونکہ ہر صورت افسزاں نہ رہتا ہے لہذا اس کے کپسٹ کی قیمت کم ترین رہتی ہے اور چونکہ اسے چلانے کی خاطر درکار تفرقی اشارہ  $v_d$  کے دو حصوں میں ترتیب بیٹھا ہے اسے استعمال کرتے ہوئے نہیات تیز فرما دووار تخلیق دینا ممکن ہوتا ہے۔ یہی وجہ ہے کہ تیز ترین عددی برقيات (مثلاً ایمپ چرا مولٹیپل) میں بالخصوص اور دیگر تیز ترین برقيات میں بالعلوم تفرقی جوڑا ہی استعمال ہوتا ہے۔

اس حصہ میں ہم تفرقی جوڑے کو بطور ایپلینائز استعمال کریں گے۔ شکل ۵.۵ کو دیکھتے ہوئے معلوم ہوتا ہے کہ دو نقطے دار لکسیروں کے درمیان داخلی اشارہ  $v_d$  اور برقی رو  $i_{E1}$  (یا  $i_{E2}$ ) کے مابین خطی تعلق پایا جاتا ہے یعنی اس خط میں جتنے گنابڑیا یا گٹھیا جبائے  $i_{E1}$  (یا  $i_{E2}$ ) میں اتنے گنائی تبدیلی پیدا ہوتی ہے۔ خطی تعلق کا خط تقریباً

$$(5.19) \quad |v_d| < \frac{V_T}{2}$$

پر پایا جاتا ہے۔ آئیں اس خطی خط پر مسزید غور کریں۔

## ۵.۶. باریکے اشارہ پر تفرقی جوڑے کے کارکردگی پر تفصیلی غور

### ۵.۶.۱. باریکے اشاراتی مساوات

مساوات ۷۴ اور مساوات ۷۵ قطعی مساوات ہیں جن سے تفرقی جوڑے میں برقی رو کی تقسیم حاصل کی جاسکتی ہے۔ اگر ہم شکل ۵.۵ میں دکھائے خطی خطے کی بات کریں تو اس خطے میں برقی رو کی تقسیم کو نہیات سادہ اور خطی مساوات سے بھی حاصل کیا جا سکتا ہے۔ اس حصہ میں ان مساوات کو حاصل کرتے ہیں۔

مساوات ۷۴ کو یہاں دوبارہ پیش کرتے ہیں۔

$$(5.20) \quad i_{E1} = \frac{2 \times I}{1 + e^{-\frac{v_d}{V_T}}}$$

اس مساوات کو  $e^{\frac{1}{2} \frac{v_d}{V_T}}$  سے ضرب اور تقسیم کرتے ہیں۔

$$(5.21) \quad i_{E1} = \left( \frac{2I}{1 + e^{-\frac{v_d}{V_T}}} \right) \left( \frac{e^{\frac{1}{2} \frac{v_d}{V_T}}}{e^{\frac{1}{2} \frac{v_d}{V_T}}} \right) = \frac{2I e^{\frac{1}{2} \frac{v_d}{V_T}}}{e^{+\frac{1}{2} \frac{v_d}{V_T}} + e^{-\frac{1}{2} \frac{v_d}{V_T}}}$$

آپ جانتے ہیں کہ باریکے  $x$  کی صورت میں  $e^{+x}$  اور  $e^{-x}$  کے مکارانہ تسلسل یوں لکھے جاسکتے ہیں۔

$$e^{+x} = 1 + x + \frac{x^2}{2!} + \frac{x^3}{3!} + \dots$$

$$e^{-x} = 1 - x + \frac{x^2}{2!} - \frac{x^3}{3!} + \dots$$

چونکہ خطی نظر میں  $e^{-\frac{v_d}{V_T}}$  اور  $e^{+\frac{v_d}{V_T}}$  کے مکارانہ تسلسل میں پہلے چند جزو کو چھوڑ کر بقایا تام احتجاز کے قیمتیں نہیں کم ہوں گی۔ مساوات ۵.۲۱ میں مکارانہ تسلسل پر کرتے ہیں۔

$$(5.22) \quad i_{E1} = 2I \frac{1 + \frac{1}{2} \frac{v_d}{V_T} \dots}{\left(1 + \frac{1}{2} \frac{v_d}{V_T} \dots\right) + \left(1 - \frac{1}{2} \frac{v_d}{V_T} \dots\right)}$$

$$\approx 2I \frac{\left(1 + \frac{1}{2} \frac{v_d}{V_T} \dots\right)}{2}$$

$$= I \left(1 + \frac{1}{2} \frac{v_d}{V_T}\right)$$

$$= I + \frac{I}{2} \frac{v_d}{V_T}$$

جہاں دوسرے متد پر تسلسل کے صرف پہلے دو جزو رکھے گے۔ یہ سادہ خطی مساوات ہے جس کی تلاش ہے۔ اسکو یوں لکھتے ہیں۔

$$(5.23) \quad i_{E1} = I + \frac{I}{V_T} \frac{v_d}{2}$$

اسی طرح اگر  $i_{E2}$  کی سادہ خطی مساوات حاصل کی جائے تو وہ مندرجہ ذیل ہو گی۔

$$(5.24) \quad i_{E2} = I - \frac{I}{V_T} \frac{v_d}{2}$$

ان نتائج سے حاصل ہوتا ہے

$$(5.25) \quad i_{C1} = \alpha i_{E1} = \alpha I + \frac{\alpha I}{V_T} \frac{v_d}{2}$$

$$i_{C2} = \alpha i_{E2} = \alpha I - \frac{\alpha I}{V_T} \frac{v_d}{2}$$

### ۵.۵. باریک اشارہ پر تفرقی جوڑے کے کارکردگی پر تفصیلی غور

تفرقی اشارہ کے عدم موجودگی، یعنی ۰ کی صورت میں  $i_{E1} = i_{E2} = I$  ہوتے ہیں جو کہ ان ٹرانزسٹر کے لفظ کارکردگی پر برقرار رہے اور  $I_{EQ1}$  اور  $I_{EQ2}$  یعنی طرح ۰ کی صورت میں مساوات ۵.۲۵ کے ساتھ میں ہوتا ہے جو لفظ کارکردگی پر مکمل برقرار رہے ہے جنہیں یا صرف  $I_C$  کے حاصل ہوتا ہے۔ تفرقی اشارہ کے موجودگی میں مساوات ۵.۲۵ میں یک سمت رو کے علاوہ بدلتا رہ جاتی ہے۔ یوں انہیں

$$(5.26) \quad \begin{aligned} i_{C1} &= I_C + \frac{\alpha I}{V_T} \frac{v_d}{2} \\ &= I_C + i_c \\ i_{C2} &= I_C - \frac{\alpha I}{V_T} \frac{v_d}{2} \\ &= I_C - i_c \end{aligned}$$

کھا جاسکتا ہے جبکہ  $i_c$  بدلتا برقرار رہ یعنی

$$(5.27) \quad i_c = \frac{\alpha I}{V_T} \frac{v_d}{2} = \left( \frac{I_C}{V_T} \right) \frac{v_d}{2}$$

ہے۔ آپ صفحہ ۲۷۷ پر دئے گئے مساوات ۳.۱۷۳ کی مدد سے جانتے ہیں کہ  $\frac{I_C}{V_T}$  دراصل  $g_m$  ہے لہذا اسے مزید اس طرح لکھ سکتے ہیں۔

$$(5.28) \quad i_c = g_m \frac{v_d}{2}$$

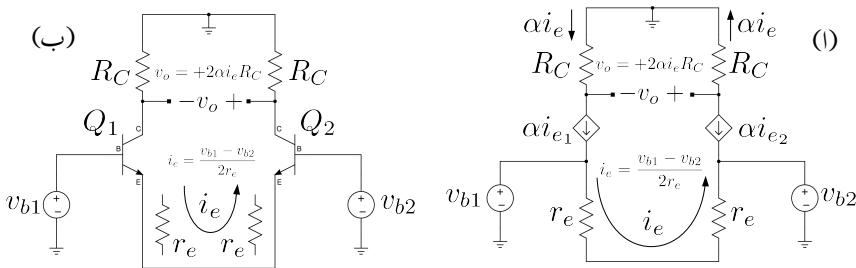
اس طرح مساوات ۵.۲۵ کو یوں لکھ سکتے ہیں۔

$$(5.29) \quad \begin{aligned} i_{C1} &= I_C + g_m \frac{v_d}{2} \\ i_{C2} &= I_C - g_m \frac{v_d}{2} \end{aligned}$$

یہاں رکر شکل ۵.۶ میں دکھائے گئے  $i_{C1}$  اور  $i_{C2}$  کا مساوات ۵.۲۵ میں حاصل کئے گئے قیتوں کے ساتھ موازن کریں۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ  $\alpha \Delta I = \frac{\alpha I}{V_T} \frac{v_d}{2}$  ہے۔ باریک اشارے پر مساوات ۵.۲۸ کی مدد سے تفرقی جوڑے میں برقرار رہے اور  $i_c$  حاصل کی جاسکتی ہے۔ یہ ایک اہم تجربہ ہے جس پر اگلے حصے میں تصریح کیا جائے گا۔

### ۵.۶.۲ برقراری کا حصول بذریعہ ٹرانزسٹر ریاضی نمونہ

گزشتہ حصہ میں مساوات ۵.۲۸ حاصل کی گئی جس کے مدد سے تفرقی جوڑے میں برقرار رہے اور  $i_c$  حاصل کی جاسکتی ہے۔ آئیں اسی مساوات کو انتہائی طریقے سے حاصل کریں۔ شکل ۵.۶ ب میں تفرقی



شکل ۵.۶: ترقی بر قریب کا حصول بذریعہ ریاضی نمونہ

جوڑے کا مساوی بدلتا رو شکل دکھایا گیا ہے جہاں تسامیک سمت منبع برقی دباؤ کو قصر دور اور تسامیک سمت منبع برقی رو کو کھلے سے کیا گیا ہے۔ شکل ۵.۶ الف میں ٹرانزسٹر کے ٹی-ریاضی نمونہ استعمال کر کے اسی کا مساوی دور بنا دیا گیا ہے جہاں سے صاف ظاہر ہے کہ

$$(5.30) \quad i_e = \frac{v_{b1} - v_{b2}}{2r_e} = \frac{v_d}{2r_e}$$

ہو گا جہاں کھلا گیا ہے یہ  $v_{b1} - v_{b2}$  کو  $v_d$  کے برابر ہو گا۔ صفحہ ۲۸۱ پر مساوات ۳.۱۹۲ کے تحت  $r_e = \frac{\alpha}{g_m}$  اس مساوات کو اس طرح لکھ سکتے ہیں۔

$$(5.31) \quad i_e = \frac{g_m v_d}{\alpha} \frac{v_d}{2}$$

اور یوں

$$(5.32) \quad i_c = \alpha i_e = g_m \frac{v_d}{2}$$

اس طرح نہیں آئیں سے اس مساوات کو حاصل کیا گیا۔ یہ مساوات حاصل کرتے وقت ریاضی نمونہ بنانا ضروری ہے۔ شکل ۵.۶ ب میں ایمپ سے کے مزدھات  $r_e$  کو ترقی جوڑے کے اندر جناب دکھایا گیا ہے۔ یہ ایک تصوراتی شکل ہے جسے دیکھ کر آپ ساوات لکھ سکتے ہیں۔

ان دونوں اشکال کو دیکھ کر حسابی برقی دباؤ  $v_o$  حاصل کیا جاتا ہے یعنی

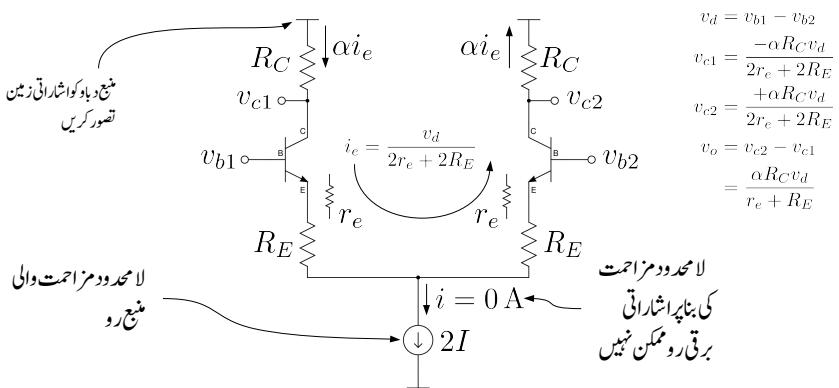
$$(5.33) \quad v_o = +i_c \times 2 \times R_C = +g_m R_C v_d$$

اس مساوات سے تفرقہ افراہٹ بر قریب دباؤ  $A_d = \frac{v_o}{v_d}$  حاصل کی جا سکتی ہے۔

$$(5.33) \quad A_d = \frac{v_o}{v_d} = +g_m R_C$$

differential voltage gain<sup>4</sup>

### ۵.۵. باریک اشارہ پر تفاضلی جوڑے کے کارکردگی پر تفصیلی غور



شکل ۷.۵: اشاراتی برقی رو کے سادہ طریقے کی ایک اور مثال

موجودہ طریقے کی افادیت دیکھنے کی حاصلہ شکل ۷.۵ میں دکھائے تفاضلی ایک پلینیاٹر پر غور کریں جہاں ٹرانزسٹر کے بیٹھ سرے پر بیرونی مزاحمت  $R_E$  نسب کے گے ہیں۔ اس دور کو دیکھ کر ہی ہم لکھ سکتے ہیں۔

$$i_e = \frac{v_d}{2r_e + 2R_E}$$

اس مسادت سے تفرقہ افرائش برقی رو با حاصل ہوتی ہے۔

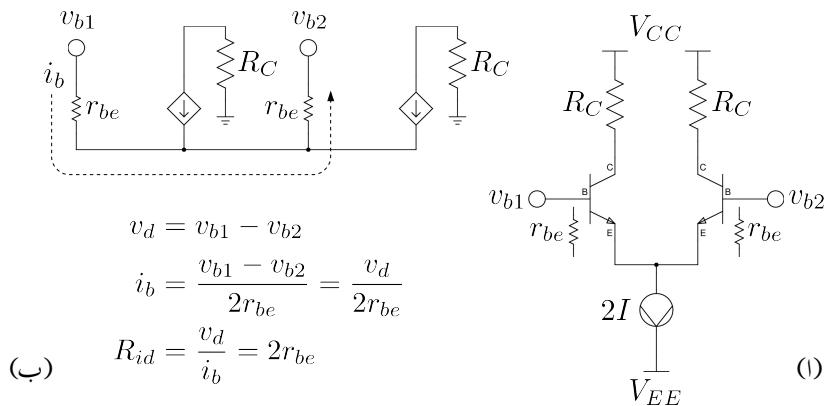
$$(5.35) \quad \begin{aligned} i_c &= \alpha i_e = \frac{\alpha v_d}{2r_e + 2R_E} \\ v_o &= +2i_c R_C = +\frac{\alpha v_d R_C}{r_e + R_E} \\ A_d &= \frac{v_o}{v_d} = +\frac{\alpha R_C}{r_e + R_E} \approx +\frac{R_C}{r_e + R_E} \end{aligned}$$

یاد رہے کہ اشاراتی تحبز یہ کرتے وقت یک سمت برقی رو کو قصر دور جبکہ یک سمت برقی رو کو آزاد سرے کر دیا جاتا ہے۔

### ۵.۶.۳ داخلی تفاضلی مزاحمت

تفاضلی جوڑے میں دونوں ٹرانزسٹر کے  $\pi$  ریاضی نمونہ استعمال کرتے شکل ۷.۸ ب حاصل ہوتا ہے جس سے اس کی داخلی برقی رو  $i_b$

$$(5.36) \quad i_b = \frac{v_{b1} - v_{b2}}{2r_{be}} = \frac{v_d}{2r_{be}}$$



شکل ۵.۸: تفرقی جوڑے کی داخلی تفرقی مزاحمت

اور اس سے تفرقی جوڑے کا داخلی تفرقی مزاحمت<sup>۸</sup> یوں حاصل ہوتا ہے۔

$$(5.37) \quad R_{id} = \frac{v_b}{i_b} = 2r_{be}$$

یہی دو جوابات کل ریاضی نمونہ بنانے کے بغیر بھی حاصل کے جب کہتے ہیں جیسے شکل ۵.۸ میں دکھایا گیا ہے جہاں دونوں ٹرانزیستر کے داخلی مزاحمت<sup>۸</sup>  $r_{be}$  کو ان کے داخلی جابن دکھا کر واضح کیا گیا ہے۔ اسی طریقے کو شکل ۵.۵ میں دکھائے تفرقی جوڑے کے لئے استعمال کرتے ہیں۔ چونکہ اس شکل میں

$$(5.38) \quad i_e = \frac{v_d}{2r_e + 2R_E}$$

ہے لہذا

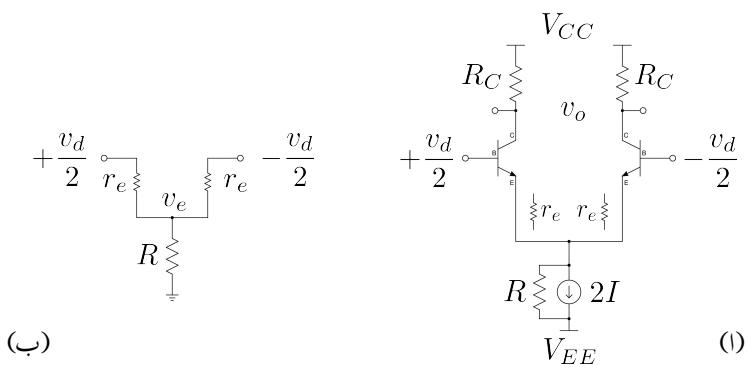
$$(5.39) \quad i_b = \frac{i_e}{\beta + 1} = \frac{1}{\beta + 1} \left( \frac{v_d}{2r_e + 2R_E} \right)$$

ہو گا جس سے داخلی تفرقی مزاحمت<sup>۸</sup> یوں حاصل ہوتا ہے۔

$$(5.40) \quad R_{id} = \frac{v_d}{i_b} = (\beta + 1) (2r_e + 2R_E)$$

اب تک ہم تصور کرتے رہے ہیں کہ تفرقی ایمپلیکیٹر میں استعمال کے جب نے والے یک سمت منبع رو کی اندر ورنی مزاحمت لامحدود ہوتی ہے۔ حقیقت میں پائے جب نے والے یک سمت منبع رو کی اندر ورنی مزاحمت نہایت زیادہ

<sup>8</sup>differential input resistance



شکل ۹: باریک اشاراتی مزاحمت کو زیر نظر رکھتے ہوئے داخنی تفرقی مزاحمت

مگر محمد وہ تو ہے۔ شکل ۵.۹ افے میں یک سمت منبع و کامساڈی نامی پڑھنے دور<sup>۹</sup> استعمال کرتے ہوئے اس کے اندر ورنی باریک اشاراتی مزاجت R کو بھی شامل کیا گیا ہے۔ اس شکل میں ٹانزمشٹر کا اندر ورنی مزاجت  $v_e$  کو قفسی جوڑے کے اندر حباب نہضی طور کھایا گیا ہے۔ شکل ۵.۹ ب میں اس ایپلیفیٹر کے داخلی جانب کاماریکے اشاراتی ایضاً نہیں دکھایا گیا ہے۔ ٹانزمشٹروں کے یہ سرے کا برقی دباؤ  $v_e$  حاصل کرنے کی خاطر اس جوڑ پر کھونے کا شکل نہیں رکھتے ہیں۔

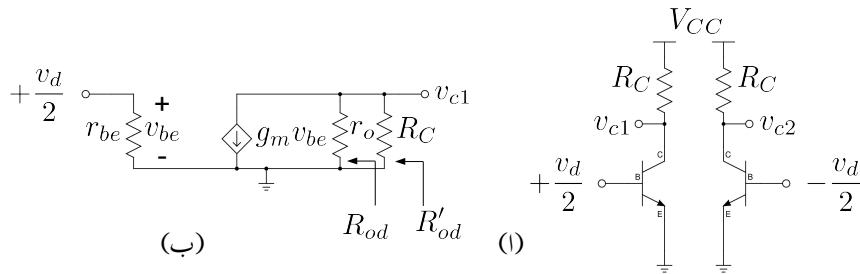
$$(5.41) \quad \frac{v_e - \frac{v_d}{2}}{r_e} + \frac{v_e + \frac{v_d}{2}}{r_e} + \frac{v_e}{R} = 0$$

اس میوات سے حاصل ہوتا ہے۔

$$(5.12) \quad v_e = 0$$

اس نتیجے کے مطابق باریکے تفسری اشارہ  $v_d$  کا  $v_e$  پر کوئی اثر نہیں ہوتا اور  $v_o$  ہر وقت صفر وولٹ یعنی برقی زمین پر رہتا ہے۔ اس حقیقت کو مد نظر رکھتے ہوئے شکل ۹.۵.۶ الف (باریکے تفسری اشارہ کے لئے) مساوی سادہ دو شکل ۹.۵.۷ الف میں دکھایا گیا ہے۔ اس شکل میں تفسری ایپلیفائزر کو دو عدد مشترک ایمپلیفیاٹر تصور کرنا دکھایا گیا ہے جس باعث ہاتھ کے ایپلیفائزر کا داخنی اشارہ  $\frac{v_d}{2}$  اور اس کا خارجی اشارہ  $v_c$  ہے جبکہ دامن ایپلیفائزر کا داخنی اشارہ  $\frac{v_d}{2}$  اور اس کا خارجی اشارہ  $v_{c2}$  ہے۔ شکل بے میں باعث ہاتھ کے ایپلیفائزر کا باریکے اشاراتی ریاضی نمونہ دکھایا گیا ہے جس میں  $r_a$  اندرونی خارجی مزاحمت  $r_o$  کے اثر کو بھی شامل کیا گیا ہے۔ اس ریاضی نمونے سے آدھے دور کا داغلہ باریکے اشاراتی مزاحمت  $r_{be}$  کے برابر حاصل ہوتا ہے۔ تفسری ایپلیفائزر کا داخنی باریکے اشاراتی مزاحمت اس کا داغنہ ہو گا یعنی

$$(5.111) \quad R_{id} = 2r_{be}$$



شکل ۱۰.۵: تفرقی ایکلینیز بطور دو عددی مذکور

اگر  $v_0$  کو  $v_{c1}$  اور  $v_{c2}$  کے مابین ایسا جائے تب تفرقی افزاں برقراری دباؤ

$$(5.33) \quad A_d = \frac{v_o}{v_d} = \frac{v_{c2} - v_{c1}}{v_d} = g_m (R_C \parallel r_o)$$

حاصل ہوتا ہے۔ عموماً  $r_o$  کی قیمت  $R_C$  کے قیمت سے بہت زیاد ہوتی ہے اور یوں اس مساوات کو یوں لکھا جاسکتا ہے۔

$$(5.35) \quad A_{d_{پری}} = \frac{v_{c2} - v_{c1}}{v_d} = g_m R_C = \frac{R_C}{r_e}$$

اس کے برعکس اگر  $v_0$  کو  $v_{c1}$  کو  $v_{c2}$  (یا  $v_{c1}$ ) سے حاصل کیا جائے تب تفرقی افزاں برقراری دباؤ یوں حاصل ہوتی ہے۔

$$(5.36) \quad A_{d_{عکس}} = \frac{v_o}{v_d} = \frac{v_{c1}}{v_d} = -\frac{R_C}{2r_e}$$

شکل ۱۰.۶ ب میں آدھے ایکلینیز کے خارجی تفرقی مزاحمت  $R_{od}$  اور  $R'_{od}$  دکھائے گئے ہیں۔  $R_{od}$  مزاحمت ہے جس میں  $R_C$  کے اڑکوٹ مسل نہیں کی گی یعنی اس میں  $R_C$  کو لامدد و تصور کرتے دور کامزاحمت حاصل کی گیا ہے۔ ہم کہتے ہیں کہ یہ مزاحمت  $R_C$  سے پہلا کامزاحمت ہے۔  $R_{od}$  کی قیمت  $r_o$  ہے۔  $R'_{od}$  آدھے ایکلینیز کا وہ خارجی تفرقی مزاحمت ہے جو ڈائز ٹریکے اندر ہوئی مزاحمت  $r_o$  اور اس کے ساتھ مسلک بیرونی مزاحمت  $R_C$  دونوں کے اڑکوٹ مسل کرتا ہے۔ اس کی قیمت  $(r_o \parallel R_C)$  ہے۔

### ۵.۲.۳ داخلي مشترکہ مزاحمت اور مشترکہ افزاں

شکل ۱۱.۵ اف میں تفرقی جوڑے کو مشترک داخلي اشارہ  $v_{CM}$  فراہم کیا گیا ہے۔ دونوں ہاتھوں کے ڈیزائز ٹروں میں یکساں برقراری  $i_e$  گزرے گی اور یوں

$$(5.37) \quad v_e = (i_{e1} + i_{e2}) R = 2i_e R$$

ہو گا۔ اسی کو شکل بے کے طرز پر بھی بنایا جا سکتا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ اب بھی  $v_e$  کی قیمت وہی ہے لیکن

$$(5.38) \quad v_e = i_e(2R) = 2i_e R$$

اسی طرح دونوں اشکال میں ٹرانزیستروں میں یک سوت بر قی رکی قیمت  $I$  ہی ہے۔ یوں مشترکہ اشارے کے لئے شکل الف کو دیکھاں۔ ایپلیفائر تصور کیا جا سکتا ہے۔ شکل بے سے

$$(5.39) \quad i_e = \frac{v_{CM}}{r_e + 2R}$$

حاصل ہوتا ہے جس سے ایک بازوں کا مشترکہ ممزاحت یوں حاصل ہوتا ہے

$$(5.40) \quad i_b = \frac{i_e}{\beta + 1} = \frac{v_{CM}}{(\beta + 1)(r_e + 2R)}$$

$$R_{icm} = \frac{v_{CM}}{i_b} = (\beta + 1)(r_e + 2R)$$

تفسیری ایپلیفائر کا مشترکہ داخلی ممزاحت اس کے دو گناہ ہو گا یعنی

$$(5.41) \quad R_{icm} = 2(\beta + 1)(r_e + 2R)$$

مزید سے کہ

$$(5.42) \quad v_{c1} = v_{c2} = -\alpha i_e R_C = -\frac{\alpha R_C v_{CM}}{r_e + 2R}$$

حاصل ہوتے ہیں۔ اگر حنارجی اشارہ  $v_0$  کو  $v_{c1}$  اور  $v_{c2}$  کے مابین لیا جائے تو اس کی قیمت صفر ہوں گے اور مشترکہ افراٹ برقی دباؤ اضافہ ہو گا۔ البتہ اگر  $v_0$  کو  $v_{c1}$  (یا  $v_{c2}$ ) سے حاصل کیا جائے تو

$$(5.43) \quad v_0 = v_{c1} = -\frac{\alpha R_C v_{CM}}{r_e + 2R}$$

ہو گا اور مشترکہ اندازش برقی دباؤ

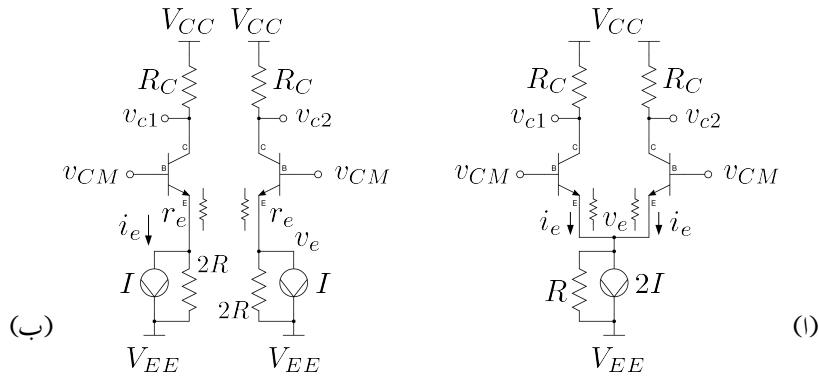
$$(5.44) \quad A_{cm,i} = \frac{v_o}{v_{CM}} = \frac{v_{c1}}{v_{CM}} = -\frac{\alpha R_C}{r_e + 2R}$$

ہو گا۔  $R$  کی قیمت  $R_C$  اور  $r_e$  کے قیمتوں کے بہت زیادہ ہوتا ہے اور یوں مشترکہ اشارہ حقیقت میں بڑھنے کے وجہ سے گھٹتا ہے۔

کامل تفسیری ایپلیفائر صرف تفسیری اشارے کو بڑھا کر حسарج کرتا ہے۔ البتہ حقیقی تفسیری ایپلیفائر غیر کامل ہوتے ہیں۔ مساوات ۵.۳۶ کے تحت

$$A_d v_d = A_d v_o$$

common mode voltage gain<sup>۱۰</sup>



شکل ۱۱.۵: مشترکہ آڈیو دوڑ کا حصول

$$v_o \text{ ہوتا ہے۔ حققت میں تفسیقی ایکلپیغاٹر کے حنارجی اشارہ میں دونوں جبزوں پر چلتے ہیں اور یہاں$$

$$v_o = A_d v_d + A_{cm} v_{CM}$$

ہو گا۔ تفسیقی ایکلپیغاٹر تفسیقی اشارہ کو بڑھاتا ہے جبکہ یہ مشترکہ اشارہ کو کم کرتا ہے۔ مشترکہ اشارہ کو کم کرنے کے صلاحیت "CMRR" کو  $A_d$  اور  $A_{cm}$  کے تناوب سے ناچباتا ہے لیکن

$$(5.56) \quad CMRR = \left| \frac{A_d}{A_{cm}} \right| = \frac{r_e + 2R}{\alpha r_e}$$

جب مساوات ۱۱.۵ اور مساوات ۱۱.۵ کی مدد حاصل کی گئی ہے۔ مشترکہ اشارہ کو کم کرنے کے صلاحیت CMRR کو عموماً مذکور یہ ۱۰<sup>۱۲</sup> میں ناچباتا ہے لیکن

$$(5.57) \quad CMRR = 20 \log \left| \frac{A_d}{A_{cm}} \right|$$

مندرجہ بالا بحث، تفسیقی ایکلپیغاٹر کے دونوں بازوں پر کیا ہونے کے صورت میں درست ہو گا۔ حققت میں عموماً ایسا نہیں ہوتا اور ایکلپیغاٹر کے دونوں بازوں میں منفرد کی بنیا پر مشترکہ حنارجی اشارہ  $v_{c1}$  اور  $v_{c2}$  کے ماہین لیئے کے صورت میں بھی ضرور وابستہ نہیں ہوتا۔ آئیں اس اثر کو زیادہ غورے دیکھیں۔

تصور کریں کہ تفسیقی ایکلپیغاٹر کے دونوں میں استعمال کئے گئے مزاجمت  $R_C$  میں منفرد کے علاوہ دونوں بازوں

common mode rejection ratio CMRR<sup>۱۱</sup>  
decibel dB<sup>۱۲</sup>

بائلکیں یہیں یہیں رہنے والے  $R_{C2} = R_C - \Delta R_C$  اور  $R_{C1} = R_C + \Delta R_C$

$$(5.58) \quad v_{c1} = -\frac{\alpha (R_C + \Delta R_C) v_{CM}}{r_e + 2R}$$

$$v_{c2} = \frac{\alpha (R_C - \Delta R_C) v_{CM}}{r_e + 2R}$$

اور یہیں

$$(5.59) \quad v_o = v_{c2} - v_{c1} = -\frac{\alpha \Delta R_C v_{CM}}{r_e + 2R}$$

$$A_{cm} = \frac{v_o}{v_{CM}} = -\frac{\alpha \Delta R_C}{r_e + 2R}$$

یوں تفرقی ایپلیکیشن کے دو بارہ غیر یکساں ہونے کی صورت میں مشترک افزاش برقی دباؤ صفر نہیں رہتی۔ حنارتی اشارہ  $v_{c2}$  اور  $v_{c1}$  کر مایبن لیتے ہوئے تفرقی ایپلیکیشن کا مشترک اشارہ رد کرنے کے صلاحیت CMRR مساوات ۵.۴۶ اور مساوات ۵.۵۹ کی مدد سے یوں حاصل ہوتا ہے

$$(5.60) \quad CMRR = \frac{g_m (r_e + 2R) R_C}{\alpha \Delta R_C}$$

## ۵.۵ غیر کامل تفرقی جوڑے کا ناقص پن

### ۵.۵.۱ داخلی انحرافی برقی دباؤ

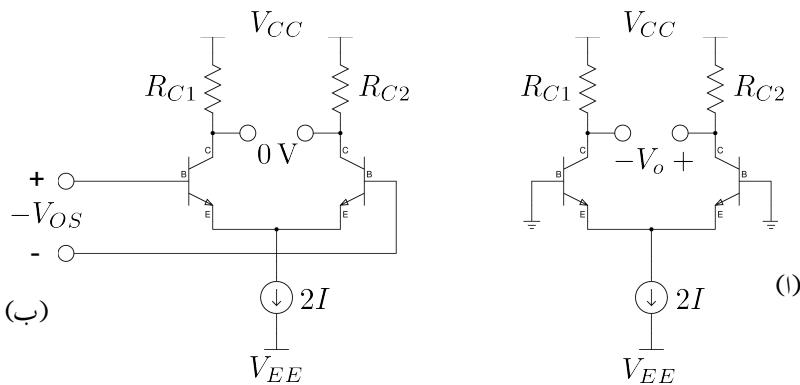
کامل تفرقی جوڑا داخلي برقی دباؤ کی عدم موجودگی (یعنی  $V_{B1} = V_{B2} = 0$ ) کی صورت میں صفر دوبلے کا برقی دباؤ خارج کرتا ہے۔ حقیقی تفرقی جوڑا غیر کامل ہوتا ہے اور اس صورت میں اس کے حنارتی برقی دباؤ صفر دوبلے سے انحراف کرتا ہے اور یہیں یہ صفر دوبلے کے مقابلے  $V_0$  دوبلے خارج کرتا ہے۔ اس برقی دباؤ یعنی  $V_0$  کو فارمیٹ انجرا فہر برقی دباؤ<sup>۱۷</sup> کہتے ہیں۔ حنارتی انحرافی برقی دباؤ کو تفرقی جوڑے کے تفرقی افزاش  $A_d$  سے تقسیم کر کے دالنے انجرا فہر برقی دباؤ<sup>۱۸</sup>  $V_{OS}$  حاصل ہوتا ہے یعنی

$$(5.61) \quad V_{OS} = \frac{V_O}{A_d}$$

مانند ظاہر ہے کہ تفرقی جوڑے کے داخلي جبابد  $-V_{OS}$  مہا کرنے سے حنارتی جبابد صفر دوبلے حاصل ہو گا۔ شکل ۵.۱۲ میں اس کی وضاحت کی گئی ہے۔ انجرا فہر برقی دباؤ تفرقی جوڑے کے مزاحمت  $R_{C1}$  اور  $R_{C2}$  برابر ہونے سے پیدا ہوتا ہے۔ اسی طرح  $Q_1$  اور  $Q_2$  یکساں ہونے سے بھی انجرا فہر برقی دباؤ جسم لیتا ہے۔ آئینہ ان پر غور کریں۔

---

<sup>۱۷</sup> output offset voltage  
<sup>۱۸</sup> input offset voltage



شکل ۱۲.۵: داخلي انحرافی برقي دباؤ

تفسیری جوڑے کے دو ڈاگز سڑک مسل طور پر یہ کام ہونے کی صورت میں اگر اس کے دونوں داخلي سرے برقی زمین پر کھے جائیں (یعنی  $V_{B1} = V_{B2} = 0$ ) تو برقی دباؤ  $I \times 2$  ان میں برابر تقسیم ہو گی۔ اگر  $R_{C1}$  اور  $R_{C2}$  کی قیمتیں بھی بالکل برابر ہوں تو  $V_{C1} = V_{C2} = 0$  اور  $V_o = 0$  ہو گا۔ لبست اگر  $R_{C1}$  اور  $R_{C2}$  کی قیمتیں مختلف ہوں مثلاً

$$(5.22) \quad R_{C1} = R_C + \Delta R_C \\ R_{C2} = R_C - \Delta R_C$$

تب

$$(5.23) \quad V_{C1} = V_{CC} - \alpha I R_{C1} = V_{CC} - \alpha I (R_C + \Delta R_C) \\ V_{C2} = V_{CC} - \alpha I R_{C2} = V_{CC} - \alpha I (R_C - \Delta R_C)$$

ہوں گے اور یہاں

$$(5.24) \quad V_o = V_{C2} - V_{C1} = 2\alpha I \Delta R_C$$

ہو گا۔ یہ غاریج انحرافی برقی دباؤ ہے جس سے داغل انحرافی برقی دباؤ یہاں حاصل ہوتا ہے۔

$$(5.25) \quad V_{OS} = \frac{V_O}{A_d} = \frac{2\alpha I \Delta R_C}{g_m R_C} = \frac{2\alpha I \Delta R_C}{\left(\frac{\alpha I}{V_T}\right) R_C} = 2V_T \frac{\Delta R_C}{R_C}$$

اس مساوات کے حصول میں  $g_m = \frac{\alpha I}{V_T}$  اور  $A_d = g_m R_C$  کا استعمال کیا گیا ہے۔ داخلي انحرافی برقی دباؤ کو بطور مشتبہ عدد لکھا جاتا ہے لئنی

$$(5.26) \quad |V_{OS}| = \left| 2V_T \frac{\Delta R_C}{R_C} \right|$$

آنکے اب ٹرانزسٹر کی سائنس نے سے پیدا نہ رکھتی رہتی دباؤ پر خور کر دیں۔ فرض کر دیں کہ ٹرانزسٹر کے  $I_S$  مختلف ہیں لیکن

$$(5.27) \quad I_{S1} = I_S + \Delta I_S \\ I_{S2} = I_S - \Delta I_S$$

ہیں۔ شکل ۵.۱۲ الف میں ٹرانزسٹر کے بیٹر سرے آپس میں جبکہ ان کے بیس سرے رہتی رہتی زمین پر ہیں۔ یوں  $V_{BE1} = V_{BE2}$  ہے۔ اس صورت ٹرانزسٹر کی رہتی رومندر جبکہ زیل ہوں گی۔

$$(5.28) \quad I_{C1} = (I_S + \Delta I_S) \left( e^{\frac{V_{BE}}{V_T}} - 1 \right) \\ I_{C2} = (I_S - \Delta I_S) \left( e^{\frac{V_{BE}}{V_T}} - 1 \right)$$

ان سے حاصل کرتے ہیں۔

$$(5.29) \quad \frac{I_{C2}}{I_{C1}} = \frac{I_S - \Delta I_S}{I_S + \Delta I_S}$$

دونوں جانب ایک (۱) جمع کرتے ہیں۔

$$(5.30) \quad \frac{I_{C2}}{I_{C1}} + 1 = 1 + \frac{I_S - \Delta I_S}{I_S + \Delta I_S} \\ \frac{I_{C2} + I_{C1}}{I_{C1}} = \frac{2I_S}{I_S + \Delta I_S}$$

چونکہ  $I_{C1} + I_{C2} = 2 \times I \times \alpha$  ہے لہذا اس مادتے سے حاصل ہوتا ہے۔

$$(5.31) \quad I_{C1} = I \times \alpha \left( \frac{I_S + \Delta I_S}{I_S} \right) = \alpha I \left( 1 + \frac{\Delta I_S}{I_S} \right)$$

اسی طرح  $I_{C2}$  کے لئے حاصل ہوگا۔

$$(5.32) \quad I_{C2} = I \times \alpha \left( \frac{I_S - \Delta I_S}{I_S} \right) = \alpha I \left( 1 - \frac{\Delta I_S}{I_S} \right)$$

اور

$$(5.43) \quad \begin{aligned} V_{C1} &= V_{CC} - \alpha I \left( 1 + \frac{\Delta I_S}{I_S} \right) R_C \\ V_{C2} &= V_{CC} - \alpha I \left( 1 - \frac{\Delta I_S}{I_S} \right) R_C \\ V_O &= V_{C2} - V_{C1} = 2\alpha I R_C \frac{\Delta I_S}{I_S} \\ |V_{OS}| &= \left| \frac{V_O}{A_d} \right| = \left| \frac{V_O}{g_m R_C} \right| = \left| \frac{2\alpha I R_C \frac{\Delta I_S}{I_S}}{\frac{\alpha I}{V_T} R_C} \right| = \left| 2V_T \frac{\Delta I_S}{I_S} \right| \end{aligned}$$

ان دو وجہات کے علاوہ دیگر دو وجہات (مثلاً  $\beta$  اور  $r_o$  میں مندرجہ) کے بنا پر بھی انحرافی بر قی با پسیدا ہوتا ہے۔

۵.۵.۲ داخنی میلان بر قی روا اور انحرافی داخنی میلان بر قی رو تفسیری جوڑے کے دونوں بازوں کے مکمل یہاں ہونے کی صورت میں دونوں حبائب برابر یک سمت میلانہ بر قی رو<sup>۱۵</sup> کا گزر ہوتا ہے لیکن

$$(5.44) \quad I_{B1} = I_{B2} = \frac{I}{\beta + 1}$$

البتہ دونوں بازووں میں مندرجہ کی بنا پر دونوں حبائب کی داغلہ میلانہ بر قی رو مختلف ہو سکتی ہیں۔ ایسی صورت میں دونوں حبائب کی داغلہ میلانہ بر قی رو میں مندرجہ، جسے انحرافی داغلہ بر قی رو<sup>۱۶</sup>  $I_{OS}$  کہتے ہیں، کو یوں حاصل کرتے ہیں۔

$$(5.45) \quad I_{OS} = |I_{B1} - I_{B2}|$$

ٹرانزسٹر کے  $\beta$  میں اس کے عسمی قیمت سے انحراف کو دیکھتے ہیں۔ تصور کریں کہ

$$(5.46) \quad \begin{aligned} \beta_1 &= \beta + \Delta\beta \\ \beta_2 &= \beta - \Delta\beta \end{aligned}$$

یہاں جس  $\beta$  اس کی عسمی قیمت ہے اور  $\Delta\beta$  اس عسمی قیمت سے انحراف ہے۔ اس طرح

$$(5.47) \quad \begin{aligned} I_{B1} &= \frac{I}{\beta + \Delta\beta + 1} = \frac{I}{(\beta + 1) \left( 1 + \frac{\Delta\beta}{\beta + 1} \right)} \approx \frac{I}{\beta + 1} \left( 1 - \frac{\Delta\beta}{\beta + 1} \right) \\ I_{B2} &= \frac{I}{\beta - \Delta\beta + 1} = \frac{I}{(\beta + 1) \left( 1 - \frac{\Delta\beta}{\beta + 1} \right)} \approx \frac{I}{\beta + 1} \left( 1 + \frac{\Delta\beta}{\beta + 1} \right) \end{aligned}$$

---

input bias current<sup>۱۵</sup>  
input offset current<sup>۱۶</sup>

$$\frac{1+x+x^2+\cdots}{1-x\sqrt{\frac{1}{1-\frac{x}{x-x^2}}}}$$

$$\frac{x^2-x^3}{\vdots}$$

شکل ۵.۱۳: لبی تقسیم

ہوں گے۔ مساوات ۵.۷۷ کے دوسرے مساوات میں  $x$  کو  $\frac{\Delta\beta}{\beta+1}$  تصور کرتے ہوئے شکل ۵.۱۳ میں دکھائے گئے۔ لبی تقسیم کے طرز پر حل کرتے ہوئے صرف پہلے دو جزو لیتے ہوئے  $\approx 1 + \frac{\Delta\beta}{\beta+1}$  لکھا گیا ہے۔ مساوات ۵.۷۷ کے پہلے مساوات میں بھی یہی ترقیب استعمال کی گئی ہے۔ اس طرح

$$(5.78) \quad I_B = \frac{I_{B1} + I_{B2}}{2} = \frac{I}{\beta+1}$$

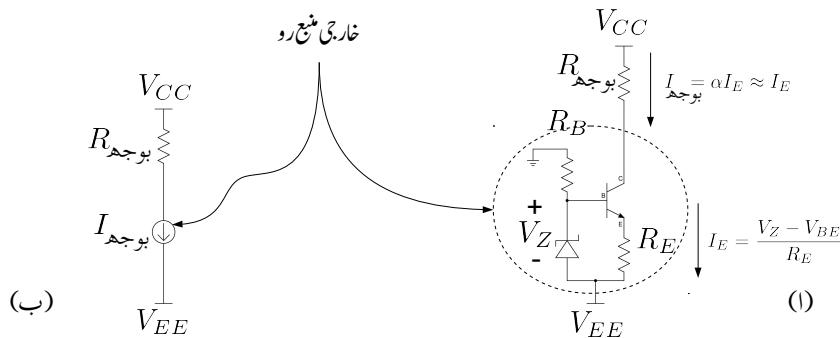
اور

$$(5.79) \quad I_{OS} = \left| \frac{2I}{\beta+1} \left( \frac{\Delta\beta}{\beta+1} \right) \right| = 2I_B \left( \frac{\Delta\beta}{\beta+1} \right)$$

حاصل ہوتے ہیں۔

## ۵.۶ مختلط ادوار میں دو جوڑٹرانزسٹر کے مائل کرنے کے طریقے

ہم نے دو جوڑٹرانزسٹر کو حپار عدد مزاجت کے مدد سے مائل کر کے ان کے نقطے کا درکاری تحسین کرنا دیکھا۔ مختلط دور میں ٹرانزسٹر کے نسبت، مزاجت بتنا زیادہ مہنگا ثابت ہوتا ہے۔ اسی لئے مختلط ادوار میں مزاجت کے استعمال سے گریز کیا جاتا ہے اور ان میں ٹرانزسٹر کو کیکس سخت مٹھ روا کی مدد سے مائل کیا جاتا ہے۔ اس سے پہلے کہ ہم دیکھیں یہ کیا کیا جاتا ہے یہ ضروری ہے کہ کیکس سخت مٹھ روپر غور کیا جائے۔



شکل ۵.۱۳: حداچ کار منع رو

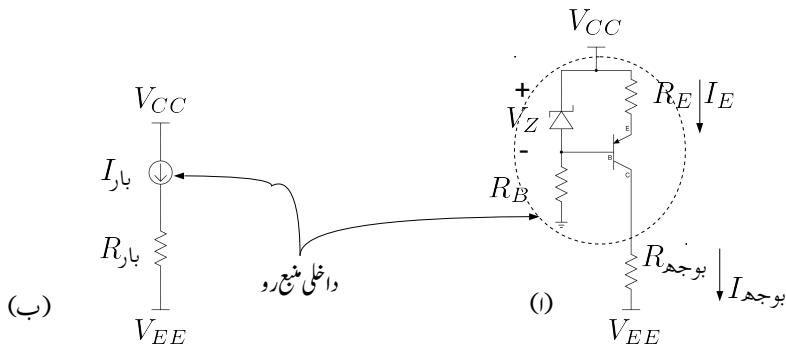
## ۷.۵ یک سمت منع بر قی رو

شکل ۱۳.۱۵ میں  $npn$  ٹرانزسٹر استعمال کرتے ہوئے یک سمت منع رو کا حصول دکھایا گیا ہے۔ اس دور میں،  $\alpha$  کو تقریباً ایک (۱  $\approx$ ) تصور کرتے ہوئے جب تک ٹرانزسٹر افزاں نہ ہے، پوچھ  $I_B$  کا درود ازیں سفرڈیوڈ کے  $V_Z$  اور مذہبیت  $R_E$  پر ہے یعنی

$$I_E = \frac{V_Z - V_{BE}}{R_E}$$

یوں پوچھ  $I$  تبدیل کرنے سے اس میں بر قی رو تبدیل نہیں ہوتی۔ اس سے ہم دیکھ سکتے ہیں کہ پوچھ سے ملکے بھیا دور بطور یک سمت منع رو کام کرتا ہے۔ شکل میں نقطہ دار دائیے میں بندھے کو یک سمت منع رو کہتے ہیں۔ شکل ۱۳.۱۵ ب میں یک سمت منع رو کی علامت (تیر والا دائیہ) استعمال کرتے ہوئے اسی دور کو دوبارہ پیش کیا گیا ہے۔ علامت میں تیر کا نشان مستقل بر قی رو کی سمت دکھلاتا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ اس طرز کے یک سمت منع رو کو استعمال کرتے ہوئے پوچھ کو ثابت بر قی دباد  $V_{CC}$  اور یک سمت منع رو کے مابین نسب کیا جاتا ہے اور یک سمت منع رو کی سمت پوچھ سے یک سمت منع رو کی جانب ہوتی ہے۔ یہاں آپ دیکھ سکتے ہیں کہ پوچھ سے بر قی رو حداچ ہو کر یک سمت منع رو میں داخل ہوتی ہے۔ ایسی یک سمت منع رو پوچھ سے بر قی رو زبرد سقی حداچ کرتی ہے۔ اسی لئے اس دور کا زیادہ مقبول نام غارچ کار منع رو<sup>۱۸</sup> ہے۔ شکل ۱۳.۱۵. الف میں  $pnp$  ٹرانزسٹر پر مبتنی یک سمت منع رو کھایا گیا ہے جبکہ شکل ۱۳.۱۵. ب میں اسی دور کی علامتی شکل دکھائی گئی ہے۔ اس طرز کے یک سمت منع رو کو استعمال کرتے ہوئے پوچھ کو یک سمت منع رو اور منفی بر قی دباد  $V_{EE}$  کے مابین نسب کیا جاتا ہے اور یک سمت منع رو کی سمت یک سمت منع رو سے پوچھ کی جانب ہوتی ہے۔ ایسی یک سمت منع رو پوچھ میں بر قی رو زبرد سقی داخل کرتی ہے۔ اسی لئے اس دور کو داعل<sup>۱۹</sup> کار منع رو<sup>۲۰</sup> بھی کہا جاتا ہے۔

current sink<sup>۱۸</sup>  
current source<sup>۱۹</sup>



شکل ۵.۵: داخلی منبع رو

محنلوٹ ادوار میں عموماً متعدد یک سمت منبع رو در کار ہوتے ہیں۔ وقت کے ساتھ ایسے ادوار کے کارکردگی میں تبدیلی آتی ہے نہ عمر رسیگر کا عمل کہتے ہیں۔ اسی طرح درجہ حرارت اور دیگر دو جہاتے کی بہنا پر بھی ادوار کے کارکردگی میں تبدیلی رونما ہوتی ہے۔ محنلوٹ دور میں استعمال ہونے والے تمام یک سمت منبع رو میں پائے جانے والے اس طرح کے اثرات کو یکساں بنانے کی کوشش کی جاتی ہے۔ یوں ان سے نپٹانے آسان ہوتا ہے۔ آئینے دیکھیں کہ اس طرز کے یک سمت منبع رو کیسے بنائے جاتے ہیں۔

## ۵.۸ آئینہ برقی رو

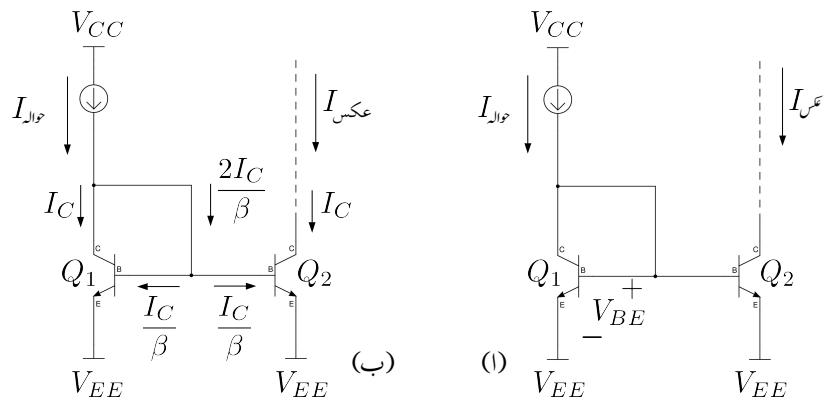
شکل ۵.۶ اف میں آئینہ برقی رو<sup>۱۰</sup> دکھایا گیا ہے۔ تصور کریں کہ دونوں ٹرانزسٹر کے  $\beta$  کی قیمت لامدد ہے اور باعث بادو میں برقی رو حوالہ  $I$  گزر رہی ہے۔  $\beta$  کی قیمت لامدد ہو تو ٹرانزسٹر کے یہیں سرے پر برقی رو  $I_B$  فتابی نظر انداز ہو گی۔ یوں ٹرانزسٹر  $Q_1$  میں برقی رو حوالہ  $I$  اور اس کے یہیں یہیں جوڑ پر برقی رو  $V_{BE}$  پایا جائے گا جہاں

$$(5.80) \quad I_{\text{حوالہ}} = I_S \left( e^{\frac{V_{BE}}{V_T}} - 1 \right)$$

ٹرانزسٹر  $Q_1$  اور  $Q_2$  کے یہیں سرے آپس میں جبڑے ہیں۔ اسی طرح ان کے یہیں سرے بھی آپس میں جبڑے ہیں۔ یوں  $Q_2$  کے یہیں یہیں جوڑ پر برقی رو  $V_{BE}$  پایا جائے گا اس ٹرانزسٹر کے لئے ہم لکھ سکتے ہیں۔

$$(5.81) \quad I_{\text{مس}} = I_S \left( e^{\frac{V_{BE}}{V_T}} - 1 \right)$$

<sup>۱۰</sup> ageing current mirror



شکل ۱۶.۵: آئینہ برقی رو

مساویات ۱۶.۵ کو مساوات ۱۶.۸۰ سے تقسیم کرتے ملتا ہے۔

$$(5.82) \quad \frac{I_س}{I_{حوالہ}} = \frac{I_S \left( e^{\frac{V_{BE}}{V_T}} - 1 \right)}{I_S \left( e^{\frac{V_{BE}}{V_T}} - 1 \right)} = 1$$

$$I_س = I_{حوالہ}$$

یوں عس  $I$  بالکل  $I_{حوالہ}$  کا عکس ہے۔ اس کو یوں بھی بیان کر سکتے ہیں کہ بوجھ میں  $I_{حوالہ}$  کے والے سے برقی رو گزرتی ہے۔ جیسا کہ مثال ۱۶.۵ میں واضح کیا گیا ہے آئینہ برقی رو کی صحیح کارکردگی کے لئے ضروری ہے کہ  $Q_2$  کو افزاں نہ رکھا جائے۔ محمد و  $\beta$  کی وجہ سے عس  $I$  اور  $I_{حوالہ}$  میں معمولی فرق رہتا ہے جس کی شکل بے میں وضاحت کی گئی ہے۔ چونکہ دونوں حبانہ ٹرانزیستر کے بیس-بیٹر جوڑ پر یکساں برقی دباؤ  $V_{BE}$  پایا جاتا ہے لہذا ان دونوں کے گلکشہ سروں پر برابر قی رہے۔  $I_C = I_{C1} = I_{C2}$

$$(5.83) \quad I_{C1} = I_S \left( e^{\frac{V_{BE}}{V_T}} - 1 \right)$$

$$I_{C2} = I_S \left( e^{\frac{V_{BE}}{V_T}} - 1 \right)$$

$$I_{C1} = I_{C2} = I_C$$

اسی طرح ان کے یہیں سروں پر بھی برابر برقی روپائی جائے گی یعنی

$$(5.84) \quad I_{B1} = \frac{I_{C1}}{\beta} = \frac{I_C}{\beta}$$

$$I_{B2} = \frac{I_{C2}}{\beta} = \frac{I_C}{\beta}$$

بائیں بازو کر خونف کے فتوں برائے برقی رو کے تحت

$$(5.85) \quad I_{جاء} = I_C + \frac{2I_C}{\beta} = I_C \left( 1 + \frac{2}{\beta} \right)$$

جبکہ دائیں بازو

$$(5.86) \quad I_{عس} = I_{C2} = I_C$$

یوں

$$(5.87) \quad I_{عس} = \frac{I_{حوالہ}}{1 + \frac{2}{\beta}}$$

ہو گا۔ جیسے آپ دیکھ سکتے ہیں کہ دونوں بازووں کی برقی رو میں ٹرانزسٹر کے یہیں سرے کی برقی رو کی وجہ سے مندرج پایا جاتا ہے۔ شکل ۵.۱۷ میں اس اثر کو مکنے کی ترکیب دکھائی گئی ہے جہاں سے ظاہر ہے کہ

$$(5.88) \quad I_{عس} \approx \frac{I_{حوالہ}}{1 + \frac{2}{\beta^2}}$$

اس مساوات کو مساوات ۵.۸۷ کے ساتھ دیکھیں۔ مندرج کے متدار کو  $\beta$  گستاخ کر دیا گیا ہے۔ اگر شکل ۵.۱۷ میں حوالہ  $I_1$  پیدا کرنے کی حنا طاطرا ایک عدد مزاحمت  $R$  کو  $V_{CC}$  اور  $Q_3$  کے گلشنہ سرے کے درمیان بخوبی جوہری برقی رو کا حوالہ  $I_1$  یوں حاصل ہو گا۔

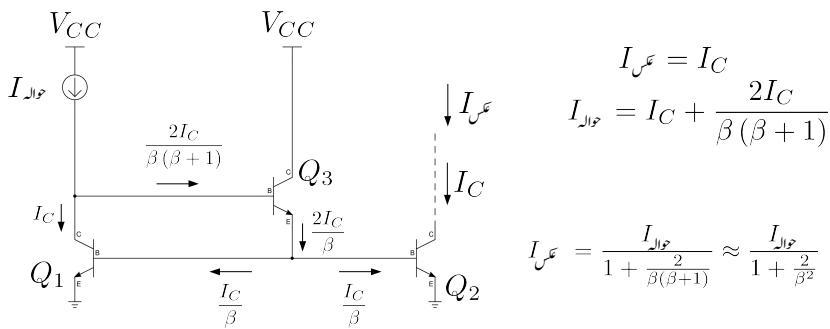
$$(5.89) \quad I_{حوالہ} = \frac{V_{CC} - V_{BE1} - V_{BE3}}{R}$$

مثال ۵.۵: شکل ۵.۱۸ اف میں، نقطہ دار لکیسر میں بند، ایک سادہ خارج کار مستقل برقی رو دکھایا گیا ہے جسے استعمال کرتے ہوئے برقی رو بوجھ  $R$  میں برقی رو عس  $I$  گزاری جا رہی ہے۔ شکل ب میں خارج کار مستقل برقی رو کی علامت استعمال کرتے ہوئے اسی دور کو دوبارہ پیش کیا گیا ہے۔ اگر

$$R = 11.3 \text{ k}\Omega$$

$$R_{بوجھ} = 5 \text{ k}\Omega$$

ہوں تو



شکل ۱.۵: بستہ یک سمت منبع رو

۱. برقی بوجہ  $R$  میں برقی رو  $I_{\text{مع}}$  حاصل کریں۔
  ۲. برقی دباؤ  $V_0$  حاصل کریں۔
  ۳. اگر بوجہ  $R$  کی مسازامت دنی کردار جائے تو  $V_0$  کی قیمت کیا ہوگی۔
  ۴. بوجہ  $R$  کی مسازامت 20 kΩ ہونے کی صورت میں  $V_0$  کی قیمت حاصل کریں۔
  ۵. برقی بوجہ  $R$  کی وہ مسازامت دریافت کریں جس پر ترانزسٹر  $Q_2$  غیر امنزاسدہ حال ہو جاتا ہے۔
  ۶. برقی بوجہ کی مسازامت 40 kΩ کرنے سے کیا نتائج مرتباً ہوں گے۔
- حل:

۱. ترانزسٹر  $Q_1$  کا بھر سرا 12 V - پر ہے جبکہ اس کے بیس - میٹر جوڑ پر 0.7 V پائے جاتے ہیں۔ یہ اس کا بیس سرا 11.3 V - پر ہو گا۔ چونکہ بیس اور مکٹر جوڑے میں لینڈا مکٹر بھی 11.3 V - پر ہو گا۔ یہ مسازامت  $R$  کے ایک سرے پر 11.3 V - ہیں۔ مسازامت کا دوسرا سر ابرقی زمین پر ہے اور یہ اس پر 0 V ہے۔ مسازامت  $R$  میں برقی رو

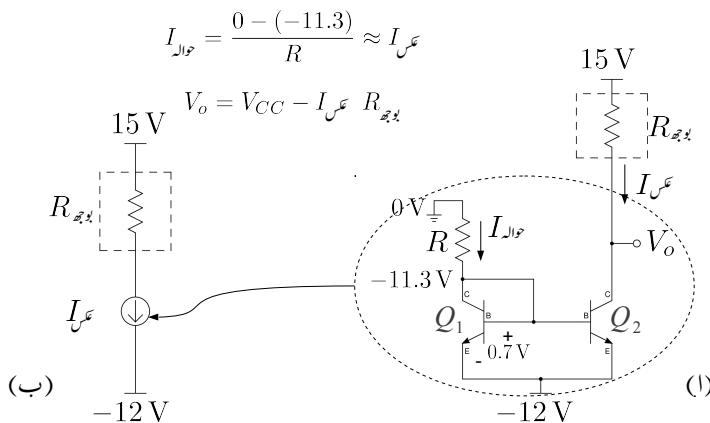
$$I_{\text{مع}} = \frac{0 - (-11.3)}{11300} = 1 \text{ mA}$$

پائی جائے گی۔ برقی بوجہ  $R$  سے بھی ایک ملی ایمپیٹر کی برقی رو گرے گی۔

۲. ترانزسٹر  $Q_2$  کے مکٹر سرے پر برقی دباؤ

$$\begin{aligned} V_0 &= V_{CC} - I_{\text{مع}} R_{\text{بوجہ}} \\ &= 15 - 10^{-3} \times 5 \times 10^3 = 10 \text{ V} \end{aligned}$$

لیا جاتا ہے۔



شکل ۱۸.۵: خارج کار مستقل برقی رو اور اس کی علامت

۳. برقی بوجھ کی مسازحت دگنی یعنی  $10\text{ k}\Omega$  کرنے سے

$$\begin{aligned} V_o &= V_{CC} - I_o R_o \\ &= 15 - 10^{-3} \times 2 \times 5 \times 10^3 = 5\text{ V} \end{aligned}$$

۴. برقی بوجھ کی مسازحت  $20\text{ k}\Omega$  کرنے سے

$$\begin{aligned} V_o &= V_{CC} - I_o R_o \\ &= 15 - 10^{-3} \times 20 \times 10^3 = -5\text{ V} \end{aligned}$$

حوالہ۔

۵. اس مثال کے حبزوں، پپ اور سیں میں ہم دیکھتے ہیں کہ جب برقی بوجھ بوجھ  $R_o$  کی مسازحت بڑھائی جائے تو خارج کار مستقل برقی رو برقی دباؤ  $V_o$  گٹا کر برقی بوجھ میں برقی رو کی قیمت برفت ارکھتا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ اگر برقی بوجھ کی مسازحت اسی طرح بتدریج بڑھائی جائے تو آخنر کار  $Q_2$  غیر افزاں نہ دھنے میں داخل ہو جائے گا اور اس کے لئے  $V_o$  کا مزید گھٹانا ممکن نہ ہو گا۔ ٹرانزسٹر  $Q_2$  غیر افزاں نہ دھنے کے بعد اگر برقی بوجھ کی مسازحت مزید بڑھائی جائے تو اس میں برقی رو گھن شروع ہو جائے گی۔

ٹرانزسٹر  $Q_2$  اس صورت غیر افزاں نہ ہو گا جب اس کے ٹلکٹر-ایٹر سروں کے مابین  $0.2\text{ V}$  پائے جائیں۔ اس صورت میں اگر گز شستہ حبزوں کے مواتت کو بوجھ  $R_o$  کے لئے حل کریں تو حاصل ہوتا

۷

$$15 = I_{\text{امپلینیٹر}} R_{\text{بوجہ}} + V_{\text{CE}} \quad 12$$

$$15 = 10^{-3} \times R_{\text{بوجہ}} + 0.2 - 12$$

$$R_{\text{بوجہ}} = \frac{15 + 12 - 0.2}{10^{-3}} = 26.8 \text{ k}\Omega$$

۶۔ ہم نے دیکھا کہ حنارج کار مستقل برقی رو  $26.8 \text{ k}\Omega$  کے برقی بوجہ تک کے مزاجمت میں مستقل برقی رو برقرار رکھ سکتا ہے۔ برقی بوجہ کے مزاجمت کو مزید بڑھانے سے برقی بوجہ میں رو اور برقی رو گھٹنا شروع ہو جاتی ہے۔  $40 \text{ k}\Omega$  کے برقی بوجہ کے لئے

$$15 = I R_{\text{بوجہ}} + V_{\text{CE}} \quad 12$$

$$15 = I \times 40 \times 10^3 + 0.2 - 12$$

$$I = \frac{15 + 12 - 0.2}{40 \times 10^3} = 0.67 \text{ mA}$$

ہم دیکھتے ہیں کہ برقی رو کی قیمت، مثلاً  $I$  سے گھٹے جاتی ہے اور حنارج کار مستقل برقی رو صحیح کار کردگی نہیں کر پاتا۔

شکل ۵.۱۹ الف میں  $n-p-n$  ٹرانزسٹروں پر مبنی حنارج کار مستقل برقی رو کھایا گیا ہے۔ یہ دور نقطہ دار کسی رکی جگہ نسب مطلوب دور میں مستقل برقی رو عس  $I$  گزارتا ہے۔ اس شکل کے لئے ہم لکھ سکتے ہیں۔

$$V_{CC} = I_{\text{حوالہ}} R + V_{BE} + V_{EE}$$

$$I_{\text{حوالہ}} = \frac{V_{CC} - 0.7 - V_{EE}}{R}$$

شکل ب میں ای کامساوی  $p-n-p$  ٹرانزسٹروں پر مبنی داحصل کار مستقل برقی رو کھایا گیا ہے۔ یہ دور نقطہ دار کسی رکی جگہ نسب مطلوب دور میں مستقل برقی رو عس  $I$  گزارتا ہے۔

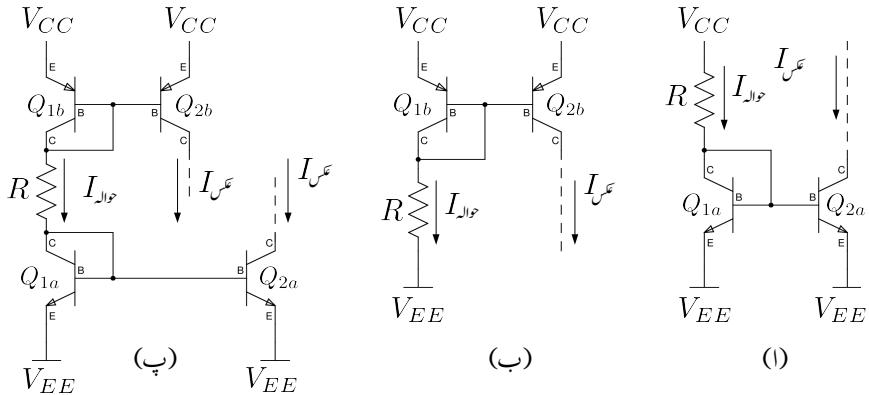
شکل پ میں ان دونوں ادوار کو یوں جوڑا گیا ہے کہ ایک ہی مزاجمت دونوں یک سمت منع رو کے عس  $I$  کا تعین کرتا ہے۔ اس دور کے لئے ہم لکھ سکتے ہیں۔

$$V_{CC} = V_{EB} + I_{\text{حوالہ}} R + V_{BE} + V_{EE}$$

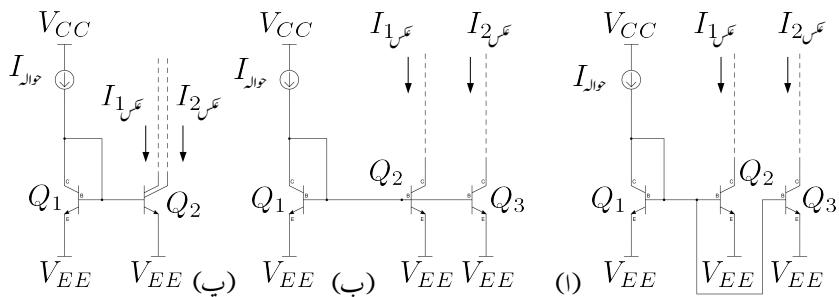
$$I_{\text{حوالہ}} = \frac{V_{CC} - 0.7 - 0.7 - V_{EE}}{R} = I_{\text{منع رو}}$$

### ۵.۸.۱ متعدد یک سمت منع رو

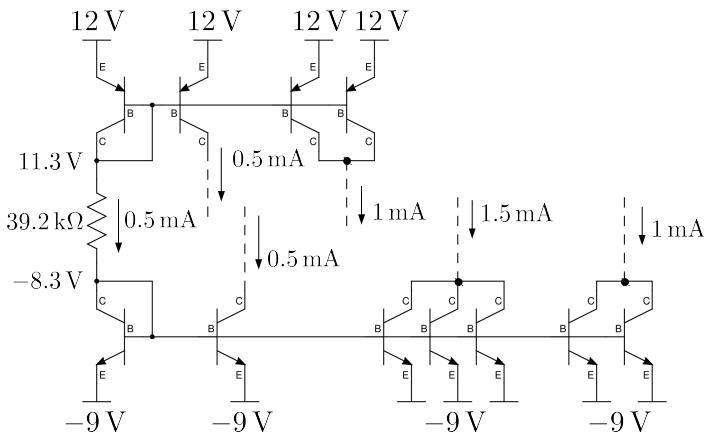
شکل ۵.۱۶ میں تیسرا ٹرانزسٹر یعنی  $Q_3$  کے شمولیت سے شکل ۵.۲۰ الف حاصل ہوتا ہے۔ چونکہ  $Q_3$  کے بیس-یونٹ جوڑ پر بھی  $Q_1$  اور  $Q_2$  کے برابر  $V_{BE}$  پیا جاتا ہے لہذا اس میں بھی بالکل انہیں کے برابر  $I_C$  برقی رو پائی جائے گی۔ آئیں دیکھتے ہیں کہ اس دور میں محدود  $\beta$  کی صورت میں ہم لکھ سکتے ہیں کہ



شکل ۱۹.۵: یک سمت منع رو کے مختلف ادوار



## شکل ۲۰.۵: دو عکس کا حصول



شکل ۵.۲۱: متعدد یک سمت منبع دو

$$(5.90) \quad I_{\text{م}} = I_{\text{م}_1} = I_{\text{م}_2} = I_{\text{م}} = I_C$$

$$(5.91) \quad I_{\text{حوالہ}} = I_C + \frac{3I_C}{\beta}$$

اور یوں

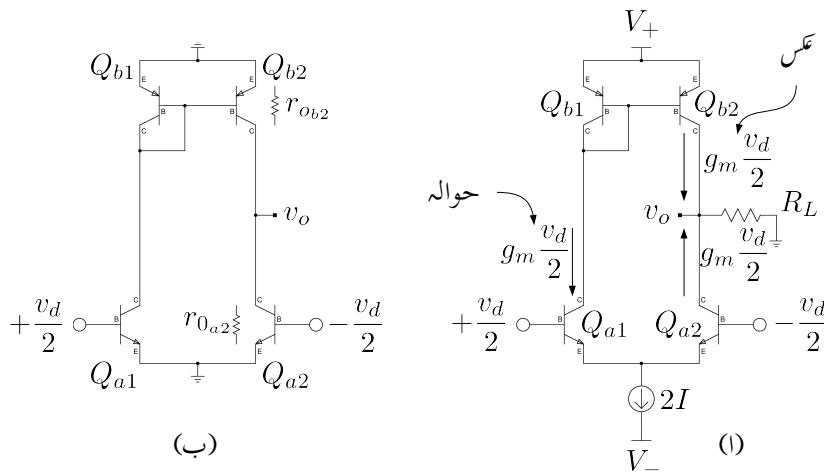
$$(5.92) \quad I_{\text{م}} = \frac{I_{\text{حوالہ}}}{1 + \frac{3}{\beta}}$$

اس دور کو عموماً شکل ۵.۲۰ ب یا شکل ۵.۲۰ پ کے طرز پر صاف اور شفاف طریقے سے بنایا جاتا ہے۔ شکل پ میں ایک ہی ٹرانزسٹر کے دو گلکٹر دکھائے گئے ہیں۔ اس سے مراد دو ٹرانزسٹر لینا چاہیے جس کے یہیں آپس میں جبڑے ہیں اور اسی طرح اس کے پھر بھی آپس میں جبڑے ہیں جبکہ دونوں کے گلکٹر آپس میں نہیں جوڑے گئے ہیں۔

ای جبڑے کو آگے بڑھاتے ہوئے ایک ایسے یک سمت منبع رو جو  $n$  عکس بناتا ہو کے لئے مساوات ۵.۹۲ کی صورت یوں ہوگی۔

$$(5.93) \quad I_{\text{م}} = \frac{I_{\text{حوالہ}}}{1 + \frac{n+1}{\beta}}$$

شکل ۵.۲۱ میں دو یادو سے زیادہ ٹرانزسٹر جوڑ کر حاصل عکس کو دیکھنا یا اس سے بھی بڑھانا دکھایا گیا ہے۔



شکل ۵.۲۲: ترانزسٹر بوجھ سے لد اور جوڑ ترانزسٹر والے تفسیری ایمپلیفیاٹر

### ۵.۹ ترانزسٹر بوجھ سے لد اور جوڑ ترانزسٹر کا تفسیری ایمپلیفیاٹر

جیسا کہ پہلے بھی ذکر کیا گیا، مختلط ادوار بناتے وقت کو شش کی جاتی ہے کہ مزاحمتوں کا استعمال کم کے کم کیا جائے۔ جیسا کہ شکل ۵.۲۲ الف میں دکھایا گیا ہے، مختلط ادوار میں استعمال ہونے والے تفسیری ایمپلیفیاٹر کے خارجی جانب مزاحمت  $R_C$  کی جگہ آئندہ برقی رو استعمال کیا جاتا ہے۔

یک سمت منع روکل  $I \times 2$  برقی رو جبڑہ ترانزسٹروں سے گزارتا ہے۔ یوں داخنی تفسیری برقی اشارہ کے عدم موجودگی میں ایمپلیفیاٹر کے ترانزسٹر  $Q_{a1}$  اور  $Q_{a2}$  میں یک سمت برقی رو  $I$  گزرا کر انہیں مائل کرتی ہے۔ اور  $Q_{b1}$  اور  $Q_{b2}$  جو کہ آئینہ برقی رو میں، بطور برقی بوجھ استعمال کے لئے گئے ہیں۔  $Q_{b1}$  کی برقی رو کو دیکھ کر اس کا عسکری برقی رو پیدا کرتا ہے۔ چونکہ  $Q_{b1}$  سے وہی برقی رو گزرتی ہے جو  $Q_{a1}$  سے گزرتی ہے لہذا  $I$  بطور حوالہ استعمال ہو گا اور  $Q_{b2}$  اس کے برابر (یعنی  $I$ ) عسکری برقی رو پیدا کرے گا۔ چونکہ  $Q_{a2}$  میں بھی  $I$  برقی رو گزرتی ہے لہذا  $Q_{b2}$  کی پیدا کردہ تسام کی تسام برقی رو  $Q_{a2}$  سے ہی گزرتے گی اور یوں بیرونی برقی مزاحمت  $R_L$  میں صفر برقی رو گزرتے گی۔ یوں  $v_o$  صفر ولٹ ہو گا۔ اب تصور کریں کہ تفسیری برقی اشارہ  $v_d$  میا کیا جاتا ہے۔  $Q_{a1}$  اور  $Q_{a2}$  میں بدلت برقی رو  $\frac{v_d}{2}$  پیدا ہو گی جن کی سمتیں شکل میں دکھائی گیں۔  $Q_{a1}$  کا برقی رو (یعنی  $\frac{v_d}{2}$ ) ترانزسٹر  $Q_{b1}$  سے بھی گزرتا ہے اور یوں  $Q_{b2}$  اس کا عسکری برقی رو کے مطابق اضافے سے  $\frac{v_d}{2}$  کی برقی رو دا حصل ہوتی ہے۔ یوں اس جوڑ پر کل داخنی برقی رو کی مقدار  $g_m v_d$  ہے۔ کرخوف کے قانون برائے برقی رو کے مطابق اتنی ہی برقی رو اس جوڑ سے باہر نکلے گی۔ یوں بوجھ  $R_L$  میں برقی رو میں کی جانب گزرتے گی اور یوں

$$(5.93) \quad v_o = \left( g_m \frac{v_d}{2} + g_m \frac{v_d}{2} \right) R_L = g_m R_L v_d$$

ہو گا اور تفسری امنز اش بر قی دباؤ

$$(5.95) \quad A_d = \frac{v_o}{v_d} = g_m R_L$$

۔۔۔

مدادت ۵.۹۳ پر دوبارہ غور کریں۔ اس میں  $\frac{v_d}{2}$  ایک مرتبہ تفسری جوڑے کی وجہ سے اور دوبارہ آئینے کی وجہ سے ہے۔ یوں آئینے کے دو کردار ہیں۔ یہ بطور بر قی بوجھ استعمال ہوتا ہے اور ساتھ ہی ساتھ اس کی وجہ سے تفسری ایپلینیاٹر کی امنز اش بر قی دباؤ ہو جاتی ہے۔

شکل ۵.۲۲ کا  $R_L$  نے استعمال کرتے ہوئے اس کی امنز اش حوصلہ کرنے کی خاطر اس کا باریک اشارتی دور شکل ب میں دکھایا گیا ہے جہاں ٹرانزیستر  $Q_{a2}$  اور  $Q_{b2}$  کے اندر ونی حنارتی مزاحمت  $r_o$  کو ان کے باہر دکھا کر واضح کیا گیا ہے۔ شکل ب میں ٹرانزیستر  $Q_{a2}$  اور  $Q_{a1}$  کے لیے ٹرانزیستر کو بر قی ز میں پر دکھایا گیا ہے۔ تفسری اشارے کے لئے ایسا کرنا ممکن ہے۔ اس حقیقت کو مدادت ۵.۹۲ میں صحیا گیا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ  $R_L$  کی جگہ دونوں ٹرانزیستروں کے حنارتی مزاحمت متوازی حصے ہیں اور یوں مدادت ۵.۹۵ کو اس طرح لکھ سکتے ہیں۔

$$(5.96) \quad A_d = g_m (r_{o_{b2}} \parallel r_{o_{a2}})$$

اگر  $r_{o_{b2}}$  اور  $r_{o_{a2}}$  برابر ہوں یعنی  $r_{o_{b2}} = r_0 = r_{o_{a2}}$  تب اس مدادت کو مزید سادہ صورت دی جا سکتی ہے یعنی

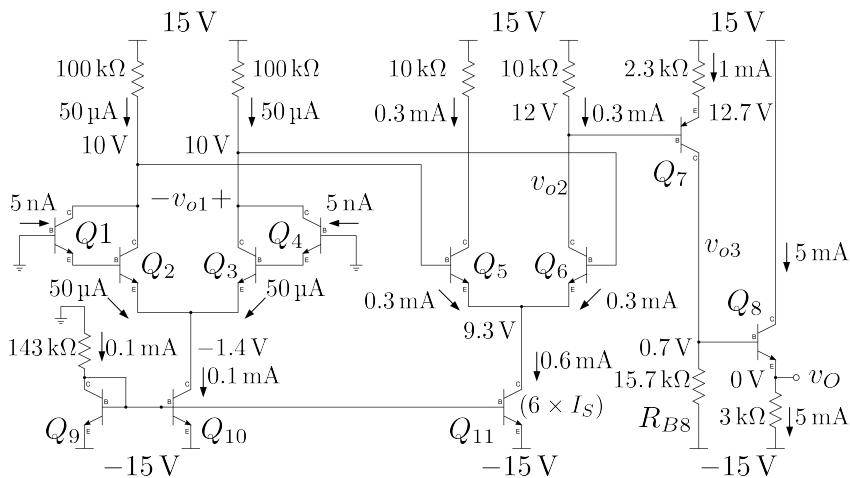
$$(5.97) \quad A_d = \frac{g_m r_0}{2} = \frac{1}{2} \left( \frac{I_C}{V_T} \right) \left( \frac{V_A}{I_C} \right) = \frac{V_A}{2V_T}$$

جہاں  $g_m$  کو  $\frac{I_C}{V_T}$  اور  $r_0$  کو  $\frac{V_A}{I_C}$  لکھا گیا ہے۔  
 $V_A = 50\text{ V}$

$$A_d = \frac{50}{25 \times 10^{-3}} = 2000 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

حوصلہ ہو گا۔ مدادت ۵.۹۶ کے مطابق  $r_{o_{a2}}$  اور  $r_{o_{b2}}$  کی قیمت بڑھ کر تفسری ایپلینیاٹر کی امنز اش مزید بڑھائی جا سکتی ہے۔

مثال ۵.۹۵: شکل ۵.۲۳ میں حسابی ایپلینیاٹر کا بیان دی دو دکھایا گیا ہے جہاں ٹرانزیستر کا  $\beta = 100$  ہے۔  $Q_1$  کا بیس اور  $Q_4$  کا بیس حسابی ایپلینیاٹر کے دو داخلی سرے ہیں جنہیں بر قی ز میں پر دکھایا گیا ہے جبکہ  $Q_8$  کا بیس حسابی ایپلینیاٹر کا حنارتی سرے ہے۔



شکل ۵.۲۳: حسابی ایمپلینیٹر کا بنیادی دور

۰ تمام یک سمت متغیرات حاصل کریں۔

۰ داخلی میلان بر قی  $I_B$  حاصل کریں۔

حل: پہلے حسابی ایمپلینیٹر کے مختلف حصے پہچانے کی کوشش کرتے ہیں۔  $Q_1$ ,  $Q_2$ ,  $Q_3$ ,  $Q_4$ ,  $Q_5$ ,  $Q_6$ ,  $Q_7$ ,  $Q_8$  اور  $Q_9$  کا مزاجت آئینہ بر قی رو بنتے ہیں۔  $Q_{11}$  بھی  $Q_9$  کے بر قی رو کا عس پیش کرتا ہے۔  $Q_1$  اور  $Q_2$  مسل کر ایک ڈار لسنگن جوڑی بناتے ہیں۔ اسی طرح  $Q_3$  اور  $Q_4$  دوسری ڈار لسنگن جوڑی ہے۔ یہ دو ڈار لسنگن مسل کر پہلا یا داخلی تفسیری ایمپلینیٹر بناتے ہیں۔  $Q_6$  اور  $Q_5$  دوسرا تفسیری ایمپلینیٹر ہے۔  $Q_7$ ,  $Q_8$  اور  $Q_9$  کا مزاجت  $15.7 \text{ k}\Omega$  اور  $2.3 \text{ k}\Omega$  مسل کر کے سمت بر قی دباؤ کی یقینت تبدیل کرتے ہیں جبکہ  $Q_8$  اور  $3 \text{ k}\Omega$  خارجی ہے۔  $Q_9$  کے عس پر

$$V_{B9} = -15 + V_{BE} = -14.3 \text{ V}$$

ہیں۔ اس کے گلکش پر بھی بھی بر قی دباؤ ہے لہذا  $143 \text{ k}\Omega$  کے فتاون سے  $143 \text{ k}\Omega$  مزاجت میں

$$\frac{0 - (-14.3)}{143000} = 0.1 \text{ mA}$$

ہے۔  $Q_{11}$  کے گلکش پر بھی بھی بر قی رو پیا جائے گا جبکہ  $Q_{11}$  کے گلکش پر چھ گناہ زیادہ بر قی رو یعنی  $0.6 \text{ mA}$  پیا جائے گا۔ پہلی تفسیری جوڑی میں  $0.1 \text{ mA}$  بر ابر تقسم ہو گا جبکہ  $Q_3$  اور  $Q_2$  دونوں کا  $A_{CE} = 50 \mu\text{A}/\text{mA}$  ہو گا جبکہ ان کے عس پر  $\frac{50 \mu\text{A}}{\beta}$  یعنی  $0.5 \mu\text{A}$  پیا جائے گا۔ اگر پہلی تفسیری جوڑی میں ڈار لسنگن استعمال نہ کیا جاتا تب

## باب ۵۔ تفسیری ایمپلیکیٹر

حسابی ایمپلیکیٹر کا داخنی میلان بر قی رہ گئی  $0.5 \mu\text{A}$  ہوتا۔  $Q_2$  کا یہس برقی رو  $I_E$  کا یہس برقی رو  $Q_3$  کا یہس برقی رو  $Q_4$  کا یہس برقی رو  $\frac{0.5 \mu\text{A}}{\beta}$  یعنی  $5 \text{nA}$  ہے۔ یوں ڈار لینگٹن کے استعمال سے حسابی ایمپلیکیٹر کے داخنی میلان بر قی رو کو  $0.5 \mu\text{A}$  سے کم کرتے ہوئے  $5 \text{nA}$  کے گلکش پر کر دیا گیا۔  $Q_2$  کے گلکش پر

$$V_{C2} = 15 - I_{C2}R_{C2} = 15 - 50 \times 10^{-6} \times 100 \times 10^3 = 10 \text{ V}$$

پیا جائے گا اسی طرح  $Q_3$  کے گلکش پر بھی  $10 \text{ V}$  پیا جائے گا۔ چونکہ  $Q_1$  کا یہس برقی زمین پر ہے لہذا  $V_B = 0 \text{ V}$  ہے جبکہ اس کا یہٹر  $-0.7 \text{ V}$  ہے۔ اس طرح  $Q_2$  کا یہس  $-0.7 \text{ V}$  ہے اور یوں اس کا یہٹر  $-1.4 \text{ V}$  ہے۔ اور  $Q_6$  کے یہٹر  $0.6 \text{ mA}$  پر برابر تقسیم ہو گا۔ یوں

$$I_{E5} = I_{E6} = \frac{0.6 \times 10^{-3}}{2} = 0.3 \text{ mA}$$

پیا جائے گا۔ یوں ان کے یہس پر  $\frac{0.3 \text{ mA}}{\beta}$  یعنی  $3 \mu\text{A}$  پیا جائے گا۔ حقیقت میں  $3 \mu\text{A}$  اور  $50 \text{k}\Omega$  سل کر  $100 \text{k}\Omega$  سے گزرتے ہیں۔ ہم نے پہلی تفسیری جوڑی میں  $3 \mu\text{A}$  کو نظر انداز کیا ہے۔ اگر اس کو بھی شامل کیا جائے تو پہلی جوڑی کے گلکش پر  $9.7 \text{ V}$  پیا جائے گا۔ فتم و گاعنے پر جلد حساب کتاب کرتے وقت عموماً اسی طرح یہس پر پائے جاتے ہوئے ہوئے ہے۔ ہم اسی لئے اس کو نظر انداز کرتے ہوئے  $10 \text{ V}$  کے جواب کوئی صحیح تسلیم کرتے ہوئے آگے بڑھتے ہیں۔ اس طرح  $Q_5$  اور  $Q_6$  کے یہٹر پر

$$V_E = V_B - V_{BE} = 10 - 0.7 = 9.3 \text{ V}$$

پیا جائے گا جبکہ ان کے گلکش پر

$$V_C = 15 - 0.3 \times 10^{-3} \times 10000 = 12 \text{ V}$$

پیا جاتا ہے۔ یوں  $V_{CE5} = V_{CE6} = 2.7 \text{ V}$  ہے اور دونوں ٹرانزستروں کی منزدہ ہیں۔ چونکہ حسابی ایمپلیکیٹر کے دونوں داخنی سرے برقی زمین پر ہیں لہذا ہم توقع کرتے ہیں کہ یہ صفت دوں ٹرانزستروں کے چکارہ حاصل کیا جائے گا۔ یہاں ہم دیکھ رہے ہیں کہ دوسرا تفسیری ایمپلیکیٹر  $12 \text{ V}$  خارج کر رہا ہے۔ یہ ضروری ہے کہ کسی طرح اس بر قی دباؤ کے چکارہ حاصل کیا جائے گا۔  $Q_7$  کے یہس میں مدد کرتے ہیں۔  $Q_7$  کے یہس پر  $12 \text{ V}$  ہونے کی وجہ سے اس کے یہٹر پر

$$V_{E7} = V_{B7} + V_{EB7} = 12 + 0.7 = 12.7 \text{ V}$$

ہوں گے۔ یوں اوہم کے قانون کی مدد سے  $2.3 \text{k}\Omega$  میں

$$\frac{15 - 12.7}{2300} = 1 \text{ mA}$$

اوگا جو  $15.7 \text{k}\Omega$  سے گزرتے ہوئے اس پر

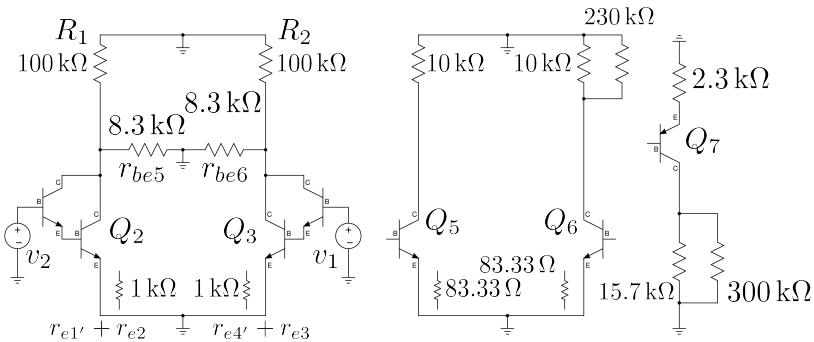
$$10^{-3} \times 15700 = 15.7 \text{ V}$$

$$A_{d1} = \frac{\sum R_C}{\sum R_E} = 7.66 \text{ V/V}$$

$$A_{d2} = -\frac{1}{2} \frac{\sum R_C}{\sum R_E} = -60 \text{ V/V}$$

$$A_{d3} = -6.826 \text{ V/V}$$

$$A_{d4} \approx 1 \text{ V/V}$$



شکل ۵.۲۳

کابر قی دا پیدا کرے گا جس کی وجہ سے  $Q_8$  کے بیس پر

$$V_{B8} = -15 + 15.7 = 0.7 \text{ V}$$

پیا جائے گا اس طرح  $Q_8$  کے بیس پر

$$V_{E8} = V_{B8} - V_{BE} = 0.7 - 0.7 = 0 \text{ V}$$

پیا جائے گا آپ دیکھ سکتے ہیں کہ  $15.7 \text{ k}\Omega$  اور  $2.3 \text{ k}\Omega$  کی تیتوں سے  $v_O = 0 \text{ V}$  حاصل کیا گی۔  $Q_7$  اور اس کے ساتھ ملک دو مزاحمت یک سمت بر قی دباؤ کی سطح تبدیل کرنے کی صلاحیت رکھتے ہیں۔ اسی وجہ سے اس دور کو ہم سطح تبدیل کار ۲۲ کہیں گے۔

مثال ۵.۲۳: شکل ۵.۲۳ کے حابی ایپلینافائز کو داخنی اشارہ  $v_d$  مہیا کیا جاتا ہے۔ ایپلینافائز کا باریکے اشاراتی افرازش  $A_d = \frac{v_O}{v_d}$ ، داخنی مزاحمت اور خارجی مزاحمت حاصل کریں۔

حل: شکل ۵.۲۲ میں بدلتا رو مساوی دو رد کھایا گیا ہے جہاں

$$v_2 = +\frac{v_d}{2}$$

$$v_1 = -\frac{v_d}{2}$$

جیسے-  $Q_2$  اور  $Q_3$  میں  $50 \mu A$  برقی روپا یا جباتی ہے لہذا ان کے

$$g_{m2} = g_{m3} = \frac{I_C}{V_T} = \frac{50 \times 10^{-6}}{25 \times 10^{-3}} = 2 \text{ mS}$$

$$r_{e2} = r_{e3} = \frac{1}{g_m} = \frac{1}{0.002} = 500 \Omega$$

جیسے-  $Q_1$  اور  $Q_4$  میں  $0.5 \mu A$  برقی روپا یا جباتی ہے لہذا ان کے

$$g_{m1} = g_{m4} = \frac{0.5 \times 10^{-6}}{25 \times 10^{-3}} = 20 \mu S$$

$$r_{e1} = r_{e4} = \frac{1}{20 \mu S} = 50 \text{ k}\Omega$$

جیسے-  $Q_1$  کا  $r_{e1}$  کو  $Q_2$  کے بیس پر منتقل کرنا ضروری ہے۔  $50 \text{ k}\Omega$  منتقل کرنے کے لئے  $\frac{50 \text{ k}\Omega}{\beta} = 500 \Omega$  حاصل ہوتا ہے۔ جیسے-  $Q_2$  کا  $r_{e1}$  کو  $Q_3$  کا  $r_{e1}$  کو  $500 \Omega$  حاصل ہوتا ہے۔ اس طرح  $Q_2$  کے بیٹھ پر کل مزاجمت  $r_{e1} + r_{e2}$  یعنی  $1 \text{ k}\Omega$  اسی طرح  $Q_4$  کا  $Q_3$  کے بیس پر منتقل کرنا ضروری ہے۔  $50 \text{ k}\Omega$  حاصل ہوتا ہے۔ اس میں  $Q_3$  کے بیٹھ پر منتقل کرنا ضروری ہے۔  $50 \text{ k}\Omega$  حاصل ہوتا ہے۔ اس طرح  $Q_3$  کے بیٹھ پر کل مزاجمت  $r_{e3} + r_{e4}$  یعنی  $1 \text{ k}\Omega$  اسی طرح  $Q_1$  کا  $r_{e1}$  کو شکل ۵.۲۲ پر پیش کیا گیا ہے۔ دوسری تفسیری جوڑی کے  $Q_5$  میں  $0.3 \text{ mA}$  اور  $Q_6$  میں  $0.3 \text{ mA}$  پر جباتی ہے لہذا ان کے

$$g_{m5} = g_{m6} = \frac{0.3 \times 10^{-3}}{25 \times 10^{-3}} = 0.012 \text{ S}$$

$$r_{e5} = r_{e6} = \frac{1}{0.012} = 83.33 \Omega$$

$$r_{be5} = r_{be6} = \beta r_e = 8.3 \text{ k}\Omega$$

جیسے- اس جوڑی کا داخلی مزاجمت  $2r_{be}$  ہے جو پہلی تفسیری جوڑی کا بوجھ بنتا ہے۔ شکل میں  $Q_2$  اور  $Q_3$  کے گلکشہ کے مابین  $8.3 \text{ k}\Omega$  کے سلسلہ دار مزاجمت اسی داخلی مزاجمت کو ظاہر کرتا ہے۔ تفسیری اشارے کی صورت میں دوسری تفسیری جوڑی کا بیٹھ بر قی ر میں پر رہتا ہے۔ جیسے-  $Q_2$  اور  $Q_3$  کے گلکشہ پر دونوں  $8.3 \text{ k}\Omega$  کا دار میان نقطے

برقی زمین پر ہوگا۔ ان معلومات کو استعمال کرتے ہوئے آپ دیکھ سکتے ہیں کہ پہلی تفرقی جوڑی کی انسانش

$$(5.98) \quad A_{d1} = \frac{v_{o1}}{v_d} = \frac{\sum R_C}{\sum R_E}$$

$$= \frac{15328}{2000}$$

$$= 7.66 \frac{V}{V}$$

حاصل ہوتی ہے جبکہ  $R_C$  کے دنون ٹرانزسٹر کے گلکٹر پر متوازی جبڑے  $200 \text{ k}\Omega$  اور  $16.6 \text{ k}\Omega$  کا مجموعی مزاحمت ہے جبکہ  $R_E$  کے درمیان گل مزاحمت یعنی  $2r_e$  ہے۔ ثابت انسانش کا مطلب ہے کہ ثابت  $v_d$  کی صورت میں  $v_{o1}$  بھی ثابت ہوگا۔

تیسرا ایپلیکیشن کا داحتی مزاحمت  $\gg 230 \text{ k}\Omega$  ہے جو  $R_{C6}$  کے متوازی جبڑا ہے۔ چونکہ  $10 \text{ k}\Omega$  کا  $230 \text{ k}\Omega$  ہوتا ہے لہذا ان کے گل مزاحمت کو ہم  $10 \text{ k}\Omega$  کے لئے سمجھ سکتے ہیں۔ اس کا مطلب ہے کہ تیسرا ایپلیکیشن کا داحتی مزاحمت اتنا زیاد ہے کہ اس کے اثر کو نظر انداز کی جا سکتا ہے۔ یوں دوسرے ایپلیکیشن کی تفرقی انسانش

$$A_d = \frac{\sum R_C}{\sum R_E}$$

$$= -\frac{10000}{83.33}$$

$$= -120 \frac{V}{V}$$

ہو گی۔ البتہ دوسرے تفرقی جوڑی سے تفسیر اشارہ حاصل نہیں کیا جاتا بلکہ اس کے صرف ایک بازو سے حفاری اشارہ حاصل کیا گیا ہے۔ یوں کارامد انسانش اس قیمت کے آدمی ہو گی یعنی

$$(5.99) \quad A_{d2} = -\frac{1}{2} \frac{\sum R_C}{\sum R_E}$$

$$= -\frac{1}{2} \frac{10000}{83.33}$$

$$= -60 \frac{V}{V}$$

انسانش میں منفی کا نشان یہ دکھلاتا ہے کہ ثابت  $v_2$  اور منفی  $v_1$  کی صورت میں اس حصے کا حفاری اشارہ منفی ہو گا۔

$Q_7$  اور اس کے ساتھ ملکے  $2.3 \text{ k}\Omega$  اور  $15.7 \text{ k}\Omega$  مسل کر مشترک یا گل ایپلیکیشن ہیں۔  $Q_7$  اور  $r_e$  کے داحتی مزاحمت کو نظر انداز کرتے ہوئے اس ایپلیکیشن کی انسانش

$$A_{d3} = -\frac{15700}{2300} = -6.826 \frac{V}{V}$$

حاصل ہوتی ہے۔

$Q_8$  اور اس کے ساتھ مسلک  $3\text{k}\Omega$  مسل کر مشترک گلکشہ ایکلینیاٹر بناتے ہیں۔ مشترک گلکشہ کی افزاں تصریق ایک کے برابر ہوتی ہے یوں

$$A_{d4} \approx 1 \frac{V}{V}$$

ہوگا۔

ان چاروں افزاں کو استعمال کرتے ہوئے حسابی ایکلینیاٹر کی کل افزاں

$$\begin{aligned} A_d &= \frac{v_o}{v_d} = A_{d1} \times A_{d2} \times A_{d3} \times A_{d4} \\ &= 7.66 \times (-60) \times (-6.826) \times 1 \\ &= 3137 \frac{V}{V} \end{aligned}$$

حاصل ہوتی ہے۔

شکل ۵.۲۳ کو دیکھتے ہوئے اور  $Q_3$  کے پیش پر مزاحمت  $Q_1$  اور  $Q_4$  کے تیس جناب

$$\begin{aligned} R_i &\approx (1000 + 1000) \times \beta^2 \\ &= 2000 \times 10000 \\ &= 20\text{M}\Omega \end{aligned}$$

نظر آئے گا۔ یہی حسابی ایکلینیاٹر کا دادا خالی مزاحمت ہے۔

حدارجی جناب  $Q_8$  کے  $r_e$  کو نظر انداز کرتے ہیں۔  $15.7\text{k}\Omega$  کا اس ٹرانزسٹر کے پیش جناب

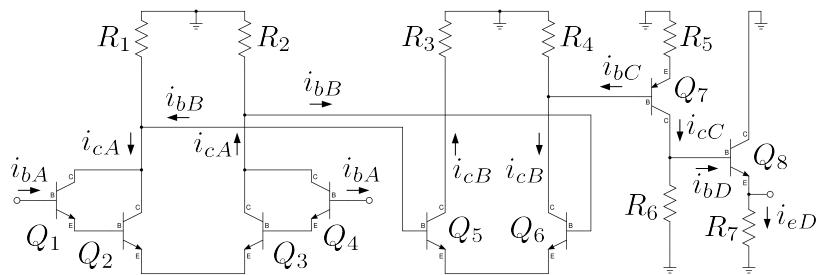
$$\frac{15700}{100} = 157\Omega$$

نظر آتا ہے۔ یہ اس  $3\text{k}\Omega$  کے متوازی جبڑا ہے لہذا حسابی ایکلینیاٹر کا حدارجی مزاحمت

$$R_o = \frac{157 \times 3000}{157 + 3000} = 149\Omega$$

حاصل ہوتا ہے۔

مثال ۵.۸: شکل ۵.۲۳ کے حسابی ایکلینیاٹر کی افزاں  $\frac{i_L}{i_b}$  کی مساوات حاصل کریں۔  $A_i$  کو استعمال کرتے ہوئے  $A_d = \frac{v_L}{v_d}$  کی مساوات بھی حاصل کریں۔



شکل ۵.۲۵: برقی روکی انسزاں

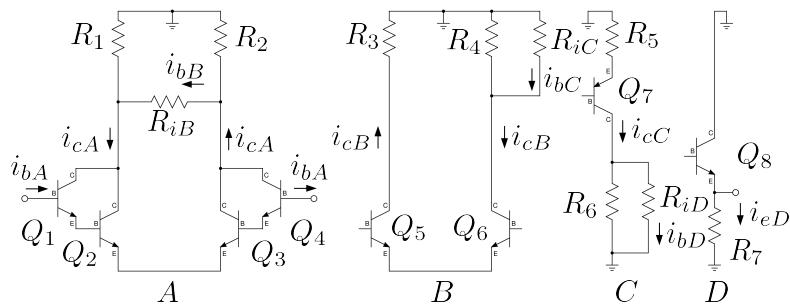
حل: شکل ۵.۲۵ میں مساوی باریک اشاراتی دور دکھایا گیا ہے جس اس داخلی جانب سے پہلے ایپلینیٹر کو دوسرے کو تحریر برقرار رکھ دیا گیا ہے اور حنارجی ایپلینیٹر کو D سے ظاہر کرتے ہوئے ذخیری ضرب سے ہم لکھ سکتے ہیں

$$(5.100) \quad A_i = \frac{i_L}{i_b} = \frac{i_{eD}}{i_{bA}} = \frac{i_{eD}}{i_{bD}} \times \frac{i_{bD}}{i_{cC}} \times \frac{i_{cC}}{i_{bC}} \times \frac{i_{bC}}{i_{cB}} \times \frac{i_{cB}}{i_{bB}} \times \frac{i_{bB}}{i_{cA}} \times \frac{i_{cA}}{i_{bA}}$$

شکل ۵.۲۶ میں چاروں ایپلینیٹروں کو علیحدہ علیحدہ کیا گیا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ پہلے ایپلینیٹر کے حنارجی جانب دوسرے ایپلینیٹر کا داخلی مزاحمت  $R_{iB}$  نسبت میں  $i_{cA}$  کا وہ حصہ جو  $R_{iB}$  سے گزرے در حقیقت دوسرے ایپلینیٹر کا داخلی برقراری  $i_{bB}$  ہے۔ شکل پر اس بات کی مذکوری کی گئی ہے۔ یوں اس شکل سے ہم لکھ سکتے ہیں۔

$$(5.101) \quad \begin{aligned} \frac{i_{eD}}{i_{bD}} &= \beta_8 + 1 \\ \frac{i_{bD}}{i_{cC}} &= \frac{R_6}{R_6 + R_{iB}} \\ \frac{i_{cC}}{i_{bC}} &= \beta_7 \\ \frac{i_{bC}}{i_{cB}} &= \frac{R_4}{R_4 + R_{iC}} \\ \frac{i_{cB}}{i_{bB}} &= \beta_6 \\ \frac{i_{bB}}{i_{cA}} &= \frac{R_1 + R_2}{R_1 + R_2 + R_{iB}} \\ \frac{i_{cA}}{i_{bA}} &= \beta_1 \beta_2 \end{aligned}$$

تمام ترانزستر کے  $\beta$  برابر لیتے ہوئے



شکل ۵.۲۶

$$\begin{aligned}
 r_{e2} &= r_{e3} = \frac{V_T}{I} \\
 r_{be2} &= r_{be3} = (\beta + 1) r_{e2} \\
 r_{e1} &= r_{e4} = (\beta + 1) \frac{V_T}{I} = (\beta + 1) r_{e2} \\
 r_{be1} &= r_{be4} = (\beta + 1)^2 r_{e2}
 \end{aligned}
 \tag{۵.۱۰۷}$$

حاصل ہوتے ہیں۔ شکل کو دیکھتے ہوئے

$$\begin{aligned}
 R_{iA} &= r_{be1} + r_{be4} + (r_{be2} + r_{be3}) \times (\beta + 1) \\
 &= 4(\beta + 1)^2 r_{e2} \\
 R_{iB} &= 2r_{be5} \\
 R_{iC} &\approx R_5 \times (\beta + 1) \\
 R_{iD} &\approx R_7 \times (\beta + 1)
 \end{aligned}
 \tag{۵.۱۰۸}$$

لکھا جا سکتا ہے۔ مزید سے کر

$$\begin{aligned}
 v_L &= i_{eD} R_7 \\
 v_d &= i_{bA} R_{iA}
 \end{aligned}$$

لکھتے ہوئے

$$\begin{aligned}
 A_d &= \frac{v_L}{v_d} \\
 (5.103) \quad &= \frac{i_{eD} R_7}{i_{bA} R_{iA}} \\
 &= A_i \times \frac{R_7}{R_{iA}}
 \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے۔

ذرا کوشش کرنے سے مندرجہ بالاتم مساوات شکل ۵.۲۳ کو دیکھ کر ہی لکھے جاسکتے ہیں۔ آپ داخلی جبانب یا خارجی جبانب سے شروع ہوتے ہوئے زنجیری ضرب لکھتے ہیں اور پھر زنجیری ضرب کے تمام اجزاء شکل کو دیکھتے ہوئے پر کرتے ہیں۔

---



---

مثال ۵.۸: مثال ۵.۵ میں  $A_d$  کی قیمتیں حاصل کریں۔

حل: مثال ۵.۵ میں مندرجہ ذیل معلومات حاصل کی گئیں۔

$$r_{e2} = 500 \Omega, \quad r_{e5} = 83.333 \Omega$$

یوں مساوات ۵.۱۰۳ سے

$$R_{iA} = 4 \times 100^2 \times 500 = 20 \text{ M}\Omega$$

$$R_{iB} = 2 \times 100 \times 83.333 = 1667 \Omega$$

$$R_{iC} = 2300 \times 100 = 230 \text{ k}\Omega$$

$$R_{iD} = 3000 \times 100 = 300 \text{ k}\Omega$$

اور مسادمات ۱۰۵ سے

$$\begin{aligned}\frac{i_{eD}}{i_{bD}} &= 100 \\ \frac{i_{bD}}{i_{cC}} &= \frac{15.7 \times 10^3}{15.7 \times 10^3 + 300 \times 10^3} = 0.04973 \\ \frac{i_{cC}}{i_{bC}} &= 100 \\ \frac{i_{bC}}{i_{cB}} &= \frac{10 \times 10^3}{10 \times 10^3 + 230 \times 10^3} = 0.04167 \\ \frac{i_{cB}}{i_{bB}} &= 100 \\ \frac{i_{bB}}{i_{cA}} &= \frac{2 \times 100 \times 10^3}{2 \times 100 \times 10^3 + 1667} = 0.99173 \\ \frac{i_{cA}}{i_{bA}} &= 100 \times 100 = 10000\end{aligned}$$

حاصل ہوتے ہیں۔ اس طرح مسادمات ۱۰۰ سے

$$\begin{aligned}A_i &= \frac{i_{eD}}{i_{bA}} = 100 \times 0.04973 \times 100 \times 0.04167 \times 100 \times 0.99173 \times 10000 \\ &= 20.55 \frac{\text{MA}}{\text{A}}\end{aligned}$$

اور مسادمات ۱۰۳ سے

$$\begin{aligned}A_d &= \frac{v_L}{v_d} = 20.55 \times 10^6 \times \frac{3000}{20 \times 10^6} \\ &= 3082 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

حاصل ہتا ہے۔ مثال ۵.۵ میں  $\frac{v_L}{v_d} = 3137$  ہے۔ جو بات میں مترن ۱  $\approx \alpha$  اور اس طرح کے دیگر استعمال کئے گئے قیتوں میں معمولی مشرق کی وجہ سے ہے۔ ان دو جو بات میں صرف

$$\left| \frac{3137 - 3082}{3137} \right| \times 100 = 1.75 \%$$

کافی نہ ہے۔

شکل ۵.۲۲ میں دوسرے ایپلیناٹر کا دھنی مزاجمہت  $r_{be5} + r_{be6} = 16.6 \text{ k}\Omega$  ہے جو پہلی ایپلیناٹر کا بوجھ بتاتے ہیں۔ اور  $r_{be5} + r_{be6} \ll R_1 + R_2$  ہے۔

لہذا ان متوازی جبٹے مزاجمت کے مجموعی مزاجمت کو تقریباً  $r_{be6} + r_{be5}$  لیا جاتا ہے۔ اس کے بر عکس تیسرے ایپلیفائز کا داخنی مزاجمت بہت بڑا ہے لہذا دوسرے ایپلیفائز پر اس کے بوجھ کو ظفر انداز کیا جاتا ہے۔ ایسا کرنے سے پہلے اور دوسرا سے ایپلیفائز کے افناش یوں لکھے جا سکتے ہیں۔

$$A_{d1} = \frac{\sum R_C}{\sum R_E} = \frac{r_{be5} + r_{be6}}{4r_{e2}}$$

$$A_{d2} \approx -\frac{1}{2} \frac{\sum R_C}{\sum R_E} = -\frac{1}{2} \left( \frac{R_{C6}}{r_{e5} + r_{e6}} \right)$$

اس طرح ان دو کڑیوں کی کل افناش

$$(5.105) \quad A_d = A_{d1} A_{d2} = -\frac{1}{2} \times \left( \frac{r_{be5} + r_{be6}}{4r_{e2}} \right) \times \left( \frac{R_{C6}}{r_{e5} + r_{e6}} \right)$$

$$= -\frac{1}{2} \times \frac{(\beta + 1)(r_{e5} + r_{e6})}{4r_{e2}} \times \left( \frac{R_{C6}}{r_{e5} + r_{e6}} \right)$$

$$= -\frac{1}{2} \times \frac{(\beta + 1) R_{C6}}{4r_{e2}}$$

حاصل ہوتی ہے۔ اس مسادات کے تحت  $\beta$  بڑھانے اور  $r_{e2}$  کھٹانے سے افناش بڑھتی ہے۔ چونکہ  $r_e = \frac{V_T}{I_C}$  ہوتا ہے لہذا  $I$  بڑھانے سے  $r_{e2}$  کھٹا گا۔ اس کے علاوہ اگر پہلے ایپلیفائز میں ڈارلنگن جوڑی استعمال نہ کی جائے تو اس کی داخنی مزاجمت آدمی اور افناش دگنی ہو جائے گی۔ صفحہ ۳۱۱ پر مسادات ۳.۲۲۳ پر تبصرہ کرتے وقت یہ حقیقت بتالائی گئی تھی کہ اگر افناش بڑھائی جائے تو داخنی مزاجمت گھشتی ہے۔ تفسیری ایپلیفائز میں بھی داخنی مزاجمت کھٹاتے ہوئے افناش بڑھانا ممکن ہے۔

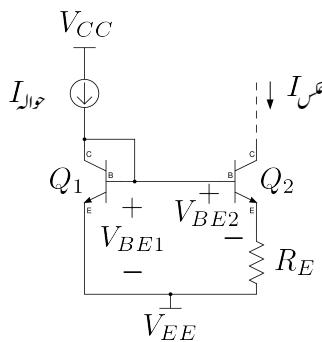
## ۵.۱۰ واکنڈر منبع برقی رو

شکل ۱۶ میں  $Q_2$  کے ۴ ٹھر پر  $R_E$  نسب کرنے سے واکنڈر منبع برقی رو ۳۳ حاصل ہوتا ہے جسے شکل ۵.۲ میں ۳۳ میں دکھایا گیا ہے۔ ٹرانزسٹر کے برقی رو کے مسادات کو استعمال کرتے ہوئے

$$V_{BE1} = V_T \ln \left( \frac{I_{واکنڈر}}{I_S} \right)$$

$$V_{BE2} = V_T \ln \left( \frac{I_{مسادات}}{I_S} \right)$$

Widlar current source<sup>۳۳</sup>  
<sup>۳۳</sup> بابے واکنڈر نے اس دو کو دریافت کیا۔



شکل ۵.۲۷: دانڈلر منع برقی رو

لکھا جا سکتا ہے۔ ان دو مساوات کو آپس میں منفی کرنے سے

$$V_{BE1} - V_{BE2} = V_T \ln \left( \frac{I_{\text{حوالہ}}}{I_{\text{سیس}}} \right)$$

حاصل ہوتا ہے۔ شکل کو دیکھتے ہوئے ہم

$$V_{BE1} = V_{BE2} + I_{\text{سیس}} R_E$$

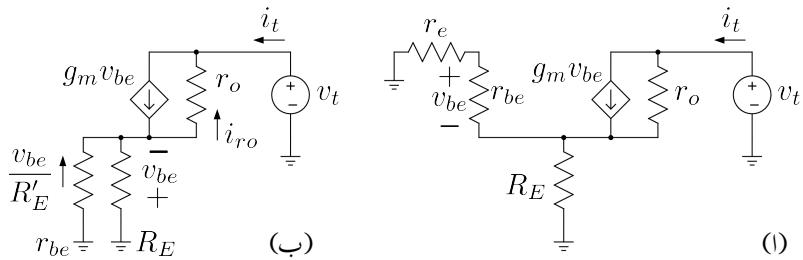
لکھ سکتے ہیں۔ یوں

$$(5.104) \quad I_{\text{سیس}} R_E = V_T \ln \left( \frac{I_{\text{حوالہ}}}{I_{\text{سیس}}} \right)$$

لکھا جا سکتا ہے۔

آنئی دانڈلر منع برقی رو کی حدارجی مزاحمت  $R_o$  حاصل کریں۔ ایسا کرنے کی حناظر  $Q_2$  کے گلکسٹر پر  $V_t$  برقی دباؤ مہیا کرتے ہوئے انہا حساب لگا کر  $\frac{v_t}{i_t}$  معلوم کیا جا سکتا ہے جو کہ  $R_o$  کی قیمت ہوگی۔

دانڈلر منع برقی رو میں آپس میں جبڑے ہیں۔ یوں یہ بطور ڈائیوڈ کردار ادا کرتا ہے۔ صفحہ ۳۵۹ پر مساوات ۳.۲۲۸ ایسے ٹرانزسٹر کی مزاحمت کی جگہ  $r_e$  دیتے ہے۔ دانڈلر منع برقی رو کی حدارجی مزاحمت حاصل کرنے کی حناظر  $Q_2$  کا پائے ریاضی نمون استعمال کرتے ہیں جبکہ  $Q_1$  کی جگہ اس کا ہاریکے اشاراتی مساوی مزاحمت  $r_{be}$  کرتے ہیں۔ ایسا کرتے ہوئے شکل ۵.۲۸ افے حاصل ہوتا ہے۔ آپ جانتے ہیں کہ  $r_{be} = r_e (\beta + 1)$  ہوتا ہے۔ یوں  $r_{be} \gg r_e$  ہے لہذا سلسلہ وار جبڑے اور  $r_e$  اور  $r_{be}$  میں  $r_e$  کو نظر انداز کیا جا سکتا ہے۔ ایسا کرنے سے شکل بے حاصل ہوتا ہے جس کے ماتحت  $r_{be}$  کے اور  $r_e$  میں متوالی جبڑے ہیں۔ ایسا کرنے سے  $R'_E R_E$  ||  $r_{be}$  کو لکھتے



شکل ۱۰.۵: واپلر منج رو کا باریکے اشاراتی مساوی دور

ہوئے اس میں برقی رو کو  $\frac{v_{be}}{R'_E}$  لکھ سا جاتا ہے۔ اس برقی رو کی سمت شکل میں دکھائی گئی ہے۔ کرخوف کے فتاون  
برائے برقی رو کی مدد سے

$$g_m v_{be} + \frac{v_{be}}{R'_E} = i_{ro}$$

لکھ سا جاتا ہے جس سے

$$i_{ro} = \left( g_m + \frac{1}{R'_E} \right) v_{be}$$

س صل ہوتا ہے۔ یوں کرخوف کے فتاون برائے برقی دباؤ کی مدد سے

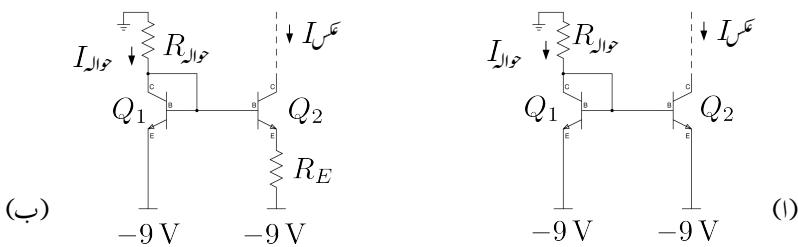
$$(10.5.1) \quad v_t = -v_{be} - \left( g_m + \frac{1}{R'_E} \right) v_{be} r_o$$

اور کرخوف کے فتاون برائے برقی رو کی مدد سے

$$(10.5.2) \quad i_t = g_m v_{be} - \left( g_m + \frac{1}{R'_E} \right) v_{be}$$

لکھ سا جاتا ہے۔ مساوات ۱۰.۵ کو مساوات ۱۰.۸ سے تقسیم کرتے ہوئے واپلر منج کی حنارتی مسازیت  $R_o$   
یوں حاصل ہوتی ہے۔

$$\begin{aligned} R_o &= \frac{v_t}{i_t} = R'_E \left[ 1 + r_o \left( g_m + \frac{1}{R'_E} \right) \right] \\ &= R'_E + r_o \left( 1 + g_m R'_E \right) \end{aligned}$$



شکل ۵.۲۹: مذکور آئینہ

اس مساوات میں  $R'_E$  کو نظر انداز کرتے ہوئے حنارجی مزاہت  $r_o$  کی سادہ مساوات

$$(5.109) \quad R_o \approx r_o \left( 1 + g_m R'_E \right)$$

حاصل ہوتی ہے جیسا

$$(5.110) \quad R'_E = \frac{r_{be} R_E}{r_{be} + R_E}$$

کے برابر ہے۔ اس طرح حنارجی مزاہت  $r_o$  کے برابر  $r_o (1 + g_m R'_E)$  ہو گئی ہے۔ یہ ایک عمومی تجربہ ہے اور یوں کسی بھی دو جوڑٹا نز سڑ جس کے یکٹر پر  $R_E$  مزاہت نسب ہو اور جس کا یہیں سراہی زمین پر ہو کی حنارجی مزاہت مساوات ۵.۱۰۹ سے حاصل ہو گی۔

مثال ۵.۱۰۹: شکل ۵.۲۹ میں سادہ آئینہ اور وائلر آئینے دکھائے گے ہیں۔  $I_o = 15 \mu A$  حاصل کرنے کی حنطہ در کار مزاہت حاصل کریں۔  
حل: شکل الف میں  $15 \mu A$  حاصل کرنے کی حنطہ

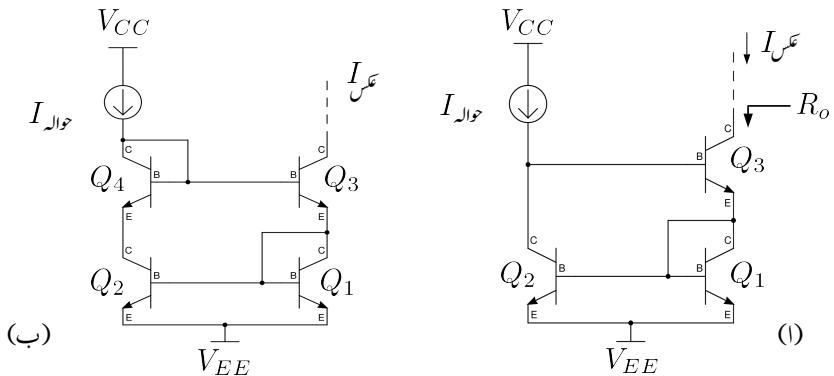
$$R_o = \frac{9 - 0.7}{15 \times 10^{-6}} = 553 \text{ k}\Omega$$

در کار ہے۔ شکل ب میں  $I_o = 1 \text{ mA}$  رکھتے ہوئے  $I_o = 15 \mu A$  حاصل کرتے ہیں۔  $I_o = 1 \text{ mA}$  حاصل کرنے کی حنطہ

$$R_o = \frac{9 - 0.7}{1 \times 10^{-3}} = 8.3 \text{ k}\Omega$$

اور مساوات ۵.۱۰۶ سے

$$R_E = \frac{25 \times 10^{-3}}{15 \times 10^{-6}} \ln \left( \frac{10^{-3}}{15 \times 10^{-6}} \right) = 7 \text{ k}\Omega$$



شکل ۳۰.۵: ولسن آئینہ

حاصل ہوتے ہیں۔ آپ نے دیکھا کہ کم برقی روپیہ اکرنے کی حاضر سادہ منفی روکو  $553 \text{ k}\Omega$  جبکہ وائلر منفی روکو  $8.3 \text{ k}\Omega$  اور  $7 \text{ k}\Omega$  کے مسمات درکار ہیں۔ جیسا کہ آپ چانتے ہیں کہ مختلط دور میں زیادہ قیمت کامسمات زیادہ جگہ گھیرتا ہے جو کہ مہنگا پڑتا ہے۔ اسی لئے مختلط دور میں وائلر منفی روواستمال کیا جاتے گا۔

## ۱۱۔۵۔ ولسن آئینہ

شکل ۱۶ میں سادہ آئینہ برقی روکہایا گی۔  $V_{CE1} = 0.7 \text{ V}$  ہیتے ہوئے جبکہ  $V_{CE2} \neq 0.7 \text{ V}$  ہوتا ہے۔ اب تک  $V_{CE1} \neq V_{CE2}$  میں آئینہ برقی روپ تصریون میں ہم اولی برقی دباؤ کے اثرات کو نظر انداز کیا۔ حققت میں اگرچہ شکل ۱۶ میں  $V_{BE1} = V_{BE2}$  ہے لیکن  $V_{CE1} \neq V_{CE2}$  کی وجہ پر اولی برقی دباؤ  $Q_1$  اور  $Q_2$  کے برقی رو میں فرق پیدا کرتا ہے۔ اور  $V_{CE2} > V_{CE1}$  میں فرق کو کم کرنے سے اولی برقی دباؤ کے اثر کو کم کیا جاسکتا ہے۔ اسی عذر ض سے شکل ۱۶ میں تیسرا اثر انداز شر شامل کرتے ہوئے شکل ۳۰.۵ اف حاصل ہوتا ہے جس کو لوٹھ آئینہ کہتے ہیں۔ ولسن آئینے میں

$$V_{CE1} = V_{BE1} = 0.7 \text{ V}$$

$$V_{CE2} = V_{BE1} + V_{BE3} = 1.4 \text{ V}$$

ہیں۔ دونوں اثر انداز شر کے  $V_{CE}$  میں فرق صرف  $0.7 \text{ V}$  ہے۔ اس دور کو حل کرتے ہوئے تمام اثر انداز شر کو بالکل یکساں تصور کیا جاتا ہے گا۔ چونکہ  $\text{out}_1 I$  در حاصل  $i_{C3}$  ہے لہذا  $i_{C3} = i_{C1} + i_{C2}$  کا تسلیم حاصل کریں گے۔ اور  $Q_1$  اور  $Q_2$  کے

Wilson mirror<sup>۱۵</sup>  
۱۵۔ جبارن آرڈن نے اس آئینہ کو دریافت کیا۔

لئے ہم کہ سکتے ہیں۔

$$\begin{aligned} i_{C1} &= i_{C2} = i_C \\ i_{B1} &= i_{B2} = i_B \end{aligned}$$

$\angle Q_3$

$$\begin{aligned} i_{B3} &= \frac{i_{C3}}{\beta} \\ (5.111) \quad i_{E3} &= \left( \frac{\beta+1}{\beta} \right) i_{C3} \end{aligned}$$

لکھا جب سکتا ہے۔ کر خوف کے فتنوں برائے بر قی روکے تھے۔

$$\begin{aligned} i_{E3} &= i_{C1} + i_{B1} + i_{B2} \\ (5.112) \quad &= i_C + 2i_B \\ &= \left( \frac{\beta+2}{\beta} \right) i_C \end{aligned}$$

لکھا جب سکتا ہے۔ من در بہ بالا دو مساوات میں  $i_{E3}$  کو بر لکھتے ہوئے

$$\left( \frac{\beta+1}{\beta} \right) i_{C3} = \left( \frac{\beta+2}{\beta} \right) i_C$$

$i_C$  کی مساوات حاصل ہوتی ہے۔

$$(5.113) \quad i_C = \left( \frac{\beta+1}{\beta+2} \right) i_{C3}$$

کر خوف کے فتنوں برائے بر قی روکی مدد دے

$$\begin{aligned} I_{J_2} &= i_{C2} + i_{B3} \\ &= i_C + \frac{i_{C3}}{\beta} \end{aligned}$$

لکھا جب سکتا ہے جس میں  $i_C$  کی قیمت مساوات ۵.۱۱۳ سے پر کرتے ہوئے

$$\begin{aligned} I_{J_2} &= \left( \frac{\beta+1}{\beta+2} \right) i_{C3} + \frac{i_{C3}}{\beta} \\ &= \left( \frac{\beta+1}{\beta+2} + \frac{1}{\beta} \right) i_{C3} \end{aligned}$$

لکھا جا سکتا ہے۔ اس مساوات سے

$$\begin{aligned} I_{\text{و}} &= \left[ \frac{\beta(\beta+1) + \beta + 2}{\beta(\beta+2)} \right] i_{C3} \\ &= \left[ \frac{\beta^2 + 2\beta + 2}{\beta(\beta+2)} \right] i_{C3} \\ &= \left[ \frac{\beta(\beta+2) + 2}{\beta(\beta+2)} \right] i_{C3} \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے جسے یوں لکھا جا سکتا ہے۔

$$\begin{aligned} I_{\text{و}} &= i_{C3} = \left[ \frac{\beta(\beta+2)}{\beta(\beta+2) + 2} \right] I_{\text{و}} \\ &= \left[ \frac{1}{1 + \frac{2}{\beta(\beta+2)}} \right] I_{\text{و}} \end{aligned}$$

اس مساوات کو

$$(5.113) \quad I_{\text{و}} \approx \left[ \frac{1}{1 + \frac{2}{\beta^2}} \right] I_{\text{و}}$$

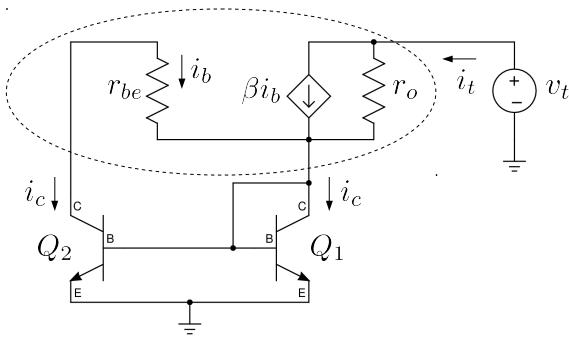
لکھا جا سکتا ہے۔ اس مساوات کا صفحہ ۷۵ پر مساوات ۵.۸۸ کے ساتھ موازنہ کریں۔ دونوں مساوات بالکل ایک چیز ہیں۔

آئین آئینے کی خارجی مزاجحت حاصل کریں۔ ایسا کرنے کی خاطر  $Q_3$  کے گلکشہ پر  $i_t$  لاگو کرتے ہوئے  $i_t$  کا حساب لگاتے ہیں۔  $\frac{v_t}{i_t}$  خارجی مزاجحت  $R_0$  ہے۔  $Q_3$  کا پائی ریاضی نمونہ استعمال کرتے ہوئے ولسن آئینے کو شکل ۵.۳۱ کا میں دکھایا گیا ہے۔ نقطہ دار دائرے سے دو جگہ  $i_c$  بر قی رو حساحر اور ایک جگہ  $i_t$  داخنی ہو رہی ہے۔ یوں کر خوف کے فناون برائے بر قی رو کی مدد سے ہم لکھ سکتے ہیں

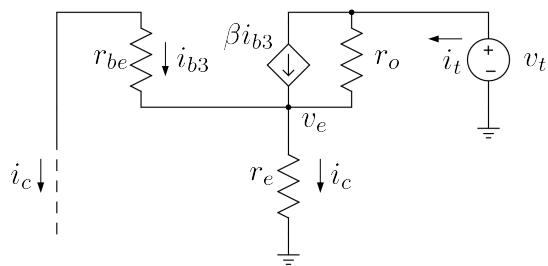
$$(5.115) \quad i_t = 2i_c$$

شکل ۵.۳۱ میں  $Q_1$  کا یہی اس کے گلکشہ کے ساتھ جبڑا ہے جس کی وجہ سے یہ بطور ڈائوڈ کردار ادا کرتا ہے اور اس کو مزاجحت  $r_e$  سے ظہر کیا جا سکتا ہے۔  $r_{be}$  کا  $r_e$  کے متوالی جبڑا ہے۔ چونکہ  $r_{be} \ll r_e$  ہوتا ہے لہذا ان کا مساوی مزاجحت تقریباً  $r_e$  کے برابر ہو گا۔ شکل ۵.۳۲ میں اس حقیقت کو مدد لظیر کرتے ہوئے دور کو دوبارہ دکھائی ہے۔  $Q_2$  کے گلکشہ پر بر قی رو گزرے گی جسے شکل میں دکھایا گیا ہے۔ شکل کو دیکھتے ہوئے

$$\begin{aligned} v_e &= i_c r_e \\ i_{b3} &= -i_c \end{aligned}$$



شکل ۵.۳۱: ولن آئینے کی حنرچی مسزاجت



شکل ۵.۳۲: ولن آئینے کی حنرچی مسزاجت

لکھا جا سکتا ہے۔ ساتھ ہی ساتھ کر خوف کے قوت انون برائے برقی روکی مدد سے

$$\begin{aligned} i_t &= \beta i_{b3} + \frac{v_t - v_e}{r_{o3}} \\ &= -\beta i_c + \frac{v_t}{r_{o3}} - \frac{v_e}{r_{o3}} \\ &= -\beta i_c + \frac{v_t}{r_{o3}} - \left( \frac{r_e}{r_{o3}} \right) i_c \end{aligned}$$

لکھا جا سکتا ہے جہاں دوسرے متد میں  $i_c = -i_{b3}$  کا استعمال کیا گیا۔ چونکہ  $r_o \ll r_e$  ہوتا ہے لہذا مندرجہ بالا مساوات میں آخیری جبڑو کو نظر انداز کیا جا سکتا ہے۔ یوں مساوات ۵.۱۵ کے استعمال سے

$$2i_c = -\beta i_c + \frac{v_t}{r_{o3}}$$

حاصل ہوتا ہے جس کو

$$i_c (\beta + 2) r_{o3} = v_t$$

لکھا جا سکتا ہے۔ ولن آئینے کا حنارجی مزاحمت  $R_o = \frac{v_t}{i_t}$  کے برابر ہے جہاں  $i_t = 2i_c$  ہے۔ یوں

$$(5.114) \quad R_o = \frac{v_t}{i_t} = \frac{v_t}{2i_c} = \frac{(\beta + 2) r_{o3}}{2}$$

حاصل ہوتا ہے جس کو

$$(5.114) \quad R_o \approx \frac{\beta r_o}{2}$$

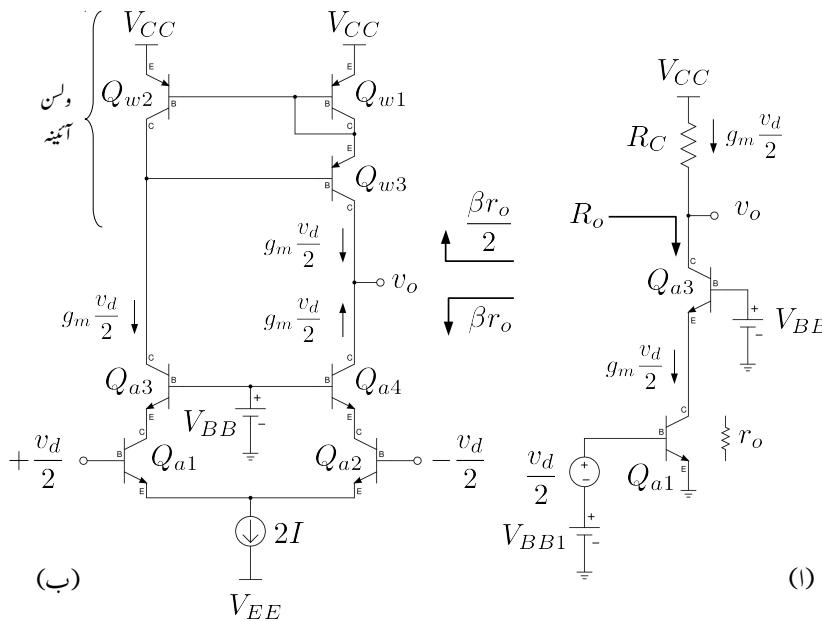
لکھا جا سکتا ہے جہاں  $r_{o3}$  کو  $r_o$  کو لکھا گیا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ ولن آئینے کی حنارجی مزاحمت  $r_o$  سے  $\frac{\beta}{2}$  گن زیادہ ہے۔

اس حصے کے شروع میں ذکر کیا گیا کہ ارلی برقی دباؤ کے انژکٹ کم کرنے کی حاضر ولن آئینے میں  $V_{CE2}$  اور  $V_{CE1}$  میں مندرجہ کو کم کرتے ہوئے 0.7V کر دیا گی۔ اس مندرجہ کو مکمل طور ختم بھی کیا جا سکتا ہے۔ شکل ۵.۳۰ بے میں  $Q_4$  کی شمولیت سے

$$V_{CE2} = V_{BE1} + V_{BE3} - V_{BE4} = 0.7V$$

ہو جاتا ہے۔ یوں  $0.7V$  میں برابر برقی روپیا جاتا ہے اور اب ان پر برقی دباؤ بھی برابر ہے لہذا ان میں طاقت کا ضیاء بھی برابر ہو گا۔ یوں یہ برابر گرم ہوتے ہوئے برابر درجہ حرارت پر رہیں گے۔ اس طرح درجہ حرارت میں مندرجہ کی بت پر کارکردگی میں مندرجہ کے بھی چیکارا حاصل ہوتا ہے۔

## باب ۵. تفسری ایمپلینفائز



شکل ۵.۳۳: کیکوڈ ایمپلینفائز اور تفسری کیکوڈ ایمپلینفائز

## ۵.۱۲ کیکوڈ ایمپلینفائز

مشترک-ایمپ اور مشترک-بیس ایمپلینفائز کو آپس میں جوڑ کر زنجیری ایمپلینفائز بنایا جاسکتا ہے۔ شکل ۵.۳۳ الف میں ایسے ایمپلینفائز کو دکھلایا گیا ہے۔ اس ایمپلینفائز کو کیکوڈ ایمپلینفائز کہتے ہیں۔<sup>۲۸</sup>

میں ایسے ایمپلینفائز کو دکھلایا گیا ہے۔ اس ایمپلینفائز کو کیکوڈ ایمپلینفائز کہتے ہیں۔<sup>۲۸</sup>

مشترک-ایمپ اور مشترک-بیس ایمپلینفائز کے لئے ہم کہتے ہیں۔

$$\begin{aligned} g_m &= \frac{I}{V_T} \\ r_e &= \frac{1}{g_m} \\ r_{be} &= (\beta + 1) r_e \end{aligned}$$

$$i_{e3} = i_{c1} = g_m \frac{v_d}{2} \quad \text{وہی اشارہ مہیا کیا جائے تو اس کا بیسی برقی رو گاہی گزرنے گا} \\ v_o = -g_m R_C \frac{v_d}{2} \quad \text{اس طرح} \approx 1 \alpha \approx 1 \text{ لیتے ہوئے} \\ \text{اگر } Q_{1a} \text{ کو } \frac{v_d}{2} \text{ داخلي اشارہ مہیا کیا جائے تو اس کا بیسی برقی رو گاہی گزرنے گا} \\ \text{وہی ہوگا۔} \quad \text{cascode amplifier}$$

<sup>۲۸</sup> کیکوڈ کام فنریڈر کے وہیں ہٹنے پہلی مرتب تجویز کیا۔

آئین کلیکوڈ ایپلیناٹر کا باریکے اشاراتی حنارجی مزاحمت  $R_o$  حاصل کریں۔ باریکے اشاراتی تجزیہ کرتے ہوئے ہم دیکھتے ہیں کہ  $Q_{3a}$  کے لیے طرف اور برقی زمین کے مابین  $r_{1a}$  کا نسبتی  $Q_{3a}$  کا نسبتی زمین پر ہے۔ ایسی صورت میں مساوات ۱۰۹ اور مساوات ۱۱۰ کی مدد سے  $R_o$  حاصل کی جاتا ہے۔ موجودہ مسئلے میں  $R_E$  کی جگہ  $r_o$  نسبتی ہے لہذا مساوات ۱۱۰ کو یوں لکھا جائے گا۔

$$R'_E = \frac{r_{be} r_o}{r_{be} + r_o}$$

$$r_o \gg r_{be} \quad \text{مساوات } ۱۰۹ \text{ سے} \\ r_o \approx R'_E \quad \text{حاصل ہوتا ہے اور یوں مساوات } ۱۱۰ \text{ سے}$$

$$\begin{aligned} R_o &= r_o (1 + g_m r_{be}) \\ (5.118) \quad &= r_o (1 + \beta) \\ &\approx \beta r_o \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے۔ کلیکوڈ ایپلیناٹر میں  $R_C$  کی جگہ ٹرانزسترو جو بھی استعمال کیا جاسکتا ہے۔ دو کلیکوڈ ایپلیناٹر کو ملا کر تفرقی کلیکوڈ حاصل ہوتا ہے۔ شکل ۵.۳۳ میں ایسا ہی تفرقی ایپلیناٹر دکھایا گیا ہے جسال ولن آئینے کو بطور برقی بوجہ استعمال کیا گیا ہے۔ اس شکل میں  $Q_{a1}$ ,  $Q_{a3}$  ایک کلیکوڈ جسکے اور  $Q_{a2}$  دوسرا کلیکوڈ ہے۔ انہیں ملا کر کلیکوڈ تفرقی جوڑی حاصل کی گئی ہے۔  $Q_{w3}$  اور  $Q_{w2}$  اور  $Q_{w1}$  ولن آئینے ہے جسے بطور برقی بوجہ استعمال کیا گیا ہے۔

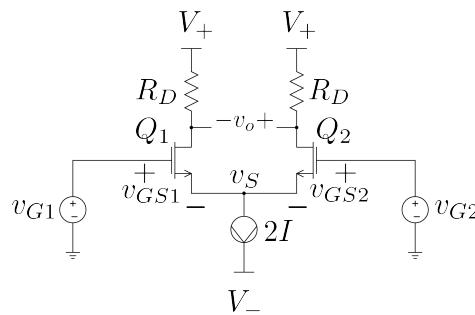
$\alpha = 1$  لیتے ہوئے تفرقی کلیکوڈ کا باریکے اشاراتی حل حاصل کرتے ہیں۔  $Q_{1a}$  کو  $\frac{v_d}{2}$ ، احتی اشارہ مہیا کیا ہے۔ یوں اس کا حنارجی برقی رو  $v_d$  ہو گا۔ یعنی برقی رو  $Q_{a3}$  سے گزرتے ہوئے ولن آئینے کو بطور داحتی برقی رو مہیا ہوتا ہے۔ یوں ولن آئینے  $Q_{w3}$  سے خارج کرے گا۔ کلیکوڈ کے دوسرا حباب  $Q_{2a}$  کو  $-\frac{v_d}{2}$ ، احتی اشارہ مہیا کیا جاتا ہے۔ یوں  $Q_{4a}$  کی بھی برقی رو  $v_d$  سے بھی گزرے گا۔ ولن آئینے کی حنارجی مزاحمت مساوات ۱۱۷ کے تحت  $\frac{\beta r_o}{2}$  ہے جسکے کلیکوڈ کی حنارجی مزاحمت مساوات ۱۱۸ کے تحت  $\beta r_o$  ہے۔ ان دونوں متوازی حصے حنارجی مزاحمت کی نشاندہ شکل ۵.۳۳ میں کی گئی ہے۔ ان کی مجموعی مزاحمت  $\frac{\beta r_o}{3}$  حاصل ہوتی ہے۔ یوں

$$\begin{aligned} v_o &= \left( g_m \frac{v_d}{2} + g_m \frac{v_d}{2} \right) \frac{\beta r_o}{3} \\ &= \frac{1}{3} g_m \beta r_o v_d \end{aligned}$$

$$\text{حاصل ہوتا ہے۔} \quad r_o = \frac{V_A}{I_C} \text{ اور } g_m = \frac{I_C}{V_T}$$

$$(5.119) \quad A_d = \frac{v_o}{v_d} = \frac{1}{3} \beta \left( \frac{V_A}{V_T} \right)$$

حاصل ہوتا ہے۔ صفحہ ۵۱۳ پر مساوات ۷۴ سادہ تفرقی جوڑے کی افسزاں دیتا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ کلیکوڈ تفرقی ایپلیناٹر کی افسزاں اس سے  $\frac{2\beta}{3}$  کثنا زیادہ ہے۔



شکل ۵.۳۲: ماسفیٹ کا بنیادی ترقی جوڑا

### ۵.۱۳ ماسفیٹ کے ترقی جوڑے

شکل ۵.۳۲ میں دو یکساں بڑھاتے ماسفیٹ پر مبنی بنیادی ترقی جوڑا دکھایا گیا ہے۔ ترقی جوڑے میں ماسفیٹ کو افسزاں درکھا جاتا ہے۔ الٹہ برقہ بدا کو نظر انداز کرتے ہوئے اسے حل کرتے ہیں۔ ترقی اشارہ  $v_d$  سے مراد

$$v_d = v_{G1} - v_{G2}$$

ہے۔ چونکہ دونوں ماسفیٹ کے سورس آپس میں جبٹے ہیں لہذا  $v_{S1} = v_S$  کے برابر ہو گا۔ یوں  $v_G = v_{GS} + v_S$  کو لکھتے ہوئے

$$(5.120) \quad v_d = (v_{GS1} + v_S) - (v_{GS2} + v_S) \\ = v_{GS1} - v_{GS2}$$

لکھا جا سکتا ہے۔ دھیان رہے کہ  $v_{G1}$  اور  $v_{G2}$  تبدیل کرنے سے  $v_S$  بھی تبدیل ہوتا ہے۔ بدلتے اشارے کے عدم موجودگی میں  $v_{GS1} = v_{GS2} = V_{GS}$  ہوتا ہے۔ اس صورت میں ترقی جوڑے کے دونوں ماسفیٹ میں برابر یک سمت بر قی روکنر تی ہے۔ ترقی جوڑے میں کرخوف کے قانون برائے بر قی روکنی مدد میں

$$(5.121) \quad i_{DS1} + i_{DS2} = 2I$$

لکھا جا سکتا ہے۔ یوں بدلتے اشارے کے عدم موجودگی (0)  $v_d = 0$  میں اس مساوات سے  $i_{DS1} = I$  حاصل ہوتا ہے۔ یوں ہم لکھ سکتے ہیں

$$(5.122) \quad I_{DS1} = I_{DS2} = I = \frac{k_n}{2} (V_{GS} - V_t)^2$$

بدلتے اشارے کے موجودگی میں

$$i_{DS1} = \frac{k_n}{2} (v_{GS1} - V_t)^2$$

$$i_{DS2} = \frac{k_n}{2} (v_{GS2} - V_t)^2$$

ہوں گے۔ آئین  $i_{DS1}$  اور  $i_{DS2}$  کے ایسے مساوات حاصل کریں جن کا آزاد تنقیہ صرف  $v_d$  ہو۔ ایسا کرنے کی خاطر مندرجہ بالا دو مساوات کا حجز رکھتے ہیں۔

$$\sqrt{i_{DS1}} = \sqrt{\frac{k_n}{2}} (v_{GS1} - V_t)$$

$$\sqrt{i_{DS2}} = \sqrt{\frac{k_n}{2}} (v_{GS2} - V_t)$$

$\sqrt{i_{DS2}} < \sqrt{i_{DS1}}$  کو منقی کرتے ہیں

$$\sqrt{i_{DS1}} - \sqrt{i_{DS2}} = \sqrt{\frac{k_n}{2}} (v_{GS1} - v_{GS2})$$

$$= \sqrt{\frac{k_n}{2}} v_d$$

جہاں مساوات ۵.۱۲۰ کو استعمال کیا گی۔ مساوات ۵.۱۲۱ سے  $i_{DS2}$  حاصل کر کے مندرجہ بالا مساوات میں پُر کرتے ہیں۔

$$\sqrt{i_{DS1}} - \sqrt{2I - i_{DS1}} = \sqrt{\frac{k_n}{2}} v_d$$

اس مساوات کا مربع لیتے ہیں

$$i_{DS1} + 2I - i_{DS1} - 2\sqrt{i_{DS1}}\sqrt{2I - i_{DS1}} = \frac{k_n}{2} v_d^2$$

$$2\sqrt{i_{DS1}}\sqrt{2I - i_{DS1}} = 2I - \frac{k_n}{2} v_d^2$$

اس کا دوبارہ مربع لیتے ہوئے دو درجی مساوات حاصل ہوتی ہے

$$4i_{DS1}(2I - i_{DS1}) = 4I^2 + \frac{k_n^2}{4} v_d^4 - 2Ik_n v_d^2$$

$$4i_{DS1}^2 - 8Ii_{DS1} + 4I^2 + \frac{k_n^2}{4} v_d^4 - 2Ik_n v_d^2 = 0$$

جس سے

$$\begin{aligned} i_{DS1} &= \frac{8I \mp \sqrt{64I^2 - 4 \times 4 \times \left(4I^2 + \frac{k_n^2}{4}v_d^4 - 2Ik_nv_d^2\right)}}{2 \times 4} \\ &= I \mp \frac{\sqrt{2Ik_nv_d^2 - \frac{k_n^2}{4}v_d^4}}{2} \\ &= I \mp \left(\frac{v_d}{2}\right) \sqrt{2Ik_n} \sqrt{1 - \frac{k_n}{2I} \left(\frac{v_d}{2}\right)^2} \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے۔ بدلتے اشارے کے عدم موجودگی ( $v_d = 0$ ) کی صورت میں اس مساوات سے  $i_{DS1} = I$  حاصل ہوتا ہے جو کہ درست جواب ہے۔ شکل ۵.۳۲ کو دیکھ کر ہم کہ سکتے ہیں کہ مشتت  $v_d$  کی صورت میں  $i_{DS1}$  کی قیمت  $I$  سے بڑھ جائے گی۔ یوں مندرجہ بالا مساوات سے  $i_{DS1}$  کا درست مساوات یوں لکھا جائے گا۔

$$(5.123) \quad i_{DS1} = I + \left(\frac{v_d}{2}\right) \sqrt{2Ik_n} \sqrt{1 - \frac{k_n}{2I} \left(\frac{v_d}{2}\right)^2}$$

مساوات ۵.۱۲۱ کی مدد سے

$$\begin{aligned} i_{DS2} &= 2I - i_{DS1} \\ &= 2I - \left[ I + \left(\frac{v_d}{2}\right) \sqrt{2Ik_n} \sqrt{1 - \frac{k_n}{2I} \left(\frac{v_d}{2}\right)^2} \right] \end{aligned}$$

یعنی

$$(5.124) \quad i_{DS2} = I - \left(\frac{v_d}{2}\right) \sqrt{2Ik_n} \sqrt{1 - \frac{k_n}{2I} \left(\frac{v_d}{2}\right)^2}$$

حاصل ہوتا ہے۔  
مساوات ۵.۱۲۲ کو ان دو طرز

$$\begin{aligned} \sqrt{k_n} &= \frac{\sqrt{2I}}{V_{GS} - V_t} \\ \frac{k_n}{2I} &= \frac{1}{(V_{GS} - V_t)^2} \end{aligned}$$

پر بھی لکھا جا سکتا ہے جن کے استعمال سے مساوات ۱۲۳ اور مساوات ۱۲۴ کو یوں لکھا جا سکتا ہے۔

$$(5.125) \quad i_{DS1} = I + \left( \frac{v_d}{2} \right) \frac{2I}{V_{GS} - V_t} \sqrt{1 - \frac{1}{(V_{GS} - V_t)^2} \left( \frac{v_d}{2} \right)^2}$$

$$i_{DS2} = I - \left( \frac{v_d}{2} \right) \frac{2I}{V_{GS} - V_t} \sqrt{1 - \frac{1}{(V_{GS} - V_t)^2} \left( \frac{v_d}{2} \right)^2}$$

صفحہ ۳۱۸ پر مساوات ۳.۳۹ باریک اشارے کی تعریف  $(V_{GS} - V_t) 2 \ll v_d$  دیتا ہے۔ اگر دھلی اشارہ اس شرط پر پورا نہ تھا تو مساوات ۵.۱۲۵ میں حبزر کے اندر ایک سے منفی ہونے والے حصے کو ظہر انداز کیا جا سکتا ہے اور ان مساوات کو یوں لکھا جا سکتا ہے۔

$$(5.126) \quad i_{DS1} \approx I + \left( \frac{v_d}{2} \right) \frac{2I}{V_{GS} - V_t}$$

$$i_{DS2} \approx I - \left( \frac{v_d}{2} \right) \frac{2I}{V_{GS} - V_t}$$

صفحہ ۳۱۹ پر مساوات ۳.۵۳ کے تحت

$$g_m = \frac{2I_{DS}}{V_{GS} - V_t}$$

کے برابر ہے جہاں  $I_{DS}$  ماسفیٹ سے گزرتی یک سمت برقی رو ہے۔ مساوات ۵.۱۲۶ میں یک سمت برقی رو کو  $I$  کہا گیا ہے۔ یوں مساوات ۵.۱۲۶ کو

$$(5.127) \quad i_{DS1} \approx I + g_m \left( \frac{v_d}{2} \right)$$

$$i_{DS2} \approx I - g_m \left( \frac{v_d}{2} \right)$$

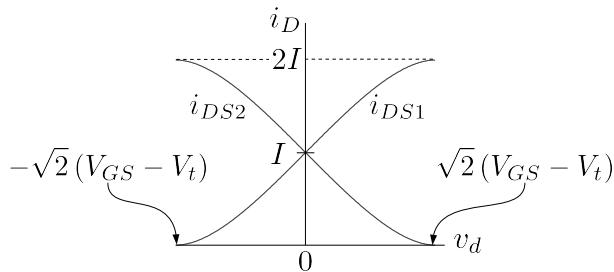
لکھا جا سکتا ہے۔ مساوات ۷.۱۲۵ کا انتہائی سادہ مطلب ہے۔ بیشتر بدلتے برقی اشارے کے موجودگی میں  $i_{DS1}$  کی قیمت میں  $\frac{v_d}{2} g_m$  کا اضافہ ہوتا ہے جبکہ  $i_{DS2}$  کی قیمت میں اتنی ہی کمی رونما ہوتی ہے۔  $i_{DS1}$  اور  $i_{DS2}$  کے بھی  $2I$  کے برابر ہے۔  $i_{DS1}$  اور  $i_{DS2}$  میں اس بدلت برقی رو کو  $i_d$  لکھا جا سکتا ہے یعنی

$$(5.128) \quad i_d = g_m \left( \frac{v_d}{2} \right)$$

یوں

$$(5.129) \quad i_{DS1} = I + i_d$$

$$i_{DS2} = I - i_d$$



شکل ۵.۳۵: ماسیفیت تفسیہ جوڑے کے داخلی تفسیہ برقی باد بال مقابل حناری برقی رو کے خط

کے برابر ہیں۔  $v_d$  کی وہ قیمت جس پر تمام کی تمام  $2I$  یک سمت برقی رو کی ایک ماسیفیت میں مقتول ہو جاتی ہے کو مساوات ۵.۱۲۵ کی مدد سے حاصل کیا جاتا ہے۔ مثبت  $v_d$  کی صورت میں برقی رو  $Q_1$  کو مقتول ہو گی۔ یہنے  $i_{DS1} = 2I$  پر کرتے حل کرنے سے جبکہ  $i_{DS2} = 0$  ہوں گے۔ مساوات ۵.۱۲۵ میں  $i_{DS1} = 2I$  پر کرتے حل کرنے سے

$$(5.130) \quad |v_d| = \sqrt{2}(V_{GS} - V_t)$$

حاصل ہوتا ہے۔ اس قیمت سے  $v_d$  کو مزید بڑھانے سے برقی رو میں مزید تبدیلی روند نہیں ہو گی۔ اتنی ہی مقنی داخلي برقی دباؤ کی صورت میں تمام کی تمام یک سمت برقی رو  $Q_2$  کو مقتول ہو جاتے گی اور یہنے  $i_{DS1} = 0$  جبکہ  $i_{DS2} = 2I$  ہوں گے۔ شکل ۵.۱۲۵ میں مساوات ۵.۱۲۵ کے خط کھنچنے کے لئے۔ ان خطوط سے آپ دیکھ سکتے ہیں کہ  $v_d$  کی وہ قیمت جس پر تمام کی تمام برقی رو ایک جایب مقتول ہو جاتی ہے صفحہ ۳۱۸ پر مساوات ۳.۲۹ میں بیان کئے ہوئے اشارے کی حد سے کم ہے۔

شکل ۵.۳۲

$$v_{D1} = V_+ - i_{DS1} R_D$$

$$v_{D2} = V_+ - i_{DS2} R_D$$

اور

$$\begin{aligned} v_0 &= v_{D2} - v_{D1} \\ &= (V_+ - i_{DS2} R_D) - (V_+ - i_{DS1} R_D) \\ &= i_{DS1} R_D - i_{DS2} R_D \end{aligned}$$

لکھتے ہوئے مساوات ۵.۱۲۷ کے استعمال سے

$$\begin{aligned} v_o &= \left[ I + g_m \frac{v_d}{2} \right] R_D - \left[ I - g_m \frac{v_d}{2} \right] R_D \\ &= g_m v_d R_D \end{aligned}$$

ماتا ہے جس سے تفسری اندازش

$$(5.131) \quad A_d = \frac{v_o}{v_d} = g_m R_D$$

حاصل ہوتی ہے۔

مثال ۱۱۔۵: شکل ۱۱۔۵ میں دکھائے گئے ماسفیٹ کے تفسری جوڑے میں  $2I = 200 \mu\text{A}$  ہے جبکہ  $V_{GS} = 1.2 \text{ V}$  اور  $g_m = 0.1 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2}$  میں  $V_t = 0.1 \text{ V}$  اور  $k_n = 0.1 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2}$  کی وہ قیمت حاصل کریں جس پر تمام کی تمام برقی روایک ماسفیٹ کو مقتول ہو جاتی ہے۔

حل:  $v_d = 0$  پر دونوں ماسفیٹ اپنے نقطہ کار کردگی پر ہوتے ہیں اور دونوں میں برابر  $A = 100$  برقی روپا یا جاتا ہے۔ اندازہ ماسفیٹ کی مساوات سے یوں

$$100 \times 10^{-6} = \frac{0.1 \times 10^{-3}}{2} (V_{GS} - 1.2)^2$$

لکھتے ہوئے  $2.614 \text{ V}$  حاصل ہوتا ہے۔ صفحہ ۱۹ پر مساوات ۱۱۔۵ کے استعمال سے

$$g_m = \sqrt{2 \times 100 \times 10^{-6} \times 0.1 \times 10^{-3}} = 0.1414 \text{ mS}$$

اور مساوات ۱۱۔۳۰ سے

$$|v_d| = \sqrt{2} (2.614 - 1.2) = 2 \text{ V}$$

حاصل ہوتا ہے۔ یوں  $v_d = 2 \text{ V}$  پر تمام برقی رو  $Q_1$  سے گزرے گا جبکہ  $v_d = -2 \text{ V}$  پر تمام برقی رو  $Q_2$  سے گزرے گا۔

مثال ۱۱۔۶: مثال ۱۱۔۵ میں  $R_D = 50 \text{ k}\Omega$  جبکہ  $V_+ = 18 \text{ V}$  کی صورت میں تفسری جوڑے کی تفسری اندازش حاصل کریں۔

حل: مساوات ۱۱۔۵ کی مدد سے

$$A_d = 0.1414 \times 10^{-3} \times 50000 = 7.07 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

حاصل ہوتا ہے۔

## باب ۵. تفاضلی ایمپلیکیٹر

مثال ۵.۱۳: شکل ۵.۳۲ میں، کھائے گئے ماسفینٹ کے تفاضلی جوڑے میں  $2I = 200 \mu\text{A}$  ہے جبکہ  $Q_2$  میں  $V_t = 1.2 \text{ V}$  اور  $k_n = 0.1 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2}$  کی قیمتیں مندرجہ ذیل صورتوں میں حاصل کریں۔

$$i_{DS1} = 100 \mu\text{A} \quad .1$$

$$i_{DS1} = 150 \mu\text{A} \quad .2$$

$$i_{DS1} = 200 \mu\text{A} \quad .3$$

حل:

.1. صورت میں  $i_{DS1} = 100 \mu\text{A}$  کی صورت میں مساوات ۵.۱۲ کے تحت  $i_{DS2} = 100 \mu\text{A}$  ہو گی۔ اس صورت میں دونوں ماسفینٹ میں برابر برقی رو ہو گا۔ افزایشہ ماسفینٹ کی مساوات سے

$$100 \times 10^{-6} = \frac{0.1 \times 10^{-3}}{2} (v_{GS1} - 1.2)^2$$

$$v_{GS1} = 2.614 \text{ V} \quad \text{سے حاصل ہوتے ہیں۔} v_{GS2} \text{ بھی اتنا ہی ہو گا۔}$$

یہاں غور کریں۔ ہمیں  $v_{GS1}$  معلوم ہے لیکن ہمیں  $v_{G1}$  معلوم نہیں ہے۔ اس کے عکس ہمیں  $v_{GS2}$  معلوم ہونے کے ساتھ ساتھ یہ بھی معلوم ہے کہ اس کے گیٹ برقی زمین پر ہے۔ یہاں ہم جانتے ہیں کہ  $v_{G2} = 0 \text{ V}$  پر ہے۔

$v_{GS1} = v_{G1} - v_S$  کلتے ہوئے اور  $v_{GS2} = v_{G2} - v_S$  حاصل ہوتا ہے۔  $v_S = -2.614 \text{ V}$  میں حاصل کر دہو۔ اور  $v_{GS1}$  اور  $v_S$  کی قیمتیں پر کرنے سے  $v_{G1} = 0 \text{ V}$  حاصل ہوتا ہے۔

.2. صورت میں  $i_{DS1} = 150 \mu\text{A}$  کی صورت میں مساوات ۵.۱۲ کے تحت  $i_{DS2} = 50 \mu\text{A}$  ہو گی۔ افزایشہ ماسفینٹ کے مساوات سے دونوں ماسفینٹ کے  $v_{GS}$  حاصل کرتے ہیں۔  $Q_1$  کے مساوات سے

$$150 \times 10^{-6} = \frac{0.1 \times 10^{-3}}{2} (v_{GS1} - 1.2)^2$$

$$v_{GS1} = 2.932 \text{ V}$$

اور  $Q_2$  کے مساوات سے

$$50 \times 10^{-6} = \frac{0.1 \times 10^{-3}}{2} (v_{GS2} - 1.2)^2$$

$$v_{GS2} = 2.2 \text{ V}$$

حاصل ہوتے ہیں۔  $Q_2$  کے معاملات سے

$$v_{GS2} = v_{G2} - v_S = 0 - v_S$$

$$v_S = -2.2 \text{ V} \leftarrow$$

$$\begin{aligned} v_{GS1} &= v_{G1} - v_S \\ 2.932 &= v_{G1} - (-2.2) \\ v_{G1} &= 0.732 \text{ V} \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے۔

$$Q_1 \text{ کی صورت میں مسادت } v_{GS1} = 0 \mu\text{A} \text{ کے تحت } i_{DS1} = 200 \mu\text{A} \text{ اور } i_{DS2} = 0 \mu\text{A} \text{ مسادت سے۔}$$

$$\begin{aligned} 200 \times 10^{-6} &= \frac{0.1 \times 10^{-3}}{2} (v_{GS1} - 1.2)^2 \\ v_{GS1} &= 3.2 \text{ V} \end{aligned}$$

اور  $Q_2$  کے مسادت سے

$$\begin{aligned} 0 &= \frac{0.1 \times 10^{-3}}{2} (v_{GS2} - 1.2)^2 \\ v_{GS2} &= 1.2 \text{ V} \end{aligned}$$

حاصل ہوتے ہیں۔ یوں

$$\begin{aligned} v_{GS2} &= v_{G2} - v_S \\ 1.2 &= 0 - v_S \end{aligned}$$

$$v_S = -1.2 \text{ V} \leftarrow$$

$$\begin{aligned} v_{GS1} &= v_{G1} - v_S \\ 3.2 &= v_{G1} - (-1.2) \\ v_{G1} &= 2 \text{ V} \end{aligned}$$

حاصل ہوتے ہیں۔

**مثال ۱۳۔۵:** مثال ۱۳۔۵ میں  $v_{G1} = 4 \text{ V}$  کی صورت میں  $v_{G1}, v_S, v_{GS1}, v_{GS2}$  اور  $v$  کی قیمتیں حاصل کریں۔

**حل:** مثال ۱۳۔۵ میں دیکھا گیا کہ  $v_{GS1} = 3.2 \text{ V}$  کرنے سے تمام کی تمام برقی وہ  $Q_1$  کو متقتل ہو جاتی ہے۔  $Q_1$  کے گیٹ پر برقی دباؤ مزید بڑھانے سے  $i_{DS1}$  پر کوئی اثر نہیں پڑتا اور سیے  $200 \mu\text{A}$  ہی رہتی ہے۔ یوں

$$v_{GS1} = 3.2 \text{ V}$$

$$\begin{aligned} v_{GS1} &= v_{G1} - v_S \\ 3.2 &= 4 - v_S \end{aligned}$$

$$v_S = 0.8 \text{ V} \quad \leftarrow \text{ حاصل ہوتا ہے اور یوں}$$

$$\begin{aligned} v_{GS2} &= v_{G2} - v_S \\ &= 0 - 0.8 \\ &= -0.8 \text{ V} \end{aligned}$$

ہو گا۔ اس صورت میں چونکہ  $V_t < v_{GS2}$  ہے لہذا  $Q_2$  منقطع ہو گا۔

---

### ۵.۱۳ داخنی انحرافی برقی دباؤ

ماسیٹ کے تفسیری جوڑے میں بھی ناقص پن پیلا جاتا ہے۔ شکل ۵.۳۲ میں داٹھ انحرافی برقی دباؤ  $V_t$  میں وجوہات سے پیدا ہو سکتا ہے۔ ذرین پر نسب مزاج متلوں میں مشرق، دونوں ماسیٹ کے  $\frac{W}{L}$  میں فرق اور دونوں ماسیٹ کے  $V_t$  میں مشرق وہ میں وجوہات ہیں۔ آئین ان کے اثر کو پاری باری دکھھیں۔

$$\begin{aligned} R_{D1} &= R_D + \Delta R_D \\ R_{D2} &= R_D - \Delta R_D \end{aligned} \quad (5.132)$$

کی صورت میں دونوں ماسیٹ میں برابر قرود  $I$  تصور کرتے ہوئے

$$\begin{aligned} V_{D1} &= V_+ - I(R_D + \Delta R_D) \\ V_{D2} &= V_+ - I(R_D - \Delta R_D) \\ V_O &= V_{DS2} - V_{DS1} = 2I\Delta R_D \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے جس کو  $A_d$  کے تقسیم کرنے سے داخنی انحرافی برقی دباؤ حاصل ہوتا ہے۔  $A_d$  کو مساوات ۵.۱۳۲ پر مساوات ۳.۵۲ کے تحت  $g_m = \frac{2I_{DS}}{V_{GS} - V_t}$  کے برابر ہے۔ یہاں  $I$  کو  $I_{DS}$  گیا ہے۔ یوں

$$A_d = g_m R_D = \left( \frac{2I}{V_{GS} - V_t} \right) R_D$$

لکھتے ہوئے

$$V_{OS} = \frac{V_O}{A_d}$$

$$= \frac{2I\Delta R_D}{\left(\frac{2I}{V_{GS}-V_t}\right)R_D}$$

یعنی

$$(5.133) \quad V_{OS} = (V_{GS} - V_t) \left( \frac{\Delta R}{R} \right)$$

حاصل ہوتا ہے۔  
آئیں اب  $k_n$  میں فرق کے اثرات کو بھیں۔ تصور کریں کہ

$$(5.134) \quad \begin{aligned} \left( \frac{W}{L} \right)_1 &= \frac{W}{L} + \Delta \left( \frac{W}{L} \right) \\ \left( \frac{W}{L} \right)_2 &= \frac{W}{L} - \Delta \left( \frac{W}{L} \right) \end{aligned}$$

یہیں۔ ایسی صورت میں

$$i_{DS1} = \frac{k_{n1}}{2} (V_{GS} - V_t)^2$$

$$i_{DS2} = \frac{k_{n2}}{2} (V_{GS} - V_t)^2$$

$i_{DS1}$  کی مساوات کو  $i_{DS2}$  کے مساوات سے تقسیم کرتے ہوئے

$$\frac{i_{DS2}}{i_{DS1}} = \frac{\frac{k_{n2}}{2} (V_{GS} - V_t)^2}{\frac{k_{n1}}{2} (V_{GS} - V_t)^2} = \frac{k_{n2}}{k_{n1}}$$

ملتا ہے جس کے دونوں جانب ایک چین کرتے ہوئے

$$\frac{i_{DS2}}{i_{DS1}} + 1 = \frac{k_{n2}}{k_{n1}} + 1$$

$$\frac{i_{DS2} + i_{DS1}}{i_{DS1}} = \frac{k_{n2} + k_{n1}}{k_{n1}}$$

$$\frac{2I}{i_{DS1}} = \frac{k_{n2} + k_{n1}}{k_{n1}}$$

حاصل ہوتا ہے جہاں تیسرا فتم پر مساوات ۵.۱۲۱ کے تحت گیا۔ مندرجہ بالامساوات کو الشاکر تھے ہوئے

$$\begin{aligned} \frac{i_{DS1}}{2I} &= \frac{k_{n1}}{k_{n2} + k_{n1}} \\ &= \frac{k'_n \left[ \frac{W}{L} + \Delta \left( \frac{W}{L} \right) \right]}{k'_n \left[ \frac{W}{L} - \Delta \left( \frac{W}{L} \right) + \frac{W}{L} + \Delta \left( \frac{W}{L} \right) \right]} \\ &= \frac{\left[ \frac{W}{L} + \Delta \left( \frac{W}{L} \right) \right]}{2 \frac{W}{L}} \end{aligned}$$

لکھا جاسکتا ہے جس سے

$$(5.135) \quad i_{DS1} = I \left[ 1 + \frac{\Delta \left( \frac{W}{L} \right)}{\frac{W}{L}} \right]$$

حاصل ہوتا ہے۔ مساوات ۵.۱۲۱ کو استعمال کرتے ہوئے

$$\begin{aligned} i_{DS2} &= 2I - i_{DS1} \\ &= 2I - I \left[ 1 + \frac{\Delta \left( \frac{W}{L} \right)}{\frac{W}{L}} \right] \end{aligned}$$

←

$$(5.136) \quad i_{DS2} = I \left[ 1 - \frac{\Delta \left( \frac{W}{L} \right)}{\frac{W}{L}} \right]$$

حاصل ہوتا ہے۔ ان  $i_{DS1}$  اور  $i_{DS2}$  کے استعمال سے

$$(5.137) \quad V_{OS} = (V_{GS} - V_t) \left[ \frac{\Delta \left( \frac{W}{L} \right)}{\frac{W}{L}} \right]$$

حاصل ہوتا ہے۔

آخنر میں دونوں ماسفین کے  $V_t$  میں منرق کے اثرات کو دیکھتے ہیں۔ منرض کریں کہ

$$(5.138) \quad \begin{aligned} V_{t1} &= V_t + \Delta V_t \\ V_{t2} &= V_t - \Delta V_t \end{aligned}$$

ہیں۔ اس صورت میں

$$\begin{aligned} i_{DS1} &= \frac{k_n}{2} (V_{GS} - V_t - \Delta V_t)^2 \\ &= \frac{k_n}{2} (V_{GS} - V_t)^2 \left(1 - \frac{\Delta V_t}{V_{GS} - V_t}\right)^2 \\ i_{DS2} &= \frac{k_n}{2} (V_{GS} - V_t + \Delta V_t)^2 \\ &= \frac{k_n}{2} (V_{GS} - V_t)^2 \left(1 + \frac{\Delta V_t}{V_{GS} - V_t}\right)^2 \end{aligned}$$

لکھ جائے گی۔ دونوں مساوات میں دئیں جانب تو یہ کھو لتے ہیں۔

$$\begin{aligned} i_{DS1} &= \frac{k_n}{2} (V_{GS} - V_t)^2 \left[1 - \frac{2\Delta V_t}{V_{GS} - V_t} + \left(\frac{\Delta V_t}{V_{GS} - V_t}\right)^2\right] \\ i_{DS2} &= \frac{k_n}{2} (V_{GS} - V_t)^2 \left[1 + \frac{2\Delta V_t}{V_{GS} - V_t} + \left(\frac{\Delta V_t}{V_{GS} - V_t}\right)^2\right] \end{aligned}$$

کونسل ریڈائز کیا جائے یہ تو  $\Delta V_t \ll (V_{GS} - V_t)$

$$\begin{aligned} i_{DS1} &= \frac{k_n}{2} (V_{GS} - V_t)^2 \left[1 - \frac{2\Delta V_t}{V_{GS} - V_t}\right] \\ i_{DS2} &= \frac{k_n}{2} (V_{GS} - V_t)^2 \left[1 + \frac{2\Delta V_t}{V_{GS} - V_t}\right] \end{aligned}$$

حاصل ہوتے ہیں۔ ان مساوات میں

$$I = \frac{k_n}{2} (V_{GS} - V_t)^2$$

پر کرنے سے انہیں

$$\begin{aligned} i_{DS1} &= I \left[1 - \frac{2\Delta V_t}{V_{GS} - V_t}\right] \\ i_{DS2} &= I \left[1 + \frac{2\Delta V_t}{V_{GS} - V_t}\right] \end{aligned}$$

لکھا جا سکتا ہے۔ یوں

$$v_{D1} = V_+ - i_{DS1}R_D$$

$$v_{D2} = V_+ - i_{DS2}R_D$$

←

$$V_O = (i_{DS1} - i_{DS2}) R_D$$

$$= -4IR_D \left( \frac{\Delta V_t}{V_{GS} - V_t} \right)$$

اور

$$(5.139) \quad V_{OS} = \frac{V_O}{A_d} = -2\Delta V_t$$

حاصل ہوتا ہے۔  $\Delta$  کی وجہ سے پیدا  $V_{OS}$  کو کم رکھنے کی حاضر ماسفیٹ کو کم سے کم  $\Delta R_S$  اور  $\left(\frac{W}{L}\right)$  پر چلا جاتا ہے۔ دو جوڑ ٹرانزسٹر کے ترقی جوڑے میں داخلی اخراجی برقی دباؤ دونوں بازوں کے  $R_C$  میں مترقب اور دونوں ٹرانزسٹروں کے  $I_S$  میں مترقب کی بنا پر پیدا ہوتا ہے۔ ماسفیٹ کے ترقی جوڑے میں داخلی اخراجی برقی دباؤ پیدا کرنے کی تیسری وجہ  $V_t$  بھی پائی جاتی ہے۔

### ۵.۱۵ ماسفیٹ آئینے برقی رو

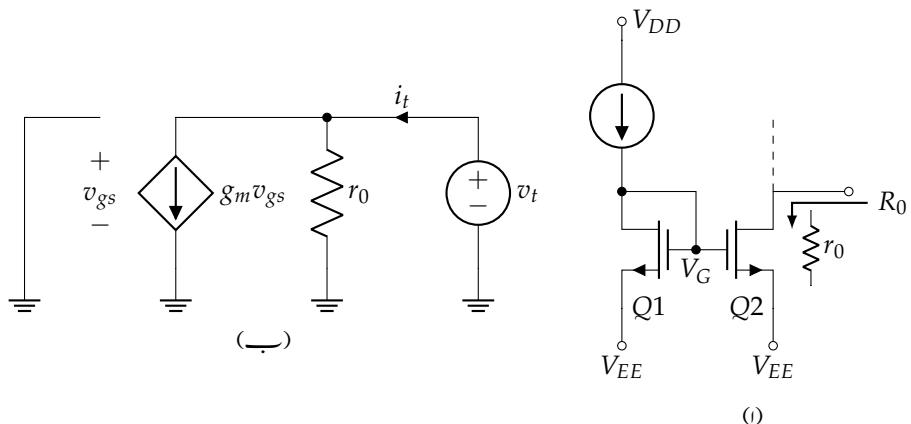
شکل ۵.۳۶ میں ماسفیٹ کا سادہ آئینے برقی رو دکھایا گیا ہے جس کو دیکھتے ہیں کہ  $r_0 = R_0$  کے برابر ہے۔ آئینے بھی تیجہ ماسفیٹ ریاضی نمونہ استعمال کرتے ہوئے حاصل کریں۔ حنارجی مزاجمت حاصل کریں کہ حناظر  $Q_2$  کے ڈرین پر باریک اشاراتی  $v_t$  لالگو کرتے ہوئے  $i_t$  کا تخمینہ لگا کر  $\frac{v_t}{i_t}$  سے حنارجی مزاجمت  $R_0$  حاصل کی جا سکتا ہے۔ شکل ۵.۳۶-۱ میں  $V_G$  یک سمت رو دباہے لہذا درکاریاضی نمونہ بناتے ہوئے ہم  $Q_2$  کا پائے نمونہ استعمال کرتے ہوئے اس کے گیڈ کو (باریک اشاراتی استعمال کے لئے) برقی زمین پر تصور کرتے ہیں (شکل ۵.۳۶-۲) یوں  $g_m v_{gs} = 0$  ہو گا لہذا  $i_t r_0 = v_t$  یعنی  $R_0 = \frac{v_t}{i_t}$  ہوگا۔

جیسے آپ جانتے ہیں کہ آئینے کی حنارجی مزاجمت جتنی زیادہ ہو اتنا بہتر ہے۔ آئینے ماسفیٹ کے ولن آئینے پر غور کریں اور یکھیں کہ اس کی حنارجی مزاجمت کتنی حاصل ہوتی ہے۔

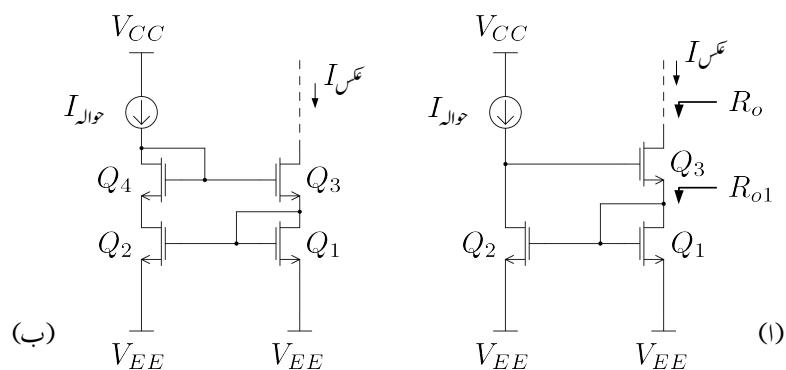
شکل ۵.۳۷ الف میں ولن آئینے برقی رو دکھایا گیا ہے۔ دو جوڑ ٹرانزسٹر سے بنائے گئے ولن آئینے میں ماسفیٹ استعمال کرنے سے یہ دور حاصل کی گیا ہے۔ شکل ۵.۳۷ ب میں  $Q_4$  کا اضافہ کرتے ہوئے  $Q_1$  اور  $Q_2$  کے  $V_{DS}$  برابر کردے گئے ہیں۔ ایسا کرنے سے ولن آئینے میں ارلی برقی دباؤ کا اثر ختم ہو جاتا ہے۔

حنارجی مزاجمت حاصل کرنے کی حناظر شکل ۵.۳۷ الف میں  $Q_3$  کے ڈرین پر  $v_t$  لالگو کرتے ہوئے  $i_t$  کا تخمینہ لگاتے ہیں۔ حنارجی مزاجمت ان دونوں کی شرح کو کہتے ہیں۔ آئینے پہلے  $Q_1$  پر غور کریں۔

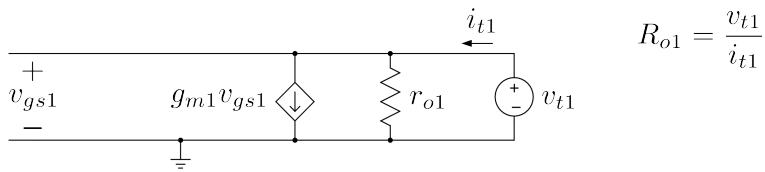
صحیح ۳۶۰ پر شکل ۳.۱۳۲ میں دو جوڑ ٹرانزسٹر کے ٹلکش اور میں کو آپس میں جوڑ کر ڈیوبھاصل کیا گیا ہے۔ شکل ۵.۳۷ ب میں  $Q_1$  کو ای طرز پر جوڑا گیا ہے۔ آئینے شکل ۵.۳۷ الف میں  $Q_1$  کا حنارجی مزاجمت حاصل کریں۔  $R_{o1}$  حاصل کرنے کی حناظر  $Q_1$  کے ڈرین پر  $v_{t1}$  لالگو کرتے ہوئے  $i_t$  کا تخمینہ لگاتے ہیں۔ شکل



شکل ۵.۳۶: ساده آئینه کی حنری مسازه مخت



شکل ۵.۳۷: لام آئینه کی حنری مسازه مخت



شکل ۵.۳۸: ماسیفیٹ بطورڈائوڈ

شکل ۵.۳۸ میں ایسا کرتے ہوئے  $Q_1$  کا باریک اشارتی مساوی دور بنا یا گیا ہے۔ چونکہ ڈرین اور گیٹ آپس میں جبڑے ہیں لہذا  $v_{gs1} = v_{t1}$  ہے۔ یوں

$$\begin{aligned} i_{t1} &= g_{m1} v_{gs1} + \frac{v_{t1}}{r_{o1}} \\ &= g_{m1} v_{t1} + \frac{v_{t1}}{r_{o1}} \end{aligned}$$

لکھتے ہوئے

$$(5.130) \quad R_{o1} = \frac{v_{t1}}{i_{t1}} = \frac{r_{o1}}{1 + g_{m1} r_{o1}}$$

حاصل ہوتا ہے۔  $1 \gg g_{m1} r_{o1}$  کی وجہ پر اس مساوات کو

$$(5.131) \quad R_{o1} \approx \frac{1}{g_{m1}}$$

لکھا جا سکا ہے۔ اس مساوات کے تحت ڈائوڈ کے طرز پر جبڑے ماسیفیٹ کو مزاحمت  $\frac{1}{g_{m1}}$  تصور کیا جا سکتا ہے۔ یہ ایک اہم اور عمومی نتیجہ ہے۔

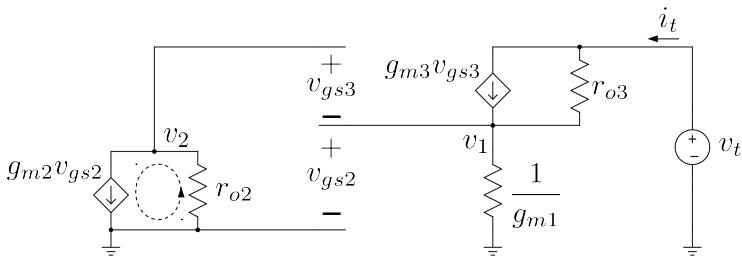
شکل ۵.۳۷ اف میں  $Q_1$  کی جگہ مزاحمت  $\frac{1}{g_{m1}}$  جبکہ بقا یا انزستروں کے ریاضی نمونے استعمال کرتے ہوئے شکل ۵.۳۹ حاصل ہوتا ہے۔ یہاں رکہ کر تسلی کر لیں کہ یہی مساوی دور ہے۔

شکل ۵.۳۹ میں  $Q_1$  کے ڈرین پر برقی دباؤ کو  $v_1$  کہا گیا ہے۔ تمام کی تمام  $i_t$  مزاحمت  $\frac{1}{g_{m1}}$  سے گزرتی ہے لہذا  $v_{gs2} = g_{m1} v_1$  کے برابر ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ دراصل  $v_{gs2}$  یوں ہے لہذا

$$(5.132) \quad v_{gs2} = v_1 = \frac{i_t}{g_{m1}}$$

لکھا جا سکتا ہے۔ یوں  $Q_2$  کے ریاضی نمونے میں

$$g_{m2} v_{gs2} = \frac{g_{m2} i_t}{g_{m1}}$$



شکل ۵.۳۹: ماسفیٹ، لکن آئینے کا باریکے اشاراتی مساوی دور

کے برابر ہو گا۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ یہی برقی رو  $r_{o2}$  میں برقی زمین سے جو  $v_2$  کی جانب روائی ہے۔ یوں

$$v_2 = -\frac{g_{m2}r_{o2}i_t}{g_{m1}}$$

کے برابر ہے۔ چونکہ  $v_2$  کی طرف سے بہذا

$$(5.133) \quad v_{gs3} = -\frac{g_{m2}r_{o2}i_t}{g_{m1}}$$

کے برابر ہے۔ یوں کر خوف کے قانون برائے برقی رو کی مدد سے

$$\begin{aligned} i_t &= g_{m3}v_{gs3} + \frac{v_t - v_1}{r_{o3}} \\ &= -\frac{g_{m2}g_{m3}r_{o2}i_t}{g_{m1}} + \frac{v_t - g_{m1}i_t}{r_{o3}} \end{aligned}$$

لکھ سکتا ہے جہاں دوسری وسیع پر مساوات ۵.۱۳۲ اور ۵.۱۳۳ کا استعمال کیا گیا۔ اس کو

$$i_t + \frac{g_{m2}g_{m3}r_{o2}i_t}{g_{m1}} + \frac{g_{m1}i_t}{r_{o3}} = \frac{v_t}{r_{o3}}$$

لکھتے ہوئے

$$(5.134) \quad R_o = \frac{v_t}{i_t} = r_{o3} + \frac{g_{m2}g_{m3}r_{o2}r_{o3}}{g_{m1}} + g_{m1}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اگر تمام ماسفیٹ بالکل یکساں ہوں تو  $R_o = r_{o3} + g_{m1} = g_{m2} = g_{m3} = g_m$  اور  $r_{o2} = r_{o3}$  لکھ سکتا ہے۔ مندرجہ بالامساوات میں درمیانی تجزیوں کیا دو جزاء کے بہت بڑی ہے لہذا ایکلی اور آخری جزاء کو نظر انداز کرتے ہوئے

$$(5.135) \quad R_o \approx g_m r_o^2$$

حاصل ہوتا ہے۔

## ۵.۱۵.۱ منبع دباؤ کے اثرات سے آزاد منبع رو

مختلف آئینے برقی روپر تبصرے کے دروان یہ تصور کیا گیا کہ حالاً  $I_1$  ایک مستقل مقدار ہے جس پر منبع دباؤ  $V_{CC}$  اور  $V_{EE}$  کا کوئی اثر نہیں۔ آئینے ایک ایسے منبع روپر غور کریں جس کی پیدا کردہ برقی روپر  $V_+$ ،  $V_-$  وغیرہ کا کوئی اثر نہیں ہوتا۔ ایسے منبع رو کو شکل ۵.۳۰ میں دکھایا گیا ہے۔

تمام ماسنیٹ کو افسزاں شدہ تصور کریں۔  $Q_3$  اور  $Q_4$  مسل کر منبع برقی رو بنتے ہیں جسے اب تک ہم دیکھتے آ رہے ہیں۔ اور  $Q_4$  پاکل یکساں ہیں۔ یوں  $I_{D1} = I_{D2}$  اور  $Q_2$  پر غور کریں۔  $Q_1$  کا برقی رو  $I_{D1}$  ہی ہے۔ اسی طرح  $Q_2$  کا برقی رو  $I_{D2}$  ہی ہے۔ یوں

$$I_{D1} = \frac{k'_n}{2} \left( \frac{W}{L} \right)_1 (V_{GS1} - V_t)^2$$

$$I_{D2} = \frac{k'_n}{2} \left( \frac{W}{L} \right)_2 (V_{GS2} - V_t)^2$$

ان دونوں برقی رو کو برلکھتے ہوئے

$$(5.134) \quad \frac{k'_n}{2} \left( \frac{W}{L} \right)_1 (V_{GS1} - V_t)^2 = \frac{k'_n}{2} \left( \frac{W}{L} \right)_2 (V_{GS2} - V_t)^2$$

حاصل ہوتا ہے۔ ساتھ ہی ساتھ شکل کو دیکھتے ہوئے ہم لکھ سکتے ہیں

$$(5.135) \quad V_{GS1} = V_{GS2} + I_{D2}R$$

مساوات ۵.۱۳۴ کو مساوات ۵.۱۳۵ میں پڑ کر تبدیل ہوئے R کے لئے حل کرتے ہیں۔

$$\frac{k'_n}{2} \left( \frac{W}{L} \right)_1 (V_{GS2} + I_{D2}R - V_t)^2 = \frac{k'_n}{2} \left( \frac{W}{L} \right)_2 (V_{GS2} - V_t)^2$$

دونوں اطراف کا حجز رہیتے ہوئے

$$\sqrt{\left( \frac{W}{L} \right)_1} (V_{GS2} + I_{D2}R - V_t) = \sqrt{\left( \frac{W}{L} \right)_2} (V_{GS2} - V_t)$$

←

$$R = \frac{V_{GS2} - V_t}{I_{D2}} \left[ \sqrt{\frac{\left( \frac{W}{L} \right)_2}{\left( \frac{W}{L} \right)_1}} - 1 \right]$$

حاصل ہوتا ہے  $I_{D2}$  کی مساوات سے

$$V_{GS2} - V_t = \sqrt{\frac{I_{D2}}{\frac{k_{n2}}{2}}}$$

لکھا جا سکتا ہے۔ یوں

$$(5.138) \quad R = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{k_{n2} I_{D2}}} \left[ \sqrt{\frac{\left(\frac{W}{L}\right)_2}{\left(\frac{W}{L}\right)_1}} - 1 \right]$$

حاصل ہوتا ہے۔ اس قیمت کی مزاجت اس بات کو یقینی بنائے گی کہ  $I_{D1} = I_{D2}$  ہوں گے۔ چونکہ  $0 \geq R$  ہوتا ہے لہذا

$$\left(\frac{W}{L}\right)_2 \geq \left(\frac{W}{L}\right)_1$$

ہو گا۔  $Q_1$  کے برقی روکے عکس لینے کی حناطر  $V_{GS1}$  برقی دباؤ مزید ماسیفیٹ کو دیا جاتا ہے۔ شکل میں یوں  $Q_6$  سے عکس  $I$  حاصل کیا گیا ہے ہے میں  $I_{O6}$  سے ظاہر کیا گیا ہے۔ ای طرح  $Q_4$  کے برقی روکے عکس لینے کی حناطر  $V_{GS4}$  برقی دباؤ مزید ماسیفیٹ کو دیا جاتا ہے۔ شکل میں یوں  $Q_5$  سے عکس  $I$  حاصل کیا گیا ہے ہے  $I_{O5}$  سے ظاہر کیا گیا ہے۔

اس وقت تک  $V_+$  اور  $V_-$  کے اثرات سے آزاد رہتے ہیں جب تک  $Q_2$  اور  $Q_3$  انداختہ رہیں۔ یاد رہے کہ  $Q_1$  کا گیئے اور اس کا ذریں آپس میں جبڑے ہیں لہذا پھر صورت انداختہ ہی رہتا ہے۔ ای طرح  $Q_4$  کا گیئے اور ذریں کبھی آپس میں جبڑے ہیں لہذا یہ ماسیفیٹ بھی پھر صورت انداختہ ہی رہتا ہے۔

$$V_{SG4} \text{ کا } Q_4$$

## ۵.۱۶ ماسیفیٹ کیکوڈ تفسری ایمپلیفایزر

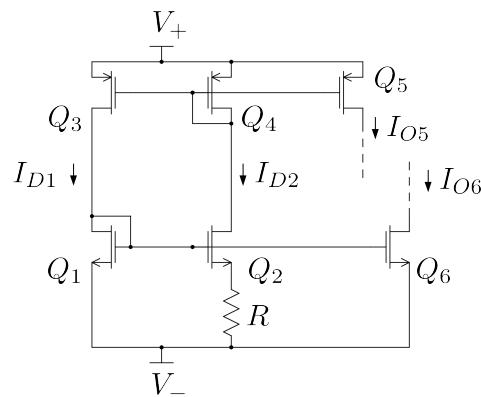
شکل ۵.۲۱ ماسیفیٹ سے بنایا گیا کیکوڈ تفسری ایمپلیفایزر دکھایا گیا ہے جس میں وسن آئینے کو بطور برقی بوجھ استعمال کیا گیا ہے۔ ولن آئینے کی خارجی مزاجت گزشتہ ہے میں حاصل کی گئی آئین کیکوڈ کی خارجی مزاجت بھی حاصل کریں۔ ایسا کرنے کی حناطر  $Q_{a4}$  کے ذریں پر  $v_t$  مہیا کرتے ہوئے  $i_t$  کا تجھیں لگائیں گے۔

$\frac{v_t}{i_t}$  خارجی مزاجت ہو گا۔

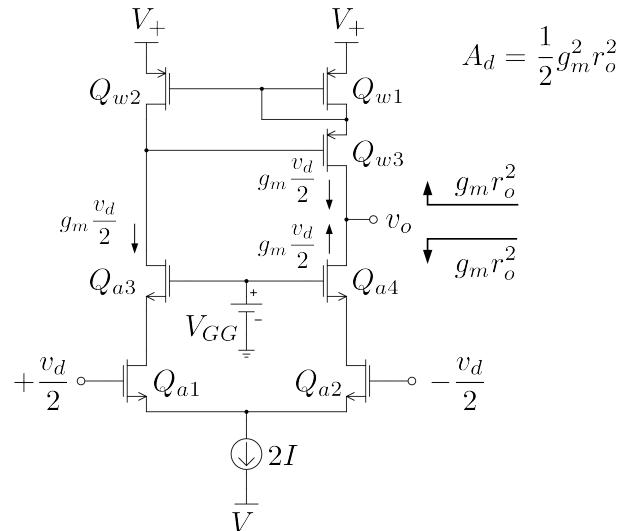
شکل ۵.۲۲ میں کیکوڈ ایمپلیفایزر کا مطلوب حصہ دکھایا گیا ہے۔ ساتھ ہی دونوں ماسیفیٹ کے باریک اشاراتی ریاضی نوٹ استعمال کرتے ہوئے مساوی دور بھی بنایا گیا ہے جہاں تفسری دخنی اشارہ  $0 = v_d$  رکھا گیا ہے۔ چونکہ  $Q_{a2}$  کا سورس اور گیئے دونوں برقی زمین پر میں لہذا  $0 = v_{gs2}$  ہو گا۔ اس طرح  $Q_{a2}$  کی جگہ صرف  $r_{o2}$  نسب کیا جا سکتا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ  $i_t r_{o2}$  کی تمام کی تمام سے گزرتی ہے لہذا  $i_t r_{o2} = v_1$  کے برابر ہے۔ شکل سے صاف ظاہر ہے کہ  $-v_1 = v_{gs4}$

$$(5.139) \quad v_1 = i_t r_{o2}$$

$$v_{gs4} = -i_t r_{o2}$$



شکل ۵.۳۰: منبع دباد کے اثرات سے پاک منبع رو



شکل ۵.۳۱: ماسنیٹ کیکوڈ تفسیری ایپلینیاٹر

لکھا جا سکتا ہے۔ کر خوف کے قانون برائے بر قریب کی مدد سے

$$\begin{aligned} i_t &= g_{m4} v_{gs4} + \frac{v_t - v_1}{r_{o4}} \\ &= -i_t g_{m4} r_{o2} + \frac{v_t - i_t r_{o2}}{r_{o4}} \end{aligned}$$

لکھا جا سکتا ہے جہاں دوسری وتم پر مساوات ۱۳۹ کا ہمارا لیا گیا۔ اس مساوات کو

$$i_t + i_t g_{m4} r_{o2} + \frac{i_t r_{o2}}{r_{o4}} = \frac{v_t}{r_{o4}}$$

لکھتے ہوئے

$$(5.150) \quad R_o = \frac{v_t}{i_t} = r_{o4} + g_{m4} r_{o2} r_{o4} + r_{o2}$$

حاصل ہوتا ہے جہاں درمیانی حبزو بقایا دو اجزاء سے بہت بڑی ہے لہذا پہلی اور تیسرا حبزو کو نظر انداز کیا جا سکتا ہے۔ ساتھ ہی ساتھ اگر تمام مساویں بالکل یکساں ہوں تو  $b_m = g_{m2} = g_{m4} = g_m$  اور  $r_{o2} = r_{o4} = r_o$  لکھا جا سکتا ہے۔ یوں

$$(5.151) \quad R_o = g_m r_o^2$$

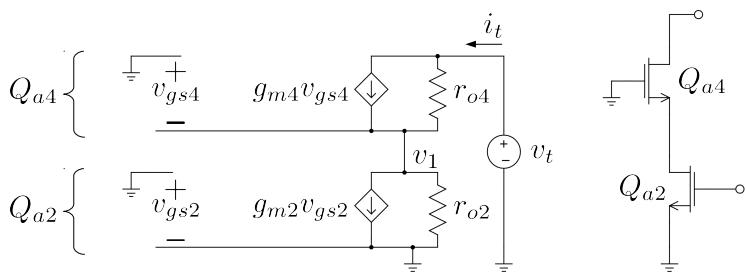
حاصل ہوتا ہے۔ شکل ۵.۸ میں اس حنارجی مسماحت کو دکھایا گیا ہے۔ کیکوڈ تفسیری جوڑے کی حنارجی مسماحت اور اسن آئینے کی حنارجی مسماحت آپس میں متوالی حصے ہیں لہذا ان کا مجموع  $\frac{g_m r_o^2}{2}$  ہو گا۔ یوں کیکوڈ تفسیری ایپلیناٹ کا حنارجی اشارہ

$$v_o = \left( g_m \frac{v_d}{2} + g_m \frac{v_d}{2} \right) \left( g_m r_o^2 \right)$$

ہو گا جس سے

$$(5.152) \quad A_d = \frac{1}{2} g_m^2 r_o^2$$

حاصل ہوتا ہے۔



شکل ۵.۳۲: ماسیف کیمکوڈ کا حنارجی مزاحمت

## سوالات

سوال ۱.۵: شکل ۱.۵ میں  $R_C = 15 \text{ k}\Omega$ ,  $I = 0.5 \text{ mA}$ ,  $V_{EE} = -10 \text{ V}$ ,  $V_{CC} = 10 \text{ V}$  اور  $\alpha = 0.97$  ہے۔  $v_{B1} = v_{B2} = -2 \text{ V}$  کی صورت میں  $v_0$  حاصل کریں۔ مشترک اشارے کی بلند تر قیمت حاصل کریں۔

جواب:  $V_{CM} \leq 3.15 \text{ V}$ ,  $0 \text{ V}$

سوال ۲.۵: شکل ۱.۵ میں  $R_C = 15 \text{ k}\Omega$ ,  $I = 0.25 \text{ mA}$ ,  $V_{EE} = -10 \text{ V}$ ,  $V_{CC} = 10 \text{ V}$  اور  $\alpha = 0.97$  ہے۔  $v_{B1} = -2 \text{ V}$  اور  $v_{B2} = -3.1 \text{ V}$  کی صورت میں  $v_0$  حاصل کریں۔

جواب:  $7.35 \text{ V}$

سوال ۳.۵: مسافت ۱۸ میں حاصل کریں۔

سوال ۴.۵: سوال ۵.۲ میں  $v_{B1} = -2.1 \text{ V}$  اور  $v_{B2} = -2.101 \text{ V}$  کی صورت میں  $v_0$  حاصل کریں۔

سوال ۵.۵: مسافت ۵.۲۲ میں حاصل کریں۔

سوال ۶.۵:  $i_{DS1}$  کو  $i_{DS2}$  پر تقسیم کرتے ہوئے مسافت ۵.۱۳۶ میں حاصل کریں۔

سوال ۷.۵: مسافت ۷.۱۳۶ میں حاصل کریں۔

سوال ۸.۵: اگر شکل ۵.۲۳ میں  $Q_{11}$  کا سبیری رقبہ  $I_S \times 4$  ہوتے تو  $v_O = 0 \text{ V}$  حاصل کرنے کے لئے درکار  $R_{B8}$  میں حاصل کریں۔

جواب:  $25.2 \text{ k}\Omega$

سوال ۹.۵: شکل ۵.۲۳ میں  $V_{EE} = -15 \text{ V}$ ,  $V_{CC} = 15 \text{ V}$  ہے۔ تمام ٹرانزسٹر کا  $\beta = 100$  ہے۔  $I_{C9} = 1 \text{ mA}$  حاصل کریں۔  $R_{C9} = R_{C5} = 1 \text{ k}\Omega$  اور کرنے کی حاطمہ  $I_{C2} = I_{C3} = 7.5 \text{ V}$  حاصل کرتے ہوئے مسافت  $V_{C2} = V_{C3} = 7.5 \text{ V}$  حاصل کرنے کی حاطمہ  $R_{C2} = R_{C5} = 10 \text{ V}$  حاصل کرنے کی حاطمہ  $R_{E8} = 6 \text{ mA}$  اور  $v_O = 0 \text{ V}$  حاصل کرنے کے لئے درکار  $R_{E7} = 0.5 \text{ mA}$  حاصل کریں۔

جواب:  $R_{B8} = R_{E7} = 8.6 \text{ k}\Omega$ ,  $R_{C5} = 3.33 \text{ k}\Omega$ ,  $R_{C2} = 4.2857 \text{ k}\Omega$ ,  $R_{C9} = 28.6 \text{ k}\Omega$ ,  $R_{E8} = 2.5 \text{ k}\Omega$  اور  $31.4 \text{ k}\Omega$

سوال ۱۰.۵: سوال ۹.۵ کی کس قیمت پر  $Q_5$  غیر افزاں نہ ہو جائے گا۔ یاد رہے کہ ٹرانزسٹر اس وقت غیر افزاں نہ ہوتا ہے جب اس کا  $V_{CB} \leq 0.5 \text{ V}$  ہو۔

جواب:  $5.333 \text{ k}\Omega$

سوال ۱۱۔ سوال ۵. میں چاروں ایپلیکیشن کے داخلی مزاحمت حاصل کریں۔

جوابات:  $2 M\Omega$ ,  $2 k\Omega$ ,  $3.33 k\Omega$ ,  $860 k\Omega$

سوال ۱۲۔ سوال ۵. میں تمام ترقی ایپلیکیشن کی امنزاش حاصل کرتے ہوئے گل امنزاش  $A_d$  حاصل کریں۔

جوابات:  $\frac{V}{V}$ ,  $12 \frac{V}{V}$ ,  $-3.65 \frac{V}{V}$ ,  $-100 \frac{V}{V}$

سوال ۱۳۔ سوال ۵. میں  $V_d = 200 \mu V$  ہے۔ پہلے، دوسرے، تیسرا اور چوتھے ترقی ایپلیکیشن کے حناری اشارے دریافت کریں۔

جواب:  $0.876 V$ ,  $0.876 V$ ,  $0.24 V$ ,  $2.4 mV$

سوال ۱۴۔ سوال ۵. میں  $A_d$  کی قیمت حاصل کریں۔

سوال ۱۵۔ صفحہ ۵۲۸ پر شکل ۵.۲۹ ب میں  $R_E = 12 k\Omega$  جبکہ  $I$  حاصل کریں۔

جواب:  $0.83 mA$  اور  $I_A = 9.3 \mu A$  حاصل ہوتے ہیں۔ اس جواب کو گراف کی مدد سے ہاؤں حاصل کیا جاتا ہے۔ اس کے علاوہ بار بار حل کرتے ہوئے بہترے ہستروں جواب حاصل کرتے ہوئے بھی جواب حاصل کیا جاتا ہے۔

سوال ۱۶۔ صفحہ ۵۲۹ پر شکل ۵.۳۰ الف میں ون آئین دکھایا گیا ہے۔ ٹرانزسٹر کا  $\beta = 100$  جبکہ ارلی برقی دباؤ  $V_A = 150 V$  ہے۔  $I_A = 1.5 mA$  کی صورت میں حناری مزاحمت  $R_0$  حاصل کریں۔

جواب:  $R_0 = 5 M\Omega$ ,  $r_o = 100 k\Omega$

سوال ۱۷۔ صفحہ ۵۲۹ پر شکل ۵.۳۱ میں ماسنیٹ ون آئین دکھایا گیا ہے۔  $V_A = 50 V$  اور  $k_n = 0.4$  اور  $I_{DS} = 1.5 mA$  لیتے ہوئے  $A_d$  اور امنزاش  $R_0$  حاصل کریں۔

جواب:  $A_d = 666 \frac{V}{V}$ ,  $R_0 = 1.22 M\Omega$

سوال ۱۸۔ صفحہ ۵۳۳ پر شکل ۵.۳۳ میں ترقی کیکوڈ ایپلیکیشن دکھایا گیا ہے۔ اگر  $100 = \beta$  اور  $V_A = 200 V$  ہوں تو  $A_d$  کی قیمت کیا ہوگی؟ اگر  $v_d = 0.00002 \sin \omega t$  ہو تو  $v_0$  کیا ہوگا؟

جوابات:  $v_0 = 5.34 \sin \omega t$ ,  $A_d = 267 \frac{kV}{V}$



## باب ۶

# ایمپلیفائر کا تعدادی رد عمل اور فلٹر

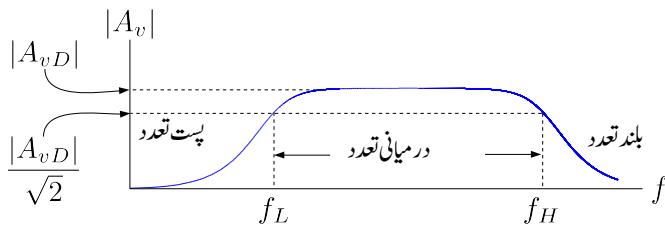
### ۶.۱ پست تعدادی رد عمل

ٹرانزسٹر باب کے حصہ ۳.۱۰.۲ میں ایمپلیفائر میں کپیٹر کا استعمال دکھایا گیا جہاں کپیٹر کی قیمت لامحدود تصور کرتے ہوئے ادوار حل کئے گے۔ اس باب میں کپیٹر کے کارپوریشن لاجٹ کی جبائے گی اور اس کی قیمت تین کرنا سکھایا جائے گا۔

اس باب میں انڈزاش کی حقیقت  $|A|$  کو افرماٹھی پکارا جائے گا۔ جہاں وضاحت کی ضرورت ہو وہاں اسے انڈزاش کی حقیقت کہہ کر پکارا جائے گا۔ ٹرانزسٹر ایمپلیفائر کی انڈزاش  $A_v$  (یا  $A_i$ ) کے حقیقت کی تعدادی رد عمل عموماً شکل ۶.۱ کے طرز پر ہوتی ہے۔ ایسا خط عسمونا لوگاریتم احمد پر کھینچ جاتا ہے۔ ایمپلیفائر کی زیادہ انڈزاش  $A_{vD}$  (یا  $A_{iD}$ ) درمیانی تعداد پر دنباہوتی ہے جبکہ بہت کم اور بہت زیادہ تعداد پر اس کی قیمت گھٹ جاتی ہے۔ شکل میں  $f_H$  اور  $f_L$  دو ایسے تعداد کی وضاحت کی ہے جس پر انڈزاش کم ہوتے ہوئے  $\frac{|A_{iD}|}{\sqrt{2}}$  (یا  $\frac{|A_{vD}|}{\sqrt{2}}$ ) ہو جاتی ہے۔  $f_L$  کو پست افتتاحی تعداد جبکہ  $f_H$  کو بلند افتتاحی تعداد کہتے ہیں۔ ایمپلیفائر کی تعدادی رد عمل کی بات کرتے ہوئے تعداد کی تین نظریاتی صورتیں مذکور ہوتی ہے جنہیں پست تعداد، درمیانی تعداد اور بلند تعداد کے محدود کہتے ہیں۔  $A_{vD}$  لکھتے ہوئے زیرِ نوشت میں  $D$  اس حقیقت کو ظاہر کرتا ہے کہ انڈزاش کی یہ قیمت لفظ در میانی تعداد پر پائی جاتی ہے۔ اگرچہ  $f_L$  سے زیادہ تعداد پر بھی ایمپلیفائر کا استعمال کی جا سکتا ہے

$\log-\log^1$
low cut-off frequency <sup>r</sup>
high cut-off frequency <sup>r</sup>
low frequency <sup>r</sup>
mid frequency <sup>h</sup>
high frequency <sup>h</sup>
limits <sup>2</sup>

<sup>1</sup> لفظ در میانی کے بے حد ”D“ کی آوازے  $D$  میں شامل کی گئی ہے



شکل ۱: عسوی تعدادی رد عمل

البتہ ان خطوں میں ایکلیپسائز کی افسزاں کم ہوتی ہے۔ اسی لئے  $f_L$  تا  $f_H$  کو ایکلیپسائز کا داڑھہ کا کر دیا گیا ہے۔

$$(2.1) \quad B = f_H - f_L$$

اگر  $f_H \gg f_L$  ہو تو  $B \approx f_H$  لکھا جاسکتا ہے یعنی

$$(2.2) \quad B \approx f_H$$

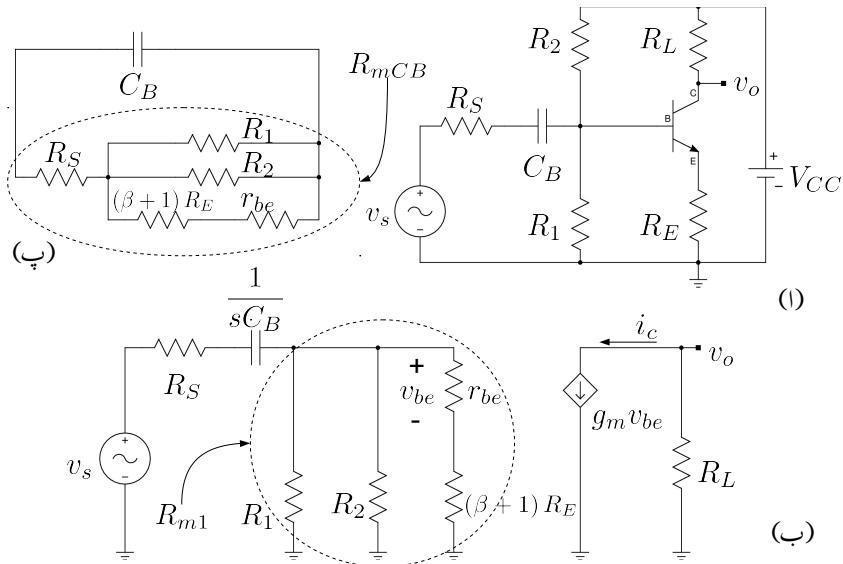
مشترک کے بیٹر ٹرانزسٹر ایکلیپسائز تک داخنی اشارے کی رسانی عسویاً بذریعہ جنتی کپیسٹر  $C_B$  کی جاتی ہے جبکہ اس سے خارجی اشارے کی حصوی عسویاً بذریعہ جنتی کپیسٹر  $C_C$  کی جاتی ہے۔ مزید یہ کہ قصری کپیسٹر  $C_E$  اشارے کو مزاحمت  $R_E$  کے مقابل راستہ فراہم کرتے ہوئے افسزاں بڑھاتا ہے۔ اس باب کے پہلے چند حصوں میں ان کپیسٹروں کا پست افظاعی تعداد کے ساتھ تعلق پر غور کیا جائے گا۔ کم تعدد پر ان کپیسٹروں کی برقی رکاوٹ بڑھ جاتی ہے جس کی وجہ سے  $A_v$  (  $A_i$  ) کی قیمت گھٹتی ہے۔ یوں یہی بیرونی کپیسٹر پست افظاعی تعداد  $f_L$  کی قیمت تعین کرتے ہیں۔ حقیقت میں پست افظاعی تعداد  $f_L$  کا درود مدار کپیسٹر  $C_E$  پر ہوتا ہے۔ بلند تعدد پر ان تمام بیرونی کپیسٹروں کی برقی رکاوٹ نہایت کم ہو جاتی ہے اور انہیں قصر در دور تصور کیا جاتا ہے۔ مثال ۲.۱۰ میں بیرونی نسب کپیسٹر کی وجہ سے پیدا ہونے والے افظاعی مکمل و کھایا گیا ہے۔

ٹرانزسٹر کے  $B - C$  اور  $C - E$  جوڑ پر اندروی کپیسٹر  $C_{b'e}$  اور  $C_{be}$  پائے جاتے ہیں۔ درمیانی تعداد اور اس کے تعداد پر ان اندروی کپیسٹروں کی برقی رکاوٹ اتنی زیادہ ہوتی ہے کہ انہیں کھلے دور تصور کیا جاتا ہے۔ بلند تعداد پر ان کی برقی رکاوٹ کم ہو جاتی ہے اور انہیں نظر انداز کرنا ممکن نہیں رہت۔ انہیں اندروی کپیسٹروں کی وجہ سے بلند تعداد پر  $A_v$  (  $A_i$  ) کی قیمت گھٹتی ہے۔ یوں اندروی کپیسٹر بلند افظاعی تعداد  $f_H$  کی قیمت تعین کرتے ہیں۔

کم تعداد پر ٹرانزسٹر ایکلیپسائز کی افسزاں حاصل کرتے وقت صرف بیرونی کپیسٹروں کو مدد نظر رکھا جاتا ہے جبکہ اندروی کپیسٹروں کو کھلے دور تصور کیا جاتا ہے۔ اسی طرح بلند تعداد پر صرف اندروی کپیسٹروں کو مدد نظر رکھا

---

band<sup>a</sup>  
coupling capacitor<sup>b</sup>  
bypass capacitor<sup>c</sup>  
 $C_C, C_E, C_B$ <sup>d</sup>

شکل ۶.۲: کپیٹر  $C_B$  کا کردار

جاتا ہے جبکہ بیسروں کی پیٹر وں کو قصر دور تصور کیا جاتا ہے اور درمیانی تعداد پر بیسروں کی پیٹر وں کو قصر دور جبکہ اندرولی پیٹر وں "اکو گھلے دور تصور کیا جاتا ہے۔"

اس باب میں تمام مادوں لالپارہ بدھ "استعمال کرتے ہوئے s کے ساتھ لکھے جائیں گے۔ سائن نہ اشارات کے لئے s کی جگہ  $\omega$  لکھتے ہوئے جوابت حاصل کئے جاتے ہیں۔

## ۶.۲ بیس سرے پر کپیٹر $C_B$

ایپیٹنیا کر استعمال کرتے وقت اس کے داخلی اور خارجی جنبے مختلف چیزیں جوڑی جا سکتی ہیں مثلاً لوڈ سپلائی یا دوسرا ایپیٹنیا۔ ایسی بیسروں اشیاء جوڑتے وقت یہ ضروری ہے کہ ٹرانزسٹر کا نقطہ کار کر دگی اپنی جگہ برترار رہے۔ کپیٹر یک سمت برق روکے لئے گھلے سرے کردار ادا کرتا ہے لہذا کپیٹر کے ذریعہ ایپیٹنیا کو داخلی جنبے اشارہ فناہم کرنے یا ایپیٹنیا کے خارجی جنبے کے کپیٹر کے ذریعہ اشارہ حاصل کرنے سے ٹرانزسٹر کے نقطہ کار کر دگی پر کوئی اثر نہیں ہوتا۔ شکل ۶.۲ الف میں ایسا ہی کرتے ہوئے کپیٹر  $C_B$  کے ذریعہ داخلی اشارے کو ایپیٹنیا تک پہنچایا گیا ہے۔  $C_B$  پر توبہ رکھنے کی خاطر شکل میں  $C_E$  اور  $C_C$  نہیں استعمال کئے گئے۔ شکل ۶.۲ ب میں اسی کا مساوی باریک اشاراتی دور دکھایا گیا ہے جس ان نقطے دار دائرے میں بند کل مسازحت کو

<sup>۱۳</sup> ٹرانزسٹر ریاضی نمونے میں پائے جانے والے کپیٹر مثلاً  $e' C_B$ ، غیرہ ٹرانزسٹر کے اندرولی پیٹر میں Laplace transform<sup>۱۴</sup>

$R_{m1}$  لکھا گیا ہے یعنی

$$\frac{1}{R_{m1}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{r_{be} + (\beta + 1) R_E}$$

شکل ب کے لئے لکھا جاسکتا ہے۔

$$\begin{aligned} A_v &= \left( \frac{v_o}{i_c} \right) \left( \frac{i_c}{v_{be}} \right) \left( \frac{v_{be}}{v_b} \right) \left( \frac{v_b}{v_s} \right) \\ &= (-R_L) (g_m) \left( \frac{r_{be}}{r_{be} + (\beta + 1) R_E} \right) \left( \frac{R_{m1}}{R_S + \frac{1}{sC_B} + R_{m1}} \right) \\ &= (-R_L) (g_m) \left( \frac{r_{be}}{r_{be} + (\beta + 1) R_E} \right) \left( \frac{s R_{m1} C_B}{s (R_S + R_{m1}) C_B + 1} \right) \end{aligned}$$

مندرجہ بالا مساوات میں  $j\omega$  کو  $s$  لکھا گیا ہے۔ مساوات کے آخری تو سین میں کہ کے اور  $R_{m1} C_B$  اور اس کے خپلے حصے سے  $(R_S + R_{m1}) C_B$  باہر نکالتے ہوئے مندرجہ ذیل مساوات حاصل ہوتا ہے۔

$$A_v = -R_L g_m \left( \frac{r_{be}}{r_{be} + (\beta + 1) R_E} \right) \left( \frac{R_{m1}}{R_S + R_{m1}} \right) \left( \frac{s}{s + \frac{1}{(R_S + R_{m1}) C_B}} \right)$$

جیسے شکل ۶.۲ پر میں وضاحت کی گئی ہے کہ  $v_s$  کو قصر دور تصور کرتے ہوئے،  $C_B$  کے متوالی کل مزاجت کی قیمت  $(R_S + R_{m1}) C_B$  ہے جسے  $R_{mCB}$  لکھتے ہوئے اس مساوات کو یوں لکھا جاسکتا ہے۔

$$(6.3) \quad A_v = -R_L g_m \left( \frac{r_{be}}{r_{be} + (\beta + 1) R_E} \right) \left( \frac{R_{m1}}{R_S + R_{m1}} \right) \left( \frac{s}{s + \frac{1}{R_{mCB} C_B}} \right)$$

اگر اس مساوات میں تعدد  $\omega$  کی قیمت بتدریج بڑھائی جائے تو آخری تو سین کی قیمت ایک (1) تک پہنچ کی کوشش کرے گی۔ اگرچہ اس مساوات کو حاصل کرنے کی حد طریقہ از سڑ کا پست تعدد ریاضی نوون استعمال کسی احتیاط جو صرف کم اور درمیانی تعدد کے لئے درست ہے مگر فی الحال اس بحث میں پڑے بغیر تصور کرتے ہیں کہ  $\omega$  کی قیمت لاحدہ و دکروی جبaci ہے۔ یوں

$$A_v \Big|_{\omega \rightarrow \infty} = -R_L g_m \left( \frac{r_{be}}{r_{be} + (\beta + 1) R_E} \right) \left( \frac{R_{m1}}{R_S + R_{m1}} \right) \left( \frac{\infty}{\infty + \frac{1}{R_{mCB} C_B}} \right)$$

<sup>15</sup> لکھتے ہوئے اس میں  $R_m$  سے مساوات متوالی مراجحت جبکہ  $CB$  سے مساود کیسٹر  $C_B$  ہے۔

حصہ ایجاد کرنے کے بعد افراٹ  $A_{vD}$  کہتے ہیں۔

$$(1.7) \quad A_{vD} = A_v \Bigg|_{\omega \rightarrow \infty} = -R_L g_m \left( \frac{r_{be}}{r_{be} + (\beta + 1) R_E} \right) \left( \frac{R_{m1}}{R_S + R_{m1}} \right)$$

$A_{vD}$  کو گلی مدد کے طرز پر یوں لکھا جاتا ہے۔

$$(1.8) \quad A_{vD} = |A_{vD}| \angle \theta_D$$

جہاں

$$(1.9) \quad |A_{vD}| = (R_L) (g_m) \left( \frac{r_{be}}{r_{be} + (\beta + 1) R_E} \right) \left( \frac{R_{m1}}{R_S + R_{m1}} \right)$$

$$(1.10) \quad \theta_D = \pi$$

کے برابر ہیں۔ مندرجہ بالامساوات میں  $|A_{vD}|$  افراٹ کی حقیقت جبکہ  $\theta_D$  افراٹ کا زاویہ ہے۔  $A_{vD}$  کے استعمال سے مساوات ۱.۳ کو مندرجہ ذیل طریقے سے لکھ سکتے ہیں۔

$$(1.11) \quad A_v = A_{vD} \left( \frac{s}{s + \frac{1}{R_{mCB} C_B}} \right)$$

مساوات ۱.۳ کو گلی مدد کے طرز پر یوں لکھا جاتا ہے

$$(1.12) \quad A_v = |A_v| \angle \theta$$

جہاں

$$(1.13) \quad |A_v| = |A_{vD}| \frac{\omega}{\sqrt{\omega^2 + \left( \frac{1}{R_{mCB} C_B} \right)^2}}$$

$$\theta = -\frac{\pi}{2} - \tan^{-1} (\omega R_{mCB} C_B)$$

ہیں۔ اگرچہ مساوات ۱.۳ کی طرف پر صرف لامدد تعداد کے لئے درست ہے لیکن جیسے آپ مثال ۱.۱ میں دیکھیں گے کہ درمیانی میٹر کے تعداد کے لئے بھی یہی مساوات صحیح جوابات دیتا ہے۔ یوں  $A_{vD}$  کو ایک پیٹار کی درمیانی تعداد کے افراٹ کہتے ہیں۔

## مثال ۲.۱: شکل ۲.۲ افے میں گزشتہ کئی مشالوں کی طرح

$$\begin{array}{ll} V_{CC} = 15 \text{ V} & \beta = 179 \\ R_L = 75 \text{ k}\Omega & R_E = 15 \text{ k}\Omega \\ R_1 = 320 \text{ k}\Omega & R_2 = 1.7 \text{ M}\Omega \\ R_s = 5 \text{ k}\Omega & C_B = 0.1 \text{ nF} \end{array}$$

لیتے ہوئے مندرجہ ذیل تعداد پر افزائش  $A_v$  حاصل کریں۔

۱. لامددو

$$f = 1 \text{ MHz}$$

$$f = 100 \text{ kHz}$$

$$f = 10 \text{ kHz}$$

$$f = 1 \text{ kHz}$$

حل: یک سمت خوبزی سے مندرجہ ذیل  $r_e$  اور  $r_{be}$  حاصل ہوتے ہیں۔

$$g_m = 4.064 \text{ mS}$$

$$r_{be} = 44.045 \text{ k}\Omega$$

$$r_e \approx 246 \Omega$$

۱. لامددو تعداد یعنی  $f = \infty$  پر مساوات ۲.۲ کی مدد سے  $A_{vD}$  کی قیمت

$$\begin{aligned} A_{vD} &= (-75000) (0.004064) \left( \frac{44045}{44045 + 180 \times 15000} \right) \left( \frac{245238}{5000 + 245238} \right) \\ &= -4.79463 \\ &= 4.79463/\pi \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے جہاں آئندہ فتم پر افزائش کو تکمیلی مدد کے طرز پر لکھا گیا ہے۔ اس جواب کے مطابق داخنی اشارے کا چیز 4.79463 گن بڑھے گا اور اس کے زاویے میں  $\pi$  ریڈین یعنی  $180^\circ$  کی تبدیلی رونما ہو گی۔

۲. ۱ MHz پر مساوات ۲.۸ کی مدد سے

$$\begin{aligned} A_v &= \frac{-4.79463}{1 + \frac{1}{j \times 2 \times \pi \times 10^6 \times (5000 + 245238) \times 0.1 \times 10^{-9}}} \\ &= -4.79443 - j0.03049 \\ &= 4.7945/-3.13523 \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ افسزاں کی حقیقت لاحدہ و تعداد پر 4.79463 45° تھی جبکہ اب اس کی قیمت 4.7945 ہو گئی ہے۔ ان دو قیمتوں میں فرق کو نظر انداز کیا جاتا ہے۔ زاویہ  $-179.635^\circ$  یعنی یعنی تقریباً  $180.36^\circ$  ہے۔

$$\text{پر } f = 100 \text{ kHz} \quad .3$$

$$\begin{aligned} A_v &= \frac{-4.79463}{1 + \frac{1}{j \times 2 \times \pi \times 100 \times 10^3 \times (5000 + 245238) \times 0.1 \times 10^{-9}}} \\ &= -4.7753 - j0.30372 \\ &= 4.78495 / -3.0781 \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اب بھی افسزاں تقریباً  $A_{vD}$  کے برابر ہے۔

$$\text{پر } f = 10 \text{ kHz} \quad .4$$

$$\begin{aligned} A_v &= \frac{-4.79463}{1 + \frac{1}{j \times 2 \times \pi \times 10 \times 10^3 \times (5000 + 245238) \times 0.1 \times 10^{-9}}} \\ &= -3.4137 - j2.1712 \\ &= 4.04567 / -2.5751 \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے۔ ہم دیکھتے ہیں کہ  $10 \text{ kHz}$  پر افسزاں کی قیمت متد رکم ہو گئی ہے یعنی اس کی موجودہ قیمت  $A_{vD}$  کے لئے 84% ہے۔

$$\frac{4.04567}{4.79463} \times 100 = 84\%$$

جبکہ زاویہ  $-147^\circ$  ہے۔

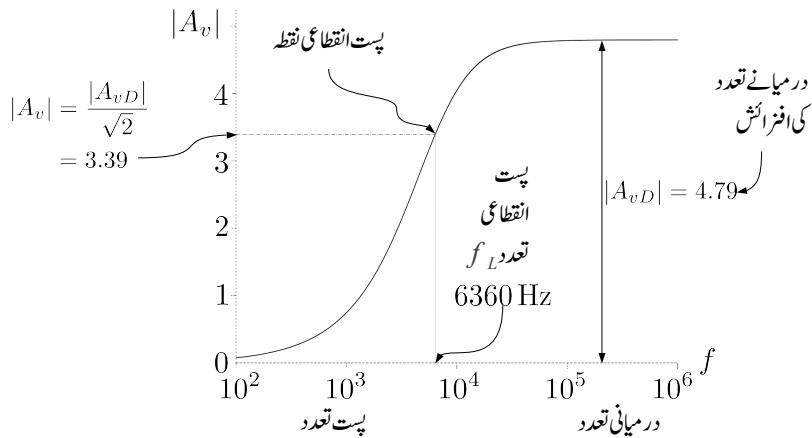
$$\text{پر } f = 1 \text{ kHz} \quad .5$$

$$\begin{aligned} A_v &= \frac{-4.79463}{1 + \frac{1}{j \times 2 \times \pi \times 1 \times 10^3 \times (5000 + 245238) \times 0.1 \times 10^{-9}}} \\ &= -0.1157 - j0.7357 \\ &= 0.7447 / -1.7268 \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے جو کہ نہایت کم افسزاں ہے۔ ایک کلوہرڑ کے تعداد پر حاصل کی گئی افسزاں  $A_{vD}$  کے صرف 15% ہے۔

$$\frac{0.7447}{4.79463} \times 100 = 15\%$$

ایک کلوہرڑ کے کم تعداد پر افسزاں کا نہایت کم ہو جاتا صاف ظاہر ہے۔



شکل ۲.۳: پست انتظائی تعداد

مندرجہ بالامثال میں ہم نے دیکھا کہ ایک حنac حد سے زیادہ تعداد پر افزاش کی قیمت کو تقسیریاً  $A_{vD}$  کے برابر تصور کیا جاسکتا ہے۔ البتہ اس حد سے کم تعداد پر افزاش کی قیمت کم ہو جاتی ہے۔ بلوڈ خط<sup>۱۸</sup> اس قسم کے معلومات کو ظاہر کرنے کا ایک نہایت عمده طریقہ ہے۔ موجودہ مسئلے میں افزاش بال مقابل تعداد کو بلوڈ خط کے طرز پر شکل ۲.۳ میں کھینچا گیا ہے جس تعداد کو لوگاریتم<sup>۱۹</sup> اپسانے پر دکھایا گیا ہے۔ اس شکل میں زیادہ تعداد پر افزاش تبدیل نہیں ہوتی اور  $|A_{vD}|$  ہی رہتی ہے۔ حقیقت میں بلند تعداد<sup>۲۰</sup> پر بھی افزاش کم ہو جاتی ہے۔ موجودہ حصے میں صرف پہتھے تعداد<sup>۲۱</sup> پر افزاش کے کم ہونے پر غور کیا جائے گا۔ زیادہ تعداد پر افزاش کے کم ہونے پر آگے جا کر غور کیا جائے گا۔ شکل کو دیکھتے ہوئے ہم کہہ سکتے ہیں کہ کم تعداد پر یہ ایپلیگاٹر داخلی اشارہ کو نہیں بڑھائے گا۔ تعداد بتدریج کم کرتے ہوئے، جس تعداد پر افزاش کی قیمت کم ہوتے ہوئے  $\frac{1}{\sqrt{2}}$  کے  $|A_{vD}|$  گناہو جائے اسی کو انتظائی نقطہ تصور کیا جاتا ہے۔ شکل ۲.۳ میں  $f = 6360 \text{ Hz}$  پر  $|A_v| = \frac{|A_{vD}|}{\sqrt{2}}$  ہو جاتا ہے۔ یوں ہم کہیں گے کہ یہ ایپلیگاٹر  $6360 \text{ Hz}$  سے کم تعداد کے اشارات کو نہیں بڑھاتا۔ جیسا کہ پہلے ذکر کیا گیا، زیادہ تعداد پر بھی ایپلیگاٹر کی افزاش کم ہو جاتی ہے یوں موجودہ نقطے کا پورا نام پست افطاع<sup>۲۲</sup> نہیں ہے جبکہ اس نقطے پر تعداد  $f_L$  کو پست افطاع<sup>۲۳</sup> تعداد پکارا جاتا ہے۔

Bode plot<sup>۲۴</sup>  
log<sup>۲۵</sup>  
high frequency<sup>۲۶</sup>  
low frequency<sup>۲۷</sup>  
low cut-off frequency<sup>۲۸</sup>

ساوات ۶.۱۰ میں پت انقلائی تعداد حاصل کر سکتے ہیں۔ ایسا کرنے کی طریقہ اس تعداد کو  $\omega_L$  لکھتے ہوئے مساوات کو  $|A_v| = \frac{|A_{vD}|}{\sqrt{2}}$  (یعنی درمیانی تعداد پافنڈر ایش سے 3 dB کم) کے لئے حل کرتے ہیں

$$\frac{|A_{vD}|}{\sqrt{2}} = |A_{vD}| \frac{\omega_L}{\sqrt{\omega_L^2 + \left(\frac{1}{R_{mCB}C_B}\right)^2}}$$

$$\frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{\omega_L}{\sqrt{\omega_L^2 + \left(\frac{1}{R_{mCB}C_B}\right)^2}}$$

دونوں جانب کا سریع لستہ ہے

$$\frac{1}{2} = \frac{\omega_L^2}{\omega_L^2 + \left(\frac{1}{R_{mCB}C_B}\right)^2}$$

۔

$$(6.11) \quad \omega_L = \frac{1}{R_{mCB}C_B}$$

$$f_L = \frac{1}{2\pi R_{mCB}C_B}$$

ہو۔ اس طرح مساوات ۶.۸ کھٹے کا بہتر انداز یوں ہے۔

$$(6.12) \quad A_v = A_{vD} \left( \frac{s}{s + \omega_L} \right)$$

مندرجہ بالا مساوات اور شکل ۶.۲ کو ایک ساتھ دیکھتے ہوئے معلوم ہوتا ہے کہ  $f_L$  کی قیمت داخلي پيئٹر  $C_B$  اور اس کے ساتھ متوازی کل مسازمت  $R_{mCB}$  پر منحصر ہے۔ مثال ۶.۱ میں یوں

$$f_L = \frac{1}{2\pi (5000 + 245238) \times 0.1 \times 10^{-9}} = 6360 \text{ Hz}$$

حاصل ہوتا ہے۔

مثال ۶.۲: مندرجہ بالا مثال ۶.۱ میں صرف  $C_B$  کی قیمت تبدیل کرتے ہوئے ایمپلینیٹر کو انسانی آواز کا جیطہ بھانے کے قابل بنائیں۔

حل: انان 20 kHz کی آواز سن سکتا ہے۔ اگر  $C_B$  کو 20 Hz گزارنے کی عندر غرضے تجربہ کی جائے تو یہ اس سے زیادہ تمام تعداد کے اشارات کو بھی گزارے گا اور یوں 20 kHz کے اشارے کو کوئی مسئلہ درپیش نہیں آئے گا۔ اگرچہ  $f_L$  کو 20 Hz پر رکھتے ہوئے بھی  $C_B$  حاصل کیا جاتا ہے لیکن ہم جانتے ہیں کہ

$f_L$  پر افسزاں کم ہو جاتی ہے لہذا ہم  $f_L$  کو درکار تعدد سے دس گن کم یعنی  $2 \text{ Hz}$  پر رکھتے ہوئے مساوات ۲.۱۱ کی مدد سے  $C_B$  حاصل کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned} C_B &= \frac{1}{2\pi f_L (R_{mCB})} \\ &= \frac{1}{2\pi \times 2 \times 250238} \\ &= 0.318 \times 10^{-6} = 0.318 \mu\text{F} \end{aligned}$$


---

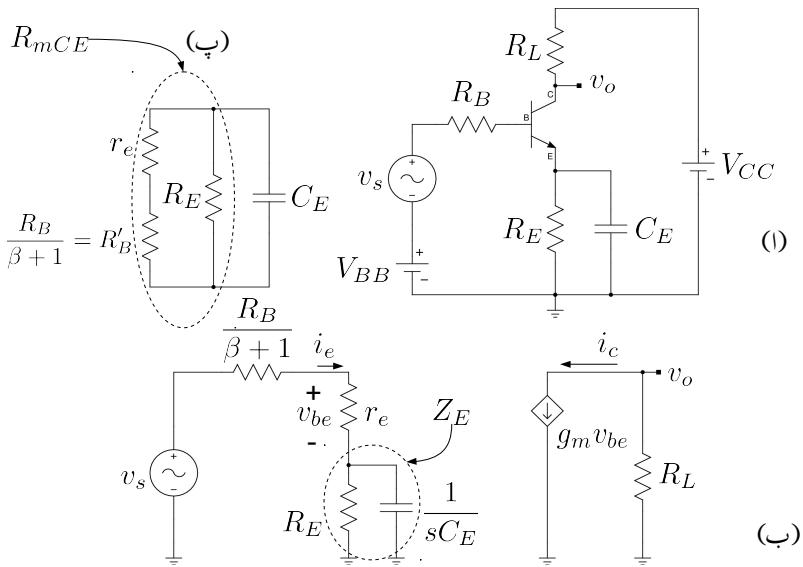
### ۲.۳ بیٹر سرے پر کپیسٹر $C_E$

ٹرانزسٹر کا نقطہ کار کردگی قسین کرنے کے علاوہ  $\beta$  میں تبدیلی سے نقطہ کار کردگی میں تبدیلی روشن ہونے کو  $R_E$  کے استعمال سے کم کیا جاتا ہے۔ البته ایپلیفار کی افسزاں بڑھانے کے لئے یہ ضروری ہے کہ ٹرانزسٹر کے بیٹر سرے پر کم سے کم مزاجحت ہو۔ ان دو متضاد شرائط پر اتنا دور شکل ۲.۳ اف میں دکھایا گیا ہے۔ چونکہ کپیسٹر  $C_E$  کی سمت برقی روکے لئے کھلے دور کار کار ادا کرتا ہے لہذا اس کے استعمال سے یک سمت متغیرات متاثر نہیں ہوتے۔  $C_E$  کو یوں چنانجاہتا ہے کہ درکار تعدد پر اس کی برقی رکاوٹ  $R_E$  سے کم ہو۔ چونکہ  $C_E$  مزاجحت  $R_E$  کے متوالی جستہ ابتداء رکاوٹ نظر سے ٹرانزسٹر کے بیٹر پر کل رکاوٹ  $R_E$  سے کم ہو جاتا ہے اور یوں افسزاں بڑھتی ہے۔ اس حصے میں  $C_E$  پر توجہ رکھنے کی حناصر  $C_B$  اور  $C_C$  کا استعمال نہیں کیا گیا۔

شکل ۲.۳ ب میں شکل ۲.۳ اف کا مساواہ ہاریک اشاراتی دور دکھایا گیا ہے جس سے ہم افسزاں کی مساوات لکھ سکتے ہیں۔ ہاریک اشاراتی دور میں یہیں جواب کے مزاجحت کے عس بیٹر جواب دکھائے گے ہیں۔ جیسا کہ آپ جانتے ہیں کہ بیٹر جواب کے مزاجحت کا عس، یہیں جواب  $(\beta + 1) \cdot (\beta)$  گناہ زیادہ نظر آتا ہے جبکہ یہیں جواب مزاجحت کا عس، بیٹر جواب  $(\beta + 1) \cdot (\beta)$  گن کم نظر آتا ہے۔ یہیں یہیں جواب کے مزاجحت  $R_B$  اور  $r_{be}$  کے عس، بیٹر جواب  $\frac{R_B}{\beta + 1}$  اور  $\frac{r_{be}}{\beta + 1}$  نظر آئیں گے۔

$$\begin{aligned} A_v &= \left( \frac{v_o}{i_c} \right) \left( \frac{i_c}{v_{be}} \right) \left( \frac{v_{be}}{v_s} \right) \\ (2.13) \quad &= (-R_L) (g_m) \left( \frac{r_e}{\frac{R_B}{\beta + 1} + r_e + Z_E} \right) \end{aligned}$$


---



شکل ۶.۳: کپیٹر  $C_E$  کا کردار

جس

$$(6.13) \quad \frac{1}{Z_E} = sC_E + \frac{1}{R_E}$$

$$Z_E = \frac{1}{sC_E + \frac{1}{R_E}}$$

اور

$$(6.14) \quad r_e = \frac{r_{be}}{\beta + 1}$$

یہ شکل بے میں  $v_s$  کو نظر انداز کرتے ہوئے  $C_E$  کے متازی کل مسماحت کو  $R_{mCE}$  لکھتے ہوئے ہم دیکھتے ہیں کہ

$$(6.15) \quad \frac{1}{R_{mCE}} = \frac{1}{R_E} + \frac{1}{\frac{R_B}{\beta+1} + r_e} = \frac{1}{R_E} + \frac{1}{R'_B + r_e}$$

کے برابر ہے۔ شکل پے میں اس مسماحت کی وضاحت کی گئی ہے۔ مساوات ۶.۱۳ میں  $\frac{R_B}{\beta+1}$  کو  $R'_B$  لکھتے ہوئے اور اس میں مساوات ۶.۱۵ سے  $Z_E$  کی قیمت استعمال

کرتے ہوئے حمل کرتے ہیں۔

$$A_v = (-R_L) (g_m) \left( \frac{r_e}{R'_B + r_e + \frac{1}{sC_E + \frac{1}{R_E}}} \right)$$

آخری قوسین کو  $\left( sC_E + \frac{1}{R_E} \right)$  سے ضرب اور تقسیم کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned} A_v &= -R_L g_m r_e \left( \frac{sC_E + \frac{1}{R_E}}{(R'_B + r_e) \left( sC_E + \frac{1}{R_E} \right) + 1} \right) \\ &= -R_L g_m r_e \left( \frac{sC_E + \frac{1}{R_E}}{sC_E (R'_B + r_e) + \frac{(R'_B + r_e)}{R_E} + 1} \right) \end{aligned}$$

خپل جانب  $(R'_B + r_e)$  باہر نکالتے ہیں۔

$$A_v = -\frac{R_L g_m r_e}{(R'_B + r_e)} \left( \frac{sC_E + \frac{1}{R_E}}{sC_E + \frac{1}{R_E} + \frac{1}{R'_B + r_e}} \right)$$

اس مسادات کے آخری قدم پر مسادات ۶.۱۲ استعمال کرتے ہوئے اسے مزید حمل کرتے ہیں۔

$$A_v = - \left( \frac{R_L g_m r_e}{R'_B + r_e} \right) \left( \frac{sC_E + \frac{1}{R_E}}{sC_E + \frac{1}{R_{mCE}}} \right)$$

کسر کے اوپر اور بیچے  $C_E$  باہر نکالتے ہوئے حاصل ہوتا ہے۔

$$(6.17) \quad A_v = - \left( \frac{R_L g_m r_e}{R'_B + r_e} \right) \left( \frac{s + \frac{1}{R_E C_E}}{s + \frac{1}{R_{mCE} C_E}} \right)$$

اس کو مسادات ۶.۱۲ کے طرز پر لکھتے ہیں یعنی

$$(6.18) \quad A_v = A_{vD} \left( \frac{s + \omega_1}{s + \omega_2} \right)$$

$$\begin{aligned}
 A_v &= A_{vD} \left( \frac{j\omega + \omega_1}{j\omega + \omega_2} \right) \\
 (1.19) \quad &= A_{vD} \left( \frac{j2\pi f + 2\pi f_1}{j2\pi f + 2\pi f_2} \right) \\
 &= A_{vD} \left( \frac{jf + f_1}{jf + f_2} \right)
 \end{aligned}$$

جہاں

$$\begin{aligned}
 \omega_1 &= 2\pi f_1 = \frac{1}{R_E C_E} \\
 (1.20) \quad \omega_2 &= 2\pi f_2 = \frac{1}{R_{mCE} C_E}
 \end{aligned}$$

اور

$$(1.21) \quad A_{vD} = - \left( \frac{R_L g_m r_e}{R'_B + r_e} \right)$$

کے برابر ہیں۔ کسی بھی تعداد  $\omega$  پر

$$(1.22) \quad |A_v| = |A_{vD}| \frac{\sqrt{\omega^2 + \omega_1^2}}{\sqrt{\omega^2 + \omega_2^2}}$$

ہوگا۔

مساویات ۱.۱۸ میں  $\omega$  کی قیمت کو  $\omega_1$  اور  $\omega_2$  سے بہت زیادہ تصور کرتے ہوئے اندازش کی قیمت حاصل کرتے ہیں۔ اس زیادہ تعداد کو  $\omega \rightarrow \infty$  تصور کرتے ہوئے

$$(1.23) \quad A_v \Bigg|_{\omega \rightarrow \infty} = A_{vD} \left( \frac{j\infty + \omega_1}{j\infty + \omega_2} \right) = A_{vD}$$

حاصل ہوتا ہے۔ یوں  $A_{vD}$  درمیانی تعداد پر اندازش ہے۔ عموماً ایک پلینائز مساوات ۳.۳۳ کے تحت تخلیق دے جاتے ہیں جس کے مطابق  $R_E$  کی قیمت  $\frac{R_B}{(\beta+1)}$  سے بہت زیادہ ہوتی ہے۔ اگر مساوات ۳.۳۳ کے شرط کو فرست بدیل کر کے یوں بیان کیا جائے کہ

$$(1.24) \quad R_E \gg \frac{R_B}{\beta+1} + r_e$$

تب مساوات ۶.۱۸ کا صفحہ ۱۲ سے قطب ۳ سے کم تعداد پیا جائے گا یعنی

$$(6.25) \quad \omega_1 \ll \omega_2$$

عموماً  $r_e \gg r_e^{\frac{R_B}{\beta+1}}$  ہوتا ہے اور یوں مساوات ۶.۲۲ اور مساوات ۶.۳۳ کو تقریباً ایک ہی شرط تصور کیا جا سکتا ہے۔ افسائز  $|A_v|$  اس وقت درمیانی تعدد کے  $|A_{vD}|$  سے ۳ dB کم ہو گی جب

$$(6.26) \quad |A_v| = |A_{vD}| \sqrt{\frac{\omega_L^2 + \omega_1^2}{\omega_L^2 + \omega_2^2}} = \frac{|A_{vD}|}{\sqrt{2}}$$

ہو۔ مندرجہ بالامساوات میں مطلوب تعدد کو  $\omega_L$  لکھا گیا ہے جسے حل کرتے حاصل ہوتا ہے

$$(6.27) \quad \omega_L = \sqrt{\omega_2^2 - 2\omega_1^2} \approx \omega_2$$

جہاں مساوات ۶.۲۵ کے تحت  $\omega_1$  کو نظر انداز کیا گیا ہے۔ اگر  $\omega_2^2$  کی قیمت  $2\omega_1^2$  سے کم ہو تو ب مندرجہ بالامساوات کے تحت  $|A_v|$  کبھی بھی کم نہیں ہو گا اور یوں  $\omega_L$  نہیں پیا جائے گا۔

### مثال ۶.۲: شکل ۶.۲ اف میں

$$V_{CC} = 15 \text{ V} \quad V_{BB} = 2.376 \text{ V}$$

$$R_L = 75 \text{ k}\Omega \quad R_E = 15 \text{ k}\Omega$$

$$R_B = 269.3 \text{ k}\Omega \quad \beta = 179$$

$$C_E = 10 \text{ nF}$$

یہ۔ اور  $f_L$  حاصل کرتے ہوئے  $|A_v|$  کا خط کھینچیں۔  
حل: ان قیتوں سے

$$I_C = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{\frac{R_B}{\beta+1} + R_E} = \frac{2.376 - 0.7}{\frac{269.3 \times 10^3}{179+1} + 15000} = 101.6 \mu\text{A}$$

$$g_m = \frac{I_C}{V_T} = \frac{101.6 \times 10^{-6}}{25 \times 10^{-3}} = 4.064 \text{ mS}$$

$$r_e = \frac{1}{4.064 \times 10^{-3}} = 246 \Omega$$

zero<sup>rr</sup>  
pole<sup>rr</sup>

اور

$$\frac{1}{R_{mCE}} = \frac{1}{15000} + \frac{1}{\frac{269300}{179+1} + 246}$$

$$R_{mCE} = 1560.83 \Omega$$

حاصل ہوتے ہیں۔ یوں  $R_E$  کے بہت کم ہے۔ مساوات ۶.۲۰ کے تحت

$$\omega_1 = \frac{1}{15000 \times 10 \times 10^{-9}} = 6666 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$\omega_2 = \frac{1}{1560.83 \times 10 \times 10^{-9}} = 64068 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

حاصل ہوتے ہیں۔ چونکہ  $\omega_2^2$  کی قیمت  $2\omega_1^2$  کے تھت سے زیاد ہے لہذا مساوات ۶.۲۷ کے تحت

$$\omega_L = \sqrt{64068^2 - 2 \times 6666^2} = 63370 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$f_L = \frac{63370}{2 \times \pi} = 10 \text{ kHz}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اگر اس مساوات میں  $2\omega_1^2$  کو نظر انداز کیا جائے تو  $\omega_L$  کی قیمت

حاصل ہوتی ہے۔ ان دو جوابات میں نہایت کم فرق ہے۔

مساوات ۶.۲۱ سے درمیانی تعداد کی اندازائش حاصل کرتے ہیں۔

$$A_{vD} = -\frac{75000 \times 4.064 \times 10^{-3} \times 246}{\frac{269300}{179+1} + 246} = -43 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

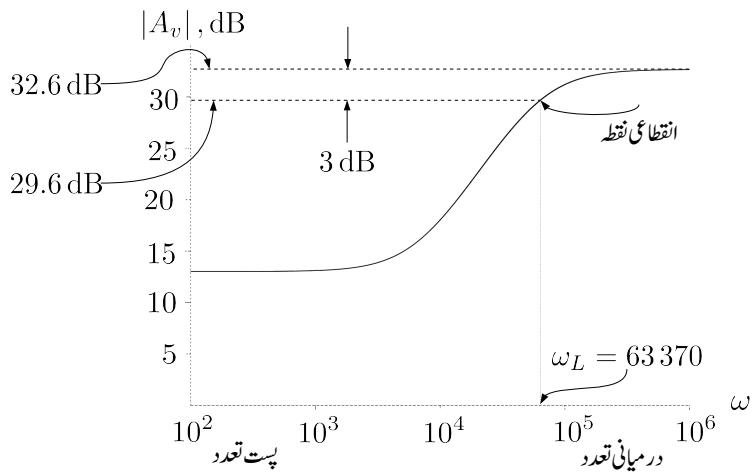
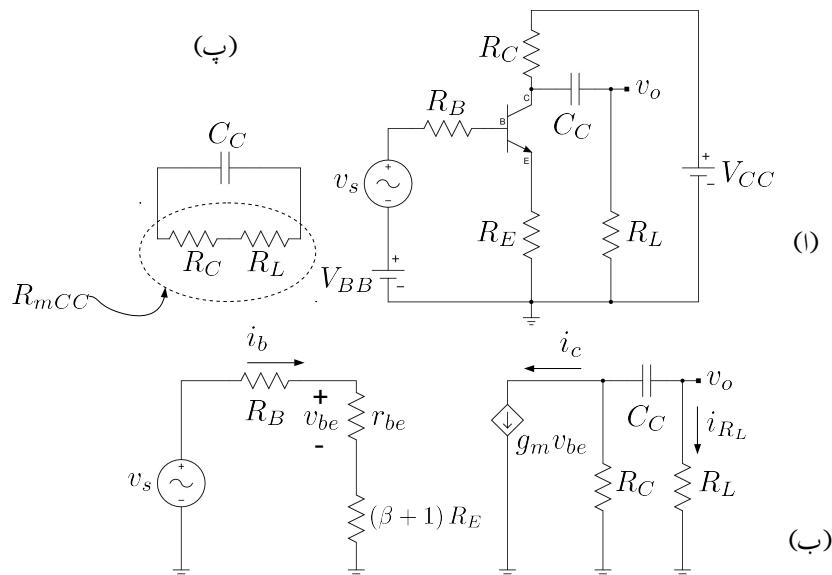
اور یوں کسی بھی تعداد پر اندازائش کی مساوات مندرجہ ذیل ہو گی۔

$$(6.28) \quad A_v = -43 \left( \frac{s + 6666}{s + 64068} \right)$$

شکل ۶.۵ میں  $|A_v|$  کا خط کھینچا گیا ہے جس میں اتفاقی محمد پر  $\log \omega$  اور عمودی

محمد پر  $20 \log |A_v|$  رکھے گئے ہیں۔ یوں عمودی محمد سے اندازائش کو ڈیکھ بیلہ ۶.۲۸ میں پڑھا جائے گا۔

ایک پیغام کا حنارجی اشارہ کپیسٹر  $C_C$  کے ذریعے حاصل کرنے سے یک سمت متغیرات متاثر نہیں ہوتے۔ شکل ۶.۶ میں گلکٹر سے پر کپیسٹر  $C_C$  کے ذریعے حنارجی اشارے کو درکار محتاج یعنی  $R_L$  تک پہنچایا گیا

شکل ۶.۵:  $C_E$  میں حاصل  $\omega_L$ شکل ۶.۶:  $C_C$  کے اثرات

ہے۔ شکل ۲.۶ ب میں اسی کا مساوی باریک اشاراتی دور دکھایا گیا۔ سلسلہ وار جبڑے  $R_L$  اور  $C_C$  کا بر ق رکاوٹ  $Z$

$$Z = R_L + \frac{1}{sC_C}$$

ہے۔ بر ق روکے تقسیم کی مساوات سے  $R_C$  کے ساتھ متوازی جبڑے بر ق رکاوٹ  $Z$  میں  $i_{R_L}$  یوں حاصل کی جائے گا۔

$$i_{R_L} = - \left( \frac{R_C}{R_C + Z} \right) i_c$$

جہاں منقی کی علامت اس لئے پیدا ہوئی کہ  $i_{R_L}$  کی مسٹ کے الٹے رکھی گئی۔ اخراں کی مساوات یوں لکھی جائے گی۔

$$\begin{aligned} A_v &= \frac{v_o}{v_s} = \left( \frac{v_o}{i_{R_L}} \right) \left( \frac{i_{R_L}}{i_c} \right) \left( \frac{i_c}{v_{be}} \right) \left( \frac{v_{be}}{v_s} \right) \\ &= (R_L) \left( -\frac{R_C}{R_C + Z} \right) (g_m) \left( \frac{r_{be}}{R_S + r_{be} + (\beta + 1)R_E} \right) \end{aligned}$$

منقی کی علامت باہر نکالتے ہوئے،  $\frac{R_C}{R_C + Z}$  میں  $Z$  کی قیمت پر کر کے اسے دائیں مقتول کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned} A_v &= - (R_L) (g_m) \left( \frac{r_{be}}{R_S + r_{be} + (\beta + 1)R_E} \right) \left( \frac{R_C}{R_C + R_L + \frac{1}{sC_C}} \right) \\ &= - \left( \frac{R_L g_m r_{be}}{R_S + r_{be} + (\beta + 1)R_E} \right) \left( \frac{s R_C}{(R_C + R_L) \left( s + \frac{1}{(R_C + R_L) C_C} \right)} \right) \end{aligned}$$

جہاں دائیں جناب آخوندی کسر میں نیچے  $(R_C + R_L)$  باہر نکلا گیا ہے۔ اسی کسر کے اپر حصے سے  $R_C$  اور اس کے نیچے حصے سے  $(R_C + R_L)$  کو مساوات کے بائیں جناب مقتول کرتے ہوئے اسے یوں لکھا جا سکتا ہے۔

$$\begin{aligned} (2.29) \quad A_v &= - \frac{R_C R_L}{R_C + R_L} \left( \frac{g_m r_{be}}{R_S + r_{be} + (\beta + 1)R_E} \right) \left( \frac{s}{s + \frac{1}{(R_C + R_L) C_C}} \right) \\ &= A_{vD} \left( \frac{s}{s + \omega_L} \right) \end{aligned}$$

چہاں

$$(1.14) \quad A_{vD} = A_v \Bigg|_{\omega \rightarrow \infty} = -\frac{R_C R_L}{R_C + R_L} \left( \frac{g_m r_{be}}{R_S + r_{be} + (\beta + 1)R_E} \right)$$

$$\omega_L = \frac{1}{(R_C + R_L)C_C}$$

کے برابر ہیں۔

٦٥ خطوط

این پلیفائز کے افسزاں بال مقابل تعداد کے خط کو عسمو مابودا خط<sup>۲۵</sup> کے طرز پر کھینچا جاتا ہے۔<sup>۲۶</sup> افسزاں کی حقیقت بال مقابل تعداد اور افسزاں کا زاویہ بال مقابل تعداد کے خط علیحدہ علیحدہ کھینچ جاتے ہیں جنہیں حقیقت بال مقابل تعداد کا بودا خط اور زاویہ بال مقابل تعداد کا بودا خط پر کارا جاتا ہے۔ حقیقت بال مقابل تعداد کے بودا خط میں افقی مسجد پر  $\omega \log f$  جبکہ اس کے عمودی مسجد پر  $A_7 \log |A_7|$  رکھے جاتے ہیں۔ یون عسدوی مسجد پر حقیقت دلیکر یہ<sup>۲۷</sup> میں پائی جائے گی۔ زاویہ بال مقابل تعداد کے بودا خط میں افقی مسجد پر  $\omega \log f$  جبکہ عسدوی مسجد پر مسجد پر  $\theta$  رکھا جاتا ہے۔ بودا خطوط کو سمجھنے کی خاطر مسادت<sup>۱۹</sup> کو مشال بناتے ہوئے افسزاں کی حقیقت بال مقابل تعداد کا بودا خط کھینچتے ہیں۔ مسادت میں

$$A_{vD} = -177.8 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

$$f_1 = 100 \text{ Hz}$$

$$f_2 = 10 \text{ kHz}$$

Bode plot<sup>۲۵</sup> میہندر کے واڈیو زنے خط کھینچ کے اس طرز کو دیافت کیا۔ ان خطوط کو واڈیا بودی خطوط پر کارا جاتا ہے

لیتے ہوئے یہاں دوبارہ پیش کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned}
 A_v &= A_{vD} \left( \frac{jf + f_1}{jf + f_2} \right) \\
 &= A_{vD} \frac{f_1}{f_2} \left( \frac{1 + j \frac{f}{f_1}}{1 + j \frac{f}{f_2}} \right) \\
 &= -177.8 \left( \frac{100}{10000} \right) \left( \frac{1 + j \frac{f}{100}}{1 + j \frac{f}{10000}} \right) \\
 &= -1.778 \left( \frac{1 + j \frac{f}{100}}{1 + j \frac{f}{10000}} \right) \\
 &= |A_v| e^{j\theta}
 \end{aligned}$$

جہاں

$$\begin{aligned}
 (2.31) \quad |A_v| &= 1.778 \frac{\sqrt{1 + \left(\frac{f}{100}\right)^2}}{\sqrt{1 + \left(\frac{f}{10000}\right)^2}} \\
 \theta &= \pi + \left( \tan^{-1} \frac{f}{100} \right) - \left( \tan^{-1} \frac{f}{10000} \right)
 \end{aligned}$$

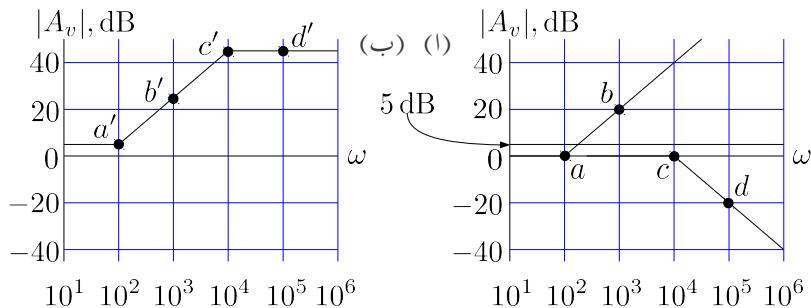
کے برابر ہیں۔ آئیں مساواتے ۲.۳۱ کو استعمال کرتے ہوئے  $|A_v|$  بال مقابل  $f$  کا بیوڈا خط کھینچنا سیکھیں۔

$$(2.32) \quad |A_v|_{dB} = 20 \log 1.778 + 20 \log \sqrt{1 + \frac{f^2}{100^2}} - 20 \log \sqrt{1 + \frac{f^2}{10000^2}}$$

حاصل ہوتا ہے۔  $|A_v|_{dB}$  کا خط کھینچنے کی خاطر مندرجہ بالا مساواتے کے تین اجزاء کے خطوط کو باری باری کھینچنے ہوئے آخر میں تمام کا ادھر مجموعہ حاصل کریں گے۔ ایسا کرنے کی خاطر مساواتے ۲.۳۲ کو بیکھڑے ہیں۔ اس کا پہلا جزو

$$20 \log 1.778 \approx 5 \text{ dB}$$

ایک مستقل مقدار ہے جس کی قیمت تعداد پر مختصر نہیں۔ اس سے ۵ پر سیدھا افقی خط حاصل ہوتا ہے جسے شکل ۲.۶ میں دکھایا گیا ہے۔



شکل ۲.۷: حقیقت بالمقابل تعداد کے بوڑا خط کے اجزاء

مساویات کے دوسرے حصہ کی کارکردگی نہایت کم اور نہایت زیادہ تعداد پر دیکھتے ہیں۔ نہایت کم تعداد یعنی  $f \gg f_1$  پر چونکہ  $\left(\frac{f}{f_1}\right)^2 \ll 1$  ہو گا لہذا اس حصہ سے

$$(2.33) \quad 20 \log \sqrt{1 + \left(\frac{f}{f_1}\right)^2} \rightarrow 20 \log 1 = 0 \text{ dB}$$

حاصل ہوتا ہے۔ نہایت زیادہ یعنی  $f \gg f_1$  پر چونکہ  $\left(\frac{f}{f_1}\right)^2 \gg 1$  ہو گا لہذا

$$(2.34) \quad 20 \log \sqrt{1 + \left(\frac{f}{f_1}\right)^2} \rightarrow 20 \log \sqrt{\left(\frac{f}{f_1}\right)^2} = 20 \log \frac{f}{f_1} \text{ dB}$$

حاصل ہوتا ہے جہاں آخری مقدمہ پر  $100 = f_1$  کا استعمال کیا گیا ہے۔

$20 \log \frac{f}{100}$  کی قیمت  $100, 1000, 10000$  اور  $100000$  کے تعداد پر  $0, 20, 40$  اور  $60$  ڈبی بیل ہاصل ہوتی ہے۔ اس حقیقت کو یوں بیان کیا جا سکتا ہے کہ تعداد دس برابر کرنے سے افزاش  $20 \text{ dB}$  ہوتی ہے یا کہ افزاش  $20 \text{ dB}$  فی دہائی کے شرح سے ہوتی ہے۔ اتفاقی مور پر تعداد کا لوگاریتم اسیتے ہوئے ان قیمتیں کے استعمال سے خط لکھنی پڑے گیں۔ یہ خط تعداد کے مور کو  $f_1$  یعنی  $2 = \log(100)$  پر جوچتے ہوئے  $20 \text{ dB}$  فی دہائی کے شرح سے بڑھتے ہے۔ ایسا خط کچھیتی وقت  $(10f_1, 20 \text{ dB})$  اور  $(f_1, 0 \text{ dB})$  کے میان پر نقطہ لکھ کر انہیں سیدھی لکھیتے ہوئے حاصل کیا جاتا ہے۔

شکل ۲.۷ الف میں  $(f_1, 0 \text{ dB})$  یعنی  $(10^2, 0 \text{ dB})$  پر نقطہ  $a$  اور اسی طرح  $(10f_1, 20 \text{ dB})$  یعنی  $(10^3, 20 \text{ dB})$  پر نقطہ  $b$  دکھائے گئے ہیں۔ نہایت کم تعداد پر مساوات ۲.۳۳ کے مطابق اس حصہ کی قیمت  $0 \text{ dB}$  ہے۔ حقیقت میں بوڑا خط کچھیتی وقت کم تعداد کو  $f_1 \ll f$  کی وجہ سے  $f_1 \leq f$  لایا جاتا ہے۔ یہ نقطہ  $a$  سے کم تعداد پر اس حصہ کی قیمت  $0 \text{ dB}$  دکھائی گئی ہے۔ اس طرح بوڑا خط کچھیتی ہوئے نہایت زیادہ تعداد کو

$f$  کی بجائے  $f_1 \gg f$  لیا جاتا ہے۔ یوں اگر  $a$  پر 0 dB ہوتے دس گنازیادہ تعداد پر 20 dB ہو گا۔ اس نقطے کو  $b$  سے ظاہر کیا گیا ہے۔ تک 0 dB پر رہتا ہوا اور  $a$  اور  $b$  سے گرتا سیدھا خط دوسرے جزو کا لوٹا خلے۔

سماوات ۶۳۲ کے تیسرا جزو کی کارکردگی نہایت کم اور نہایت زیادہ تعداد پر دیکھتے ہیں۔ نہایت کم تعداد یعنی  $f_2 \ll f$  پر

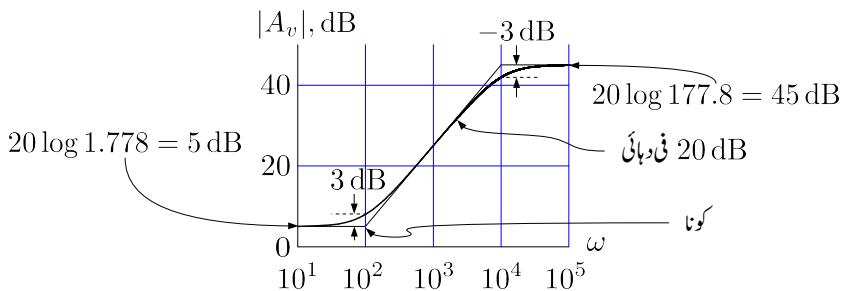
$$(6.35) \quad -20 \log \sqrt{1 + \left( \frac{f}{f_2} \right)^2} \rightarrow 20 \log 1 = 0 \text{ dB}$$

جبکہ نہایت زیادہ تعداد یعنی  $f_2 \gg f$  پر

$$(6.36) \quad -20 \log \sqrt{1 + \left( \frac{f}{f_2} \right)^2} \rightarrow -20 \log \sqrt{\left( \frac{f}{f_2} \right)^2} \\ = -20 \log \frac{f}{10000} \text{ dB}$$

حاصل ہوتا ہے جہاں آخندری متدم پر 10000 =  $f_2$  کا استعمال کیا گیا ہے۔  $\frac{f}{10000} - 20 \log$  کی قیمت 10000، 100000، 1000000 اور 10000000 کے تعداد پر 20.0، 40، 60، 80 یعنی بیل حاصل ہوتی ہے۔ اس حقیقت کو یوں بیان کیا جاسکتا ہے کہ تعداد دس گناہ کرنے سے افزاش 20 dB گھٹتی ہے یا کہ افزاش 20 dB فی دہائی کے شرح سے تبدیل ہوتی ہے۔ اپنی محور پر تعداد کا لوگاریتم لیتے ہوئے ان قیتوں کے استعمال سے خط کھیچا گیا ہے۔ یہ خط تعداد کے محور کو  $f_2$  یعنی 4 =  $\log(10000)$  پر چھوٹے ہوئے 20 dB فی دہائی کے شرح سے تبدیل ہوتا ہے۔ ایسا خط کچھ وقت  $f_2$  تعداد پر 0 dB اور  $10f_2$  تعداد پر 20 dB کے معتام پر نظر لے کر انہیں سیدھی لکیرے جوڑتے ہوئے حاصل کیا جاتا ہے۔ شکل ۶.۶ الف میں ان نقطوں کو  $c$  اور  $d$  سے ظاہر کیا گیا ہے۔ یاد رہے کہ  $f_2 = 10^4$  میں کم تعداد پر اس جزو کی قیمت 0 dB ہے۔

شکل ۶.۶ ب میں ان تینوں خطوط کا مجموعہ لیا گیا ہے جو کہ سماوات ۶۳۲ کے  $|A_v|$  کا مکمل یوڈا خط ہے۔ شکل ۶.۶ الف میں نقطہ  $a$  پر سماوات ۶۳۲ کے پہلے جزو کے خط کی قیمت 5 dB جبکہ بقا یادو احیاء کے قیمتیں 0 dB یوں ان کا مجموعہ 5 dB ہے جسے شکل ۶.۶ ب میں  $a'$  سے ظاہر کیا گیا ہے۔  $b$  پر ان تین احیاء کے قیمتیں 5 dB، 20 dB اور 25 dB ہیں جن کے مجموعے 25 dB کو  $b'$  سے ظاہر کیا گیا ہے۔  $c$  پر تینوں کا مجموعہ 45 dB کو  $c'$  سے ظاہر کیا گیا ہے۔  $d$  پر تین احیاء کے قیمتیں 5 dB، 60 dB اور 20 dB ہیں جن کا مجموعہ 45 dB ہے۔ اس نقطے کو  $d'$  سے ظاہر کیا گیا ہے۔ مندرجہ بالاتم عمل کو نہایت آسانی سے یوں سراغبام دیا جاسکتا ہے۔ دئے گئے سماوات کی جتنی قیمت کم تر تعداد پر حاصل کریں۔ یوڈا خط کی قیمت یہی رکھتے ہوئے تعداد بڑھائیں حتیٰ کہ سماوات کا صفر یا قطب آ جائے۔ اگر صفر آ جائے تو یوڈا خط کی قیمت 20 dB فی دہائی کی شرح سے بڑھانا شروع کر دیں اور اگر قطب آ جائے تو یوڈا خط کی قیمت 20 dB فی دہائی کی شرح سے گھٹانا شروع کر دیں۔ تعداد بڑھاتے رہیں حتیٰ کہ سماوات کا صفر یا قطب آ جائے۔ ہر مرتبہ صفر آنے پر یوڈا خط کے تبدیلی کی شرح میں 20 dB کا اضافہ لائیں جبکہ قطب آنے پر یوڈا خط کے تبدیلی کی شرح میں 20 dB کی کمی لائیں۔



شکل ۲.۸: مصل خط اور بوداخط کاموازن

شکل ۲.۸ میں مساوات ۶.۳۱ کے بوداخط اور اس کا حقیقی خط<sup>۱۹</sup> ایک سانحہ کھانے گے ہیں۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ بوداخط کے کونوں پر دونوں خطوط میں 3 dB کا فنر قبایل احتبات ہے جبکہ بمقابلہ تعداد پر دونوں تقریباً ایک ہی طرح کے ہیں۔ مساوات ۶.۳۳ سے اس فنر کو سمجھا جاسکتا ہے۔ کونے پر تعداد  $f_1$  کے برابر ہے پوں اس مساوات سے

$$20 \log \sqrt{1 + \left( \frac{f_1}{f_1} \right)^2} = 20 \log \sqrt{2} \approx 3 \text{ dB}$$

مصل ہوتا ہے ناکہ 0 dB۔ اسی حقیقت کے بنا پر بوداخط کے کونوں کو 3 dB نقطے بھی کہتے ہیں۔

مثال ۲.۲: مساوات ۶.۲۸ کا بوداخط کیجیئیں۔  
حل: اس مساوات کو دوبارہ پیش کرتے ہیں۔

$$A_v = -43 \left( \frac{j\omega + 6666}{j\omega + 64068} \right)$$

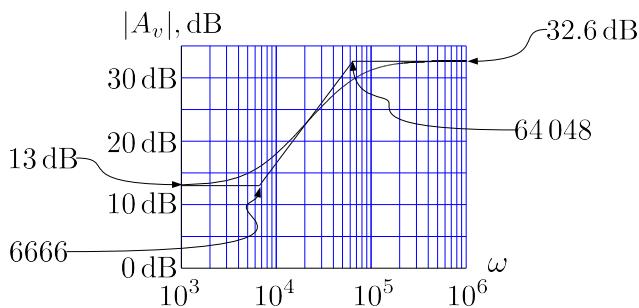
انہائی تعداد ( $\omega \rightarrow 0$ ) پر اس کی حقیقی قیمت

$$|A_v|_{\omega \rightarrow 0} = 43 \left( \frac{0 + 6666}{0 + 64068} \right) = 4.474$$

یعنی

$$20 \times \log 4.474 \approx 13 \text{ dB}$$

<sup>۱۹</sup> حقیقی خط کسپیڈر کے پروگرام میٹ لیب octave کی مدد سے آسانی کیجیے جاسکتا ہے۔ اس تاب میں مشترک خطوط لیست Linux پائے جانے والے پروگرام آفیس استعمال کرتے ہوئے یہ کیجیے گے ہیں۔



شکل ۶.۹

حاصل ہوتی ہے۔ مساوات کا صرف 6666 جبکہ اس کا قطب 64068 پر پایا جاتا ہے۔ ان معلومات سے شکل ۶.۹ میں بوڈا خط حاصل کیا گیا ہے۔

مثال ۶.۵: مندرجہ ذیل مساوات کا بوڈا خط کھینچیں۔

$$A_v = \frac{1000s}{s + 10}$$

حل: اس کو عمومی طرز پر لکھتے ہیں۔

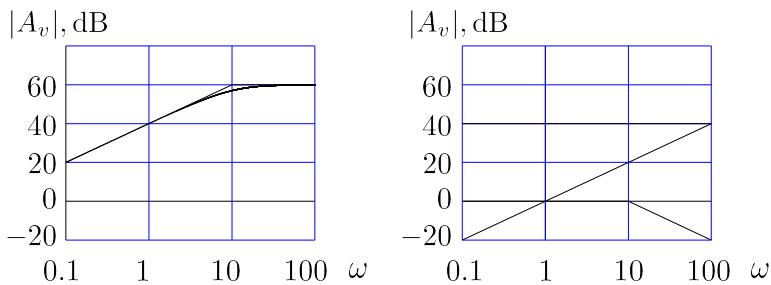
$$A_v = \frac{100j\omega}{\frac{j\omega}{10} + 1}$$

جسے ذیلی بیل میں لکھتے ملتا ہے

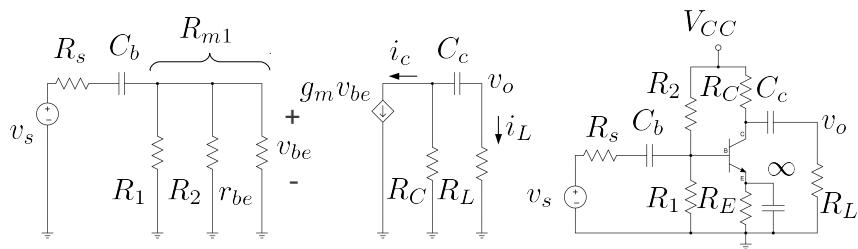
$$A_v = 20 \log 100 + 20 \log \omega - 20 \log \sqrt{\frac{\omega^2}{10^2} + 1}$$

اس کے بوڈا خط کے اجزاء شکل ۶.۱۰ الف جبکہ کمپلیکس بوڈا خط شکل ب میں دکھائے گئے ہیں۔

مندرجہ بالا مثال میں دی گئی مساوات میں کسر کے اوپر تعددی حصہ پر غور کریں۔ بوڈا خط میں  $\left( \frac{j\omega}{\omega_0} + 1 \right)$  طرز پر لکھے گئے حصہ کی قیمت  $\omega_0$  سے کم تعدد پر 0 dB جبکہ اس سے زیادہ تعداد پر یہ میں ذیلی بیل فی دہائی کی شرح سے تبدیل ہوتا ہے۔ اس کے بر عکس ( $j\omega$ ) کہیں بھی 0 dB پر فترار نہیں رہتا۔ یہ 1  $\omega = 1$



شکل ۶.۱۰



شکل ۶.۱۱: بیس اور گلکٹر پر کمیٹر نسب کرنے کے اثرات

پر 0 dB سے گزرتے ہوئے بیس ڈیسی بیل فنی دہائی کی شرح سے تام تعدد پر تبدیل ہوتا ہے۔ اگر یہ جزو بطور صفر پایا جائے تب یہ بیس ڈیسی بیل فنی دہائی کی شرح سے بڑھتا ہے جبکہ اگر جزو بطور قطب پایا جائے تب یہ بیس ڈیسی بیل فنی دہائی کی شرح سے گھٹتا ہے۔

## ۶.۶ بیس اور گلکٹر بیرونی کمیٹر

شکل ۶.۱۱ میں بیس اور گلکٹر پر کمیٹر نسب کئے گئے ہیں۔ اگرچہ شکل میں بیس پر  $C_E$  بھی نسب ہے لیکن اس کی قیمت لامحدود تصور کی گئی ہے۔ یوں درکار تعدد پر اس کو تصور کر کیا گیا ہے۔ مساوی شکل میں

$$\frac{1}{R_{m1}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{r_{be}}$$

لیتے ہوئے کھلکھلے ہیں۔

$$\begin{aligned}
 A_v &= \frac{v_o}{v_s} = \left( \frac{v_o}{i_L} \right) \left( \frac{i_L}{i_c} \right) \left( \frac{i_c}{v_{be}} \right) \left( \frac{v_{be}}{v_s} \right) \\
 &= R_L \left( -\frac{R_C}{R_C + R_L + \frac{1}{sC_c}} \right) (g_m) \left( \frac{R_{m1}}{R_s + R_{m1} + \frac{1}{sC_b}} \right) \\
 &= -g_m R_L R_C R_{m1} \left( \frac{sC_c}{sC_c (R_C + R_L) + 1} \right) \left( \frac{sC_b}{sC_b (R_s + R_{m1}) + 1} \right) \\
 &= -\frac{g_m R_L R_C R_{m1}}{(R_C + R_L) (R_s + R_{m1})} \left( \frac{s}{s + \frac{1}{C_c(R_C+R_L)}} \right) \left( \frac{s}{s + \frac{1}{C_b(R_s+R_{m1})}} \right)
 \end{aligned}$$

اس مساوات میں

$$\begin{aligned}
 \omega_c &= \frac{1}{C_c (R_C + R_L)} \\
 \omega_b &= \frac{1}{C_b (R_s + R_{m1})}
 \end{aligned}
 \tag{۶.۳۷}$$

لیتے ہوئے یوں کھا جاتا ہے۔

$$A_v = -\frac{g_m R_L R_C R_{m1}}{(R_C + R_L) (R_s + R_{m1})} \left( \frac{s}{s + \omega_c} \right) \left( \frac{s}{s + \omega_b} \right)
 \tag{۶.۳۸}$$

اس مساوات میں  $R_C \| R_L$  متوازی حبڑے سزاہت کی کل سزاہت ہے ہے عموماً  $\frac{R_C R_L}{R_C + R_L}$  لکھتے ہوئے اسے یوں کھا جاتا ہے۔ اسی طرح  $\frac{R_s \| R_{m1}}{R_s}$  کو  $\frac{R_{m1}}{R_{m1} + R_s}$  کو لکھتا ہے۔

$$\begin{aligned}
 A_v &= -\frac{1}{R_s} (R_C \| R_L) (R_s \| R_{m1}) \left( \frac{s}{s + \omega_c} \right) \left( \frac{s}{s + \omega_b} \right) \\
 &= A_{vD} \left( \frac{s}{s + \omega_c} \right) \left( \frac{s}{s + \omega_b} \right)
 \end{aligned}
 \tag{۶.۳۹}$$

جس

$$A_{vD} = -\frac{1}{R_s} (R_C \| R_L) (R_s \| R_{m1})$$

کھا گیا ہے۔

## باب ۶۔ ایکلیپسیاٹ کا تعدادی رد عمل اور فلسر

پست انقطائی تعداد پر  $\omega_L$  کے برابر ہو گا۔ یوں مساوات ۶.۳۹ میں پست انقطائی تعداد کو  $A_{vD}$  لکھتے ہوئے حاصل ہوتا ہے

$$A_{vD} \left( \frac{\omega_L}{\sqrt{\omega_L^2 + \omega_c^2}} \right) \left( \frac{\omega_L}{\sqrt{\omega_L^2 + \omega_b^2}} \right) = \frac{A_{vD}}{\sqrt{2}}$$

۲

$$2\omega_L^4 = (\omega_L^2 + \omega_c^2)(\omega_L^2 + \omega_b^2)$$

یعنی

$$\omega_L^4 - (\omega_c^2 + \omega_b^2)\omega_L^2 - \omega_c^2\omega_b^2 = 0$$

لکھا جا سکتا ہے۔ اس کو حل کرتے ملتا ہے

$$(6.30) \quad \omega_L^2 = \frac{\omega_c^2 + \omega_b^2}{2} + \frac{\sqrt{\omega_c^4 + 6\omega_c^2\omega_b^2 + \omega_b^4}}{2}$$

مندرجہ بالا مساوات میں منفی جبزر کو حاصل نہیں کیا چونکہ اس کے استعمال سے  $\omega_L^2$  کی قیمت منفی حاصل ہوتی ہے۔  
شکل ۶.۱۱ کو دیکھ کر معلوم ہوتا ہے کہ  $C_c$  اور  $C_b$  کا یک دوسرے پر کوئی اثر نہیں۔ مساوات ۶.۳۹ کی حقیقت کی تصدیق کرتا ہے۔

مثال ۶.۲: شکل ۶.۱۱ میں

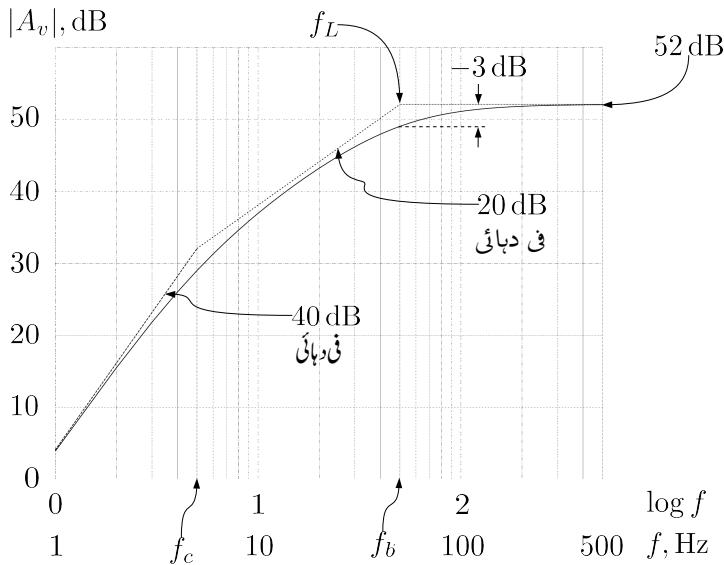
$$V_{CC} = 9 \text{ V}, R_C = 1.8 \text{ k}\Omega, R_E = 200 \text{ }\Omega$$

$$R_1 = 2.2 \text{ k}\Omega, R_2 = 16 \text{ k}\Omega, R_s = 1 \text{ k}\Omega$$

$$\beta = 99, R_L = 1.8 \text{ k}\Omega$$

ہیں۔

- $C_c$  اور  $C_b$  کی ایسی قیمتیں حاصل کریں کہ  $f_b = 50 \text{ Hz}$  جبکہ  $f_c = 5 \text{ Hz}$ ۔
- مندرجہ بالا قیوں کو استعمال کرتے ہوئے مساوات ۶.۳۹ کا بودا خلاصہ پست انقطائی تعداد حاصل کریں۔
- $f_b = f_c$  رکھتے ہوئے پست انقطائی تعداد  $50 \text{ Hz}$  حاصل کرنے کی حناطرن  $f_b$  اور  $f_c$  حاصل کریں



شکل ۶.۱۲: پست انقطعی نقطے زیادہ تعدادے کو نے پڑے

حل: نقطے کارکردگی حاصل کرتے وقت تمام کمیٹر کھلے سرے کردار ادا کرتے ہیں۔ مسئلہ تھونن کی مدد سے،  $I_{CQ} = 1.0879 \text{ mA}$  جبکہ  $V_{th} = 1.934 \text{ k}\Omega$  حاصل ہوتے ہیں جن سے  $R_{th} = 810 \Omega$  اور  $r_{be} = 1.394 \text{ k}\Omega$  اور  $g_m = 0.071 \text{ S}$  حاصل ہوتا ہے۔

$$C_c = \frac{1}{2\pi f_c (R_C + R_L)} = \frac{1}{2 \times \pi \times 5 \times (1800 + 1800)} = 8.84 \mu\text{F}$$

$$C_b = \frac{1}{2\pi f_b (R_s + R_{m1})} = \frac{1}{2 \times \pi \times 50 \times (1000 + 810)} = 1.76 \mu\text{F}$$

شکل ۶.۱۲ میں یوڈاخط کھینچ گیا ہے جہاں سے واضح ہے کہ پست انقطعی تعداد تقریباً  $f_b$  کے برابر ہے۔ شکل میں 5 Hz تا 1 Hz یوڈاخط کی ڈھالوان 40 dB فی دہائی ہے جبکہ 50 Hz تا 5 Hz ڈھالوان 20 dB فی دہائی ہے۔

جب بھی یوڈاخط میں پست انقطعی نقطے تعین کرنے والے کوئوں میں سب سے زیادہ تعداد پر پائے جبانے والے کو نے سے بھایا کو نے دور دور ہوں، ایسی صورت میں پست انقطعی نقطے تقریباً اسی زیادہ تعداد کے کوئے پر ہو گا۔

آئیں مساوات ۶.۳۰ حل کرتے دیکھیں کہ جواب کیا حاصل ہوتا ہے۔ اس مساوات میں  $\omega_c$

اور  $\omega_b$  کی قیمتیں پر کرتے ملتا ہے

$$\omega_L = 317.254$$

$$f_L = 50.49 \text{ Hz}$$

• مساوات ۶.۳۰ میں  $\omega_c = \omega_b \sqrt{2}$  کرتے حل کرتے ہیں

$$\omega_L^2 = \frac{2\omega_b^2 + \sqrt{\omega_b^4 + 6\omega_b^4 + \omega_b^4}}{2} = (1 + \sqrt{2}) \omega_b^2$$

یوں

$$\omega_L = \left( \sqrt{1 + \sqrt{2}} \right) \omega_b$$

حاصل ہوتا ہے جس سے حاصل کرنے کی حرطہ

$$f_b = \frac{f_L}{\sqrt{1 + \sqrt{2}}} = \frac{50}{\sqrt{1 + \sqrt{2}}} = 32 \text{ Hz}$$

رکھنا ہو گا۔ شکل ۶.۱۳ میں صورت حال دکھایا گیا ہے۔

## ۷۔ بیس اور بیکٹر بیرونی کپیسٹروں کا مجموعی اثر

اب تک دیکھے گئے تمام ادوار میں ہم نے دیکھا کہ کسی بھی کپیسٹر کی بدولت پیدا ہونے والے قطبے کو  $\omega = \frac{1}{R_m C}$  لکھا جا سکتا ہے جہاں  $R_m$  اس کپیسٹر کے متوازی حبڑی مزاجت ہے۔ بیس اور بیکٹر دونوں پر کپیسٹر نسبت کرنے سے ایسا ادھ مساوات حاصل نہیں ہوتا۔ آئین شکل ۶.۱۴ میں  $\frac{v_L}{v_i}$  حاصل کرتے ہوئے اس صورت کو بھی دیکھیں۔ شکل ۶.۱۵ میں اس کا باریکے مساوی دور دکھایا گیا ہے جس میں  $R_e$  اور  $C_e$  کوڑانہ سڑکے بیس جانب منتقل کرتے ہوئے  $R'_e$  اور  $C'_e$  لکھا گیا ہے۔ یوں

$$R'_e = (\beta + 1) R_e$$

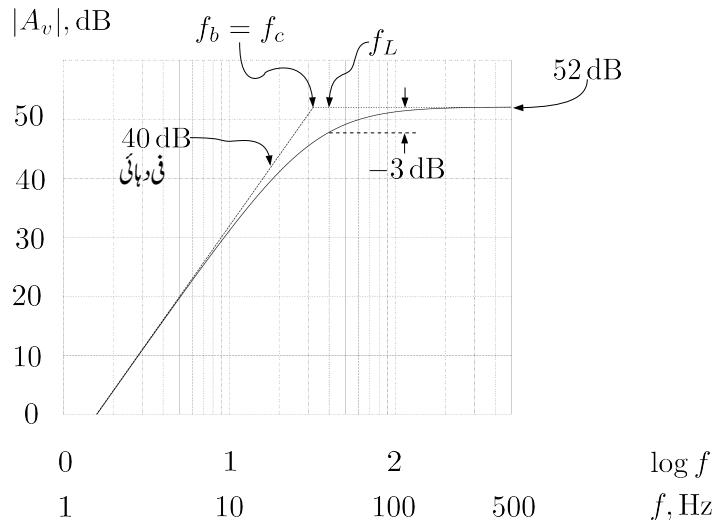
$$C'_e = \frac{C_e}{\beta + 1}$$

ہیں۔ شکل کو دیکھتے ہوئے ہم لکھ سکتے ہیں

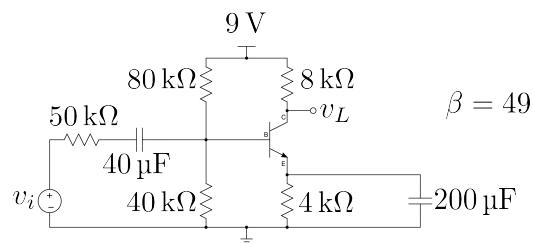
$$(6.31)$$

$$A_v = \frac{v_L}{v_i} = \frac{v_L}{i_c} \times \frac{i_c}{i_b} \times \frac{i_b}{v_b} \times \frac{v_b}{v_i}$$

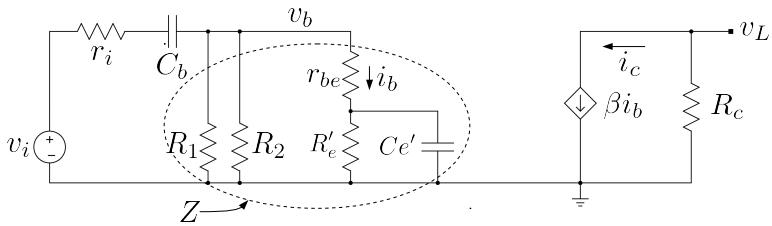
$$= -R_c \beta \left( \frac{1}{R'_e} + sC'_e \right) \left( \frac{Z}{r_i + \frac{1}{sC_b} + Z} \right)$$



شکل ۷.۱۳: جبڑو اکنون کی صورت میں پست انقطعی نقطے



شکل ۷.۱۴



شکل ۶.۱۵

جس کو نظر انداز کرتے ہوئے

$$\frac{1}{Z} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R'_e} + sC'_e$$

کے برابر ہے۔ مساوات ۶.۳۱ کو کسی طرح یوں نہیں لکھا جاسکتا کہ  $C_b$  اور  $C_e$  علیحدہ تو سین کا حصہ ہنیں۔ یوں ان دو کپیٹروں سے علیحدہ علیحدہ بودا خاطر کے کونے حاصل کرنا ممکن نہیں ہے۔  
دیگر قیمتیں پر کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned} \frac{1}{Z} &= \frac{1}{40000} + \frac{1}{80000} + \frac{1}{200000} + 4 \times 10^{-6} \times s \\ &= (42.5 + 4s) \times 10^{-6} \end{aligned}$$

مساوات ۶.۳۱ میں کسر کے نیچے سے  $Z$  باہر نکالتے ہوئے کسر کے اوپر موجود  $Z$  کے ساتھ کاٹتے ہوئے ملتا ہے

$$A_v = -R_c \beta \left( \frac{1}{R'_e} + sC'_e \right) \left( \frac{1}{\left( r_i + \frac{1}{sC_b} \right) \frac{1}{Z} + 1} \right)$$

اس میں قیمتیں پرکرتے ہیں

$$\begin{aligned}
 A_v &= \frac{-(1.96 + 1.568s)}{\left(50000 + \frac{1}{0.0004s}\right)(42.5 + 4s) \times 10^{-6} + 1} \\
 &= \frac{-(1.96 + 1.568s)}{2.125 + 0.2s + \frac{1.0625}{s} + 0.1 + 1} \\
 &= \frac{-(1.96 + 1.568s)}{3.225 + 0.2s + \frac{1.0625}{s}} \\
 &= \frac{-(1.96 + 1.568s)s}{3.225s + 0.2s^2 + 1.0625} \\
 &= \frac{-(1.96 + 1.568s)s}{0.2s^2 + 3.225s + 1.0625}
 \end{aligned}$$

جسے یوں لکھا جاتا ہے

$$\begin{aligned}
 A_v &= \frac{-(1.96 + 1.568s)s}{0.2(s^2 + 16.125s + 5.3125)} \\
 &= \frac{-6.25(1.25 + s)s}{(s + 0.336)(s + 15.788)}
 \end{aligned}$$

اس کو عوومی شکل میں لکھتے ہوئے اس کا بذاتہ خط کہیتے ہیں۔

$$(۶.۳۲) \quad A_v = \frac{-1.8473 \left(1 + \frac{s}{1.25}\right)s}{\left(1 + \frac{s}{0.336}\right) \left(1 + \frac{s}{15.788}\right)}$$

شکل ۶.۱۶ میں اس مساوات کا خط دکھایا گیا ہے۔

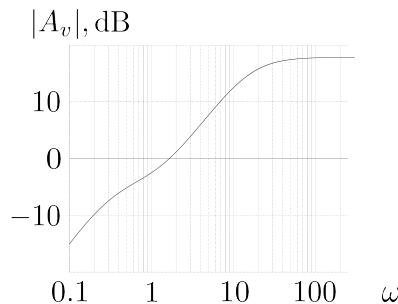
شکل ۶.۱۵ پر دوبارہ غور کریں۔  $C_b$  اور  $C'_e$  کے مقیتوں میں واضح فرق ہے۔ کم تعداد پر  $\frac{1}{\omega C_b}$  کی قیمت کے قیمت سے بہت زیاد ہو گی۔ یوں کم تعداد پر  $C'_e$  کو کھلے سرے تصور کرتے ہوئے  $C_b$  کے کردار پر غور کرتے ہیں۔  $C_b$  کے متوازی کل مزاہم  $R_{mCb}$  مندرجہ ذیل ہے

$$R_{mCb} = r_i + R_1 \parallel R_2 \parallel R'_e = 73.529 \text{ k}\Omega$$

یوں ہم توچ رکھتے ہیں کہ  $C_b$  سے

$$\frac{1}{R_{mCB} \times C_b} = \frac{1}{73.529 \times 10^3 \times 40 \times 10^{-6}} = 0.34$$

تعداد پر قطب حاصل ہو گا۔ ہم دیکھتے ہیں کہ یہ قطب مساوات ۶.۳۲ میں دے 0.336 تعداد پر قطب کے تقریباً برابر ہے۔ اسی طرح نہایت زیادہ تعداد پر  $\frac{1}{\omega C_b}$  کو تصریح دور تصور کیا جاتا ہے۔ ایسا کرتے ہوئے  $C'_e$  کے



شکل ۶.۱۶

متوازی کل مزاحمت حاصل کرتے ہیں

$$\frac{1}{R_{mCe'}} = \frac{1}{r_i} + \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R'_e}$$

۔

$$R_{mCe'} = 16 \text{ k}\Omega$$

حاصل ہوتا ہے۔ ہم تو چکرتے ہیں کہ یوں  $C'_e$  سے حاصل قطب

$$\frac{1}{R_{mCe'} \times C'_e} = \frac{1}{16 \times 10^3 \times 4 \times 10^{-6}} = 15.625 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

پرپلیا جائے گا۔ ہم دیکھتے ہیں کہ یہ قطب مساوات ۶.۳۲ میں دے 15.788 تعداد پر دئے قطب کے تقریباً برابر ہے۔ مساوات کا صفر 1.25 کے تعداد پر پلیا جاتا ہے جو در حقیقت  $\frac{1}{R'_e C_e}$  کے برابر ہے۔

مثال ۶.۷: مساوات ۶.۳ کو حل کریں۔  
حل: اس مساوات کو دوبارہ پیش کرتے ہیں۔

$$(6.33) \quad A_v = -R_c \beta \left( sC'_e + \frac{1}{R'_e} \right) \left[ \frac{Z}{r_i + \frac{1}{sC_b} + Z} \right]$$

جس کو نظر انداز کرتے ہوئے

$$\frac{1}{Z} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R'_e} + sC'_e = \frac{1}{R_m} + sC'_e$$

کے برابر ہے جہاں

$$\frac{1}{R_m} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R'_e}$$

لیا گیا ہے۔ مساوات ۶.۳۳ میں کسر کے نیچے سے  $Z$  باہر نکالتے ہوئے کسر کے اوپر موجود  $Z$  کے ساتھ کا نتیجہ ہوتے ہوئے ملتا ہے۔

$$A_v = -R_c \beta \left( sC'_e + \frac{1}{R'_e} \right) \left[ \frac{1}{\left( r_i + \frac{1}{sC_b} \right) \frac{1}{Z} + 1} \right]$$

اس میں  $Z$  پڑ کرتے ہوئے حل کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned} A_v &= \frac{-R_c \beta \left( sC'_e + \frac{1}{R'_e} \right)}{\left( r_i + \frac{1}{sC_b} \right) \left( \frac{1}{R_m} + sC'_e \right) + 1} \\ &= \frac{-R_c \beta \left( sC'_e + \frac{1}{R'_e} \right)}{\frac{r_i}{R_m} + sr_i C'_e + \frac{1}{sR_m C_b} + \frac{C'_e}{C_b} + 1} \end{aligned}$$

کسر کے نیچے ہے میں  $s$  کی تعلق سے اجزاء اکٹھے کرتے ہوئے حل کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned} A_v &= \frac{-R_c \beta \left( sC'_e + \frac{1}{R'_e} \right)}{sr_i C'_e + \left( \frac{r_i}{R_m} + \frac{C'_e}{C_b} + 1 \right) + \frac{1}{sR_m C_b}} \\ &= \frac{-R_c \beta R_m C_b \left( sC'_e + \frac{1}{R'_e} \right) s}{s^2 r_i C'_e R_m C_b + s \left( \frac{r_i}{R_m} + \frac{C'_e}{C_b} + 1 \right) R_m C_b + 1} \\ &= \frac{-R_c \beta R_m C_b C'_e \left( s + \frac{1}{R'_e C'_e} \right) s}{r_i C'_e R_m C_b \left[ s^2 + s \left( \frac{r_i}{R_m} + \frac{C'_e}{C_b} + 1 \right) \frac{1}{r_i C'_e} + \frac{1}{r_i C'_e R_m C_b} \right]} \end{aligned}$$

اس مزید یوں لکھ سکتے ہیں۔

$$\begin{aligned} A_v &= \frac{\frac{-R_c \beta}{r_i} \left( s + \frac{1}{R'_e C'_e} \right) s}{s^2 + s \left( \frac{1}{R_m C'_e} + \frac{1}{r_i C_b} + \frac{1}{r_i C'_e} \right) + \frac{1}{r_i C'_e R_m C_b}} \\ &= \frac{\frac{-R_c \beta}{r_i} \left( s + \frac{1}{R'_e C'_e} \right) s}{s^2 + s \left[ \frac{1}{R_m C'_e} + \frac{1}{r_i} \left( \frac{1}{C_b} + \frac{1}{C'_e} \right) \right] + \frac{1}{R_m C'_e r_i C_b}} \end{aligned}$$

## اس مساوات میں

$$(6.33) \quad \begin{aligned} \omega_c &= \frac{1}{R'_e C'_e} = \frac{1}{R_e C_e} \\ \omega_1 &= \frac{1}{R_m C'_e} \\ \omega_2 &= \frac{1}{r_i} \left( \frac{1}{C_b} + \frac{1}{C'_e} \right) \\ \omega_3 &= \frac{1}{r_i C_b} \end{aligned}$$

لکھتے ہوئے

$$A_v = \frac{\frac{-R_c \beta}{r_i} (s + \omega_c) s}{s^2 + s [\omega_1 + \omega_2] + \omega_1 \omega_3}$$

حاصل ہوتا ہے جسے یون لکھا جاتا ہے

$$(6.35) \quad \begin{aligned} A_v &= \frac{\frac{-R_c \beta}{r_i} (s + \omega_c) s}{(s + \omega_{q1})(s + \omega_{q2})} \\ &= \frac{\frac{-R_c \beta \omega_c}{\omega_{q1} \omega_{q2}} \left( \frac{s}{\omega_c} + 1 \right) s}{\left( \frac{s}{\omega_{q1}} + 1 \right) \left( \frac{s}{\omega_{q2}} + 1 \right)} \end{aligned}$$

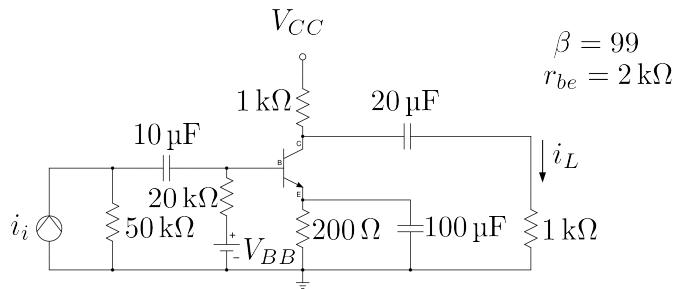
جس اس

$$(6.36) \quad \begin{aligned} \omega_{q1} &= \frac{-(\omega_1 + \omega_2) - \sqrt{(\omega_1 + \omega_2)^2 - 4\omega_1 \omega_3}}{2} \\ \omega_{q2} &= \frac{-(\omega_1 + \omega_2) + \sqrt{(\omega_1 + \omega_2)^2 - 4\omega_1 \omega_3}}{2} \end{aligned}$$

ہیں۔

## ۶.۸ بیس، ایمٹر اور گلکٹر بیرونی کمیٹروں کا مجموعی اثر

مثال ۶.۶ میں یہ حقیقت سامنے آئی کہ اگر کسی ایک کمیٹر سے حاصل کونا کسی دوسرے کمیٹر سے حاصل کونے سے بہت بلند تعداد پر پایا جائے تو پست انتظامی تعداد زیادہ تعداد پر پائے جانے والے کونے پر ہو گا۔ ایکلیپسیٹر تخلیق دیتے ہوئے اس حقیقت کو عسوماً بروئے کار لایا جاتا ہے۔



شکل ۶.۱۷

اسی طرح مثال ۶.۷ میں یہ حقیقت سامنے آئی کہ بیس اور بیس روہ دونوں پر کمیٹر نسبت ہونے کی صورت میں دور کو حل کرنا دشوار ہوتا ہے اور اسے حل کرنے سے زیادہ متداول مساواتیں حاصل نہیں ہوتیں۔

عموماً ایمپلیفیگر میں  $C_E$ ,  $C_C$  اور  $C_B$  تیسونوں پائے جاتے ہیں۔ ایمپلیفیگر کی مخصوص اشارے کے لئے تخلیق دئے جاتا ہے۔ اشارے کی کم سے کم اور زیادہ ممکن تعدد کو مد نظر رکھتے ہوئے ایمپلیفیگر تخلیق یا جانتا ہے۔ ایمپلیفیگر کی پست انقطعی تعدد اشارے کے کم سے کم ممکن تعدد سے کم رکھتا ہے۔ یہ ایمپلیفیگر پست انقطعی تعدد کے درمیانی تعداد کی افزائش برقرار رکھتا ہے جبکہ پست انقطعی نقطے سے کم تعدد پر ایمپلیفیگر کی کارکردگی ابھیت نہیں رکھتی چونکہ اس خطے میں اسے استعمال نہیں کیا جاتا۔

$C = \frac{1}{\omega_0 R_m}$  لیتے ہوئے  $\omega_0 = \frac{1}{R_m C_m}$  حاصل ہوتا ہے۔ یہ کم  $R_m$  کی صورت میں  $C$  کی بڑی قیمت سے حاصل ہوتی ہے۔ حقیقی ایمپلیفیگر میں  $C_E$  کے ساتھ کل متوالی جبڑی مزاحمت کی قیمت  $C_C$  اور  $C_B$  کے متوالی مزاحمتوں سے کم ہوتی ہے۔ لہذا کمی بھی  $\omega_0$  کے لئے درکار  $C_E$  کی قیمت بسا یادو کیمیٹروں سے بڑی ہوتی ہے۔ اسی لئے پست انقطعی تعدد کو مدد سے حاصل کیا جاتا ہے جبکہ  $C_C$  اور  $C_B$  کے حاصل انقطعی نقطوں کو اس سے کمی درجے کم تعدد پر رکھتا ہے۔ یہ حاصل  $C_E$  کی قیمت کم سے کم ہوگی۔ اگر اس کے بر عکس  $C_B$  کی مدد سے درکار پست انقطعی نقطے حاصل کیا جائے تو اس صورت میں  $C_E$  سے حاصل نقطے کو اس سے بھی کم تعدد پر رکھتا ہو گا جس سے  $C_E$  کی قیمت زیادہ حاصل ہوگی۔

آئین ایک مثال کی مدد سے ایسے ایمپلیفیگر کا تحجز یہ کریں۔

مثال ۶.۸: شکل ۶.۱۸ میں  $A_i = \frac{i_L}{i_i} = \frac{V_{CC} - V_{BB}}{200} \times \frac{200}{200 + 1}$  کا درمیانی تعدد پر افزائش  $A_i = \frac{i_L}{i_i}$  کا پست انقطعی تعدد بھی حاصل کریں۔

حل: شکل ۶.۱۸ میں مساوی دور کھایا گیا ہے جبکہ  $R_e = \frac{C_e}{\beta + 1}$  اور  $R'_e = \beta + 1$

کئے گئے ہیں۔ درمیانی تعدد پر تمام کپیسٹر تصریح دور کردار ادا کریں گے۔ یوں

$$\begin{aligned} A_i &= \frac{i_L}{i_c} \times \frac{i_c}{i_b} \times \frac{i_b}{v_b} \times \frac{v_b}{i_i} \\ &= \left( \frac{-1000}{2000} \right) (99) \left( \frac{1}{2000} \right) (1754) \\ &= -43 \frac{\text{A}}{\text{A}} \end{aligned}$$

یعنی  $32.67 \text{ dB}$  حاصل ہوتا ہے۔  
ہم دیکھتے ہیں کہ  $C_c$  کی وجہ سے ایک عدد قطب

$$\omega_{qc} = \frac{1}{20 \times 10^{-6} \times 2000} = 25 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

پر پیاہبائے گا۔ اور  $C_e$  اور  $C_b$  کے کردار پاب غور کرتے ہیں۔  $C_e$  کا عکس ٹرانزسٹر کے یہی جواب لیا گیا ہے جو کہ  $1 \mu\text{F}$  کے برابر ہے۔ یوں جن تعدد پر  $1 \mu\text{F}$  1 اہمیت رکھتا ہے ان تعدد پر  $C_b$  بطور تصریح دور کردار ادا کرے گا۔  $C_b$  کو تصریح دور تصور کرتے ہوئے  $1 \mu\text{F}$  کے متوالی کل مساحت

$$R'_e \parallel (r_{be} + r_i \parallel R_b) = 8.976 \text{ k}\Omega$$

حاصل ہوتا ہے لہذا  $1 \mu\text{F}$  سے حاصل قطب

$$\omega_{qe} = \frac{1}{10^{-6} \times 8976} = 111.4 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

پر پیاہبائے گا۔ اسی طرح جن تعدد پر  $10 \mu\text{F}$  10 اہمیت رکھتا ہے ان تعدد پر  $1 \mu\text{F}$  1 کو کھلے دور تصور کرتے ہوئے  $10 \mu\text{F}$  کے متوالی کل مساحت

$$r_i + R_b \parallel [r_{be} + R'_e] = 60.476 \text{ k}\Omega$$

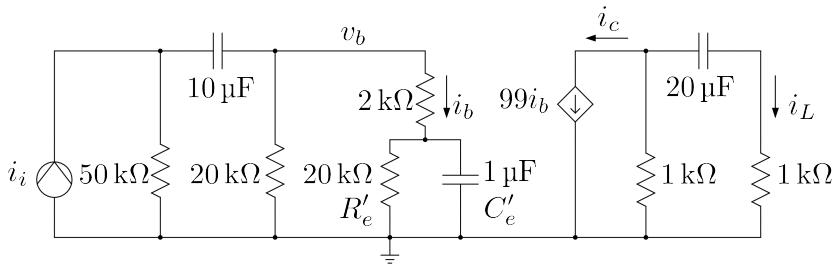
حاصل ہوتا ہے اور یوں

$$\omega_{qb} = \frac{1}{10 \times 10^{-6} \times 60476} = 1.65 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

پر قطب پیاہبائے گا۔ آپ نے دیکھا کہ

$$\omega_{qe} \gg \omega_{qc} \gg \omega_{qb}$$

ہیں۔ یوں پست انتظامی تعدد  $\omega_{qe} = \omega_L$  پر پیاہبائے گا۔



شکل ۶.۱۸

مندرجہ بالا حساب و تاب میں  $\omega_{qe}$  پر ہم نے  $C_b$  کو قصر دور تصور کیا تھا جبکہ  $\omega_{qb}$  پر اسے کھلے دور تصور کیا تھا۔ آئین دیکھیں کہ کیا ایسا کرنادرست ہے۔  $C_b$  پر  $\omega_{qe}$  کی برقی رکاوٹ کی حقیقت یہ ہے

$$\left| \frac{1}{\omega_{qe} C_b} \right| = \frac{1}{111.4 \times 10 \times 10^{-6}} = 0.898 \text{ k}\Omega$$

$C'_e$  کے متوازی کل مسازہت کے لحاظ سے یہ چھوٹی مقدار ہے جسے نظر انداز کیا جاسکتا ہے۔ یوں آپ دیکھ سکتے ہیں کہ  $C_b$  پر  $\omega_{qe}$  کی برقی رکاوٹ کو نظر انداز کرتے ہوئے اسے قصر دور تصور کیا جاسکتا ہے۔ اسی طرح پر  $\omega_{qb}$  پر

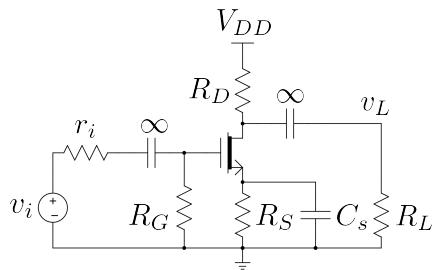
$$\left| \frac{1}{\omega_{qb} C'_e} \right| = \frac{1}{1.65 \times 10^{-6}} = 606 \text{ k}\Omega$$

ہے اہنہذا  $C_e$  پر  $\omega_{qb}$  کو کھلے دور تصور کیا جاسکتا ہے۔

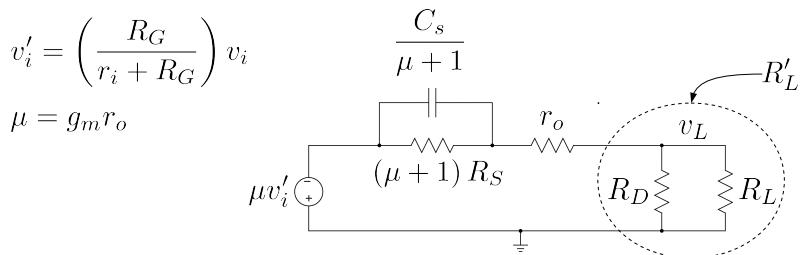
## ۶.۹ پست نقطائی تعداد بذریعہ سورس کپیسٹر

شکل ۶.۱۹ میں گیٹ اور لامپ کپیسٹروں کی قیمت لامدد و تصور کریں۔  $A_v = \frac{v_L}{v_i}$  حاصل کرتے ہوئے پست نقطائی تعداد  $\omega_L$  حاصل کرتے ہیں۔ گیٹ پر برقی دباؤ کو  $v'_i$  لکھتے ہیں جہاں

$$v'_i = \left( \frac{R_G}{r_i + R_G} \right) v_i$$



شکل ۲.۱۹



شکل ۲.۲۰

کے برابر ہے۔ یوں صفحہ ۲۵۵ پر شکل ۲.۵ کے طرز پر موجودہ دور کا مساوی دور بناتے ہوئے شکل ۲.۲۰ حاصل ہوتا ہے۔ مساوی دور میں سورس پر پائے جانے والے برقی رکاوٹ  $(\mu + 1)$  سے ضرب ہو کر گلکشہ مقتول ہوتے ہیں۔  $C_s$  کی رکاوٹ  $\frac{1}{sC_s}$  یوں  $\frac{\mu+1}{sC_s}$  ہو جائے گی یعنی کپیسٹر کی قیمت  $\frac{C_s}{\mu+1}$  ہو جائے گی۔ مساوی دور میں متوازی جبڑے مزاحمت اور کپیسٹر کی کل برقی رکاوٹ کو  $Z$  لکھتے ہیں جہاں

$$\frac{1}{Z} = \frac{1}{(\mu + 1) R_S} + \frac{sC_s}{\mu + 1}$$

$$Z = \frac{(\mu + 1) R_S}{1 + sR_S C_s}$$

کے برابر ہے۔ اس طرح

$$v_L = \left( \frac{R'_L}{Z + r_o + R'_L} \right) (-\mu v'_i)$$

لکھ جا سکتا ہے جہاں  $R'_L = \frac{R_L R_D}{R_L + R_D}$

$$v_L = \frac{-\mu R'_L v'_i}{\frac{(\mu+1)R_S}{1+sR_SC_s} + r_o + R'_L}$$

یہ

$$\begin{aligned} \frac{v_L}{v'_i} &= \frac{-\mu R'_L (1 + sR_S C_s)}{(\mu + 1) R_S + (1 + sR_S C_s) (r_o + R'_L)} \\ &= \frac{-\mu R'_L (1 + sR_S C_s)}{(\mu + 1) R_S + r_o + R'_L + sR_S C_s (r_o + R'_L)} \\ &= \left( \frac{-\mu R'_L}{r_o + R'_L} \right) \frac{s + \frac{1}{R_S C_s}}{s + \frac{(\mu+1)R_S+r_o+R'_L}{R_S C_s (r_o + R'_L)}} \end{aligned}$$

حصہ مل ہوتا ہے۔ پہلی تو سین میں میں  $\mu$  پر کرنے سے اس تو سین کو

$$\begin{aligned} \frac{-g_m r_o R'_L}{r_o + R'_L} &= -g_m (r_o \parallel R'_L) \\ &= -g_m (r_o \parallel R_L \parallel R_D) \\ &= -g_m R_{\parallel} \end{aligned}$$

لکھ جا سکتا ہے جہاں

$$R_{\parallel} = r_o \parallel R_L \parallel R_D$$

کے برابر ہے۔ یہ

$$\frac{v_L}{v'_i} = -g_m R_{\parallel} \left[ \frac{s + \frac{1}{R_S C_s}}{s + \frac{(\mu+1)R_S+r_o+R'_L}{R_S C_s (r_o + R'_L)}} \right]$$

حصہ مل ہوتا ہے۔ افزاش

$$(۱.۷۷) A_v = \frac{v_L}{v_i} = \left( \frac{v_L}{v'_i} \right) \times \left( \frac{v'_i}{v_i} \right)$$

$$(۱.۷۸) = -g_m R_{\parallel} \left[ \frac{s + \frac{1}{R_S C_s}}{s + \omega_L} \right] \left( \frac{R_G}{r_i + R_G} \right)$$

کے برابر ہے جس کا

$$(6.39) \quad \omega_L = \frac{(\mu + 1) R_S + r_o + R'_L}{R_S C_s (r_o + R'_L)}$$

پست انتظامی تعداد ہے۔  $\omega$  کو مزید یوں لکھا جاتا ہے

$$(6.40) \quad \omega_L = \frac{1}{R_m \frac{C_s}{\mu+1}}$$

جس کا شکل ۶.۲۰ میں  $R_m$  کے متوازی کل مساحت ہے یعنی

$$\begin{aligned} \frac{1}{R_m} &= \frac{1}{(\mu + 1) R_S} + \frac{1}{r_o + R'_L} \\ R_m &= \frac{(\mu + 1) R_S (r_o + R'_L)}{(\mu + 1) R_S + r_o + R'_L} \end{aligned}$$

درمیانی تعداد پر افزاش حاصل کرنے کی حراطر  $\infty$  کا استعمال کرتے ہوئے مساوات ۶.۳۷ سے

$$\begin{aligned} A_{vD} &= A_v \Bigg|_{\omega \rightarrow \infty} = -g_m R_{\parallel} \left( \frac{R_G}{r_i + R_G} \right) \left[ \frac{\infty + \frac{1}{R_S C_s}}{\infty + \omega_L} \right] \\ &= -g_m R_{\parallel} \left( \frac{R_G}{r_i + R_G} \right) \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے۔ عموماً  $R_G \gg r_i$  ہوتا ہے۔ یہ

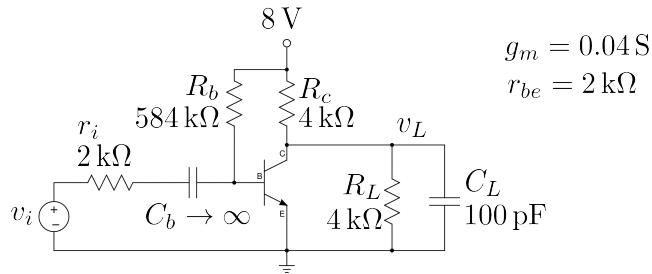
$$(6.41) \quad A_{vD} \approx -g_m R_{\parallel}$$

لکھا جاتا ہے۔

مثال ۶.۱۹: شکل ۶.۱۹ میں  $r_o = 10 \text{ k}\Omega$ ،  $R_L = 100 \text{ k}\Omega$ ،  $R_D = 4.7 \text{ k}\Omega$ ،  $R_S = 1 \text{ kHz}$  اور  $A_{vD} \approx -g_m R_{\parallel}$  کا  $f_L = 20 \text{ Hz}$  پر کھنکی حراطر درکار  $C_s$  کا حاصل کریں۔ درمیانی تعداد پر افزاش  $A_{vD}$  بھی حاصل کریں۔  
حل: مساوات ۶.۳۹ کی مدد سے

$$2 \times \pi \times 20 = \frac{(0.004 \times 10000 + 1) \times 1000 + 10000 + 4489}{1000 \times C_s (10000 + 4489)}$$

یعنی  $C_s = 30.5 \mu\text{F}$  حاصل ہوتا ہے۔ مندرجہ بالامساوات میں  $R'_L = 4489 \Omega$  کیا گیا ہے۔



شکل ۶.۲۱

مادات ۶.۵ میں

$$\frac{1}{R_{\parallel}} = \frac{1}{10000} + \frac{1}{100000} + \frac{1}{4700} = 3.22765 \times 10^{-4}$$

$$R_{\parallel} = 3098$$

پر کرتے ہوئے

$$A_{vD} = -0.004 \times 3098 = -12.4 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

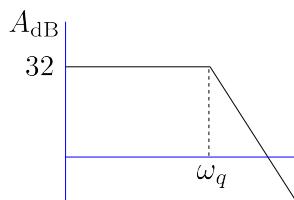
حاصل ہوتا ہے۔

اب تک ہم نے جتنے بھی مثال دیکھے ان تمام میں بیرونی جبٹے کپیٹر کی وحیبے سے پست نقطائی نقطے حاصل ہوئے۔ آئیں اب ایک ایسا مثال دیکھیں جہاں بیرونی کپیٹر کی وحیبے سے زیادہ تعداد کا اشارہ متاثر ہوتا ہو۔ اس مثال سے زیادہ تعداد کے مسائل بھی سامنے آئیں گے جن کا آگے تفصیل احباہ لیا جائے گا۔

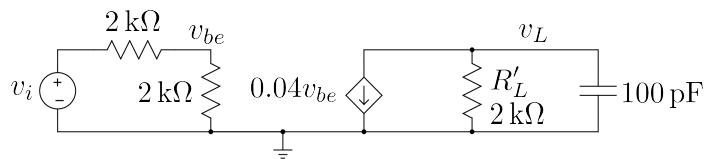
مثال ۶.۱۰: شکل ۶.۲۱ میں  $A_v = \frac{v_L}{v_i}$  کی مادات حاصل کرتے ہوئے اس کا بوداخط کھینچیں۔  
حل: اس کو آپ آسانی سے حل کر سکتے ہیں۔ جواب مندرجہ ذیل ہے۔

$$A_v = -g_m \left( \frac{R_b \parallel r_{be}}{r_i + R_b \parallel r_{be}} \right) \left( \frac{R_c \parallel R_L}{\frac{s}{\omega_q} + 1} \right) = \frac{-40}{\frac{s}{5 \times 10^6} + 1}$$

$$\omega_q = \frac{1}{(R_c \parallel R_L) C_L} = 5 \times 10^6$$



شکل ۶.۲۲



شکل ۶.۲۳

بودا خاطر شکل ۶.۲۲ میں دیا گیا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ  $\omega_q$  سے کم تعداد کے اشارات پر کمیٹر کا کوئی اثر نہیں۔ یوں  $\omega_q$  بلند افطاٹ ایچ تعداد ہے۔

مثال ۶.۱۰: مثال ۶.۱۰ میں اگر داخلي اشاره صفر ولٹ سے کیدم ۲۰ mV ہو جائے تو  $v_L$  نئی قيمت کے حتي قيمت کے ۹۰ % 90 کتنے دير میں پہنچ پائے گا۔

حل: شکل ۶.۲۳ میں  $R_b$  کو نظر انداز اور  $R_L' \parallel R_C$  کو لکھتے ہوئے مساوی دور دکھایا گیا ہے۔ جیسے ہی داخلي اشاره ۲۰ mV ہوتا ہے اسی دم  $v_{be} = 10\text{ mV}$  ہو جائے گا اور یوں  $i_c = 0.4\text{ mA}$  کے وفاون برقرار رکھتے ہوئے حساب

$$\begin{aligned} C_L \frac{dv_L}{dt} + \frac{v_L}{R'_L} + g_m v_{be} &= 0 \\ C_L \frac{dv_L}{dt} + \frac{v_L}{R'_L} + 0.0004 &= 0 \end{aligned}$$

کھا جاتا ہے جسے

$$\frac{dv_L}{dt} = -\frac{1}{R'_L C_L} (v_L + 0.0004 R'_L)$$

$$\frac{dv_L}{dt} = -\frac{1}{R'_L C_L} (v_L + 0.8)$$

یا

$$\frac{dv_L}{v_L + 0.8} = -\frac{dt}{R'_L C_L}$$

لکھتے ہیں۔ اس کا نکل لیجئے ہیں

$$\int \frac{dv_L}{v_L + 0.8} = -\frac{1}{R'_L C_L} \int dt$$

$$\ln(v_L + 0.8) = -\frac{t}{R'_L C_L} + K'$$

$$v_L + 0.8 = K e^{-\frac{t}{R'_L C_L}}$$

حاصل ہوتا ہے جہاں  $K'$  اور  $K$  کو کل کے مستقل ہیں۔  $t = 0$  پر  $v_L = 0$  ہے اسے  $K = 0.8$  کو ملے۔

$$v_L = 0.8 \left( e^{-\frac{t}{R'_L C_L}} - 1 \right)$$

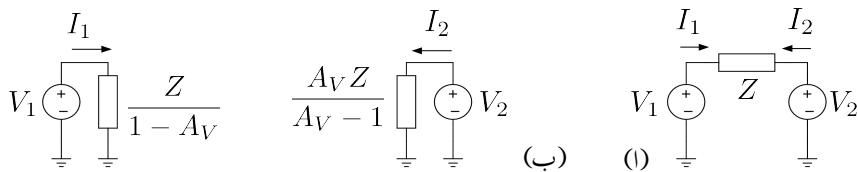
$$= 0.8 \left( e^{-5 \times 10^6 t} - 1 \right)$$

لامدہ وقت گزرنے کے بعد یعنی  $\infty \rightarrow t$  پر اس مساوات کے تحت  $v_L = -0.8 V$  ہو گا۔ یہ اس قیمت کے 90% قیمت حاصل کرنے کی حاضر حل کرتے ہیں۔

$$-0.9 \times 0.8 = 0.8 \left( e^{-5 \times 10^6 t} - 1 \right)$$

جس سے  $t = 0.46 \mu s$  حاصل ہوتا ہے۔

اس مثال میں ہم نے دیکھا کہ داخلی اشارة کے تبدیلی کے کچھ دیر بعد حنارجی اشارہ اپنی نئی قیمت تک پہنچ پاتا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ تیز رفتار عددی ادوار میں  $C_L$  کی قیمت کم سے کم رکھنا ہبایت ضروری ہے۔ جہاں بھی تیز رفتار سے تبدیل ہونے والا اشارہ پیاہبائے وہاں  $C_L$  درحقیقت غیر ضروری ناپسندیدہ کپیٹر ہوتا ہے جسے کم کرنے کی پوری کوشش کی جاتی ہے۔ اس مثال میں کپیٹر کی بدولت دور کے رفتار میں مستقیماً پیدا ہونا یکھا گیا۔ آئیں اب بلند تعداد انقطائی نقطوں پر غور کریں اور جن کپیٹروں سے یہ نقطے پیدا ہوتے ہیں ان کی نشاندہی کریں۔ پہلے مسئلہ مل پر غور کرتے ہیں جو آگے بار بار استعمال ہو گا۔



شکل ۶.۲۲: مسئلہ ملر

## ۶.۱۰ مسئلہ ملر

ٹرانزسٹر ایپلیگانر کا بند تعدادی رد عمل دیکھنے سے پہلے شکل ۶.۲۲ کی مدد سے مسئلہ ملر پر غور کرتے ہیں۔ شکل الف میں دو برقی دباؤ کے مابین برقی رکاوٹ  $Z$  نسب کی گئی ہے۔  $V_1$  سے باہر بھتے برقی روکو  $I_1$  سے ظاہر کرتے ہوئے

$$I_1 = \frac{V_1 - V_2}{Z}$$

حاصل ہوتا ہے۔ آئیں اس برقی روکو تدریجی طریقے کے لکھیں۔

$$\begin{aligned} I_1 &= \frac{V_1 - V_2}{Z} \\ &= V_1 \left( \frac{1 - \frac{V_2}{V_1}}{Z} \right) \\ &= \frac{V_1}{\left( \frac{Z}{1 - \frac{V_2}{V_1}} \right)} \end{aligned}$$

جس کو مزید یوں لکھ سکتے ہیں۔

$$(6.52) \quad I_1 = \frac{V_1}{Z_M}$$

جہاں

$$(6.53) \quad Z_M = \frac{Z}{1 - \frac{V_2}{V_1}}$$

Miller theorem<sup>۴۰</sup>  
۴۰ جب ان میں ملنے والے اس مسئلے کو دریافت کیا

کے برابر ہے۔ اس مساوات میں

$$(۶.۵۴) \quad \frac{V_2}{V_1} = A_V$$

لکھتے ہوئے

$$(۶.۵۵) \quad Z_M = \frac{Z}{1 - A_V}$$

حاصل ہوتا ہے۔

شکل ۶.۲۲ میں  $V_1$  کے ساتھ  $Z_M$  جوڑا کیا گیا ہے۔ جیساں  $V_1$  کا نعلت ہے، شکل انف اور شکل بے دونوں میں  $V_1$  سے بالکل یہاں  $I_1$  برقرار رکھا ہوتا ہے۔ یوں  $V_1$  کے نقطہ نظر سے شکل انف کے طرز پر لگائے گے اور شکل بے کے طرز پر لگائے گے  $Z_M$  مساوی ادوار ہیں۔  $Z_M$  ملر برقرار رکاوٹ پکارا جاتا ہے۔

آئیں اب  $V_2$  کے نقطہ نظر سے دیکھیں جس سے باہر لکھتے ہوئے برقرار  $I_2$  کو ظاہر کرتے ملتا ہے

$$\begin{aligned} I_2 &= \frac{V_2 - V_1}{Z} \\ &= V_2 \left( \frac{1 - \frac{V_1}{V_2}}{Z} \right) \\ &= \frac{V_2}{\left( \frac{Z}{1 - \frac{V_1}{V_2}} \right)} \end{aligned}$$

۷

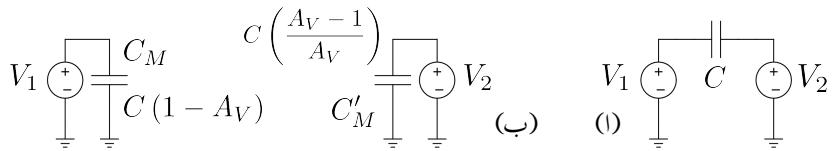
$$(۶.۵۶) \quad I = \frac{V_2}{Z'_M}$$

لکھتے ہیں جیساں

$$\begin{aligned} Z'_M &= \frac{Z}{1 - \frac{V_1}{V_2}} \\ &= \frac{Z}{\frac{V_1}{V_2} \left( \frac{V_2}{V_1} - 1 \right)} \\ &= \frac{\left( \frac{V_2}{V_1} \right) Z}{\frac{V_2}{V_1} - 1} \end{aligned}$$

لکھتے ہوئے زیر نوشتہ میں بڑے حصہ وہ تھی میں  $M$  ملر کو غیر کرتا ہے

## باب ۶۔ ایکلیپس کا تعدادی رد عمل اور فلٹر



شکل ۶.۲۵: ملک پیٹر

یعنی

$$(6.57) \quad Z'_M = \frac{A_V Z}{A_V - 1}$$

کے برابر ہے۔ شکل ۶.۲۲ میں  $V_2$  کے ساتھ  $Z$  کی جگہ  $Z'_M$  جوڑا کھایا گیا ہے۔  $V_2$  کے نقطے نظر سے شکل اف اور شکل ب مساوی ادوار ہیں۔  
شکل ۶.۲۲ میں  $Z$  کی جگہ کپیٹر  $C$  نسبت کرنے سے شکل ۶.۲۵ حاصل ہوتا ہے۔ مساوات ۶.۵۵ میں کپیٹر کی بر قی رکاوٹ کو  $\frac{1}{j\omega C}$  لکھتے ہوئے

$$\begin{aligned} \frac{1}{j\omega C_M} &= \frac{\left(\frac{1}{j\omega C}\right)}{1 - A_V} \\ &= \frac{1}{j\omega C (1 - A_V)} \end{aligned}$$

یعنی

$$(6.58) \quad C_M = C (1 - A_V)$$

حاصل ہوتا۔ اسی طرح مساوات ۶.۵۷ سے

$$\begin{aligned} \frac{1}{j\omega C'_M} &= \frac{A_V \left(\frac{1}{j\omega C}\right)}{A_V - 1} \\ &= \frac{A_V}{j\omega C (A_V - 1)} \\ &= \frac{1}{j\omega C \left(1 - \frac{1}{A_V}\right)} \end{aligned}$$

یعنی

$$(6.59) \quad C'_M = C \left(1 - \frac{1}{A_V}\right)$$

حاصل ہوتا مساوات ۱۶.۵۸ کا لگھے میں برابرا استعمال ہو گا۔  $C_M$  مل کمپیوٹر ۳۳ پکار احبا تا ہے۔

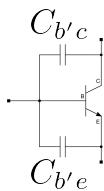
۶.۱۱ عمل تعدادی رد

گزشتہ حموں میں پست تعداد پر ٹرانزسٹر ایپلیفائز کی کارکردگی دیکھی گئی جہاں ٹرانزسٹر کے ساتھ بیرونی جبڑے کپیٹروں کی وجہ سے پائے جانے والے پست اقتضائی نقطوں پر غور کی گی اس حصے میں بلند تعداد پر ایپلیفائز کی کارکردگی دیکھی جائے گی۔ بلند تعداد پر ٹرانزسٹر کے ساتھ بیرونی جبڑے کپیٹروں کی برقی رکاوٹ  $\frac{1}{C}$  نہایت کم ہوتی ہے اور یوں انہیں قصر دور تصور کیا جاتا ہے۔ بلند تعداد پر ٹرانزسٹر کے اندر ورنی کپیٹروں کی وجہ سے بلند اقتضائی نقطے پیدا ہوتے جس پر اس حصے میں غور کیا جائے گا۔ پہلے  $pnp$  ٹرانزسٹر کو مثال بناتے ہوئے ان اندر ورنی کپیٹروں پر تبصرہ کرتے ہیں۔

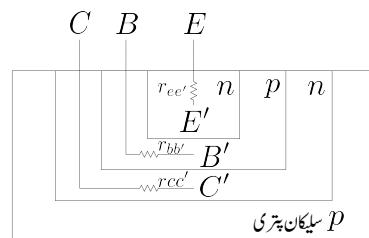
### ۶.۱۱.۱ بلند تعدادی یا $\pi$ ریاضی نمونه

استعمال کے دوران ٹرانزسٹر کے نیس-بیٹری جوڑ کو الٹے مائل رکھا جاتا ہے۔ بالکل ڈائیوڈ کی طرح، اسکے مائل  $pN$  جو چورپور ان خطے پایا جاتا ہے جس کے ایک جانب مثبت بار جبکہ دوسری جانب منفی بار پایا جاتا ہے۔ یہ دو الٹے قلم کے بار مسل کر کپیٹر کو جسم دیتے ہیں ہے  $C_{b'e}$  کی علامت سے پہچانا جاتا ہے۔ اس کپیٹر کی قیمت نہایت کم ہوتی ہے جو پست تعداد پر چلنے والے ٹرانزسٹروں میں  $30\text{ pF}$  کے لگے بھگ جبکہ بلند تعداد پر چلنے والے ٹرانزسٹروں میں  $1\text{ pF}$  یا اس سے بھی کم ہوتی ہے۔ اس کپیٹر کی قیمت اسماں کرنے والے برقی دباؤ  $V_{CB}$  پر مختصر ہوتی ہے۔ حقیقت میں  $C_{b'e}$  کی قیمت  $\frac{1}{V_{CB}^{\frac{1}{2}}}$  یا  $V_{CB}^{-\frac{1}{2}}$  کے تناوب سے تبدیل ہوتی ہے۔ صعّت کار عموماً  $C_{ob}$  کو پکار کر اس کی قیمت کپیٹر کے معلومانہ خواص میں پیش کرتا ہے۔

اس کے علاوہ بھیں-بیٹری جو چورپ کپیٹر  $C_{b'e}$  پایا جاتا ہے جس کی قیمت  $100\text{ pF}$  تا  $5000\text{ pF}$  پائی جاتی ہے۔ آئین دیکھیں کہ کپیٹر کس طرح پیدا ہوتا ہے۔ ٹرانزسٹر کے نیس-بیٹری جوڑ پر شبہت اشارے کی موجودگی میں بیٹری سے نیس کی جانب آزاد اسیکٹر ان رواؤ ہوتے ہیں جن کا بیٹری حصہ نیس خطے سے بذریعہ غفوڑ گزر کر آہن کار گلکشہ پہنچ کر  $C_n$  کا حصہ بننے لیں۔ اب تصور کریں کہ اس سے پہلے کہ اسیکٹر ان نیس خطے سے گزرا پائیں، مہیا کرہا اسہارے منفی ہو جاتا ہے۔ آزاد اسیکٹر ان اشارے کی نئی حقیقت کو دیکھتے ہوئے واپس بیٹری سے کی جانب چل پڑیں گے۔ تیجت گلکشہ سے پر برقی رو  $n$  کی مقدار بتا کم ہو جائے گی۔ اس عمل کو مد نظر رکھتے ہوئے آپ دیکھ سکتے ہیں کہ ٹرانزسٹر کے کارکردگی کے لئے ضروری ہے کہ نیس خطے سے اسیکٹر ان کے گزرنے کا دروانیہ مہیا کرہا اسہارے کے دوڑی عرصے سے کم ہو۔ جیسے چیز اشارے کی تعداد بڑھائی جائے، ویسے ویسے گلکشہ برقی رو  $n$  کی قیمت کم ہوتی جاتی ہے۔ بڑھتی تعداد کی وجہ سے کم برقی رو کے حصول کو کپیٹر  $C_{b'e}$  سے ظاہر کیا جاتا ہے۔ بدلتے اشارے کی وجہ سے نیس خطے سے گزرنے والے آزاد اسیکٹر ان کبھی گلکشہ اور کبھی بیٹری کی جانب پہنچ کی کوشش ہی کرتے رہ جاتے ہیں۔ یوں نیس خطے میں گھیرے اسیکٹر انوں کی تعداد اک برقی رو  $I_{EQ}$  پر مختصر ہوتی ہے۔  $C_{b'e}$  کی مقدار نیس خطے میں گھیرے بار کی مقدار پر مختصر ہوتی ہے اور یوں اس کی قیمت برقی رو کے راست تناسب ہوتی ہے۔ ٹرانزسٹر کے اندر وہی کپیٹروں کو شکل ۲.۲۶ میں بیٹری کپیٹر دکھا گا۔



شکل ۲.۲۶: ٹرانزسٹر کے اندر ونی پیسٹر کو بطور بیرونی پیسٹر دکھایا گیا ہے

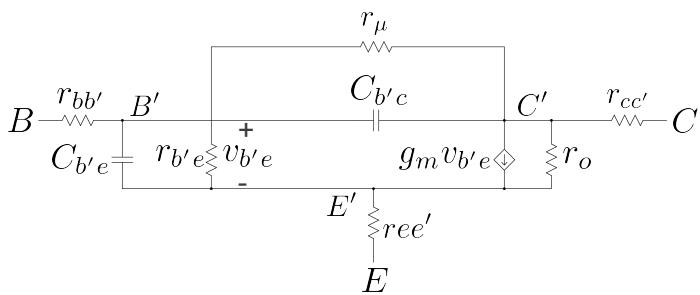


شکل ۲.۲۷: ٹرانزسٹر کے اندر ونی مزاحمت

شکل ۲.۲۷ میں ٹرانزسٹر کی ساخت دکھائی گئی ہے جہاں بیرونی سروں کو حسب معمول  $E$ ،  $B$  اور  $C$  کہا گیا ہے۔ ٹرانزسٹر کے بیس کے بیرونی سرے  $B$  اور اندر ونی نقطہ  $B'$  کے درمیان غیر مطلوب مزاحمت<sup>۳۳</sup>  $r_{bb'}$  پایا جاتا ہے۔ یہ مزاحمت بیس خلطے کی خصوصیات پر محضرا ہوتا ہے۔ اسی طرح بیس پر  $r_{ee'}$  اور گلکش پر  $r_{cc'}$  غیر مطلوب مزاحمت پائی جاتے ہیں۔ الٹے مطلبیں۔ بیٹر جوڑ میں الٹی جبانب یک سست برتنی رو کو مزاحمت  $r_\mu$  سے ظاہر کیا جاتا ہے۔ اس کتاب میں  $r_{cc'}$  اور  $r_{ee'}$  اور  $r_\mu$  کو صرف تصور کرتے ہوئے نظر انداز کیا جائے گا۔

ٹرانزسٹر کے پت تعدادی پائے ریاضی نمونے میں ان تمام اجسام کی شمولیت سے بلند تعدادی پائے ریاضی نمونے حاصل ہوتا ہے جس کو شکل ۲.۲۸ میں دکھایا گیا ہے۔ شکل ۲.۲۹ الف میں اسی کا سادہ دور دکھایا گیا ہے جس میں  $r_{cc'}$  اور  $r_{ee'}$  اور  $r_\mu$  کو نظر انداز کیا گیا ہے۔ اس ریاضی نمونے کو فلم و گاونڈ سے حل کرنا زیادہ آسان ثابت ہوتا ہے۔ اس کتاب میں اسی ریاضی نمونے کو استعمال کیا جائے گا۔

$r_{bb'}$  کی قیمت بیس خلطے کی چوڑائی کے راست تناسب ہوتی ہے۔ پت تعدادی ٹرانزسٹر کے بیس خلطے کی چوڑائی بلند تعدادی ٹرانزسٹر کے بیس خلطے کی چوڑائی سے زیادہ ہوتی ہے۔ اسی لئے پت تعدادی ٹرانزسٹر کی  $r_{bb'}$  بلند تعدادی ٹرانزسٹر کے  $r_{bb'}$  سے زیادہ ہوتی ہے۔  $r_{bb'}$  کو مستقل تصور کیا جاتا ہے جس کی قیمت  $\Omega 10 \text{ to } 50$  ہوتی ہے۔



### شکل ۶.۲۸: بلند تعدادی پائے ریاضی نمونہ

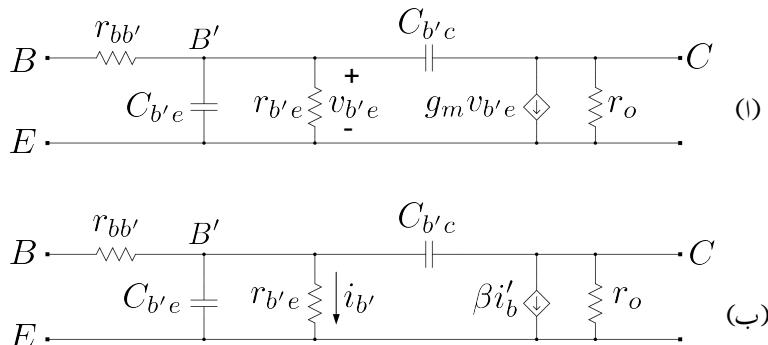
بے۔ پست تعدادی پائے ریاضی نمونے کے جزو  $r_{be}$  کو یہاں  $r_{b'e}$  کہا گیا ہے۔ یوں مساوات ۱۸۷ کے تحت

$$(1.10) \quad r_{b'e} = \frac{\beta V_T}{I_{CO}}$$

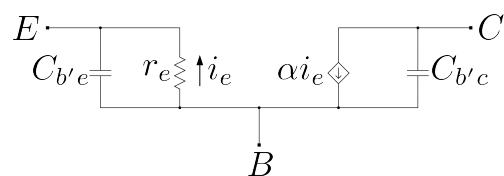
کے برابر ہے۔  $i'_b r_{b'e}$  کھٹتے ہوئے اور مساوات ۳.۱۸۸ سے  $g_m = \frac{\beta}{r_{b'e}}$  کے استعمال سے شکل الف کے  $i_c = \beta i'_b$  کو حاصل کر سکتا ہے جس سے قدر مختلف شکل ب میں دکھایا گی بلند تعداد پر ریاضی نمونے حاصل ہوتا ہے۔ شکل ب میں  $i_b$  پر دوبارہ غور کریں۔ یہ  $r_{b'e}$  میں سے گزرتی بر قی رو ہے ناکہ ٹرانزسٹر کے بیرونی نیس سرے پر پائی جانے والی بر قی رو ٹرانزسٹر اسکے نسبت سے  $i_c$  خارج کرتا ہے۔ بلند تعداد پر  $C_{b'e}$  کے راستے داخلی بر قی رو کا کچھ حصہ گزرے گا جس کی وجہ سے ٹرانزسٹر کی افزاش میں کمی رونما ہوگی۔ ٹرانزسٹر کے پست تعداد دی ٹریاضی نمونے کو صفحہ ۲۸۷ پر شکل ۲۷۔۳ میں دکھایا گیا ہے۔ شکل ۲۷۔۴ پر میں ٹرانزسٹر کے اندر ورنی کپسٹر کے شمولیت سے شکل ۲۶۔۰ حاصل ہوتا ہے جس میں  $r_{bb'}$  شامل نہیں کیا گیا۔ ٹریاضی نمونے کا استعمال مشترک ہے میں ایک پلیائزر حل کرتے وقت آتا ہے جہاں  $r_{bb'}$  کے اثر کو نظر انداز کرنا ممکن ہوتا ہے۔ ٹریاضی نمونے میں  $i_e$  وہ بر قی رو ہے جو اندر ورنی مزاجمت  $r_e$  میں سے گزرتی ہے۔

## ۶.۱۱.۲ مشترکه ایمپر بلند نقطای تعدد

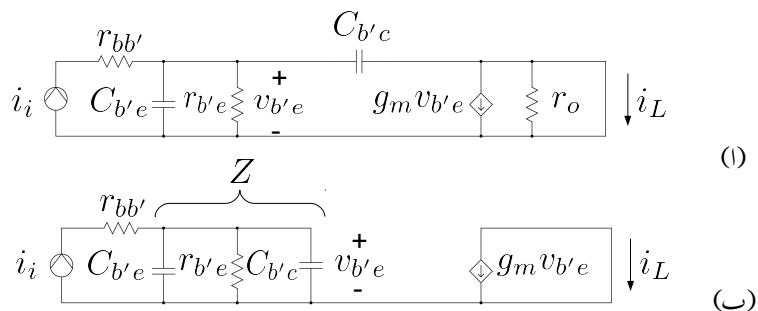
شکل ۱۶.۲۹ کے خارجی جانب بر قی بوجہ  $R_L$  جوڑ کر افزاں بر قی رو  $\frac{i_L}{i_i}$  حاصل کی جا سکتی ہے جس کی قیمت  $R_L$  بڑھنے سے گھٹے گی۔ ایسا کرنے کی وجہ باء، جیسا کہ شکل ۱۶.۳۱ الگ میں دکھایا گیا ہے، ہم  $0 = R_L$  رکھتے ہوئے قدر افزاں بر قی رو  $A_i$  حاصل کرتے ہیں جو اس کی زیادہ سے زیادہ ممکن قیمت ہے۔ چونکہ  $0 = R_L$  سے سدا افزائش رکھ کر لکھنے کا بیٹھ کے ساتھ جوڑتا ہے لہذا ایسا کرنے سے  $20$  گھنی قدر در ہو جاتا ہے اور ساتھ ہی  $C_{b'c}$  کا ایک سرا بر قی زمین کے ساتھ جبڑ جاتا ہے۔ چنانکہ ٹرانزیستر کا بیٹھ برقی رسمین پر ہے لہذا  $C_{b'c}$  کا یہ سدا بیٹھ کے ساتھ جبڑ جاتا ہے۔ ان حقائق کو مدد نظر رکھتے ہوئے شکل ب حاصل ہوتا ہے۔ شکل الگ میں ہم دیکھتے ہیں کہ  $C_{b'c}$  میں داخلی جانب سے خارجی جانب



شکل ۶.۲۹: سادہ بند تعدادی پائے ریاضی نمونہ



شکل ۶.۳۰: بند تعدادی لئے ریاضی نمونہ



شکل ۲.۳۱: تصریح در بر قی روان نظری

برقی رو گزرنے کی جبکہ شکل ب میں ایسا نہیں ہوتا۔  $C_{b'c}$  میں داخلی جانب سے خارجی جانب گزرتے ہوئے برقی رو کو نظر انداز کرتے ہوئے شکل ۲.۳۱ کی مدد سے  $A_i$  کی زیادہ ممکن تیمت حاصل کرتے ہیں۔ شکل میں

$$\begin{aligned}\frac{1}{Z} &= sC_{b'e} + sC_{b'c} + \frac{1}{r_{b'e}} \\ &= \frac{s(C_{b'e} + C_{b'c}) r_{b'e} + 1}{r_{b'e}}\end{aligned}$$

۔

$$Z = \frac{r_{b'e}}{s(C_{b'e} + C_{b'c}) r_{b'e} + 1}$$

حاصل ہوتا ہے۔ یوں

$$\begin{aligned}A_i \Big|_{v_{ce}=0} &= \frac{i_L}{i_i} = \left( \frac{i_L}{i_c} \right) \left( \frac{i_c}{v_{b'e}} \right) \left( \frac{v_{b'e}}{i_i} \right) \\ &= (-1)(g_m)(Z) \\ &= \frac{-g_m r_{b'e}}{s(C_{b'e} + C_{b'c}) r_{b'e} + 1} \\ &= \frac{-g_m r_{b'e}}{(C_{b'e} + C_{b'c}) r_{b'e} \left[ s + \frac{1}{(C_{b'e} + C_{b'c}) r_{b'e}} \right]}\end{aligned}$$

## باب ۶۔ ایکلپیٹنر کا تعدادی رد عمل اور فلسر

لکھا جا سکتا ہے۔ اس کو مزید یوں لکھ سکتے ہیں

$$(6.21) \quad A_i \Big|_{v_{ce}=0} = - \left( \frac{\beta \omega_\beta}{s + \omega_\beta} \right) = - \left( \frac{\beta}{1 + j \frac{f}{f_\beta}} \right)$$

جس اور  $g_m r_{b'e} = \beta$

$$(6.22) \quad \omega_\beta = 2\pi f_\beta = \frac{1}{(C_{b'e} + C_{b'c}) r_{b'e}}$$

کے برابر ہے۔  $A_i$  کی حقیقی قیمت

$$(6.23) \quad |A_i|_{v_{ce}=0} = \frac{\beta}{\sqrt{1 + \left(\frac{f}{f_\beta}\right)^2}}$$

حاصل ہوتی ہے۔  $f_\beta$  کو ڈریور کی قصر دور باند انظار میں تعداد کرتے ہیں۔ مساوات ۶.۲۲ میں ہونے والے  $C_{be'} \gg C_{bc'}$  کی وجہ سے مندرجہ ذیل مساوات حاصل ہوتی ہے۔

$$(6.24) \quad \omega_\beta = 2\pi f_\beta \approx \frac{1}{C_{b'e} r_{b'e}}$$

مساوات ۶.۲۱ کے حقیقی قیمت کا بڑا خط شکل ۶.۳۲ میں دکھایا گیا ہے۔ مساوات ۶.۲ کی مدد سے ہم دیکھتے ہیں کہ  $f_\beta$  ایکلپیٹنر کے دائرہ کارکردگی  $B$ <sup>۲۵</sup> کے برابر ہے۔ بڑا خط میں  $f_T$  تعداد کا ذکر کیا گیا ہے۔ یہ تعداد ہے جس پر انفرائش کی قیمت ۰ dB یعنی ایک (۱) کے برابر ہو جاتی ہے۔ آئین  $f_T$  پر مزید غور کریں۔ مساوات ۶.۲۱ سے تعداد کی وہ قیمت حاصل کی جب سکتی ہے جس پر تصریح انفرائش کی حقیقی قیمت ایک (۱) کے برابر ہو۔ اس تعداد کو  $\omega_T$  لکھتے ہوئے

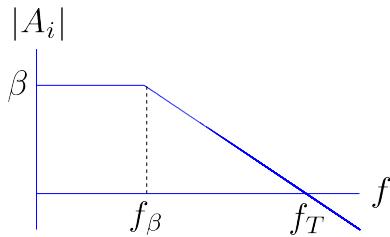
$$|A_i| = \frac{\beta \omega_\beta}{\sqrt{\omega_T^2 + \omega_\beta^2}} = 1$$

—

$$\beta \omega_\beta = \sqrt{\omega_T^2 + \omega_\beta^2}$$

اور اس کا مربع لیتے ہوئے حل کرتے

$$\beta^2 \omega_\beta^2 = \omega_T^2 + \omega_\beta^2$$



شکل ۲.۳۲: بلند تعدادی رد عمل بوزاط

یعنی

$$(2.25) \quad \begin{aligned} \omega_T^2 &= \beta^2 \omega_\beta^2 - \omega_\beta^2 \\ \omega_T &= \omega_\beta \sqrt{\beta^2 - 1} \end{aligned}$$

چونکہ  $1 \gg \beta$  ہوتا ہے لہذا

$$(2.26) \quad \begin{aligned} \omega_T &\approx \beta \omega_\beta \\ f_T &\approx \beta f_\beta \end{aligned}$$

لکھ جائے۔ اس مساوات کے تحت  $f_T$  دراصل ٹرانزسٹر کے  $\beta$  اور  $f_\beta$  کا مصالح ضرب ہے۔ اسی سے  $f_T$  کو ٹرانزسٹر کا افراہٹ ضربے دائرہ کارکردگی ۳۳ کہتی ہے۔ ٹرانزسٹر کے بلند تعدادی صلاحیت کو اس کے معلومانے صفتیت ۳۴ میں بطور  $f_T$  پیش کیا جاتا ہے۔ یوں کسی بھی اشارے کو بڑھانے کی حاضر استعمال کے جانے والے ایک پیغام کے ٹرانزسٹر کی  $f_T$  اس اشارے کی تعداد سے زیادہ ہو ناضوری ہے۔ مندرجہ بالا مساوات کو یوں دیکھا جا سکتا ہے کہ اگر دو مختلف ٹرانزسٹروں کی  $f_T$  برابر جبکہ ان کے  $\beta$  برابر نہ ہوں تو  $\beta$  کم  $\beta$  والے ٹرانزسٹر کا  $f_\beta$  زیادہ ہو گا اور یوں یہ نتیجہ یادہ بلند تعداد کے اشارات کو بڑھانے کی صلاحیت رکھے گا۔

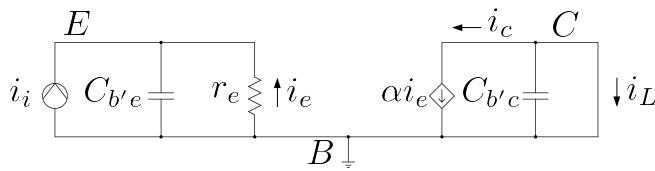
مساوات ۲.۲۲ اور مساوات ۲.۲۳ کو ملا جائے ہوئے اور  $\beta = g_m r_{b'e}$  لکھتے ہوئے

$$(2.27) \quad \begin{aligned} f_T &\approx \frac{g_m}{2\pi (C_{b'e} + C_{b'c})} \\ &\approx \frac{g_m}{2\pi C_{b'e}} \end{aligned}$$

مصالح ہوتا ہے جس اور سریستم پر  $C_{b'c}$  کی وجہ سے  $C_{b'e}$  کو نظر انداز کیا گیا ہے۔

---

gain bandwidth product<sup>r1</sup>  
data sheet<sup>r2</sup>



شکل ۶.۳۳: مشترک پیس تصریحی دو برقی روانہ اسٹر

مادا ۶.۲۲ کے مطابق  $f_T$  وہ جتنی بلند تعداد ہے جس تک مشترک ٹرانزیستر ایمپلیفائز اشارے کا چیلنج ہانے کی صلاحیت رکھتا ہے۔ اس مادا کو حاصل کرتے وقت  $C_{b'c}$  کے راستے ملکشہ تک پہنچنے بر قی رو کو ظفر انداز کیا جس کی وجہ سے حقیقت میں مشترک ٹرانزیستر ایمپلیفائز کبھی بھی  $f_T$  تعداد کے اشارات کو نہیں بڑھا سکتا۔

### ۶.۱۱.۳ مشترک پیس بلند نقطائی تعداد

آئین مشترک پیس طرز پر استعمال کے حبانے والے ایمپلیفائز کی بلند نقطائی تعداد حاصل کریں۔ بلند نقطائی تعداد ٹرانزیستر کے ساتھ بیرونی جبڑے مزاحمت وغیرہ پر بھی مختصر ہو گا۔ دو مختلف ٹرانزیستروں کا آپس میں موازنے کرنے کے لئے یہ ضروری ہے کہ ٹرانزیستر کے ساتھ بیرونی جبڑے پر زوں کے اثر کو شاملا نہ کیا جائے۔ یوں مشترک پیس بلند تعدادی ریاضی نمونے کو استعمال کرتے ہوئے شکل ۶.۳۳ کو خوبی ضربے سے حل کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned} A_i \Big|_{v_{cb} \rightarrow 0} &= \frac{i_L}{i_i} = \left( \frac{i_L}{i_c} \right) \left( \frac{i_c}{i_e} \right) \left( \frac{i_e}{i_i} \right) \\ &= (-1) (\alpha) \left( \frac{-\frac{1}{j\omega C_{b'e}}}{r_e + \frac{1}{j\omega C_{b'e}}} \right) \\ &= \frac{\alpha}{j\omega C_{b'e} r_e + 1} \end{aligned}$$

جہاں پہلی تو سین میں منی کی علامت اس لئے استعمال کئے گئے کہ اس تو سین کے بر قی رو  $i_L$  اور  $i_c$  آپس میں الٹ سمت رکھتے ہیں۔ اسی طرح تیسرا تو سین میں  $i_e$  اور  $i_i$  آپس میں الٹ سمت رکھتے ہیں۔ مندرجہ بالا مادا میں

$$C_{b'e} r_{b'e} = \frac{C_{b'e} r_{b'e}}{\beta} = \frac{1}{\beta \omega_\beta} = \frac{1}{\omega_T}$$

لیتے ہوئے اسے یوں لکھ سکتے ہیں۔

$$(۱.۲۸) \quad A_i \Big|_{v_{cb} \rightarrow 0} = \frac{\alpha}{j \frac{\omega}{\omega_T} + 1}$$

اس مساوات کے مطابق مشترک بیس طرز کے ایپلیناٹر کی بلند انقطعی تعداد  $\omega_\alpha$  پر احبا تا ہے، ٹرانزسٹر کے  $\omega_T$  کے برابر ہوتا ہے یعنی

$$(۱.۲۹) \quad \omega_\alpha = \beta \omega_\beta = \omega_T$$

آپ دیکھ سکتے ہیں کہ مشترک بیس طرز کے ایپلیناٹر انتہائی بلند انقطعی تعداد رکھتے ہیں۔ حقیقت میں  $\omega_T$  کے تعداد پر یہاں استعمال کیا گیا ٹرانزسٹر کا بلند تعدادی لی ریاضی نمونہ درست ثابت نہیں ہوتا ہے امداد حبہ بالا مساوات حقیقت میں درست نہیں۔ دیکھایے گیا ہے کہ

$$(۱.۲۰) \quad \omega_\alpha = (1 + \lambda) \omega_T$$

کے برابر ہوتا ہے جہاں  $\lambda$  کی قیمت ۰.۲ تا ۰.۴ ہوتی ہے۔  $\lambda$  کی عسموی قیمت ۰.۴ ہے۔

### ۱.۱.۲ $f_T$ کا تجرباتی تخمینہ

$f_T$  نہایت بلند تعداد ہے جسے ناپنافتدر مسئلہ ہوتا ہے۔ مساوات ۱.۲۳ کو استعمال کرتے ہوئے  $f_T$  کو کم تعداد پر ناپا ہا سکتا ہے۔ اس مساوات کے مطابق اگر  $A_i$  کو تعداد  $f_1$  پر ناچاہا ہے جہاں ( $f_1 \gg f_\beta$ ) ہو مثلاً  $f_1$  کی قیمت  $f_\beta$  کے پانچ یا چھ گناہوں تک اسے یوں لکھا جاسکتا ہے۔

$$(۱.۲۱) \quad |A_i|_{v_{ce}=0} \approx \frac{\beta f_\beta}{f_1} = \frac{f_T}{f_1}$$

لبذا  $f_1$  تعداد پر  $|A_i|$  ناپ کر  $f_T$  کی قیمت کا تخمینہ لگایا جاتا ہے۔  $f_T$  کو استعمال کرتے ہوئے مساوات ۱.۲۷ کے سے  $C_{b'e}$  کی قیمت حاصل کی جاتی ہے۔

مثال ۱.۱۲: ایک ٹرانزسٹر جس کا  $I_{CQ} = 0.75 \text{ mA}$  اور  $f_\beta = 1.3 \text{ MHz}$  اور  $\beta = 6.5 \text{ MHz}$  کے تعداد پر  $|A_i|_{v_{ce}=0}$  ناپتے ہوئے  $41.5 \frac{\text{A}}{\text{A}}$  حاصل ہوتا ہے۔ اس کی  $f_T$  کا تخمینہ لگاتے ہوئے  $C_{b'e}$  حاصل کریں۔

حل: مساوات ۱.۷ کی مدد سے

$$f_T = 41.5 \times 6.5 \text{ MHz} \approx 270 \text{ MHz}$$

## باب ۲۔ ایپلیٹنائز کا تعدادی رد عمل اور فلسر

حاصل ہوتا ہے۔

$$g_m = \frac{I_{CQ}}{V_T} = \frac{0.75 \text{ mA}}{25 \text{ mV}} = 0.03 \text{ S}$$

حاصل ہوتا ہے جسے مساوات ۲.۶ میں استعمال کرتے ہوئے

$$C_{b'e} = \frac{g_m}{2\pi f_T} = \frac{0.03}{2\pi \times 270 \times 10^6} \approx 18 \text{ pF}$$

حاصل ہوتا ہے۔

---

### ۲.۱۱.۵ برقی بوجھ کے موجودگی میں بلند تعدادی رد عمل

شکل ۲.۳۳ میں مشترکہ ایپلیٹنائز اور اس کا بلند تعدادی دور دکھایا گیا ہے۔ یہ بلند تعدادی رد عمل ہونے والے مشترکہ ایپلیٹنائز کی عسمی شکل ہے۔ آئیں پہلے مساوی دور کی سادہ شکل حاصل کریں تاکہ تو جب مل کپیٹر پر رکھنی آسان ہو۔ پہلے مساوی دور کے داخلی جانب فقط دار دائرے میں بندھے کامساوی تھوڑے دور حاصل کرتے ہیں۔ شکل ۲.۳۵ اف میں اس ہے کو پیش کیا گیا ہے جس کا تھوڑا برقی دباد  $v_{th}$  اور تھوڑی مزاحمت  $R_{th}$  کی نتیجہ ہیں کی گئی ہے۔ شکل ۲.۳۵ ب میں مساوی تھوڑا دور دکھایا گیا ہے۔ متوازی جبڑے اور  $R_2$  کی کل مزاحمت کو  $R_B$  یعنی

$$(2.42) \quad R_B = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

لکھتے ہوئے

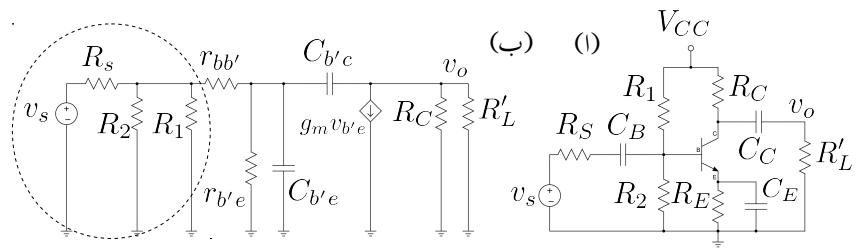
$$(2.43) \quad v_{th} = \left( \frac{R_B}{R_S + R_B} \right) v_s$$

$$(2.44) \quad R_{th} = \frac{R_S R_B}{R_S + R_B}$$

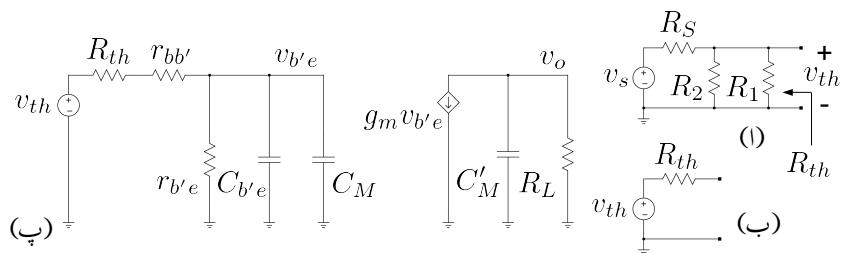
حاصل ہوتے ہیں۔ شکل ۲.۳۳ ب میں  $R_C$  اور  $R'_L$  متوازی جبڑے ہیں۔ ان کے کل مزاحمت کو  $R_L$  لکھتے ہیں یعنی

$$(2.45) \quad R_L = \frac{R_C R'_L}{R_C + R'_L}$$

$C_{b'c}$  پر نظر ڈالنے سے ہم دیکھتے ہیں کہ اس کے ایک جانب  $v_{b'e}$  اور دوسرا جناب  $v_0$  برقی دباد ہے۔ یوں  $C_{b'c}$  کے مل کپیٹر حاصل کئے جاسکتے ہیں۔ ان تبدیلوں کی مدد سے شکل ۲.۳۵ پ کامساوی دور حاصل ہوتا ہے جس کا کوئی ملکی مدد سے  $C_M$  اور  $C'_M$  جبڑا کپیٹر وں میں تبدیل کر دیا گیا ہے۔ شکل ۲.۳۳ پ کے



شکل ۲.۳۲: ایمپلیگن اور اس کا بلند تعداد مساوی دور



شکل ۲.۳۵: بلند تعدادی ساده دور

## باب ۲۔ ایپلیفائر کا تعدادی رد عمل اور فلسر

ٹریز پر ادوار میں عموماً  $C'_M$  کی برقی رکاوٹ متوازی جبڑے مزاجمت  $R_L$  سے بہت زیادہ ہوتی ہے یعنی

$$(2.76) \quad \frac{1}{\omega C'_M} \gg R_L$$

لبذا  $C'_M$  کو نظر انداز کیا جاتا ہے۔ ایسا کرنے سے شکل ۶.۳۶ حاصل ہوتا ہے۔ آئین دیکھیں کہ مندرجہ بالا مساوات کیوں درست ثابت ہوتی ہے۔  
کسی بھی ایپلیفائر کو بلند اور پست اقطاعی تعداد کے مابین درمیانی تعداد کے خطے میں استعمال کیا جاتا ہے جہاں یہ داخلی اشارے کا جیطہ بڑھانے کی صلاحیت رکھتا ہے۔ اس خطے میں ٹرانزسٹر کا پست تعدادی ریاضی نمونہ استعمال کیا جاتا ہے۔ اگر شکل ۶.۳۵ پر میں پست تعدادی ریاضی نمونہ استعمال کیا جائے تو ملک پیٹر کے حصول میں درکار  $A_V$  کی قیمت

$$(2.77) \quad A_V = \frac{v_o}{v_{be}} = -g_m R_L$$

ہو گی جہاں  $v_{be}$  کی جگہ  $v_{b'e}$  کا استعمال کیا گیا ہے۔ اس قیمت کو استعمال کرتے ہوئے مساوات ۶.۵۸ اور ۶.۵۹ سے

$$(2.78) \quad C_M = C_{b'c} (1 + g_m R_L)$$

$$(2.79) \quad C'_M = C_{b'c} \left( 1 + \frac{1}{g_m R_L} \right)$$

حاصل ہوتے ہیں۔ درمیانی تعداد کے خطے میں ایپلیفائر کی انسزاش کی حقیقت  $|A_V|$  ایک (۱) سے کئی گناہ زیادہ ہوتی ہے (یعنی  $g_m R_L \gg 1$ ) لہذا

$$(2.80) \quad C'_M \approx C_{b'c}$$

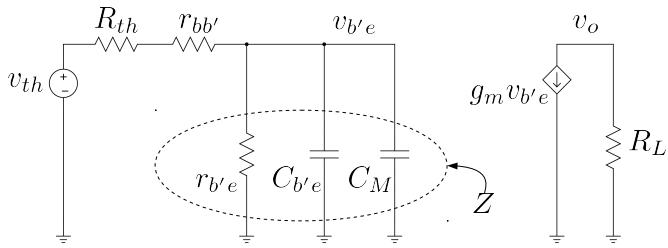
ہو گا۔  $C_{b'c}$  کی قیمت انتہائی کم ہوتی ہے۔ یہ اس کے برقی رکاوٹ کی حقیقت برقی بوجھ سے بہت زیادہ ہو گی یعنی

$$(2.81) \quad \left| \frac{1}{j\omega C_{b'c}} \right| \gg R_L$$

لبذا  $C_{b'c}$  کو نظر انداز کیا جاسکتا ہے۔ بلند تعداد ایپلیفائر حل کرتے وقت  $C_M$  کو استعمال جبکہ  $C'_M$  کو استعمال نہیں کیا جاتا۔ یہاں اس بات کو ذہن نشین کر لیں کہ ایپلیفائر کی انسزاش بڑھانے سے  $C_M$  کی قیمت بھی بڑھتی ہے۔

آئین شکل ۶.۳۶ کو کر خوف کے قوانینہ استعمال کرتے ہوئے حل کرتے ہیں۔ شکل میں  $r_{b'e}$ ،  $C_{b'c}$  اور  $C_M$  متوازی جبڑے ہیں۔ ان کی کل برقی رکاوٹ کو  $Z$  سے ظاہر کرتے ہیں۔ یہاں

$$\frac{1}{Z} = s(C_{b'e} + C_M) + \frac{1}{r_{b'e}}$$



شکل ۲.۳۲: میلر کپیشن کے اثرات

۲

$$(2.82) \quad Z = \frac{r_{b'e}}{s(C_{b'e} + C_M)r_{b'e} + 1}$$

صلح ہاتھ سے زنجیری ضربے

$$\begin{aligned} A'_v &= \frac{v_o}{v_{th}} = \left( \frac{v_o}{i_c} \right) \left( \frac{i_c}{v_{b'e}} \right) \left( \frac{v_{b'e}}{v_{th}} \right) \\ &= (-R_L)(g_m) \left( \frac{Z}{R_{th} + r_{bb'} + Z} \right) \end{aligned}$$

صلح ہاتھ سے اس میں  $Z$  کی قیمت استعمال کرتے ہوئے حل کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned} A'_v &= -R_L g_m \left( \frac{\frac{r_{b'e}}{s(C_{b'e} + C_M)r_{b'e} + 1}}{R_{th} + r_{bb'} + \frac{r_{b'e}}{s(C_{b'e} + C_M)r_{b'e} + 1}} \right) \\ &= \frac{-R_L g_m r_{b'e}}{[s(C_{b'e} + C_M)r_{b'e} + 1](R_{th} + r_{bb'}) + r_{b'e}} \\ &= \frac{-R_L g_m r_{b'e}}{s(C_{b'e} + C_M)r_{b'e}(R_{th} + r_{bb'}) + R_{th} + r_{bb'} + r_{b'e}} \\ &= \frac{-R_L g_m r_{b'e}}{(C_{b'e} + C_M)r_{b'e}(R_{th} + r_{bb'}) \left[ s + \frac{R_{th} + r_{bb'} + r_{b'e}}{(C_{b'e} + C_M)r_{b'e}(R_{th} + r_{bb'})} \right]} \end{aligned}$$

۳

$$(2.83) \quad A'_v = - \left[ \frac{g_m R_L}{(C_{b'e} + C_M)(R_{th} + r_{bb'})} \right] \left( \frac{1}{s + \omega_H} \right)$$

لکھا جا سکتا ہے جیسا

$$(2.84) \quad \begin{aligned} \omega_H &= \frac{R_{th} + r_{bb'} + r_{b'e}}{(C_{b'e} + C_M) r_{b'e} (R_{th} + r_{bb'})} \\ &= \frac{1}{[r_{b'e} \| (R_{th} + r_{bb'})] (C_{b'e} + C_M)} \\ &\quad \frac{1}{R_m (C_{b'e} + C_M)} \end{aligned}$$

۴.۳۶ میں  $\omega_H$  کی مساوات جانی بچپانی شکل یعنی  $\frac{1}{R_m C}$  ہے جیسا  $C$  متوازی جبڑے کپیٹر  $C_{b'e}$  اور  $C_M$  کی کل کپیٹنس (C<sub>b'e</sub> + C<sub>M</sub>) ہے جبکہ R<sub>m</sub> اس کپیٹر کے ساتھ کل متوازی جبڑی مسماحت ہے۔ شکل ۴.۳۶ میں v<sub>s</sub> کو قصر دور کرتے ہوئے r<sub>b'e</sub> کے ساتھ متوازی جبڑے (R<sub>th</sub> + r<sub>bb'</sub>) کی کل مسماحت R<sub>m</sub> ہے یعنی

$$\begin{aligned} \frac{1}{R_m} &= \frac{1}{r_{b'e}} + \frac{1}{R_{th} + r_{bb'}} \\ R_m &= \frac{r_{b'e} (R_{th} + r_{bb'})}{R_{th} + r_{bb'} + r_{b'e}} \end{aligned}$$

جیسے یوں بھی لکھا جا سکتا ہے۔

$$R_m = r_{b'e} \| (R_{th} + r_{bb'})$$

چونکہ R<sub>th</sub> کی تیمت r<sub>bb'</sub> اور r<sub>b'e</sub> سے بہت زیادہ ہوتی ہے یعنی

$$\begin{aligned} R_{th} &\gg r_{bb'} \\ R_{th} &\gg r_{b'e} \end{aligned}$$

لہذا

$$R_m \approx r_{b'e}$$

کے برابر ہو گا اور یوں

$$(2.85) \quad \begin{aligned} \omega_H &= \frac{1}{(C_{b'e} + C_M) r_{b'e}} \\ f_H &= \frac{1}{2\pi (C_{b'e} + C_M) r_{b'e}} \end{aligned}$$

۴.۳۷ میں دئے گئے  $\omega_\beta$  کا مساوات  $\omega_H$  کا مساوات ہے۔

$$(2.86) \quad \frac{\omega_\beta}{\omega_H} = \frac{\left(\frac{1}{C_{b'e} r_{b'e}}\right)}{\left[\frac{1}{(C_{b'e} + C_M) r_{b'e}}\right]} = \frac{C_{b'e} + C_M}{C_{b'e}} = 1 + \frac{C_M}{C_{b'e}}$$

آپ دیکھ سکتے ہیں کہ مشترکہ بھر ایپلیناٹ کا بلند انقطعی تعدد  $\omega_H$  ہے لہذا ایپلیناٹ کی افسزاش  $\omega_\beta$  تعدد پر نہایت کم ہوگی۔  
 کو مساوات ۲.۸۳ کی مدد سے یہ حاصل کر سکتے ہیں۔

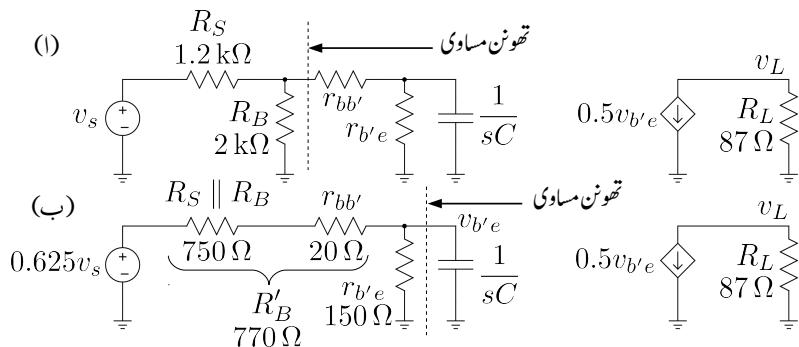
$$\begin{aligned} A_v &= \frac{v_o}{v_s} = \left( \frac{v_o}{v_{th}} \right) \left( \frac{v_{th}}{v_s} \right) \\ &= - \left[ \frac{g_m R_L}{(C_{b'e} + C_M)(R_{th} + r_{bb'})} \right] \left( \frac{R_B}{R_S + R_B} \right) \left( \frac{1}{s + \omega_H} \right) \\ &= - \left[ \frac{g_m R_L}{\omega_H (C_{b'e} + C_M)(R_{th} + r_{bb'})} \right] \left( \frac{R_B}{R_S + R_B} \right) \left( \frac{1}{1 + \frac{s}{\omega_H}} \right) \\ &= - \left( \frac{g_m R_m R_L}{R_{th} + r_{bb'}} \right) \left( \frac{R_B}{R_S + R_B} \right) \left( \frac{1}{1 + \frac{s}{\omega_H}} \right) \end{aligned}$$

جب اس دوسرے وتم پر مساوات ۲.۸۳ کا استعمال کیا گیا۔  $R_m \approx r_{b'e}$  کی صورت میں اسے یہ لکھا جا سکتا ہے۔

$$\begin{aligned} A_v &\approx - \left( \frac{g_m r_{b'e} R_L}{R_{th} + r_{bb'}} \right) \left( \frac{R_B}{R_S + R_B} \right) \left( \frac{1}{1 + \frac{s}{\omega_H}} \right) \\ &\quad \text{لکھتے ہوئے } g_m r_{b'e} = \beta \\ (2.87) \quad A_v &\approx - \left( \frac{\beta R_L}{R_{th} + r_{bb'}} \right) \left( \frac{R_B}{R_S + R_B} \right) \left( \frac{1}{1 + \frac{s}{\omega_H}} \right) \\ &\quad \text{حاصل ہوتا ہے۔ اس مساوات سے درمیانی تعدد پر حاصل کرنے ہیں۔} \\ (2.88) \quad |A_{vD}|_{\omega \ll \omega_H} &= - \left( \frac{\beta R_L}{R_{th} + r_{bb'}} \right) \left( \frac{R_B}{R_S + R_B} \right) \end{aligned}$$

مثال ۲.۳۳ میں شکل ۲.۳۳:

$V_{CC} = 15 \text{ V}$	$R_1 = 7 \text{ k}\Omega$	$R_2 = 2.8 \text{ k}\Omega$
$R_C = 650 \text{ }\Omega$	$R'_L = 100 \text{ }\Omega$	$R_E = 260 \text{ }\Omega$
$C_{b'c} = 2 \text{ pF}$	$C_{b'e} = 220 \text{ pF}$	$r_{bb'} = 20 \text{ }\Omega$
	$\beta = 75$	$R_S = 1.2 \text{ k}\Omega$



شکل ۶.۳۷: مسئلہ نارٹن اور مسئلہ تحونن کے بارہ استعمال سے دور کا حمل

لیتے ہوئے مسئلہ نارٹن اور مسئلہ تحونن کے بارہ استعمال سے دور کا حمل حاصل ہوتے ہیں۔ اس ایکلینیٹر کی درمیانی تعداد پر افزائش  $A_v$  اور بہنچنے والی تعداد  $f_H$  حاصل کریں۔  
حل: حس ۶.۱۱.۵ میں اسی کو کرخوف کے قوامیں کی مدد سے حل کیا گی۔ اس مثال کو مسئلہ نارٹن اور مسئلہ تحونن کے بارہ استعمال سے حل کرتے ہیں۔  
 $R_L \parallel R_C \parallel R'_L$

$$R_L = \frac{650 \times 100}{650 + 100} = 87 \Omega$$

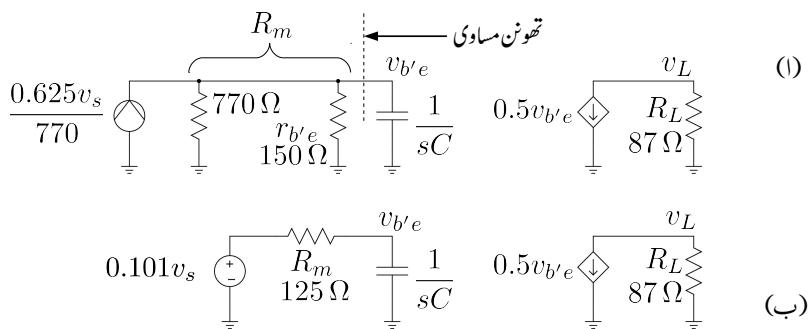
حاصل ہوتا ہے۔ شکل ۶.۳۷ ب سے مسئلہ ملکی مدد سے شکل ۶.۳۷ ب سے مسئلہ نارٹن اور مسئلہ تحونن کے بارہ استعمال سے دور لیتے ہوئے حاصل ہوتا ہے جیساں

$$\begin{aligned} C &= C_{b'e} + C_M \\ &= C_{b'e} + (1 + g_m R_L) C_{b'c} \\ &= 220 \times 10^{-12} + (1 + 0.5 \times 87) \times 2 \times 10^{-12} \\ &= 220 \text{ pF} + 89 \text{ pF} \\ &= 309 \text{ pF} \end{aligned}$$

کے برابر ہے اور  $R_B \parallel R_1 \parallel R_2$  کو کہا گیا ہے یعنی

$$R_B = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{7000 \times 2800}{7000 + 2800} = 2 \text{ k}\Omega$$

اس شکل میں نقطہ دار لکیر کے بائیں جانب کا مساوی تحونن دور لیتے ہوئے شکل ۶.۳۷ ب سے دور کا حمل ہوتا ہے



شکل ۲.۳۸: مسئلہ نارٹن اور مسئلہ تحونن کے بار بار استعمال سے دور کا حل

جہاں تحونن مساوی مقدار

$$\left( \frac{R_B}{R_S + R_B} \right) v_s = 0.625v_s \quad \text{تحونن دباؤ}$$

$$R_S \parallel R_B = 750 \Omega \quad \text{تحونن مسازھت}$$

ہیں۔ شکل ۲.۳۷ ب کے نقطہ دار لکیر سے باہمی جہابنگھے کا اب مساوی نارٹن دو لیتے ہیں جسے شکل ۲.۳۸ الف میں دکھایا گیا ہے جہاں نارٹن مساوی برقرار رہے۔

$$\frac{0.625v_s}{R'_B} = \frac{0.625}{770} v_s$$

کے برابر ہے۔ شکل ۲.۳۸ الف میں نقطہ دار لکیر کے باہمی جہابنگھے کا تحونن مساوی دو لیتے ہوئے شکل ب سا صل ہوتا ہے۔ شکل ۲.۳۸ ب کو دیکھ کر  $v_{b'e}$  کی مساوات کمی جاسکتی ہے۔

$$v_{b'e} = 0.101v_s \left( \frac{\frac{1}{sC}}{125 + \frac{1}{sC}} \right) = 0.101v_s \left( \frac{1}{125 \times sC + 1} \right)$$

$$= \frac{0.101v_s}{1 + \frac{j\omega}{26 \times 10^6}} = \frac{0.101v_s}{1 + \frac{jf}{4 \times 10^6}}$$

## زنجیری ضربے

$$\begin{aligned}
 A_v &= \frac{v_L}{v_s} = \frac{v_L}{i_c} \times \frac{i_c}{v_{b'e}} \times \frac{v_{b'e}}{v_s} \\
 &= -87 \times 0.5 \times \left( \frac{0.101}{1 + \frac{jf}{4 \times 10^6}} \right) \\
 &= \frac{-4.4}{1 + \frac{jf}{4 \times 10^6}}
 \end{aligned}$$

لکھا جا سکتا ہے۔ بلند انتظامی تعدادی تقریباً  $f_H = 4 \text{ MHz}$  جبکہ درمیانی تعدادی افزاش  $A_{vD} = -4.4 \frac{\text{V}}{\text{V}}$  ہے۔

---

## ۶.۱۱.۶ مشرک کے سورس ماسفیٹ ایکلپیٹر کا بلند تعدادی رد عمل

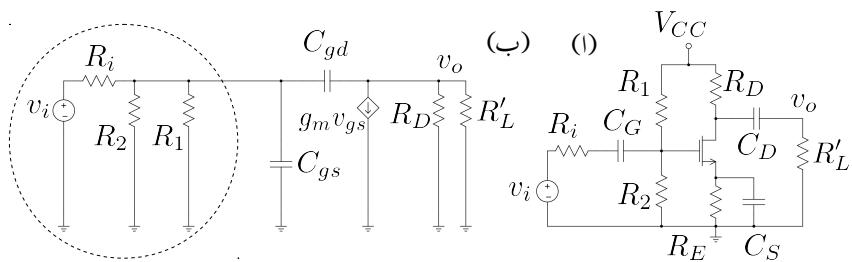
شکل ۶.۳۹ الف میں ماسفیٹ ایکلپیٹر اور شکل بے میں اسی کامساوی بلند تعدادی دور دکھایا گیا ہے جس میں ماسفیٹ کا بلند تعدادی ریاضی نمونہ استعمال کیا گیا ہے۔ ماسفیٹ کا بلند تعدادی ریاضی نمونہ ماسفیٹ کے پست تعدادی ریاضی نمونے میں  $C_{gd}$  اور  $C_{gs}$  اندر وہی کپیٹر کی شمولیت سے حاصل کیا گیا ہے۔ شکل ۶.۳۹ ب اور شکل ۶.۳۲ ب تقریباً یہاں صورت رکھتے ہیں۔ ماسفیٹ کے ریاضی نمونے میں  $C_{gd} \gg C_{gs}$  ہوتا ہے۔ پست تعدادی ماسفیٹ کے  $C_{gs}$  کی قیمت  $50 \text{ pF}$  جبکہ بلند تعدادی ماسفیٹ کی  $5 \text{ pF}$  سے بھی کم ہوتی ہے۔ پست تعدادی ماسفیٹ کے  $C_{gd}$  کی قیمت  $5 \text{ pF}$  جبکہ بلند تعدادی ماسفیٹ کی  $0.5 \text{ pF}$  سے بھی کم ہوتی ہے۔

$$\begin{aligned}
 R_L &= \frac{R'_L R_D}{R'_L + R_D} \\
 R_G &= \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}
 \end{aligned}$$

لیتے ہوئے نقطے دار دائرے میں بندھے کا تونن مساوی دور حاصل کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned}
 R_{th} &= \frac{R_i R_G}{R_i + R_G} \\
 v_{th} &= \left( \frac{R_G}{R_i + R_G} \right) v_i
 \end{aligned}$$

$C_{gd}$  کا ملک کپیٹر استعمال کرتے ہوئے شکل ۶.۳۰ حاصل ہوتا ہے۔ آئین اس مرتب  $C'_M$  کو نظر انداز کرتے



شکل ۲.۲۹: ماسنیٹ ایکپیغا اور اس کا بلند تعدادی مساوی دور

ہوئے دور کو حل کریں۔ متوازی جبڑے  $R_L$  اور  $C'_M$  کی برقی رکاوٹ کو لکھتے ہوئے

$$\frac{1}{Z_L} = j\omega C'_M + \frac{1}{R_L}$$

$$Z_L = \frac{R_L}{j\omega C'_M R_L + 1}$$

حصہ ہوتا ہے۔ یہاں

$$\begin{aligned} \frac{v_o}{v_{th}} &= \left( \frac{v_o}{i_d} \right) \left( \frac{i_d}{v_{gs}} \right) \left( \frac{v_{gs}}{v_{th}} \right) \\ &= (-Z_L) (g_m) \left( \frac{\frac{1}{j\omega(C_{gs} + C_M)}}{R_{th} + \frac{1}{j\omega(C_{gs} + C_M)}} \right) \\ &= - \left( \frac{g_m R_L}{j\omega C'_M R_L + 1} \right) \left( \frac{1}{j\omega(C_{gs} + C_M) R_{th} + 1} \right) \end{aligned}$$

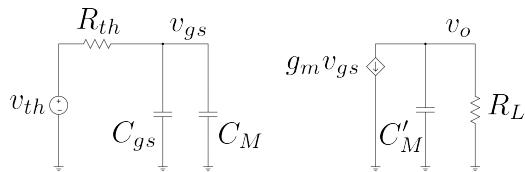
اس میں

$$(1.89) \quad \omega'_H = \frac{1}{C'_M R_L}$$

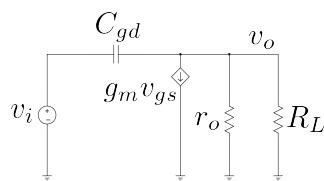
$$(1.90) \quad \omega_H = \frac{1}{(C_{gs} + C_M) R_{th}}$$

لکھتے ہوئے

$$(1.91) \quad \frac{v_o}{v_{th}} = - \left( \frac{g_m R_L}{j \frac{\omega}{\omega'_H} + 1} \right) \left( \frac{1}{j \frac{\omega}{\omega_H} + 1} \right)$$



شکل ۶.۳۰: ماسیف ایکلیپیٹر میں ملکپیٹر کا اثر



شکل ۶.۳۱: بلند ترین ممکن نقطی تعداد کا حصول

آپ دیکھ سکتے ہیں کہ  $C'_M$  سے  $\omega_H$  سے حاصل ہوتا ہے جسے گزشتہ ہے میں نظر انداز کیا گیا تھا۔ حقیقت میں  $\omega_H \gg \omega'$  ہوتا ہے لہذا ماسیف ایکلیپیٹر میں بھی  $C'_M$  کی موجودگی کو نظر انداز کیا جاتا ہے۔ یہ راستہ بھی جسمانی تعداد پر جستہ ہوئے کل افسزاں پر لکھی جائے گی۔

$$(6.92) \quad A_v = \left( \frac{v_o}{v_{th}} \right) \left( \frac{v_{th}}{v_i} \right) = - \left( \frac{g_m R_L}{j \frac{\omega}{\omega_H} + 1} \right) \left( \frac{R_G}{R_G + R_i} \right)$$

اس مساوات کے مطابق بلند نقطی تعداد کا درود مدار  $R_{th}$  پر ہے۔ آئیں دیکھیں کہ ماسیف کی بلند ترین نقطی تعداد کس صورت حاصل ہوگی۔ ایسا کرنے کی حرکت شکل ۶.۳۹ میں  $R_i = 0 \Omega$  لیتے ہوئے اس کا مساوی دور حاصل کرتے ہیں جسے شکل ۶.۳۱ میں لکھا گیا ہے جہاں  $r_o$  کو بھی شامل کیا گیا ہے۔ اس شکل میں چونکہ  $R_1, R_2, C_{gs}$  اور  $v_i$  کے توزیعی جبڑے میں لہذا ایکیٹر پر  $v_i$  ہی پایا جائے۔ یہ  $v_i = v_{gs}$  کے برابر ہوگا۔  $v_o$  کو جوڑ پر کروختے کے وفاون برقرار رکھ دے ہم لکھ سکتے ہیں

$$\begin{aligned} \frac{v_o - v_i}{j \frac{1}{\omega C_{gd}}} + g_m v_i + \frac{v_o}{\frac{R_L r_o}{R_L + r_o}} &= 0 \\ \frac{v_o}{v_i} &= \left( \frac{R_L r_o}{r_L + r_o} \right) \left[ \frac{j \omega C_{gd} - g_m}{1 + \omega C_{gd} \left( \frac{R_L r_o}{R_L + r_o} \right)} \right] \end{aligned}$$

یعنی

$$(2.93) \quad A_v = \frac{v_o}{v_i} = \left( \frac{g_m R_L r_o}{r_L + r_o} \right) \left[ -1 + \frac{j \frac{\omega C_{gd}}{g_m}}{1 + j \omega C_{gd} \left( \frac{R_L r_o}{R_L + r_o} \right)} \right]$$

جس میں

$$(2.94) \quad \omega_s = \frac{g_m}{C_{gd}}$$

$$(2.95) \quad \omega_H = \frac{1}{C_{gd} \left( \frac{R_L r_o}{R_L + r_o} \right)}$$

لیتھیٹ ہوئے

$$(2.96) \quad A_v = \left( \frac{g_m R_L r_o}{r_L + r_o} \right) \left[ \frac{-1 + j \frac{\omega}{\omega_s}}{1 + j \frac{\omega}{\omega_H}} \right]$$

حاصل ہوتا ہے۔ اس مساوات میں  $\omega_s \gg \omega_H$  ہوتا ہے یعنی

$$\frac{g_m}{C_{gd}} \gg \frac{1}{C_{gd} \left( \frac{R_L r_o}{R_L + r_o} \right)}$$

جس

$$(2.97) \quad g_m \left( \frac{R_L r_o}{R_L + r_o} \right) \gg 1$$

لکھا جائے۔ مساوات ۲.۹۶ کا بڑا خط شکل ۲.۷۳ میں دکھایا گیا ہے۔  $\omega_H$  کی قیمت  $R_L$  سے وابطہ ہے۔ اگر  $R_L \rightarrow \infty$  کر دیا جائے تو بلند ترین انقطعی تعداد

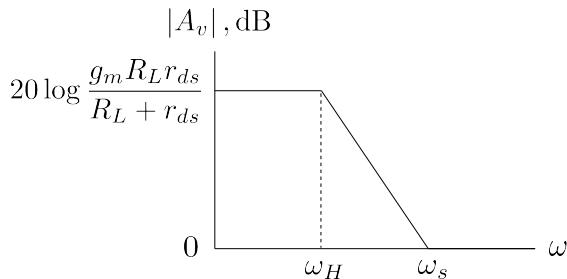
$$(2.98) \quad \omega_H \Big|_{R_L \rightarrow \infty} = \frac{1}{C_{gd} r_o}$$

حاصل ہو گی جو ماسنیٹ ریاضی نوونے کے اجزاء،  $C_{gd}$  اور  $r_o$  پر مخصوص ہے۔

## ۲.۱۲۔ مشترک کے گلکٹر ایپلیفائر کا بلند تعدادی رد عمل

شکل ۲.۷۳ افے میں گلکٹر مشترک ایپلیفائر دکھایا گیا ہے جس کا مساوی با یک اشاراتی بلند تعدادی دور شکل بے میں دکھایا گیا ہے۔ بلند تعدادی پر بیرونی نسب کپیٹر  $C_b$  قصر دور کردار ادا کرتا ہے۔ شکل بے

## باب ۶۔ ایکلپسیاٹر کا تعدادی رد عمل اور فلتر



شکل ۶.۳۲: ماسفیٹ ایکلپسیاٹر کا بودا خاطر

کے واضح ہے کہ صرف  $r_{b'e}$  سے گزرتی بر قی رو  $i_b$  کو ٹرانزسٹر  $\beta$  گناہ میں ہاتا ہے۔ اس شکل میں کپیٹر  $C_{b'e}$  کا باعث جانب کامساوی تھونن دور حاصل کرتے ہیں

$$V_{th} = \left( \frac{R_1 \parallel R_2}{r_i + R_1 \parallel R_2} \right) v_i = v_s$$

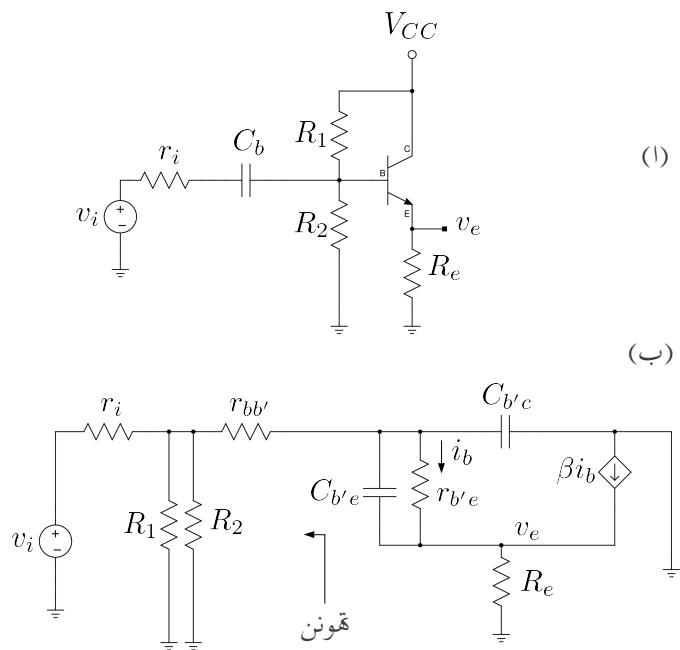
$$R_{th} = r_i \parallel R_1 \parallel R_2 + r_{bb'} = r_s$$

جہاں تھونن بر قی دباد کو  $v_s$  اور تھونن بر قی مزاہت کو  $r_s$  لکھا گیا ہے۔ شکل ب میں  $C_{b'c}$  کا ایک سر ابر قی زمین سے جبڑا ہے۔ یوں شکل ب کو شکل ۶.۳۲ کے طرز پر ہتایا جا سکتا ہے۔ اس شکل کو دیکھنے ہوئے کر خوف کے دن اون برائے بر قی رو کے استعمال سے نیٹرپرم لکھ سکتے ہیں

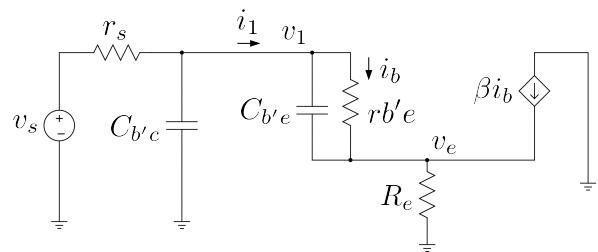
$$(v_e - v_1) s C_{b'e} + \frac{v_e - v_1}{r_{b'e}} + \frac{v_e}{R_e} = \beta i_b = \beta \frac{v_1 - v_e}{r_{b'e}}$$

۶.۱۲. مشترک که گلکسیم پلیفابریکابند تعدادی رد عمل

۴۲۷



شکل ۶.۳۳: گلکسیم مشترک که بلند تعدادی رد عمل



شکل ۶.۳۴: گلکسیم مشترک که بلند تعدادی ساده مساوی دور

یعنی

$$\begin{aligned}
 v_1 &= \left[ \frac{sC_{b'e} + \frac{\beta+1}{r_{b'e}} + \frac{1}{R_e}}{sC_{b'e} + \frac{\beta+1}{r_{b'e}}} \right] v_e \\
 &= \left[ \frac{\left( sC_{b'e} + \frac{\beta+1}{r_{b'e}} \right) + \frac{1}{R_e}}{sC_{b'e} + \frac{\beta+1}{r_{b'e}}} \right] v_e \\
 (6.99) \quad &= \left[ \frac{\left( sC_{b'e} + \frac{\beta+1}{r_{b'e}} \right)}{sC_{b'e} + \frac{\beta+1}{r_{b'e}}} + \frac{\frac{1}{R_e}}{sC_{b'e} + \frac{\beta+1}{r_{b'e}}} \right] v_e \\
 &= \left[ 1 + \frac{1}{R_e \left( sC_{b'e} + \frac{\beta+1}{r_{b'e}} \right)} \right] v_e
 \end{aligned}$$

ای طرح جزو  $v_1$  پر کرنون کے فتوں برائے برتن روکے استعمال سے ہم لکھ سکتے ہیں

$$\frac{v_1 - v_s}{r_s} + v_1 sC_{b'c} + (v_1 - v_e) sC_{b'e} + \frac{v_1 - v_e}{r_{b'e}} = 0$$

یعنی

$$\begin{aligned}
 \left( \frac{1}{r_s} + sC_{b'c} + sC_{b'e} + \frac{1}{r_{b'e}} \right) v_1 &= \frac{v_s}{r_s} + v_e \left( sC_{b'e} + \frac{1}{r_{b'e}} \right) \\
 \left( \frac{1}{r_s} + sC_{b'c} + sC_{b'e} + \frac{1}{r_{b'e}} \right) \left[ 1 + \frac{1}{R_e \left( sC_{b'e} + \frac{\beta+1}{r_{b'e}} \right)} \right] v_e & \\
 &= \frac{v_s}{r_s} + v_e \left( sC_{b'e} + \frac{1}{r_{b'e}} \right)
 \end{aligned}$$

جہاں دوسرے متدم پر مساوات 6.99 کا استعمال کیا گیا۔ باقیں ہاتھ کے تو سین کو کھولتے ہیں

$$\begin{aligned}
 \left( \frac{1}{r_s} + sC_{b'c} + sC_{b'e} + \frac{1}{r_{b'e}} \right) v_e + \left[ \frac{\frac{1}{r_s} + sC_{b'c} + sC_{b'e} + \frac{1}{r_{b'e}}}{R_e \left( sC_{b'e} + \frac{\beta+1}{r_{b'e}} \right)} \right] v_e & \\
 &= \frac{v_s}{r_s} + v_e \left( sC_{b'e} + \frac{1}{r_{b'e}} \right)
 \end{aligned}$$

اور یک اس اجزاء کٹھے کرتے ہیں۔

$$\left[ \frac{\frac{1}{r_s} + sC_{b'c} + \frac{\frac{1}{r_s} + sC_{b'c} + sC_{b'e} + \frac{1}{r_{b'e}}}{R_e \left( sC_{b'e} + \frac{\beta+1}{r_{b'e}} \right)}}{R_e \left( sC_{b'e} + \frac{\beta+1}{r_{b'e}} \right)} \right] v_e = \frac{v_s}{r_s}$$

اس مساوات کو

$$\left[ \frac{\frac{1}{r_s} (1 + s r_s C_{b'c}) + \frac{\frac{1}{r_s} (1 + s r_s C_{b'c}) + \frac{1}{r_{b'e}} (s r_{b'e} C_{b'e} + 1)}{\frac{R_e (\beta+1)}{r_{b'e}} \left( s \frac{r_{b'e} C_{b'e}}{\beta+1} + 1 \right)}}{\frac{R_e (\beta+1)}{r_{b'e}} \left( s \frac{r_{b'e} C_{b'e}}{\beta+1} + 1 \right)} \right] v_e = \frac{v_s}{r_s}$$

لکھ کر دونوں جانب کو  $r_s$  سے ضرب دیتے اور

$$(۲.۱۰۰) \quad \omega_1 = \frac{1}{r_s C_{b'c}}$$

$$(۲.۱۰۱) \quad \omega_\beta = \frac{1}{r_{b'e} C_{b'e}}$$

$$(۲.۱۰۲) \quad \omega_T = \frac{\beta+1}{r_{b'e} C_{b'e}}$$

لکھتے ہوئے یہ

$$\left[ \left( 1 + \frac{j\omega}{\omega_1} \right) + \frac{\left( 1 + \frac{j\omega}{\omega_1} \right) + \frac{r_s}{r_{b'e}} \left( \frac{j\omega}{\omega_\beta} + 1 \right)}{\frac{R_e (\beta+1)}{r_{b'e}} \left( \frac{j\omega}{\omega_T} + 1 \right)} \right] v_e = v_s$$

۶

$$\left[ \frac{\frac{R_e (\beta+1)}{r_{b'e}} \left( \frac{j\omega}{\omega_T} + 1 \right) \left( 1 + \frac{j\omega}{\omega_1} \right) + \left( 1 + \frac{j\omega}{\omega_1} \right) + \frac{r_s}{r_{b'e}} \left( \frac{j\omega}{\omega_\beta} + 1 \right)}{\frac{R_e (\beta+1)}{r_{b'e}} \left( \frac{j\omega}{\omega_T} + 1 \right)} \right] v_e = v_s$$

لکھا جاسکتا ہے۔ کس کے بالائی حصے میں تمام قوین کھولتے ہوئے اس مساوات کو یہ لکھا جاسکتا ہے

$$\frac{A + j\omega B + (j\omega)^2 C}{\frac{R_e (\beta+1)}{r_{b'e}} \left( \frac{j\omega}{\omega_T} + 1 \right)} = \frac{v_s}{v_e}$$

جہاں

$$A = \frac{R_e (\beta + 1)}{r_{b'e}} + 1 + \frac{r_s}{r_{b'e}}$$

$$B = \frac{R_e (\beta + 1)}{r_{b'e} \omega_T} + \frac{R_e (\beta + 1)}{r_{b'e} \omega_1} + \frac{1}{\omega_1} + \frac{r_s}{r_{b'e} \omega_\beta}$$

$$C = \frac{R_e (\beta + 1)}{r_{b'e} \omega_T \omega_1}$$

کے برابر ہیں۔ اس سے

$$(2.103) \quad \frac{v_e}{v_s} = \frac{\frac{R_e(\beta+1)}{r_{b'e}} \left( \frac{j\omega}{\omega_T} + 1 \right)}{A + j\omega B + (j\omega)^2 C}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اگر  $(\beta + 1) R_e \gg r_s + r_{b'e}$  تو اس طرح لکھا جاتا ہے

$$(2.104) \quad \frac{v_e}{v_s} = \frac{1 + \frac{j\omega}{\omega_T}}{1 + j\omega \left( \frac{1}{\omega_1} + \frac{1 + \frac{r_s}{R_e}}{\omega_T} \right) + \frac{j\omega}{\omega_T} \frac{j\omega}{\omega_1}}$$

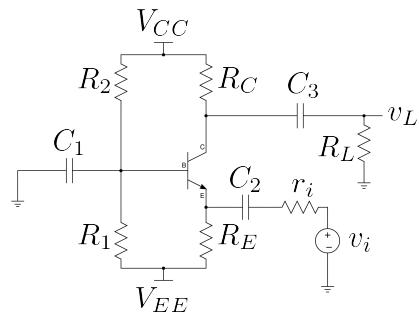
### ۶.۱۳ مشترک بیس ایمپلینیاٹر کا بلند انقطعائی تعدد

شکل ۶.۷۵ میں بیس مشترک ایمپلینیاٹر کاٹھ ریاضی نمونہ دکھایا گیا ہے۔ صفحہ ۲۸۷ پر ٹرانزستر کاٹھ ریاضی نمونہ دکھایا گیا ہے جسے پائے ریاضی نمونہ کی شکل میں بناتے ہوئے شکل ۶.۷۵ کا بلند تعددی مساوی دور شکل ۶.۷۶ میں دکھایا گیا ہے۔ باریکے اشاراتی دور میں  $R_1$  اور  $R_2$  دونوں کے دونوں سرے بر قی زمین پر ہیں لہذا انہیں دکھایا گیا۔ چونکہ ٹرانزستر کا بیس سرابر قیمتیں پر ہے لہذا  $C_{b'e}$  کا ایک سرابر قیمتیں پر ہو گا اور یوں اسے لگائیں اور بر قی زمین کے مابین دکھایا گیا ہے۔

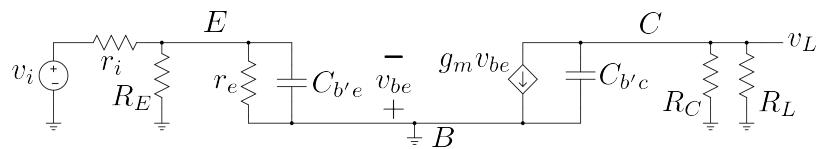
مساوی دور سے دو انقطعائی تعدد حاصل ہوتے ہیں لیکن

$$(2.105) \quad \omega_{H1} = \frac{1}{(r_e \parallel R_E \parallel r_i) C_{b'e}}$$

$$\omega_{H2} = \frac{1}{(R_C \parallel R_L) C_{b'e}}$$



شکل ۶.۳۵: تیس مشترک-ایپلیفرا



شکل ۶.۳۶: تیس مشترک-ایپلیفرا کا مساوی دور

در میان تعددی پر افناش حاصل کرتے وقت  $C_{b'e}$  اور  $C_{b'c}$  کو کھلے دور تصور کیا جاتا ہے۔ یہ

$$\begin{aligned} A_v &= \frac{v_L}{v_i} = \frac{v_L}{i_c} \times \frac{i_c}{v_{b'e}} \times \frac{v_{b'e}}{v_i} \\ &= -(R_C \parallel R_L) g_m \left( -\frac{R_E \parallel r_e}{R_E \parallel r_e + r_i} \right) \\ &= (R_C \parallel R_L) g_m \left( \frac{R_E \parallel r_e}{R_E \parallel r_e + r_i} \right) \end{aligned}$$

لکھ جا سکتا ہے جہاں پہلی اور تیسرا تو سین میں موجود مقنی ایک آپس میں ضرب ہو کر حستم ہو جاتے ہیں۔

### مثال ۶.۲۵ میں

$$\begin{aligned} V_{CC} &= 5 \text{ V}, & V_{EE} &= -5 \text{ V}, & R_E &= 600 \Omega \\ R_1 &= 6 \text{ k}\Omega, & R_2 &= 38 \text{ k}\Omega, & R_C &= 5 \text{ k}\Omega \\ R_L &= 10 \text{ k}\Omega, & r_i &= 100 \Omega \end{aligned}$$

بین۔ ٹرانزسٹر کا  $C_{b'c} = 4 \text{ pF}$  اور  $C_{b'e} = 35 \text{ pF}$ ،  $\beta = 149$  ہے۔ بنت کونے کے تعدد حاصل کریں۔  
حل: پہلے یک سمت حل درکار ہے۔ قوون مساوی اجزاء حاصل کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned} V_{BB} &= \frac{5 + 5}{6000 + 38000} \times 6000 - 5 = -3.64 \text{ V} \\ R_B &= \frac{6000 \times 38000}{6000 + 38000} = 5.182 \text{ k}\Omega \end{aligned}$$

یوں

$$I_E = \frac{-3.64 - 0.7 + 5}{\frac{5182}{149+1} + 600} = 1.04 \text{ mA}$$

یوں

$$g_m = \frac{1.04 \times 10^{-3}}{25 \times 10^{-3}} = 0.0416 \text{ S}$$

$$r_e = 24 \Omega$$

$$r_{b'e} = 24 \times 150 = 3.6 \text{ k}\Omega$$

حاصل ہوتے ہیں۔

$C_{b'e}$  کے متوالی کل مزاحمت

$$\frac{1}{R_{be'}} = \frac{1}{24} + \frac{1}{600} + \frac{1}{100}$$

$$R_{be'} = 18.75 \Omega$$

جبکہ  $C_{b'c}$  کے متوالی کل مزاحمت

$$R_{b'c} = \frac{5000 \times 10000}{5000 + 10000} = 3.333 \text{ k}\Omega$$

بیل-بیول مساوات ۶.۱۰۵ کی مدد سے

$$f_{H1} = \frac{1}{2 \times \pi \times 18.75 \times 35 \times 10^{-12}} = 242 \text{ MHz}$$

$$f_{H2} = \frac{1}{2 \times \pi \times 3333 \times 4 \times 10^{-12}} = 11.93 \text{ MHz}$$

حصہ میں بند انتظامی تعداد ۱۱.۹۳ MHz ہے۔ اس مثال میں بند انتظامی تعداد کا درود مدار  $C_{b'e}$  پر ہے ناکہ کہ اس

$$A_v = \left( \frac{5000 \times 10000}{5000 + 1000} \right) 0.0416 \left( \frac{\frac{24 \times 600}{24+600}}{\frac{24 \times 600}{24+600} + 100} \right)$$

$$= 26 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

مشال ۶.۱۵: گزشته مشال کے دور میں اگر داخنی اشارہ بس پر مہیا کیا جائے تو بیٹری مشترک ایپلیناٹر حصہ ہوتا ہے جسے شکل ۶.۲۷ میں دکھایا گیا ہے۔ بقیا تمام متغیرات وہی رکھتے ہوئے دیکھتے ہیں کہ اس صورت میں بند انتظامی تعداد کا حصہ ہوتا ہے۔

حل: مساوی دور شکل ۶.۲۸ میں دکھایا گیا ہے۔ گزشته مشال کی معلومات استعمال کرتے ہوئے

$$C_M = (1 + 0.0416 \times 3333) \times 4 \times 10^{-12} = 559 \text{ pF}$$

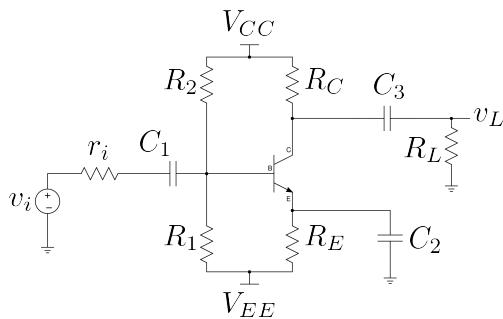
$$C_{b'e} + C_M = 594 \text{ pF}$$

اور اس کے متوالی کل مزاحمت  $R_m$

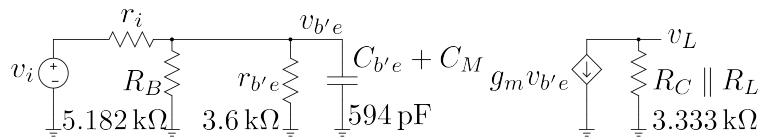
$$\frac{1}{R_m} = \frac{1}{100} + \frac{1}{5182} + \frac{1}{3600}$$

$$R_m = 95.5 \Omega$$

## باب ۶۔ ایکلیفائز کا تعدادی رد عمل اور فلتر



شکل ۶.۳۷: ہٹر مشترک ایکلیفائز



شکل ۶.۳۸: ہٹر مشترک ایکلیفائز کے نقطائی تعداد حاصل کرنے کے لئے درکار مساوی دور

حاصل ہوتا ہے۔ یوں بلت نقطائی تعداد

$$f_H = \frac{1}{2\pi \times 95.5 \times 594 \times 10^{-12}} = 2.8 \text{ MHz}$$

اور درمیانی تعداد پر امنزاس

$$A_v = \frac{v_L}{v_i} = -3333 \times 0.0416 \times \frac{\frac{3600 \times 5182}{3600 + 5182}}{\frac{3600 \times 5182}{3600 + 5182} + 100} = -132 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

مندرجہ بالا دو مساوات سے آپ دیکھ سکتے ہیں کہ یہس مشترک ایکلیفائز کی بلند نقطائی تعداد ہٹر مشترک ایکلیفائز کے بلند نقطائی تعداد سے تقریباً سواچار گناہ زیادہ ہے۔

## ۲.۱۲ کیکوڈ ایپلیناٹر

ایپلیناٹر کے بلند تعدادی رد عمل پر غور کے دوران سے حقیقت سامنے آئی کہ اگرچہ  $C_{b'c}$  کی قیمت نہایت کم لیکن ملر کیپیٹر<sup>۲۸</sup> کی وجہ سے بلند انقطعی نقطے تعین کرنے میں اس کا کردار نہایت اہم ہے۔ ٹرانزستر ایپلیناٹر بلند انقطعی نقطے کے کم تعداد کے اشارات کو بڑھاتا ہے۔ یوں ہم چاہیں گے کہ یہ نقطے بلند سے بلند تعداد پر پایا جائے۔ اس حیثے میں کیکوڈ ایپلیناٹر پر غور کیا جائے گا جس میں ملر کیپیٹر کی قیمت کم سے کم ہونے کی بنا پر زیادہ سے زیادہ تعداد پر بلند انقطعی نقطے حاصل ہوتا ہے۔<sup>۲۹</sup>

شکل ۲.۶۹ اف میں کیکوڈ ایپلیناٹر دکھایا گیا ہے۔  $Q_1$  اور اس کے ساتھ مسلک  $C_E$ ,  $R_E$ ,  $R_2$ ,  $R_1$  اور  $R_i$  مسل کر مشترکہ بیٹری طرز کا ایپلیناٹر بناتے ہیں جنے پیٹر  $C_{B1}$  کے ذریعہ داخلی اشارہ  $v_i$  مندرجہ کیا گیا ہے۔  $v_i$  داخلی اشارہ مندرجہ کرنے والے کی مسماحت ہے۔ عام صورت میں  $Q_1$  کے گلکشن پر بر قی بوجہ  $R_L$  لا ادھبata ہے لیکن کیکوڈ میں ایسا نہیں کیا جاتا۔ کیکوڈ میں  $Q_2$  بطور بر قی بوجہ کردار ادا کرتا ہے۔  $Q_2$  کے یہیں پر سیروفنی کیپیٹر کا کردار نہایت اہم ہے۔ درکار تعداد پر  $C_{B2}$  بطور قصر درور کام کرتے ہوئے  $Q_2$  کے یہیں کو بر قی زمین پر رکھتا ہے۔  $Q_2$  اور اس کے ساتھ مسلک  $R'_1$ ,  $R'_2$  اور  $C_{B2}$  مسل کر مشترکہ بیٹری طرز کا ایپلیناٹر بناتے ہیں۔ کیکوڈ کی بلند انقطعی تعداد اس میں پائے جانے والے  $Q_1$  پر مبنی مشترکہ بیٹری طرز کے ایپلیناٹر اور  $Q_2$  پر مبنی مشترکہ بیٹری طرز کے ایپلیناٹر کی مسماوات ۲.۶۹ اور ۲.۷۲ میں قصر درور بلند انقطعی تعداد  $\omega_B$  اور  $\omega_\alpha$  دیتے ہیں جن کے تحت  $\omega_T = \omega_\alpha = \beta\omega_B$  کے برابر ہے جہاں  $\omega_\alpha$  مشترکہ بیٹری طرز کے ایپلیناٹر کی مسماوات کی قصر درور بلند انقطعی تعداد جبکہ  $\omega_T$  مشترکہ بیٹری طرز کا ایپلیناٹر ٹرانزستر کے تعداد تک متابلتی استعمال ہوتا ہے۔ اس کے بر عکس مشترکہ بیٹری طرز کے ایپلیناٹر کی بلند انقطعی تعداد  $C_M$  پر مخصوص ہوتی ہے جو اخود اس پر لے بر قی بوجہ  $R_L$  پر مخصوص ہوتا ہے۔ یوں کیکوڈ ایپلیناٹر کی بلند تعدادی انقطعی تعداد اس میں پائے جانے والے مشترکہ بیٹری ایپلیناٹر کی بلند انقطعی تعداد پر مخصوص ہوگا۔ آئیں اب اس پر غور کریں۔

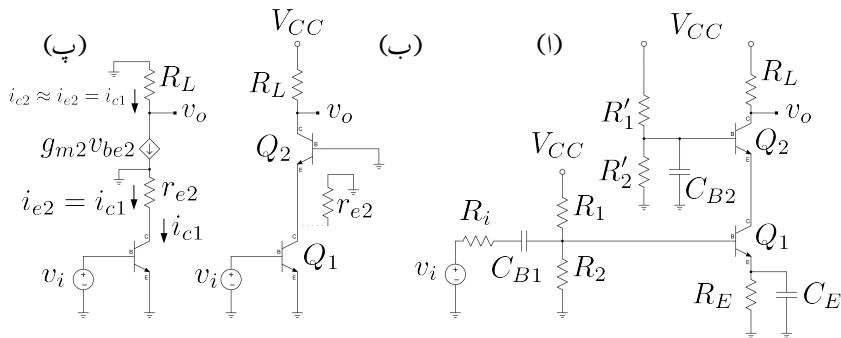
شکل ۲.۶۹ ب میں کیکوڈ ایپلیناٹر کا مساوی باریکے اشاراتی دور دکھایا گیا ہے جس میں ٹرانزستر مائل کرنے والے اجسام نہیں دکھائے گئے تاکہ کیکوڈ ایپلیناٹر کی بنیادی کارکردگی پر توجہ رکھے۔ اس شکل میں  $Q_2$  کا مسماحت  $r_{e2}$  بطور  $Q_1$  کے بر قی بوجہ کردار ادا کرتا ہے۔  $r_{e2}$  کو  $Q_2$  کے باہر دکھاتے ہوئے اسے  $Q_1$  کے گلکشن اور بر قی زمین کے مابین دکھایا گیا ہے۔ شکل پ میں  $Q_2$  کا ریاضی نمونے<sup>۳۰</sup> استعمال کرتے ہوئے اس بات کی وضاحت کی گئی ہے کہ  $Q_1$  کے گلکشن اور بر قی زمین کے درمیان  $r_{e2}$  نسبتی ہوئے  $r_{e2}$  کا بر قی بوجہ  $Q_1$  لیتے ہوئے۔

$$(2.102) \quad C_M = (1 + g_m r_{e2}) C_{b'c}$$

حاصل ہوتا ہے۔ چونکہ  $Q_1$  اور  $Q_2$  میں باریکے سمت بر قی رو  $I_{CQ}$  گزرتا ہے لہذا  $g_{m1} = g_{m2} = g_m = g_m = g_m$  اور  $i_{c1} = i_{e2} = r_e = \frac{1}{g_m}$  اور  $\frac{I_{CQ}}{V_T}$

<sup>۲۸</sup> Miller capacitor  
<sup>۲۹</sup> مندرجہ کے دنیا بہت نے اس ایپلیناٹر کو دیانت کیا اور اس کا نام کیکوڈ ایپلیناٹر کھا۔  
<sup>۳۰</sup> cascode amplifier.  
<sup>۳۱</sup> T ریاضی نمونے پر حصہ ۱.۳.۳ میں بصیرہ کیا گیا ہے

## باب ۶۔ ایپلیناٹ کا تعدادی رد عمل اور فلٹر



شکل ۶.۳۹: کیکوڈ ایپلیناٹ

$$g_{m1} r_{e2} = 1 \text{ ہو گا۔ یہ } i_{c2} \text{ لیتے ہوئے}$$

$$(6.107) \quad C_M = (1 + 1) C_{b'c} = 2C_{b'c}$$

حاصل ہوتا ہے جو کہ کم ترین ممکنہ ملکپیٹر ہے۔  $C_M$  کی قیمت کم سے کم ہونے کی بنا پر مشترکہ بیٹری طرز کے ایپلیناٹ کی بلند انقلائی تعدادی زیادہ سے زیادہ تعداد دیر حاصل ہوتی ہے۔

شکل ۶.۵۰ میں  $Q_1$  کا بلند تعدادی ریاضی نمونہ استعمال کرتے ہوئے باریکے اشاراتی مساوی دور دکھایا گیا ہے جس میں  $r_{e2}$  کو بطور برقرار بوجھ دکھایا گیا ہے۔ متوازی جبڑے  $R_1$  اور  $R_2$  کے کل مسماحت کو  $R_B$  لکھتے ہیں یعنی

$$\frac{1}{R_B} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

یوں متوازی جبڑے مسماحت  $R_1$  اور  $R_2$  کی کل مقدار  $R_m$  یوں لکھی جاسکتی ہے۔

$$\begin{aligned} \frac{1}{R_m} &= \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{r_{be}} \\ &= \frac{1}{R_B} + \frac{1}{r_{be}} \end{aligned}$$

یعنی

$$R_m = \frac{R_B r_{be}}{R_B + r_{be}}$$

ای طرح متوازی جبڑے  $R_m$  اور دو کپیسٹروں کی برقرارکاڈی  $Z$  کو یوں لکھ سکتے ہیں۔

$$\frac{1}{Z} = j\omega (C_{b'e} + 2C_{b'c}) + \frac{1}{R_m}$$

ایپلیناٹر کی موصل نہ افزاش  $G_M = \frac{i_c}{v_i}$  حاصل ہوتی ہے۔

$$\begin{aligned} G_m &= \frac{i_{c1}}{v_i} = \left( \frac{i_c}{v_{be}} \right) \left( \frac{v_{be}}{v_i} \right) \\ &= g_m \left( \frac{Z}{R_i + Z} \right) \\ &= g_m \left[ \frac{Z}{Z \left( \frac{R_i}{Z} + 1 \right)} \right] \\ &= \frac{g_m}{\frac{R_i}{Z} + 1} \end{aligned}$$

اس میں استعمال کرتے

$$\begin{aligned} G_m &= \frac{g_m}{R_i \left[ j\omega (C_{b'e} + 2C_{b'c}) + \frac{1}{R_m} \right] + 1} \\ &= \frac{g_m}{j\omega (C_{b'e} + 2C_{b'c}) R_i + \frac{R_i}{R_m} + 1} \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اس کے خپلے چھے سے باہر لیتے ہوئے

$$G_m = \frac{g_m}{\left( \frac{R_i}{R_m} + 1 \right) \left[ j\omega \frac{(C_{b'e} + 2C_{b'c}) R_i}{\frac{R_i}{R_m} + 1} + 1 \right]}$$

حاصل ہوتا ہے جس میں

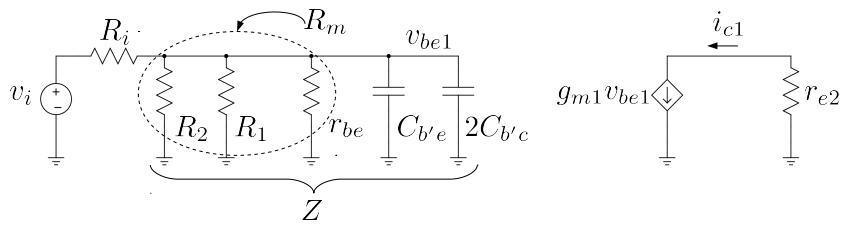
$$(1.108) \quad \omega_H = \frac{\frac{R_i}{R_m} + 1}{(C_{b'e} + 2C_{b'c}) R_i}$$

لکھتے ہوئے

$$(1.109) \quad G_m = \left( \frac{g_m}{\frac{R_i}{R_m} + 1} \right) \left( \frac{1}{j \frac{\omega}{\omega_H} + 1} \right)$$

حاصل ہوتا ہے۔

## باب ۶۔ ایپلیفائر کا تعدادی رد عمل اور فلتر



شکل ۶.۵۰: کیکوڈ ایپلیفائر باریک اشاراتی تجزیے

شکل ۶.۳۹ پر میں اس بات کی وضاحت کی گئی ہے کہ  $Q_2$  میں وہی برقی دو گزرتی ہے جو  $Q_1$  میں گزرتی ہے اور یوں  $i_{c2} = i_{c1}$  ہوتا ہے۔ اس حققت کو مرکوز رکھتے ہوئے کیکوڈ ایپلیفائر کے برقی دباؤ کی افسزاں

$$\begin{aligned} A_v &= \frac{v_o}{v_i} = \left( \frac{v_o}{i_{c2}} \right) \left( \frac{i_{c2}}{i_{c1}} \right) \left( \frac{i_{c1}}{v_i} \right) \\ &= \left( \frac{v_o}{i_{c2}} \right) \left( \frac{i_{c2}}{i_{c1}} \right) (G_m) \\ &= (-R_L) (1) (G_m) \end{aligned}$$

یعنی

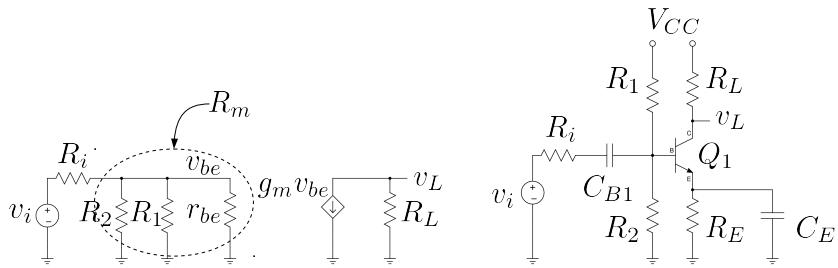
$$\begin{aligned} (6.110) \quad A_v &= - \left( \frac{g_m R_L}{\frac{R_i}{R_m} + 1} \right) \left( \frac{1}{j \frac{\omega}{\omega_H} + 1} \right) \\ &= A_{vD} \left( \frac{1}{j \frac{\omega}{\omega_H} + 1} \right) \end{aligned}$$

حاصل ہوتی ہے جہاں  $A_{vD}$  درمیانی تعداد پر افسزاں ہے جو

$$(6.111) \quad A_{vD} = - \left( \frac{g_m R_L}{\frac{R_i}{R_m} + 1} \right) = - \left( \frac{g_m R_L R_m}{R_i + R_m} \right)$$

کے برابر ہے۔ اس طرح کیکوڈ ایپلیفائر پوری برقی دباؤ کی افسزاں دیتے ہوئے بلند انتظاری تعداد کو بلند تر تعداد تک لے جاتا ہے۔  $\omega_H$  کو سزید

$$\begin{aligned} (6.112) \quad \omega_H &= \frac{R_i + R_m}{(C_{b'e} + 2C_{b'c}) R_i R_m} \\ &= \frac{1}{(C_{b'e} + 2C_{b'c}) \frac{R_i R_m}{R_i + R_m}} \end{aligned}$$



شکل ۶.۵: کیکوڈ ایمپلیناٹر کا مشترک کے ایمپلیناٹر

لہجہ جا سکتا ہے جہاں کیمپیٹر \$C\_{b'e} + 2C\_{b'c}\$ کے متوالی کل مسازحت \$R\_i \parallel R\_m\$ دراصل متوازی جبڑے، \$R\_1, R\_i\$ اور \$r\_{be}\$ کی کل مسازحت ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ کیکوڈ ایمپلیناٹر کی بلند اقطعی تعدد کو بھی  $\frac{1}{RC}$  کی شکل میں لہجہ جا سکتا ہے جہاں \$C\$ کی کیمپیٹر اور \$R\$ اس کے ساتھ متوازی جبڑی کی مسازحت ہے۔ شکل ۶.۴۹ میں دکھایا گیا مشترک کے ایمپلیناٹر میں دوسرے نکال کر \$R\_L\$ کو دوسرے کے گلگھر کے ساتھ جوڑا جائے تو شکل ۶.۵ میں دکھایا گیا مشترک کے ایمپلیناٹر حاصل ہو گا جس کا درمیانی تعدد پر مساوی دور بھی اسی شکل میں دکھایا گیا ہے۔ آئیں زنجیری ضرب کی مدد سے شکل ۶.۵ کا حاصل کریں۔

$$\begin{aligned}
 A_v &= \frac{v_L}{v_i} = \frac{v_L}{i_c} \times \frac{i_c}{v_{be1}} \times \frac{v_{be1}}{v_i} \\
 (6.113) \quad &= -R_L g_m \left( \frac{R_m}{R_i + R_m} \right) \\
 &= \frac{-g_m R_L R_i}{R_i + R_m}
 \end{aligned}$$

اس مساوات کا مساوات ۶.۱۱۱ کے ساتھ موازن کرنے سے ثابت ہوتا ہے کہ کیکوڈ ایمپلیناٹر کی درمیانی تعدد پر افزاں وی ہے جو مشترک کے ایمپلیناٹر کی ہے۔ کیکوڈ ایمپلیناٹر کی افادیت اس حقیقت میں ہے کہ اس کا بلند اقطعی تعدد کافی زیادہ تعداد پر پایا جاتا ہے۔

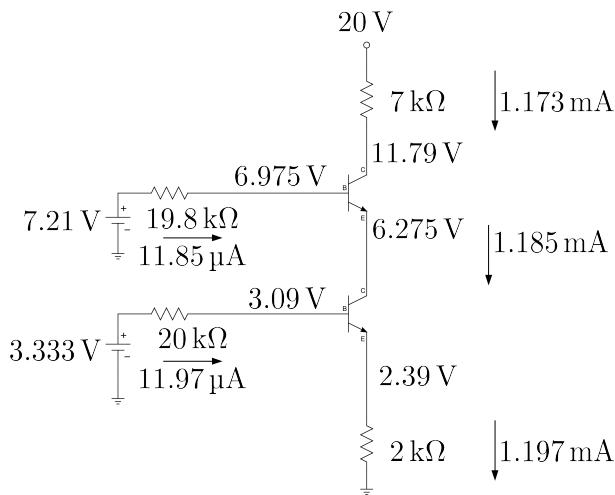
## مثال ۶.۴۹: شکل ۶.۵ میں

$$R_1 = 120 \text{ k}\Omega, \quad R_2 = 24 \text{ k}\Omega, \quad R_E = 2 \text{ k}\Omega$$

$$R'_1 = 55 \text{ k}\Omega, \quad R'_2 = 31 \text{ k}\Omega, \quad R_i = 0.1 \text{ k}\Omega$$

$$C_{b'e} = 30 \text{ pF}, \quad C_{b'c} = 3 \text{ pF}, \quad R_L = 7 \text{ k}\Omega$$

$$\beta = 99, \quad V_{CC} = 20 \text{ V}, \quad V_A = \infty$$



شکل ۶.۵۲: کیکوڈ ایپلیناٹر کے یک سمت متغیرات

یہیں کیکوڈ ایپلیناٹر کے تمام یکمیتی متغیرات ہیکے ہیکے حاصل کریں۔

حل: شکل ۶.۵۲ میں اس کا یک سمت دور کھایا گیا ہے جہاں  $Q_1$  اور  $Q_2$  کے بیس جانب مسئلہ

تو نہیں سادہ سادہ حاصل معاوی ادوار نسبت کر دے گئے ہیں۔

$Q_1$  کا برقی رو سیدھا سیدھا یوں حاصل ہو جاتا ہے

$$(۶.۱۱۳) \quad I_{E1} = \frac{3.333 - 0.7}{\frac{20000}{99+1} + 2000} = 1.197 \text{ mA}$$

جس سے

$$I_{C1} = \left( \frac{99}{99+1} \right) \times 1.197 \text{ mA} = 1.185 \text{ mA}$$

$$I_{B1} = \frac{1.197 \text{ mA}}{99+1} = 11.97 \mu\text{A}$$

حاصل ہوتے ہیں۔ یہ معلومات شکل پر دکھائی گئی ہیں۔

$Q_2$  کا برقی رو مساوات ۶.۱۱۳ کے طرز پر تب حاصل کیا جاتا ہے جب اس کے بیٹھ پر نسبت مزاحمت معلوم ہو۔ یہاں ایسا کوئی مزاحمت نظر نہیں آ رہا۔ یہاں طریقہ سوچ پکھیوں ہے۔ چونکہ  $Q_1$  کے

گلکٹر پر 1.185 mA پایا جاتا ہے لہذا  $Q_2$  کا  $I_{E2}$  بھی ہو گا۔ اگر ایسا ہوتا ہے

$$I_{C2} = \left( \frac{99}{99+1} \right) \times 1.185 \text{ mA}$$

$$I_{B2} = \frac{1.185 \text{ mA}}{99+1} = 11.85 \mu\text{A}$$

آئیں اب حاصل کردہ برقی روکواستعمال کرتے ہوئے مختلف ممتامات پر برقی دباؤ حاصل کریں۔  $Q_1$  کے لیے پر ہوں گے۔

$$V_{E1} = I_{E1} R_E = 1.197 \times 10^{-3} \times 2000 = 2.39 \text{ V}$$

پایا جائے گا۔

$$V_{B1} = V_{E1} + V_{BE1} = 2.39 + 0.7 = 3.09 \text{ V}$$

پایا جائے گا۔ بھی برقی دباؤ یوں بھی حاصل کیا جاتا ہے کہ یہیں جناب کے 20 kΩ میں مزاجت میں 11.97  $\mu\text{A}$  گزرنے سے، فتاون اور ہم کے تحت، مزاجت پر 0.24 V برقی دباؤ پیدا ہو گا یوں

$$V_{B1} = 3.33 - I_{B1} \times 20000 = 3.09 \text{ V}$$

اسی طریقے سے  $Q_2$  کے یہیں پر

$$V_{B2} = 7.21 - 11.85 \times 10^{-6} \times 19800 = 6.975 \text{ V}$$

حاصل ہوتا ہے جس کو استعمال کرتے ہوئے

$$V_{E2} = V_{B2} - V_{BE2} = 6.975 - 0.7 = 6.275 \text{ V}$$

حاصل ہوتا ہے۔  $Q_2$  کے گلکٹر پر

$$V_{C2} = 20 - 1.173 \times 10^{-3} \times 7000 = 11.79 \text{ V}$$

حاصل ہوتے ہیں۔ ان تمام معلومات سے

$$V_{CE1} = V_{C1} - V_{E1} = 6.275 - 2.39 = 3.885 \text{ V}$$

$$V_{CE2} = V_{C2} - V_{E2} = 11.79 - 6.275 = 5.55 \text{ V}$$

حاصل ہوتے ہیں۔ چونکہ دونوں  $V_{CE}$  کے قیمتیں 0.2 V سے زیادہ ہے لہذا دونوں ٹرانزسٹر امنز اسندہ ہیں۔ یہ تمام معلومات حاصل کرتے وقت ہم تصور کر رہے تھے کہ دونوں ٹرانزسٹر امنز اسندہ ہیں۔ فرض کریں کہ  $R'_1$  اور  $R'_2$  کے قیمتیں یوں بھی جانیں کہ  $V_{E2}$  کی قیمت اتنی گر جائے کہ  $Q_1$  امنز اسندہ نہ رہ سکے تب یہ تمام حساب کتاب عناطہ ہو گا اور کلیکوڈ ایپلیناٹر ٹھیک کام نہیں کرے گا۔ تحقیق دیتے وقت اس بات کا خیال رکھا جاتا ہے کہ دونوں ٹرانزسٹر یک سمت برقی روگزارتے ہوئے امنز اسندہ نہ ہیں۔

مثال ۶.۱۷: مثال ۶.۱۶ میں دئے معلومات کو استعمال کرتے ہوئے کسیکوڈ ایکلپیناٹر کی درمیانی تعداد پر افزاش  $A_v$  اور بلند انتظامی تعداد  $f_H$  حاصل کریں۔  
حل:  $Q_1$  کا یک سمت بر قدر

$$V_{BB} = \frac{24000 \times 20}{24000 + 120000} = 3.333 \text{ V}$$

$$R_B = \frac{24000 \times 120000}{24000 + 120000} = 20 \text{ k}\Omega$$

$$I_{C1} \approx I_{E1} = \frac{3.333 - 0.7}{\frac{20000}{99+1} + 2000} = 1.197 \text{ mA}$$

حاصل ہوتا ہے۔ یہی یک سمت بر قدر  $Q_2$  میں سے بھی گزرے گا۔ یوں

$$g_{m1} = g_{m2} = g_m = \frac{1.197 \times 10^{-3}}{25 \times 10^{-3}} = 47.88 \text{ mS}$$

$$r_{be1} = r_{be2} = r_{be} \approx \frac{99}{0.04788} = 2067 \Omega$$

حاصل ہوتے ہیں۔ درمیانی تعداد پر افزاش مساوات ۶.۱۱۱ کی مدد سے حاصل کرتے ہیں جس میں  $R_m$  در کار ہو گائیں۔

$$\frac{1}{R_m} = \frac{1}{120000} + \frac{1}{24000} + \frac{1}{2067}$$

$$R_m = 1873 \Omega$$

جسے استعمال کرتے ہوئے

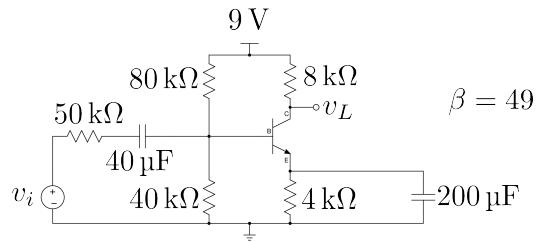
$$A_{vD} = \frac{-0.04788 \times 7000 \times 1873}{100 + 1873} = -318 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

اور مساوات ۶.۱۱۲ کی مدد سے

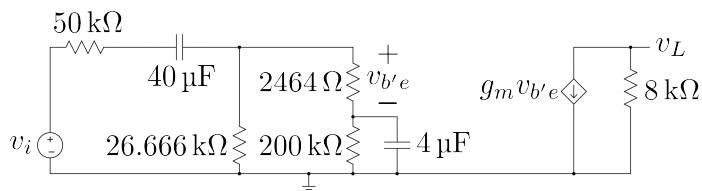
$$\omega_H = \frac{1}{(30 \times 10^{-12} + 2 \times 3 \times 10^{-12}) \left( \frac{100 \times 1873}{100 + 1873} \right)} = 293 \frac{\text{Mrad}}{\text{s}}$$

$$f_H = \frac{293000000}{2\pi} = 46.6 \text{ MHz}$$

حاصل ہوتا ہے۔



شکل ۶.۵۳: مشترک-بھر کا مکمل تعددی رد عمل



شکل ۶.۵۴: مشترک-بھر کا مکمل تعددی پر مساوی دور

اب تک اس باب میں ہم پست انتظامی تعدد، بلند انتظامی تعدد اور درمیانی تعدد پر افزائش کی مثالیں دیکھتے رہے ہیں۔ آئیں ان تینوں کو بیکارتے ہوئے اس کا بذاتہ حساب مل کریں۔

مثال ۶.۱۸: شکل ۶.۵۳ میں ٹرانزستر کا  $200\text{ MHz}$   $f_T = 2\text{ pF}$  اور  $C_{b'e} = 2\text{ pF}$  ہے۔ اس ایپلینیاٹر کی پست اور بلند انتظامی تعدد حساب مل کریں۔ درمیانی تعدد پر افزائش حساب مل کرتے ہوئے افزائش کے حقیقت کا مکمل بذاتہ کھینچیں۔

حل: یک سمت تجزیے سے  $R_B = 26.666\text{ }\Omega$  اور  $V_{BB} = 3\text{ V}$  اور  $I_C = 0.507\text{ mA}$  حساب مل ہوتا ہے۔ یوں  $r_e = 50\text{ }\Omega$ ،  $g_m = 0.02\text{ S}$  اور  $r_{b'e} = 2500\text{ }\Omega$  ہیں۔

مساویات ۶.۲۷ کی مدد سے  $f_T$  کو استعمال کرتے ہوئے  $C_{b'e}$  یوں حساب مل ہوتا ہے

$$C_{b'e} = \frac{g_m}{2\pi f_T} - C_{b'e} = \frac{0.02}{2\pi \times 200 \times 10^6} - 2 \times 10^{-12} = 14\text{ pF}$$

شکل ۶.۵۳ میں کم تعدد پر مساوی دور دکھایا گیا ہے جبکہ  $R_E = (\beta + 1) R_L$

$\frac{C_E}{\beta+1} = 4 \mu F$  استعمال کئے گئے۔ انہیں کپیٹر کو کھلے دور تصور کیا گیا ہے۔ ہم تصور کرتے ہیں کہ پست انتظامی تعداد  $C_E$  سے حاصل کیا گیا ہے اور اس تعداد پر  $40 \mu F$  کے کپیٹر کو قصر دور تصور کرتے ہیں۔ یوں پست انتظامی تعداد  $f_L$  کو  $4 \mu F$  اور اس کے متوازی کل مزاحمت  $R$  سے حاصل کرتے ہیں۔ اگر  $2464 \Omega$  کو نظر انداز کیا جائے تو

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{50000} + \frac{1}{26666} + \frac{1}{200000}$$

$$R = 16 \text{ k}\Omega$$

حاصل ہوتا ہے اور یوں

$$f_L = \frac{1}{2\pi RC} = \frac{1}{2\pi \times 16000 \times 4 \times 10^{-6}} = 2.5 \text{ Hz}$$

حاصل ہوتا ہے۔

شکل ۶.۵۵ میں زیادہ تعداد پر مساوی دور دکھایا گیا ہے جس میں بیرد فنی کپیٹر کو قصر دور تصور کیا گیا ہے۔ شکل میں

$$C_M = (1 + 0.02 \times 8000) 2 \times 10^{-12} = 322 \text{ pF}$$

لیتے ہوئے کل کپیٹر  $C_{b'e} + C_M = 336 \text{ pF}$  استعمال کیا گیا ہے۔ کپیٹر کے متوازی کل مزاحمت کو  $R$  کہتے ہوئے

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{50000} + \frac{1}{26666} + \frac{1}{2464}$$

$$R = 2158 \Omega$$

حاصل ہوتا ہے۔ یوں بلت انتظامی تعداد  $f_H$

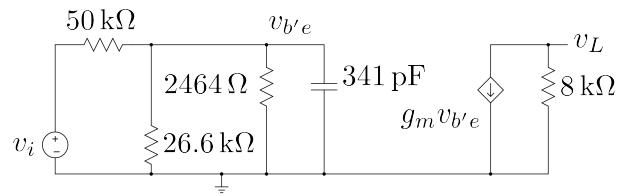
$$f_H = \frac{1}{2\pi RC} = \frac{1}{2\pi \times 2158 \times 336 \times 10^{-12}} = 219 \text{ kHz}$$

حاصل ہوتا ہے۔

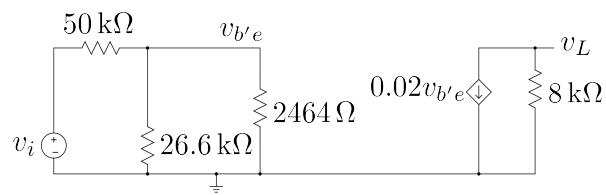
درمیانی تعداد پر شکل ۶.۵۶ میں مزاحمت کو  $26.666 \text{ k}\Omega$  اور  $2.464 \text{ k}\Omega$  کی کل مزاحمت کو  $2.255 \text{ k}\Omega$  لیتے ہوئے

$$A_v = \frac{v_L}{v_i} = -8000 \times 0.02 \times \frac{2255}{2255 + 50000} = -6.9 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

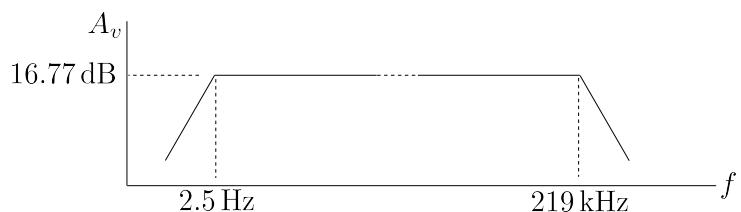
حاصل ہوتا ہے۔ ان تمام معلومات کو شکل ۶.۵۷ کے بوڈنگ میں دکھایا گیا ہے۔



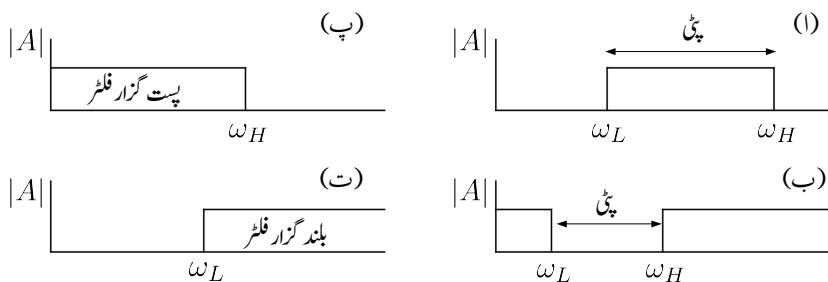
شکل ۶.۵۵: مشترک-لیٹر کا زیادہ تعداد پر مساوی دور



شکل ۶.۵۶: مشترک-لیٹر کا درمیانی تعداد پر مساوی دور



شکل ۶.۵۷: مشترک-لیٹر کا مکمل بوڈاخط



شکل ۲.۵۸: فلٹریا چھلنی کے اقسام

### ۲.۱۵ فلٹریا چھلنی

ایسا دور جو کسی حنصال سدود کے درمیان تعداد رکھنے والے اشارات کو گزرنے دے کوہئی گزار فلٹر<sup>۲۰</sup> یا ہئی گزار فلٹر<sup>۲۱</sup> کا نام پہلے کہتے ہیں۔ اس کے بر عکس ایک ایسا دور جو کسی حنصال سدود کے درمیان تعداد رکھنے والے اشارات کو روک دے اور انہیں گزرنے نہ دے کوہئی روک فلٹر<sup>۲۲</sup> یا ہئی روک فلٹر کا نام پہلے کہتے ہیں۔ شکل ۲.۵۸ میں پیٹ گزار فلٹر، شکل ب میں پیٹ روک فلٹر، شکل پ میں پست گزار فلٹر جبکہ شکل ت میں بلند گزار فلٹر کی افزاں بال مقابل تعداد کے خط دکھائے گئے ہیں۔ حقیقت میں ایسے کامل فلٹر نہیں پائے جاتے اور حقیقی پست گزار فلٹر<sub>ω\_H</sub> کے متدر بلند تعداد کے اشارات کو بھی گزارتا ہے۔ فلٹر ایسے تبلیوں سے حاصل کیا جاتا ہے جس کا خط شکل ۲.۵۸ کے قطعہ میں پائی جاتی ہے۔

حابی ایپلیگاڑ استعمال کرتے ہوئے ہر قسم کے فلٹر تخلیق دے جاتے ہیں۔ ایسے فلٹر دونوں میں بڑی ورثتے فلٹر کا اپنا ایک ممتاز ہے۔ آئیں اس پر غور کرتے ہیں۔

### ۲.۱۶ بُرورت فلٹر (چھلنی)

کسی بھی  $n$  درجی تسلیم کو

$$s^n + c_{n-1}s^{n-1} + c_{n-2}s^{n-2} + \cdots + c_2s^2 + c_1s + c_0$$

کی صورت میں لکھا جاسکتا ہے جیسا کہ  $s = \sigma + j\omega$  میں مذکور ہے جبکہ  $c_1, c_2, c_3, \dots$  غیرہ، تسلیم کے ضریب ہیں۔ جنہیں  $n$  کی صورت میں لیتی جائیں گے تو  $s = 2, 4, 6, \dots$  کی صورت میں  $\left( s^2 + 2\zeta_m \omega_m s + \omega_m^2 \right)$  میں

band pass filter<sup>۲۰</sup>  
band stop filter<sup>۲۱</sup>

طرز کے  $\frac{n}{2}$  دوسری کیات کو آپس میں ضرب دیتے ہوئے اسی تسلیم کو یوں لکھا جاسکتا ہے

$$(2.115) \quad (s^2 + 2\zeta_1\omega_1 s + \omega_1^2)(s^2 + 2\zeta_2\omega_2 s + \omega_2^2) \dots$$

جہاں  $m$  اور  $\omega_m$  دوسری کیات کے مستقل ہیں،  $\zeta$  کو غیر تضمینی مسئلہ  $\omega_m$  اور  $\omega$  کو غیر تضمینی مسئلہ  $n$  کی صورت میں  $= 1, 3, 5, \dots$  ہے۔ طبق  $n = \frac{n-1}{2}$  دوسری کیات اور ایک عدد  $(s + \omega_0)$  کو آپس میں ضرب دیتے ہوئے اسی تسلیم کو یوں لکھا جاسکتا ہے۔

$$(2.116) \quad (s + \omega_0)(s^2 + 2\zeta_1\omega_1 s + \omega_1^2)(s^2 + 2\zeta_2\omega_2 s + \omega_2^2) \dots$$

بہرورت تسلیم  $B_n(s)$  میں مساوات ۲.۱۱۵ اور مساوات ۲.۱۱۵ میں تمام  $\omega$  برابر ہوتے ہیں۔ ایسی صورت میں تمام  $\omega_m$  کو  $\omega_0$  لکھتے ہوئے بہرورت تسلیم کو یوں لکھا جاسکتا ہے۔

$$(2.117) \quad B_n(s) = (s^2 + 2\zeta_1\omega_0 s + \omega_0^2)(s^2 + 2\zeta_2\omega_0 s + \omega_0^2) \dots$$

$$B_n(s) = (s + \omega_0)(s^2 + 2\zeta_1\omega_0 s + \omega_0^2)(s^2 + 2\zeta_2\omega_0 s + \omega_0^2) \dots$$

جہاں پہلی تسلیم  $n$  اور دوسری تسلیم طبق  $n$  کے لئے ہے۔ آئین بہرورت تسلیم میں  $s$  کی وہ قیمتیں حاصل کریں جن پر  $B_n(s)$  کی قیمت صفر ہو جاتی ہے۔  $s$  کی یہ قیمتیں تسلیم کے صفر کے بلاتے ہیں۔

$s = -\omega_0$  سے  $s + \omega_0 = 0$  حاصل ہوتا ہے۔ شکل ۲.۵۹ میں مخلوط سطح پر اس نقطے کو دکھایا گیا ہے۔ مخلوط سطح کے افقی محور پر حقیقی اعداد جبکہ اس کے عمودی محور پر خیالی اعداد اپائے جاتے ہیں۔ یہ  $s = \sigma + j\omega$  لکھتے ہوئے کوافقی جبکہ  $\omega$  کو عمودی محور پر رکھا جائے گا۔ دوسری کیات

$$(2.118) \quad s^2 + 2\zeta_m\omega_0 s + \omega_0^2 = 0$$

$$(2.119) \quad s_1 = s_m = -\zeta_m\omega_0 + j\omega_0\sqrt{1 - \zeta_m^2}$$

$$s_2 = s_m^* = -\zeta_m\omega_0 - j\omega_0\sqrt{1 - \zeta_m^2}$$

---

damping constant <sup>r<sub>d</sub></sup>	
undamped natural frequency <sup>r<sub>n</sub></sup>	
Butterworth <sup>r<sub>b</sub></sup>	
zeros <sup>r<sub>z</sub></sup>	
complex plane <sup>r<sub>x</sub></sup>	

## باب ۲۔ ایک پلیگانر کا تعددی رد عمل اور فلتر

صفہ حاصل ہوتے ہیں۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ کسی بھی دو درجی لکایے سے دو صفر حاصل ہوتے ہیں جو  $j\beta \mp \alpha$  کے طرز کے ہوتے ہیں۔ اسی لئے انہیں  $s_m^*$  اور  $s_m$  لکھا گیا ہے۔ شکل ۶.۵۹ ب میں ان صفروں کو دکھایا گیا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ دونوں صفر عمودی محور کے بائیں جانب پائے جاتے ہیں۔ ایک صفر افقی محور کے اوپر جانب جبکہ دوسرا صفر محور کے نیچے جانب پایا جاتا ہے۔ دونوں افقی محور سے برابر فناصلے پر پائے جاتے ہیں۔ یہ عمومی نتائج ہیں۔

$s_m^*$  اور  $s_m$  کی حقیقت

$$(۶.۱۲۰) \quad |s_m| = |s_m^*| = \omega_0$$

حاصل ہوتی ہے۔ کسی بھی مختلط عدد کو حقیقی اور خیالی اجزاء کی صورت میں لکھا جا سکتا ہے۔ اسی مختلط عدد کو حقیقت اور زاویہ کی شکل میں بھی لکھا جا سکتا ہے۔ یوں  $s_m$  مختلط عدد کو مشال بناتے ہوئے اسے دونوں طرح لکھتے ہیں۔

$$(۶.۱۲۱) \quad s_m = -\zeta_m \omega_0 + j\omega_0 \sqrt{1 - \zeta_m^2} = |s_m| \angle \theta$$

جہاں

$$(۶.۱۲۲) \quad |s_m| = \sqrt{\zeta_m^2 \omega_0^2 + \omega_0^2 (1 - \zeta_m^2)} = \omega_0$$

کے برابر ہے۔ شکل ۶.۵۹ ب میں نقطہ  $s_m$  سے نقطہ  $s_m^*$  تک کافی صد  $|s_m|$  یعنی اس کی حقیقت دکھلاتا ہے۔ اس شکل میں زاویہ  $\angle \theta_m$  دکھایا گیا ہے۔ شکل کو دیکھتے ہوئے

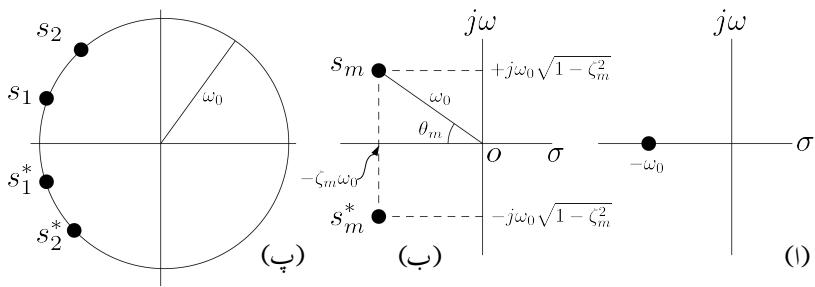
$$(۶.۱۲۳) \quad \cos \theta_m = \frac{\zeta_m \omega_0}{\omega_0} = \zeta_m$$

لکھا جا سکتا ہے۔

ماداٹ ۶.۱۲۲ کے تحت تمام صفروں کی حقیقت  $\omega_0$  کے برابر ہے۔ یوں مختلط سطح پر تمام صفر  $\omega_0$  ردا اس کے دائرے پر پائے جائیں گے۔ اس حقیقت کو شکل ۶.۵۹ پ میں دکھایا گیا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ  $s_1$  اور  $s_1^*$  آپس میں افقی محور کے الٹے جانب برابر فناصلے پر ہیں۔ یہی کچھ  $s_2$  اور  $s_2^*$  کے لئے بھی درست ہے۔ بشرطی تسلیم کے تمام صفر اسی دائرے پر عمودی محور کے بائیں جانب پائے جائیں گے۔ بشرطی تسلیم کے لئے بھی دو درجی جائزہ کو

$$s^2 + s\zeta_m \omega_0 s + \omega_0^2 = \omega_0^2 \left[ \left( \frac{s}{\omega_0} \right)^2 + 2\zeta_m \left( \frac{s}{\omega_0} \right) + 1 \right]$$

کی صورت میں لکھا جا سکتا ہے۔ اگر ماداٹ ۶.۱۱۸ میں  $1 = \omega_0$  رکھا جاتا تو شکل ۶.۵۹ ب پ میں دائرے کاردا اس ایک کے برابر ہوتا جبکہ ماداٹ ۶.۱۲۳ اب بھی درست ثابت ہوتا۔ اکالی ردا اس کے اس دائرے کو بُر ور تھے دائرہ <sup>۳</sup> لکھا جائے گا۔



شکل ۶.۵۹: مختلط سطح پر بہرورت تسلیم کے صفر

## بہرورت فلٹر کا عسمی کمی

$$(6.123) \quad A(s) = \frac{A_0}{B_n(s)}$$

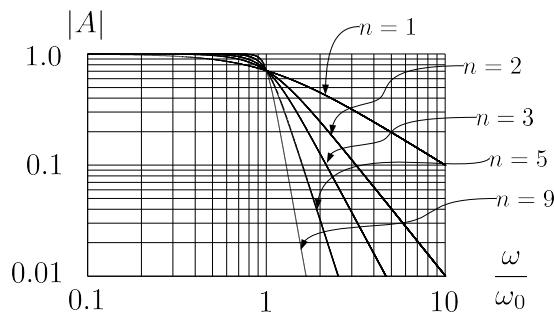
ہے۔ اس مساوات کی حقیقتی نہایت سادہ شکل رکھتی ہے۔

$$(6.125) \quad |A(s)| = \frac{|A_0|}{\sqrt{1 + \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^{2n}}}$$

$|A(s)| = |A_0|$  کے خط کو  $n$  کی مختلف قیتوں کے لئے شکل ۶.۲۰ میں کھینچا گیا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ  $n$  کی تمام قیتوں کے لئے  $|A|$  کی قیمت  $\omega_0$  تک درج 3 dB پر گھٹ جاتی ہے۔ ساتھ ہی ساتھ یہ حقیقت بھی واضح ہے کہ  $n$  کی قیمت بڑھنے سے شکل ۶.۲۰ کی صورت سطح پر کے مسترد تر ہوتی جاتی ہے۔  $1 = \omega_0$  کی صورت میں بہرورت میں  $(s + 1)$  میں پہلا جفت جذبہ جفت  $n$  کی صورت میں صرف دوسری اجزاء پائے جاتے ہیں۔

مثال ۶.۱۹: جدول ۶.۶ میں  $n = 2$  کے لئے  $|B_n(s)|$  حاصل کرتے ہوئے مساوات ۶.۱۲۵ ثابت کریں۔  
حل: جدول میں  $1 = \omega_0$  لیتے ہوئے  $n = 2$  کے لئے بہرورت تسلیم

$$B_2(s) = s^2 + 1.414s + 1$$



شکل ۲.۲۰: بہتر و سے پست گزار چھلنی

جدول ۲.۱: بہتر و سے تسلیم

$n$	$B_n(s)$
1	$(s + 1)$
2	$(s^2 + 1.414s + 1)$
3	$(s + 1)(s^2 + s + 1)$
4	$(s^2 + 0.765s + 1)(s^2 + 1.848s + 1)$
5	$(s + 1)(s^2 + 0.618s + 1)(s^2 + 1.618s + 1)$
6	$(s^2 + 0.518s + 1)(s^2 + 1.414s + 1)(s^2 + 1.932s + 1)$

دیا گیا ہے۔  $s = j\omega$  استعمال کرتے ہوئے

$$\begin{aligned} B_2(s) &= (j\omega)^2 + 1.414j\omega + 1 \\ &= -\omega^2 + 1.414j\omega + 1 \\ &= 1 - \omega^2 + j1.414\omega \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے جس سے

$$\begin{aligned} |B_2(s)| &= \sqrt{(1 - \omega^2)^2 + (1.414\omega)^2} \\ &= \sqrt{1 + \omega^4 - 2\omega^2 + 2\omega^2} \\ &= \sqrt{1 + \omega^4} \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے۔

بُشروعت تسل میں ۱ =  $\omega_0$  لیتے ہوئے دوسری اجسام کو  $(s^2 + 2\zeta s + 1)$  لکھا جا سکتا ہے جہاں  $\zeta$  کو بُشروعت دائرے سے حاصل کیا جا سکتا ہے۔ شکل ۶.۲۱ میں بُشروعت دائرے سے جفت  $n$  کی صورت میں  $\zeta$  کا حصول دکھایا گیا ہے۔ بُشروعت دائرے کارداس ۵۳ ایک کے برائے ہے۔ جفت  $n$  کی صورت میں اس دائرے پر زاویہ  $/aoa'$  ہمیچا جاتا ہے جہاں یہ زاویہ  $\frac{\pi}{n}$  کے برائے ہوتا ہے۔ یوں  $2 = n$  کی صورت میں اس دائرے پر  $\frac{\pi}{2}$  یعنی  $90^\circ$  کا زاویہ کھینچا جائے گا۔ اس زاویہ کو یوں کھینچا جاتا ہے کہ  $/a'oo' = /aoo'$  ہوں۔ شکل ۶.۲۱ میں ایسا کیا گیا ہے۔  $/aoo'$  کو  $\theta$  لکھتے ہوئے چ کو

(۶.۱۲۶)

$$\zeta = \cos \theta$$

سے حاصل کیا جاتا ہے۔ یوں  $2 = n$  کی صورت میں

$$\zeta = \cos 45 = 0.7071$$

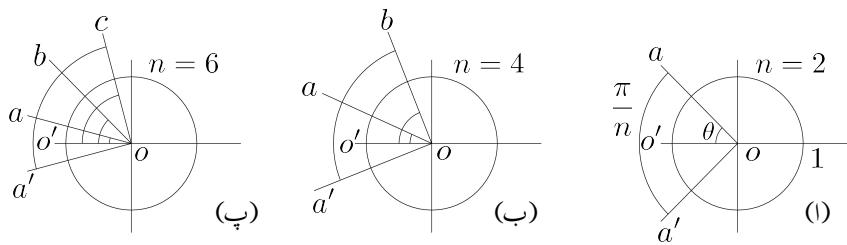
حاصل ہوتا ہے اور بُشروعت کی

$$s^2 + 2\zeta s + 1 = s^2 + 1.4142s + 1$$

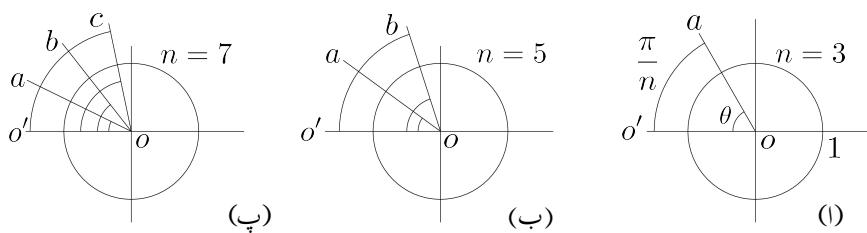
صورت اختیار کر لیا جو جدول ۶.۲۱ کے عین مطابق ہے۔  
شکل ۶.۲۱ بے میں  $/aoa' = \frac{\pi}{4} = 45^\circ$  ہے۔ یوں  $n = 4$  کی صورت میں بُشروعت کیلئے میں دوسری اجسام دو مرتب پائے جاتے ہیں۔ یوں ایک اضافی زاویہ  $/aob = 45^\circ$  کھینچا جاتا ہے۔ یوں

$$\theta_1 = /aoa' = 22.5^\circ$$

$$\theta_2 = /boo' = 67.5^\circ$$



شکل ۶.۲۱: جفت بسترورت دائرہ



شکل ۶.۲۲: طاق بسترورت دائرہ

ہوں گے جن سے

$$\zeta_1 = \cos 22.5 = 0.9239$$

$$\zeta_2 = \cos 67.5 = 0.3827$$

حاصل ہوتے ہیں اپنے بسترورت کلیے

$$(s^2 + 2 \times 0.9239 \times s + 1) (s^2 + 2 \times 0.3827s + 1)$$

یعنی

$$(s^2 + 1.848s + 1) (s^2 + 0.765s + 1)$$

ہو گا۔ شکل ۶.۲۲ میں طاق  $n$  کی صورت میں  $\theta$  کا حصول کیا گیا ہے۔ شکل افے میں  $n = 3$  کے لئے حل کیا گیا ہے جیسا  $aoo'$  کا زاویہ  $\frac{\pi}{n}$  یعنی  $60^\circ$  کا میخپا گیا ہے۔  $\theta = /aoo'$  یعنی ہے۔

$$\zeta = \cos 60 = 0.5$$

حاصل ہوتا ہے۔ طاق بُشروعت کیے میں  $(s + 1)$  کا اضافی جزو پیا جاتا ہے لہذا  $n = 3$  کی صورت میں بُشروعت کا یہ ہے

$$(s + 1) \left( s^2 + 2 \times 0.5 \times s + 1 \right)$$

یعنی

$$(s + 1) \left( s^2 + s + 1 \right)$$

نکھنے کے بعد  $\angle aoo' = \frac{\pi}{5}$  کی پیشہ یہیں ہوگا  $n = 5$  کی صورت میں

$$\begin{aligned} \theta_1 &= \angle aoo' \\ \theta_2 &= \angle boo' \end{aligned}$$

ہوں گے جدول ۲.۶ میں  $1 \neq \omega_0$  ایتھے ہوئے رتبے اول بُشروعت فلٹر کے کمیں کو

$$(2.127) \quad \frac{A(s)}{A_0} = \frac{1}{\left(\frac{s}{\omega_0}\right) + 1}$$

جبکہ دور تی بُشروعت فلٹر کے کمیں کو

$$(2.128) \quad \frac{A(s)}{A_0} = \frac{1}{\left(\frac{s}{\omega_0}\right)^2 + 2\zeta \left(\frac{s}{\omega_0}\right) + 1}$$

لکھا جاسکتا ہے۔

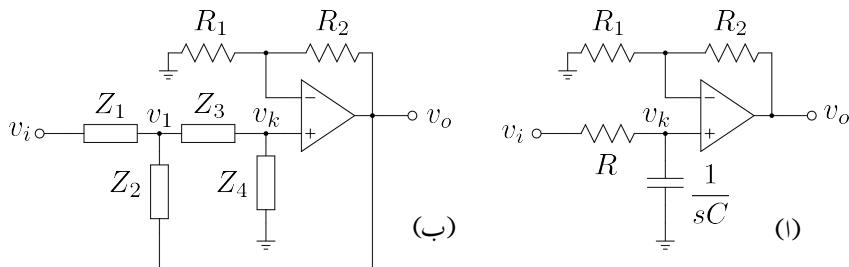
### ۲.۱۶.۱ بُشروعت فلٹر کا دور

شکل ۲.۲۳ افے میں رتبے اول پست گزار بُشروعت فلٹر دکھایا گیا ہے۔ اس کو دیکھتے ہوئے

$$\begin{aligned} v_k &= \left( \frac{\frac{1}{sC}}{R + \frac{1}{sC}} \right) v_i = \frac{v_i}{sRC + 1} \\ v_o &= \left( 1 + \frac{R_2}{R_1} \right) v_k \end{aligned}$$

لکھا جاسکتا ہے جس سے

$$A(s) = \frac{v_o}{v_i} = \left( 1 + \frac{R_2}{R_1} \right) \left( \frac{1}{sRC + 1} \right)$$



شکل ۶.۲۳: بیکاری فلٹر

حاصل ہوتا ہے۔ اس میں

$$(6.129) \quad \omega_0 = \frac{1}{RC}$$

$$A_0 = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

لکھتے ہوئے

$$\frac{A(s)}{A_0} = \frac{1}{\left(\frac{s}{\omega_0}\right) + 1}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اس کا مساوات ۶.۱۲۷ کے ساتھ سے موازن کریں جو یک رتبی بیش ورث فلٹر کی مساوات ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ شکل ۶.۲۳ الف یک رتبی بیش ورث فلٹر ہے۔  $R$  اور  $C$  کی جگہ میں آپس میں تبدیل کرنے سے یک رتبی بلند گزار بیش ورث فلٹر حاصل ہوتا ہے۔ یک رتبی بیش ورث فلٹر میں  $A_0$  کی قیمت کچھ بھی جسا کتی ہے۔ عموماً  $A_0$  کو استعمال کرتے ہوئے اشارہ بڑھایا جاتا ہے۔ آئیں شکل ۶.۲۳ ب میں دئے دو رتبی بیش ورث فلٹر کو حل کریں۔ جوڑ ۱ پر کرخونے کے فناون برائے برقی روکی مدد سے

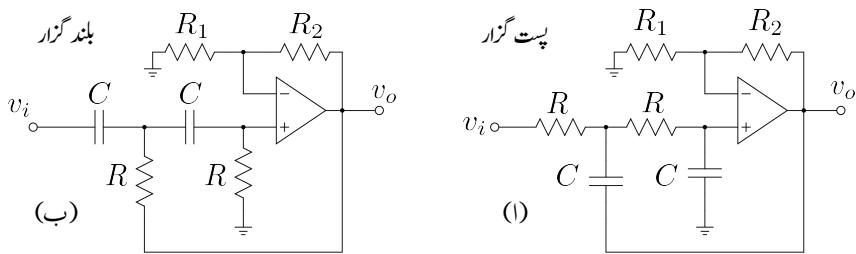
$$\frac{v_1 - v_i}{Z_1} + \frac{v_1}{Z_3 + Z_4} + \frac{v_1 - v_o}{Z_2} = 0$$

لکھ جاسکتا ہے جبکہ کرخونے کے فناون برائے برقی روکی مدد سے

$$v_k = \left( \frac{Z_4}{Z_3 + Z_4} \right) v_1$$

لکھ جاسکتا ہے۔ ثابت ایپلیگاڑ کے لئے

$$v_o = \left( 1 + \frac{R_2}{R_1} \right) v_k = A_0 v_k$$



شکل ۶.۲۳: بیشروت پست گزار اور بلند گزار فلٹر

کہا جاتا ہے۔ ان تینوں مساوات کو حل کرنے سے

$$(6.130) \quad A(s) = \frac{v_o}{v_i} = \frac{A_0 Z_2 Z_4}{Z_2 (Z_1 + Z_3 + Z_4) + Z_1 Z_3 + Z_1 Z_4 (1 - A_0)}$$

حاصل ہوتا ہے۔ پست گزار فلٹر کی صورت میں  $Z_1$  اور  $Z_3$  مسماحت جبکہ  $Z_2$  اور  $Z_4$  کمیٹ ہوتے ہیں۔ ایسا دو شکل ۶.۲۳ اف میں دکھایا گیا ہے۔ اس کے برخلاف بلند گزار فلٹر میں  $Z_1$  اور  $Z_3$  کمیٹ جبکہ  $Z_2$  اور  $Z_4$  مسماحت ہوتے ہیں۔ شکل ۶.۲۳ ب میں بلند گزار فلٹر دکھایا گیا ہے۔

شکل ۶.۲۳ اف کے لئے مساوات ۶.۱۳۰ کے درج ذیل دیتی ہے۔

$$(6.131) \quad A(s) = \frac{A_0 \left( \frac{1}{RC} \right)^2}{s^2 + \left( \frac{3-A_0}{RC} \right) s + \left( \frac{1}{RC} \right)^2}$$

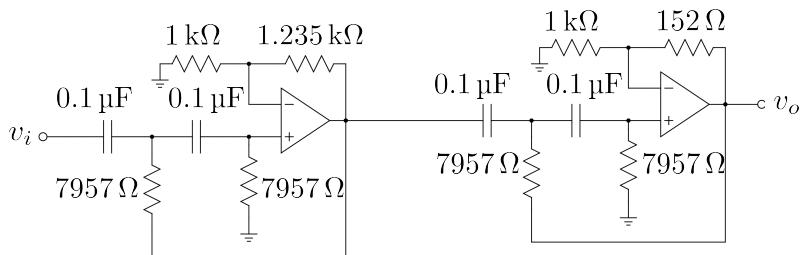
مساوات ۶.۱۳۱ کا مساوات ۶.۱۲۸ کے ساتھ موازن کرتے ہوئے

$$(6.132) \quad \omega_0 = \frac{1}{RC}$$

$$A_0 = 3 - 2\zeta$$

حاصل ہوتے ہیں۔

ان معلومات کے ساتھ اب ہم بیشروت فلٹر تحلیق دے سکتے ہیں۔  $RC$  کو درکار  $\frac{1}{\omega_0}$  کے برابر کہا جاتا ہے جہاں پست گزار فلٹر کی صورت میں یہ  $\omega_H$  جبکہ بلند گزار فلٹر کی صورت میں  $\omega_L = \omega_0$  کے برابر ہو گا۔ جفت  $n$  کی صورت میں شکل ۶.۲۳ اف طرز کے  $\frac{n}{2}$  کڑیاں استعمال کرتے ہوئے زنجیری ایپلیکیشن بنایا جاتا ہے۔ جدول ۶.۱ میں مطلوب دوربی کلیات کے حاصل کے جوابات ہیں۔ ہر جی کے لئے ایک کڑی تحلیق دی جاتی ہے۔ طبق  $n$  کی صورت میں شکل ۶.۲۳ اف کے طرز پر  $\frac{n-1}{2}$  کڑیوں کے علاوہ شکل ۶.۲۳ اف کے طرز پر اضافی کڑی بھی استعمال کی جاتی ہے۔ اگرچہ یہ ضروری نہیں کہ تمام کڑیوں میں بالکل یکسان قیمتوں کے مسماحت اور کمیٹ نسب کے جواب میں، حقیقت میں ایسا ہی کیا جاتا ہے اور یوں تمام کڑیاں بالکل یکسان دھتی ہیں۔



شکل ۶.۶۵: چارتبی بلندگزار بثروت فلٹر

مثال ۶.۲۰: ایک ایسا چارتبی بلندگزار بثروت فلٹر تخلیق دیں جس کی  $f_L = 200 \text{ Hz}$  ہو۔  
حل: شکل ۶.۶۲ کے دو کڑیاں زخیری شکل میں جوڑ کر چارتبی بلندگزار فلٹر حاصل ہو گا۔ جب دل ۶.۱ سے چارتبی فلٹر کے

$$\zeta_1 = \frac{0.765}{2} = 0.3825$$

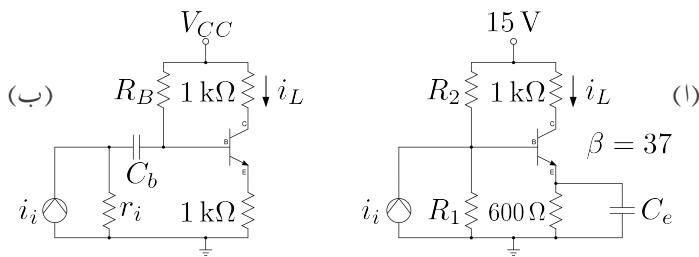
$$\zeta_2 = \frac{1.848}{2} = 0.924$$

حاصل ہوتے ہیں۔ اس طرح مساوات ۶.۱۳۲ سے

$$A_{v1} = 3 - 0.765 = 2.235$$

$$A_{v2} = 3 - 1.848 = 1.152$$

چونکہ ثابت ایکلینیکر کی افیزائش  $A_v = 1 + \frac{R_2}{R_1}$  کے برابر ہے لہذا پہلی کڑی کے لئے  $R_2 = 1.235 R_1$  رکھنا ہو گا۔ اگر  $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$  رکھا جائے تب  $R_2 = 1.235 \text{ k}\Omega$  ہو گا۔ اسی طرح دوسری کڑی کے لئے اگر پہلی مزاجت ۱  $\text{k}\Omega$  رکھا جائے تو دوسری مزاجت  $152 \Omega$  رکھنا ہو گا۔ اسی طرح  $f_L = 200 \text{ Hz}$  حاصل کرنے کی حق طریقہ اگر  $C = 0.1 \mu\text{F}$  رکھا جائے تب مساوات ۶.۱۳۲ سے  $7957 \Omega$  حاصل ہوتا ہے۔ شکل ۶.۶۵ میں تخلیق کردہ فلٹر دکھایا گیا ہے۔ حاصل ہوتے ہیں۔



شکل ۶.۲۶

سوالات

تمام سوالات میں  $(\beta \approx \beta + 1)$  لیا جاسکتا ہے۔  
سوال ۶.۱: شکل ۶.۲۶ الف میں

- $R_2$  کی ایسی قیمتیں حاصل کریں کہ  $i_L$  کا جیط زیادہ سے زیادہ ممکن ہو۔
  - پست انتقالی نقطہ 5 Hz پر رکھنے کے لئے درکار کپیٹر  $C_e$  کی قیمت حاصل کریں۔
  - حاصل کریں اور اس کے تجتی قیمت کا بوداخط کھینچیں۔  
 $A_i = \frac{i_L}{i_i}$
- جو بات:  $R_2 = 7.6 \text{ k}\Omega$ ,  $R_1 = 3.26 \text{ k}\Omega$ ,  $V_{BB} = 4.5 \text{ V}$ ,  $R_B = 2.2 \text{ k}\Omega$ ,  $I_{CQ} = 5.77 \text{ mA}$ ,  
 $C_e = 548 \mu\text{F}$ ,  $r_e = 4.3 \Omega$

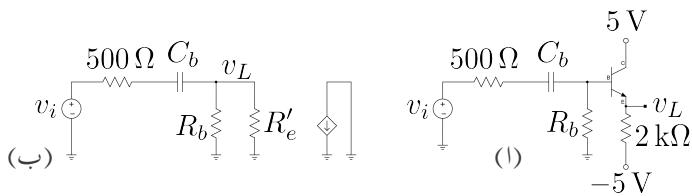
$$A_i = \left( \frac{\beta R_B}{R_B + r_{be}} \right) \frac{s + \frac{1}{R_E C_E}}{s + \frac{R_B + r_{be} + \beta R_E}{R_E C_E (R_B + r_{be})}} = 34.5 \left( \frac{s + 3.04}{s + 31.66} \right)$$

سوال ۶.۲: شکل ۶.۲۶ ب میں  $\beta = 137$  اور  $r_i = 40 \text{ k}\Omega$ ,  $R_B = 200 \text{ k}\Omega$ ,  $C_b$  کی قیمت کیا ہوگی؟  $A_i = \frac{i_L}{i_i}$  کی مساوات حاصل کرتے ہوئے اس کے تجتی قیمت کا بوداخط کھینچیں۔

جو بات:  $R_B \parallel (r_{be} + r_e) \gg R_E$  کو نظر رہا از کرتے ہوئے  $C_b = 21.8 \text{ nF}$  حاصل ہوتا ہے۔  $R'_B (\beta + 1) R_E$  کو لکھتے ہوئے

$$A_i = \frac{r_i \parallel R'_B}{r_e + R_E} \left( \frac{s}{s + \frac{1}{(r_i + R'_B) C_b}} \right)$$

سوال ۶.۳: شکل ۶.۲۶ ب میں  $\beta = 70$  ایسی قیمت  $R_b$  کی حاصل کریں کہ  $I_{CQ} = 2 \text{ mA}$  حاصل ہو۔ پست انتقالی تعداد کو 10 Hz پر رکھنے کی حفاظت درکار  $C_b$  حاصل کریں۔



شکل ۶.۲۷

جوابات: شکل ب میں باریک اس ترتیب میں مداری دردھایا گیا ہے جس کو  $(\beta + 1)$  سے ضرب دیتے جوئے ٹرانزسٹر کے یہ سنجاب مقفل کر کے  $R'_e$  کیا گیا ہے۔ اس شکل کو دیکھتے ہی  $\omega$  لکھ جاسکتا ہے جس سے  $C_b = 1.529 \mu F$  حاصل ہوتا ہے۔

سوال ۶.۳: شکل ۶.۲۶ میں  $R_e$  کے متوازی  $100 \mu F$  کیمیٹر نسب کرتے ہوئے  $\frac{i_L}{i_i}$  کے حقیقتی قیمت کا بڑا خط کچھیں۔  $V_{CC} = 10 V$  اور  $\beta = 99$ ،  $R_B = 400 k\Omega$ ،  $r_i = 200 k\Omega$ ،  $C_b = 10 \mu F$  ہیں۔

جواب:

$$A_i = \frac{-158s \left(1 + \frac{s}{10}\right)}{\left(1 + \frac{s}{0.355}\right) \left(1 + \frac{s}{17.65}\right)}$$

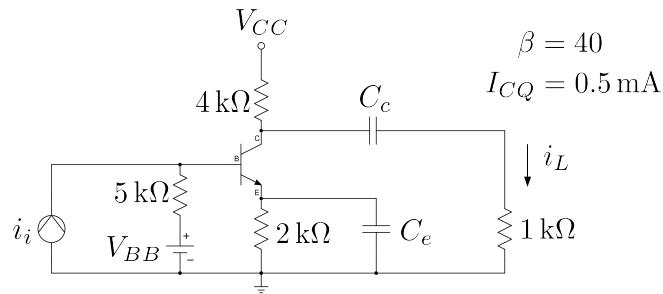
سوال ۶.۲۸ میں شکل ۶.۲۸

$$A_i = \frac{i_L}{i_i} \cdot r_{be}$$

- دوں کیمیٹر کی وہ قیمتیں دریافت کریں جن پر  $A_i$  کے دونوں قطب 10 rad/s پر پائے جائیں۔

- افزائش  $A_i$  کے حقیقتی قیمت کا بڑا خط کچھیں۔

جوابات:



شکل ۶.۱۸

$$A_i = \frac{-R_c r_i \beta}{(R_c + R_L)(r_i + r_{be})} \frac{s(s + w_s)}{(s + w_{q1})(s + w_{q2})}$$

$$w_s = \frac{1}{R_e C_e}$$

$$w_{q1} = \frac{1}{(R_c + R_L) C_c}$$

$$w_{q2} = \frac{1}{\left[ Re \parallel \left( \frac{r_i + r_{be}}{\beta + 1} \right) \right] C_e}$$

$$r_{be} = \frac{\beta V_T}{I_{CQ}}$$

$$C_e = 636 \mu F, C_c = 20 \mu F$$

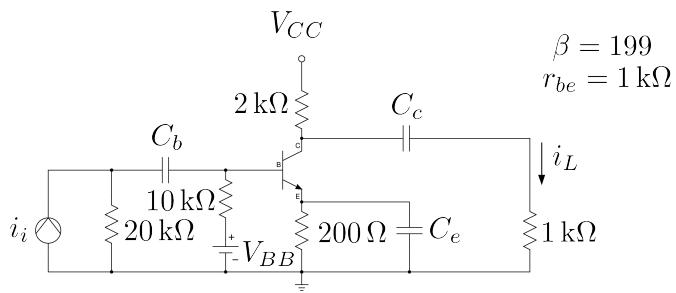
سوال ۶.۶: شکل ۶.۲۹ میں پست انتظامی تعداد  $200 \text{ rad/s}$  رکھنے کی حنا طرد رکارڈ  $C_e$  کو مثال ۶.۸ کے طرز پر حاصل کریں۔ بقایاد نوں کمپیوٹروں کے قطبے  $5 \text{ rad/s}$  پر رکھنے ہوئے ان کی بھی قیمتیں حاصل کریں۔ درمیانی تعداد پر افزاں حاصل کریں۔

$$\text{جوابات: } -138 \frac{\text{A}}{\text{A}}, 7.1 \mu \text{F}, 66.6 \mu \text{F}, 155 \mu \text{F}$$

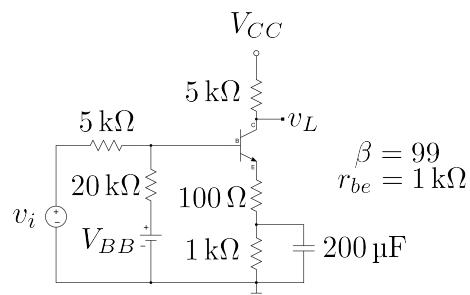
سوال ۶.۷: شکل ۶.۷۰ میں  $A_v = \frac{v_L}{v_i}$  حاصل کریں۔

$$\text{جواب: } A_v = \frac{-26.4(s+5)}{s+38.55}$$

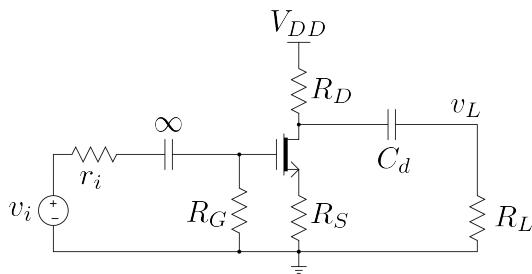
سوال ۶.۸: شکل ۶.۷۱ میں  $A_v = \frac{v_L}{v_i}$  حاصل کرتے ہوئے پست انتظامی تعداد  $\omega_L$  کی مسافت  $g_m = 4 \text{ mS}$ ،  $r_o = 10 \text{ k}\Omega$ ،  $R_L = 100 \text{ k}\Omega$ ،  $R_D = 4.7 \text{ k}\Omega$ ،  $R_S = 1 \text{ k}\Omega$  حاصل کریں۔



۲.۶۹ شکل



۲.۷۰ شکل



شکل ۶.۲۷

لیتے ہوئے ڈین کپیٹر  $C_d$  کی وہ تیزت حاصل کریں جس پر  $f_L = 20 \text{ Hz}$  حاصل ہو۔  
جوابات:  $C_d = 55 \text{ nF}$

$$\omega_L = \frac{1}{C_d \left[ R_L + \left( R_D \parallel r_o + (\mu + 1) R_S \right) \right]}$$

سوال ۶.۹: شکل ۶.۷ میں  $R_S$  کے متوازی الامد دیکھنے کرتے ہوئے سوال ۶.۸ کو دوبارہ حل کریں۔  
جوابات:  $C_d = 77 \text{ nF}$

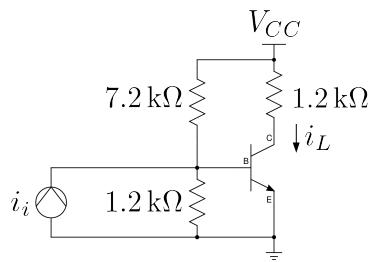
$$\omega_L = \frac{1}{C_d (R_L + R_D \parallel r_o)}$$

مندرجہ بالا دونوں سوالات کے نتائج کاملاً ۶.۹ میں  $C_s$  کے ساتھ موازن کرتے ہوئے آپ دیکھ سکتے ہیں کہ کسی بھی پست نقطائی تعدد کے حصول کے لئے دکار ٹرانزسٹر کی طرح مافیٹ کا بھی سورس کپیٹر زیادہ قیمت رکھتا ہے۔

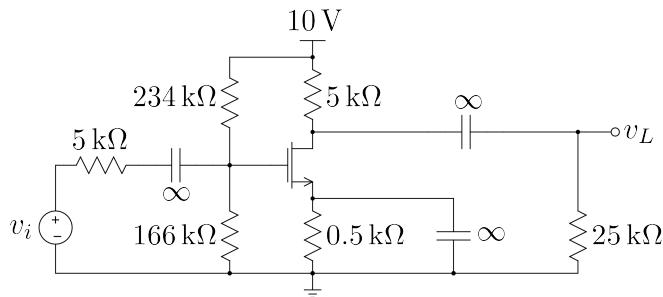
سوال ۶.۱۰: شکل ۶.۷ میں  $\frac{i_L}{i_I} = 34 \text{ dB}$  اور بلند نقطائی تعدد  $1.2 \text{ MHz}$  ناپاہتا ہے۔ یہ سمت بر قی روکھنے کا مقصود تصور کر تے ہوئے  $\beta$ ،  $f_T$  اور  $r_{b'e}$  اور  $C_{b'c}$  کو صفر تصور کر تے ہوئے  $I_{CQ} = 2 \text{ mA}$  حاصل کریں۔  
جوابات:  $C_{b'c} = 1625 \Omega$ ,  $f_T = 155 \text{ MHz}$ ,  $\beta = 129$ ,  $r_e = 12.5 \Omega$ ,  $g_m = 0.08 \text{ S}$ ,  $82 \text{ pF}$

سوال ۶.۱۱: صفحہ ۶.۵ پر شکل ۶.۳ میں  $R_2 = R'_L = R_C = 1.2 \text{ k}\Omega$ ,  $R_S = R_1 = 12 \text{ k}\Omega$ ,  $R_E = 100 \Omega$ ,  $\beta = 100$ ,  $f_T = 200 \text{ MHz}$  ہے۔ ٹرانزسٹر  $I_{CQ} = 10 \text{ mA}$  اور  $A_{vD} = \frac{v_o}{v_s} = 0$  اور  $r_{bb'} = 5 \text{ pF}$  اور میانی تعدد کی  $A_{vD} = \frac{v_o}{v_s} = 5 \text{ pF}$  اور  $r_{bb'} = 5 \text{ pF}$  تصور کر تے ہوئے  $f_H = 1 \text{ kHz}$  حاصل کریں۔  
جوابات:  $C_M = 1200 \text{ pF}$ ,  $C_{b'e} = 318 \text{ pF}$ ,  $R_{th} = 1 \text{ k}\Omega$ ,  $r_{b'e} = 253 \Omega$ ,  $g_m = 0.4 \text{ S}$ ,  $A_{vD} = -5.9 \frac{\text{V}}{\text{V}}$ ,  $414 \text{ kHz}$

سوال ۶.۱۲: سوال ۶.۱۱ میں  $C_{b'c} = 2 \text{ pF}$  اور  $\beta = 25$  اور  $I_{CQ} = 1 \text{ mA}$  اور  $A_{vD}$  تصور کر تے ہوئے  $f_H = 1 \text{ kHz}$  اور دوبارہ حاصل کریں۔ بقیات معلوم جوں کے توں ہیں۔



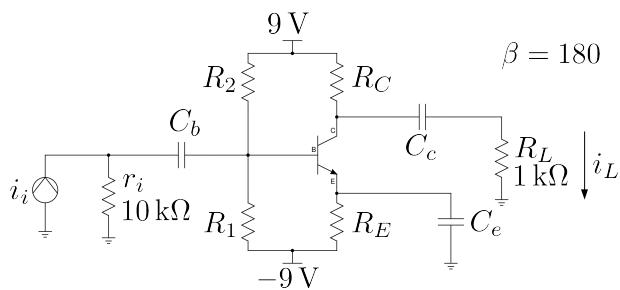
شکل ۶.۷۲



شکل ۶.۷۳

جواب:  $R_{th}$  کے جو  $r_{b'e} = 650 \Omega$  اور  $C_M = 50 \text{ pF}$  اور  $C_{b'e} = 32 \text{ pF}$  اور  $g_m = 0.04 \text{ S}$  ہے۔  
بہت کم نہیں لہذا  $f_H$  کے لئے مساوات ۶.۸۳ استعمال کیا جائے گا جوں  $f_H = 4.9 \text{ MHz}$  حاصل ہوتا ہے۔  
 $A_{vD} = -1.47 \frac{\text{V}}{\text{V}}$   
سوال ۶.۱۳: ایک ماسفیٹ جس کے  $k_n = 0.4 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2}$  اور  $V_t = 1 \text{ V}$  اور  $C_{gd} = 0.02 \text{ pF}$  اور  $C_{gs} = 0.25 \text{ pF}$  اور  $f_T = 333 \text{ MHz}$  ہے۔ اس کی  $I_{DS} = 0.4 \text{ mA}$  پر چالایا جبار ہے۔ اس کی  $f_T$  حاصل کریں۔

سوال ۶.۱۴: شکل ۶.۷۳ میں  $C_{gd} = 0.12 \text{ pF}$  اور  $C_{gs} = 1.2 \text{ pF}$  اور  $V_t = 2 \text{ V}$  اور  $k_n = 1 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2}$  ہے۔ مل کپیٹر،  $f_T$  اور  $A_v$  کا  $f_H$  کا حاصل کریں۔  
جواب:  $f_T = 118 \text{ MHz}$  اور  $C_M = 0.895 \text{ pF}$  اور  $g_m = 1.55 \text{ mS}$  اور  $I_{DS} = 1.2 \text{ mA}$  اور  $f_H = 8.4 \text{ MHz}$  ہے۔  
سوال ۶.۱۵: کیکوڈ ایکلیپس فارک تعددی کو شکل ۶.۷۹ میں دکھایا گیا ہے جس میں  $V_{CC} = 15 \text{ V}$  اور  $V_{CE1} = 5 \text{ V}$  اور  $V_{CE2} = 2 \text{ V}$  ہے۔  $R_E = 2.5 \text{ k}\Omega$  اور  $R_2$  یوں چنیں کر کے رکھئے جائے اور  $R_1 = R'_1 = 0.5 \text{ mA}$  اور  $R'_2 = R_2$  یوں چنیں کر کے رکھئے جائے۔ درمیانی تعداد پر افزائش



شکل ۶.۷۳

حاصل کریں۔

سوال ۶.۱۶: شکل ۶.۷۲ میں داخلی اسارے کی مزاحمت  $10\text{ k}\Omega = r_i$  جبکہ بوجھ کی مزاحمت  $1\text{ k}\Omega$  ہے۔ زیادہ سے زیادہ  $A_i$  حاصل کرنے کے لئے ضروری ہے کہ  $i_i$  کا زیادہ سے زیادہ حصہ ٹرانزستر کیس میں سے گزے۔ ای طرح خارجی جانب زیادہ سے زیادہ  $i_L$  تب حاصل ہو گا جب  $R_C \gg R_L$  اور  $C_c$  کو ایسا چھین کر دوں تو  $V_{CE} = 9\text{ V}$  اور  $R_E = 9\text{ k}\Omega$  کو ایسا چھین کر دوں تو  $C_b$  سے حاصل کونے کے لئے چھین۔ درمیانی تعداد پر افزاں شے حاصل کرنے کے لئے چھین۔ درمیانی تعداد پر افزاں شے حاصل کریں۔

$$A_i = \frac{i_L}{i_i}$$

جوابات:  $V_{BB} = 1.69\text{ V}$ ,  $I_C = 1.62\text{ mA}$ ,  $R_C = 5\text{ k}\Omega$ ,  $R_E = 556\text{ }\Omega$ ,  $R_B = 10\text{ k}\Omega$ ,  $A_i = -55$ ,  $C_e = 198\text{ }\mu\text{F}$ ,  $C_b = 15.9\text{ }\mu\text{F}$ ,  $C_c = 13.3\text{ }\mu\text{F}$ ,  $R_1 = 24.7\text{ k}\Omega$ ,  $R_2 = 16.8\text{ k}\Omega$ ,  $-96.4\text{ A/A}$  ہے۔

سوال ۶.۱۷: سوال ۶.۱۶ میں استعمال شدہ ٹرانزستر کا  $f_T = 250\text{ MHz}$  اور  $C_{b'e} = 5\text{ pF}$  ہے۔ بلند انتظامی تعداد حاصل کرنے ہوئے کمبل بوداٹ کھینچیں اور اس پرست انتظامی تعداد، بلند انتظامی تعداد اور درمیانی تعداد کی افزاں شے  $A_i$  واسط طور پر دکھائیں۔ ایسا کرنے کی حناظر  $A_r = \frac{v_L}{i_L} \times \frac{i_L}{i_i} = \frac{v_L}{i_i}$  یعنی  $A_i R_L$  لکھ کر حاصل کریں۔

$$A_r = -96.4 \frac{\text{kV}}{\text{A}}, f_H = 11.57\text{ MHz}, C_{b'e} = 631\text{ pF}$$

سوال ۶.۱۸: شکل ۶.۷۵ میں درمیانی تعداد پر  $A_i = \frac{i_L}{i_i}$  کی حاصل کریں۔ ٹرانزستر کا  $f_T = 5\text{ pF}$  اور  $C_{b'e} = 5\text{ pF}$  ہے۔ بلند انتظامی تعداد بھی حاصل کریں۔ سیر ولنی کپیسٹر وں کی قیمت لامدد و تصور کریں۔

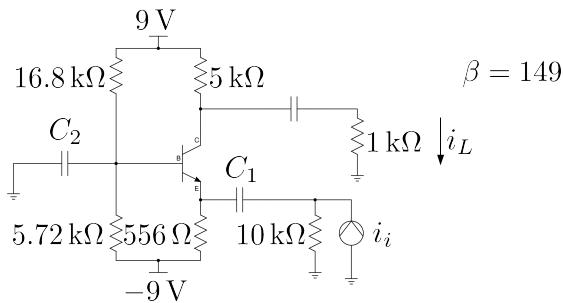
جوابات:  $A_i = 0.833 \frac{\text{A}}{\text{A}}$ ,  $C_{b'e} = 636\text{ pF}$ ,  $f_{Hbc} = 32\text{ MHz}$ ,  $f_{Hbe} = 46.7\text{ MHz}$ ,  $f_{Hce} = 32\text{ MHz}$  ہیں۔ یہ دونوں جوابات بہت متربیہ ہیں تاہم، مم  $C_{b'e}$  کے پیسے 32 کو بلند انتظامی تعداد لے سکتے ہیں۔

سوال ۶.۱۹: شکل ۶.۲۱ کی مدد سے  $n = 6$  کی صورت میں تینوں  $k$  حاصل کرتے ہوئے بثروت کلیے لکھیں۔ جواب: جدول ۶.۱ میں جوابات دئے گئے ہیں۔

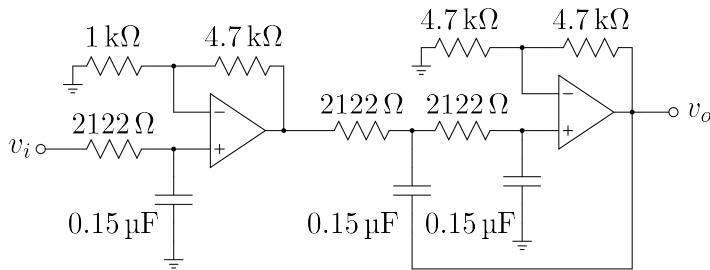
سوال ۶.۲۰: شکل ۶.۲۲ کی مدد سے  $n = 7$  کی صورت میں تینوں  $k$  حاصل کرتے ہوئے بثروت کلیے لکھیں۔

جواب: جدول ۶.۱ میں جوابات دئے گئے ہیں۔

سوال ۶.۲۱: مساوات ۶.۱۳۰ حاصل کریں۔



شکل ۶.۷۵



شکل ۶.۷۶: بیثرورت فلش کا سوال

سوال ۶.۲۲: مساوات ۶.۱۳۱ حاصل کریں۔

سوال ۶.۲۳:  $n = 3$  اور  $n = 4$  کے لئے مساوات ۶.۱۲۵ کو مثال ۶.۱۹ کے طرز پر ثابت کریں۔

سوال ۶.۲۴: شکل ۶.۷۶ میں بیثرورت فلشہ دکھایا گیا ہے۔ اس کی پچان کرتے ہوئے اس کے مختلف مقیمتات حاصل کریں۔ جوابات: یہ مین رتی  $f_H = 500 \text{ Hz}$  کا پست گزار فلشہ ہے۔ پہلی کڑی  $\frac{5.7}{\sqrt{2}}$  کی اندازائش بھی فراہم کرتی ہے۔

## باب ۷

### واپسی ادوار

عسوم نظام کے مستقبل کی کارکردگی اس کے موجودہ نتائج پر منحصر ہوتی ہے۔ ایسے نظام جو اپنی موجودہ کارکردگی کے نتائج کو دیکھتے ہوئے مستقبل کی کارروائی کا فیصلہ کرتے ہیں کو واپسی نظام آہماجبا گا۔

ان افی جسم از خود ایک واپسی نظام کی مثال ہے۔ میز پر پڑے فسلم کو اٹھاتے وقت آپ ہاتھ اس کی حبانب آگے بڑھاتے ہیں۔ آنھیں آپ کو بتالتی ہیں کہ ہاتھ اور فسلم کے مابین کتنا فاصلہ رہ گیا ہے۔ اس معلومات کو مد نظر رکھتے ہوئے آپ اپنے ہاتھ کو مسزید آگے بڑھاتے ہیں حتیٰ کہ آپ کا ہاتھ فسلم تک پہنچ جائے۔ اس پرے عمل میں ہر لمحے ہاتھ کے موجودہ معتم کی خبر آپ کو ملتی رہی جس کو مد نظر رکھتے ہوئے ہاتھ کے اگلے لمحے کی حرکت کا فیصلہ کیں گے۔ کسی بھی واپسی نظام میں موجودہ نتائج حاصل کرنے کے لیے سے زیادہ ذرائع ممکن ہیں۔ اگر ہاتھ کے حرکت کی دبادہ بات کی جبائے تو فسلم کو ایک مرتب دیکھنے کے بعد آپ آنھیں بند کر کے بھی فسلم کو اٹھ سکتے ہیں۔ ایسا کرنا یوں ممکن ہوتا ہے کہ بازو کا عصبی نظام ہر لمحے ہاتھ کے مختلف جوڑوں کے زاویوں کو تابتا ہے۔ ذہن اس معلومات کو استعمال کرتے ہوئے یہ بستلا سکتا ہے کہ ہاتھ کس معتم پر موجود ہے۔ کسی بھی واپسی نظام میں موجودہ نتائج کی خبر حاصل کرنے کی صلاحیت اور اس معلومات کو استعمال کرتے ہوئے اپنی مستقبل کی کارروائی کو تبدیل کرنے کی صلاحیت ہونا ضروری ہے۔

برقیات کے میدان میں واپسی ادوار نہیں ایسے ادوار ناصرف میا کرده داخلی اشارہ بلکہ دور کے اپنے خارجی اشارے کو بھی مد نظر رکھتے ہوئے اگلے لمحے کا خارجی اشارہ تعین کرتے ہیں۔ خارجی اشارے کے خبر کو واپسی اشارہ آہماجبا گا۔ یہاں یہ بستلاتا چلوں کہ یہ ضروری نہیں کہ واپسی ادوار کو داخلی اشارہ ہر صورت مہیا کی جائے۔ مرتعش اس قسم کے ادوار کی ایک اہم قسم ہے جس میں داخلی اشارہ درکار نہیں۔ مرتعش پر اگلے باب میں غور کی جائے گا۔

---

feedback system<sup>۱</sup>  
feedback signal<sup>۲</sup>  
oscillator<sup>۳</sup>

## ۱.۷ ایکلیفائز کی جماعت بندی

ایکلیفائز کا داخنی اشارہ بر قی دباؤ یا بر قی رو ہو سکتا ہے۔ اسی طرح اس کا خارجی اشارہ بر قی دباؤ یا بر قی رو ہو سکتا ہے۔ یوں ایکلیفائز کو حضار مکنے جاس توں میں تقسیم کیا جاتا ہے جنہیں جدول ۱.۷ میں دکھایا گیا ہے۔

### جدول ۱.۷: ایکلیفائز کی جماعت بندی

افزار اش	خارجی اشارہ	داخنی اشارہ	ایکلیفائز کی جماعت
$A_v$	بر قی دباؤ	بر قی دباؤ ایکلیفائز	
$A_i$	بر قی رو	بر قی رو ایکلیفائز	
$A_g$	بر قی رو	موصل نہ ایکلیفائز	
$A_r$	بر قی رو	مزاحمت نہ ایکلیفائز	

ہم بر قی دباؤ ایکلیفائز سے توقع کرتے ہیں کہ یہ داخنی بر قی دباؤ کو  $A_v$  گناہ بڑھا کر حنادج کرے گا۔ یوں اگر اس ایکلیفائز پر خارجی جانب  $R_{L1}$  بوجھ لادا جائے اور ایکلیفائز کو  $V_s$  اشارہ داخنی جانب مہبا کیا جائے تو ہم توقع کریں گے کہ بوجھ پر  $A_v$  بر قی دباؤ پایا جائے گا۔ اب اگر بوجھ کو تبدیل کرتے ہوئے  $R_{L2}$  کر دیا جائے ہم تب بھی توقع کریں گے کہ خارجی بر قی  $V_s$  ای رہے گا۔ اسی طرح اگر داخنی اشارے کی مزاحمت  $R_s$  تبدیل کی جائے تو ہم توقع کرتے ہیں کہ اس کا خارجی بر قی دباؤ پر کوئی اثر نہیں ہو گا۔ اس تتم کام مطلب ہے کہ  $A_v$  پر  $R_L$  اور  $R_s$  کا کوئی اثر نہیں ہونا چاہیے۔ ہم فرمایا تین قسم کے ایکلیفائز سے بھی توقع کرتے ہیں کہ ان کی افسزاں پر بھی  $R_L$  اور  $R_s$  کا کوئی اثر نہیں ہونا چاہیے۔

### ۱.۷.۱ بر قی دباؤ ایکلیفائز

بر قی دباؤ ایکلیفائز کا مساوی تھوڑن دور شکل ۱.۷ میں نظر دار کیا میں بند دکھایا گیا ہے۔ اے داخنی جانب اشارہ  $V_s$  مہبا کیا گیا ہے جبکہ خارجی جانب اس پر بر قی بوجھ  $R_L$  لادا گیا ہے۔ داخنی اشارہ کی مزاحمت  $R_s$  ہے۔ داخنی جانب بر قی رو کو  $I_i$  لکھتے ہوئے کر خوف کاف نون برائے بر قی دباؤ استعمال کرتے ہیں۔

$$V_s = I_i R_s + I_i R_i$$

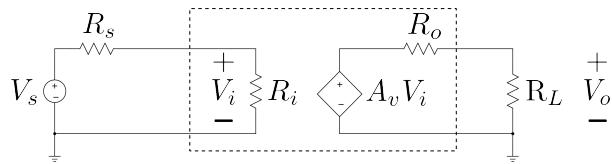
$$I_i = \frac{V_s}{R_s + R_i}$$

اور یوں

$$(1.7) V_i = I_i R_i = V_s \left( \frac{R_i}{R_s + R_i} \right)$$

<sup>۳</sup> ادبیات میں والی ادوار پر غور کرتے ہوئے اشارات کو بڑے صورتِ ثقہی سے علی ہر کیا جاتا ہے۔ اس باب میں ہم بھی ایسا ہی کریں گے

### تحیونن مساوی دور



شکل ۱.۷: بر قی دباؤ ایمپلیفیائر کا مساوی تحیونن دور

س مصل ہوتا ہے۔ اسی طرح حنارجی جناب بر قی رکو  $I_0$  لکھتے ہوئے حاصل ہوتا ہے

$$(1.2)$$

$$\begin{aligned} A_v V_i &= I_0 R_o + I_0 R_L \\ I_0 &= \frac{A_v V_i}{R_o + R_L} \\ V_o &= I_0 R_L = A_v V_i \left( \frac{R_L}{R_o + R_L} \right) \end{aligned}$$

اس مساوات میں  $V_i$  کی قیمت استعمال کر تے حاصل ہوتا ہے

$$(1.3)$$

$$\begin{aligned} V_o &= A_v V_s \left( \frac{R_L}{R_o + R_L} \right) \left( \frac{R_i}{R_s + R_i} \right) \\ A_V &= \frac{V_o}{V_s} = A_v \left( \frac{R_L}{R_o + R_L} \right) \left( \frac{R_i}{R_s + R_i} \right) \end{aligned}$$

اس مساوات کے تحت امنڑا ش کی قیمت اشارے کی مسازامت  $R_s$  اور بوجھ کے مسازامت  $R_L$  پر تھسر ہے جب کہ ایسا نہیں ہونا چاہیے۔ آئیں دیکھیں کہ  $R_s$  اور  $R_L$  کے اثر کو کیسے ختم یا کم کیا جا سکتا ہے۔  
بر قی دباؤ ایمپلیفیائر میں اگر

$$(1.4)$$

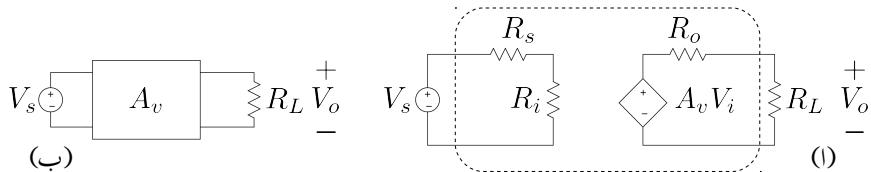
$$\begin{aligned} R_i &\rightarrow \infty \\ R_o &\rightarrow 0 \end{aligned}$$

ہوں تب مساوات ۱.۳ کے

$$(1.5)$$

$$A_V = A_v$$

س مصل ہوتا ہے۔ ایسا ایمپلیفیائر جس کی کل امنڑا ش  $A_V$  کا دار و مدار اشارے کی مسازامت  $R_s$  اور بوجھ کے مسازامت  $R_L$  پر قطعاً تھسر نہیں ہو اور جس کے  $A_V$  کی قیمت اٹھ ہو کو بر قی دباؤ ایمپلیفیائر کہتے ہیں۔ شکل ۱.۷ میں دکھایا، مساوات ۲.۷ پر بور اتر تادور کا مصل بر قی دباؤ ایمپلیفیائر کا دور ہے۔



شکل ۷.۷: برقی دباؤ ایکلینیائز کا سادہ ڈبے نہ شکل

حقیقی برقی دباؤ ایکلینیائز مساوات ۷.۷ کی بھائے مساوات ۷.۷ پر پورا اترت ہے۔

$$(7.7) \quad R_i \gg R_s \\ R_0 \ll R_L$$

جس کے لئے ہم لکھ سکتے ہیں

$$(7.8) \quad A_V \approx A_v$$

مساوات ۷.۷ سے آپ دیکھ سکتے ہیں کہ لامددو  $R_L$  پر  $\frac{V_o}{V_i}$  کی قیمت  $A_v$  کے برابر ہے یعنی

$$(7.8) \quad A_v = \left. \frac{V_o}{V_i} \right|_{R_L \rightarrow \infty}$$

لہذا  $A_v$  کو ایکلینیائز کی لامددو بوجھ کے مزاحمت پر اندازش برقی دباؤ ایکلینیائز کی اندازش برقی دباؤ بھی پکارا جاتا ہے۔

شکل ۷.۷ الف میں برقی دباؤ ایکلینیائز میں داخلی اشارے کی مزاحمت  $R_s$  کو بھی ایکلینیائز کا حصہ تصور کرتے ہوئے شکل ب میں اسی کا سادہ ڈبے نہ شکل دکھایا گیا ہے۔

### ۷.۱.۲ برقی روا ایکلینیائز

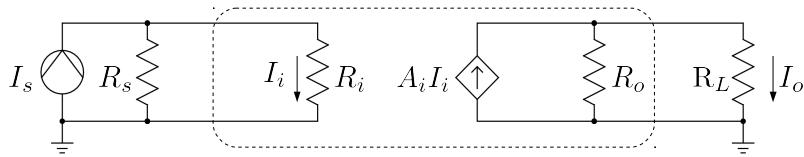
برقی روا ایکلینیائز کا مساوی نارٹن دور شکل ۷.۸ میں نظر دار کیسے میں بند دکھایا گیا ہے۔ اسے داخلی جناب اشارہ  $I_s$  مہی کیا گیا ہے جبکہ خارجی جناب اس پر برقی بوجھ  $R_L$  لادا گیا ہے۔ منبع داخلی اشارے کی مزاحمت  $R_s$  ہے۔ داخلی جناب تقسیم برقی رو سے حاصل ہوتا ہے

$$(7.9) \quad I_i = I_s \left( \frac{R_s}{R_s + R_i} \right)$$

اسی طرح خارجی جناب تقسیم برقی رو سے حاصل ہوتا ہے

$$(7.10) \quad I_o = A_i I_i \left( \frac{R_o}{R_o + R_L} \right)$$

نارٹن مساوی دور



شکل ۱.۷: برقی روایپلیفار کا مساوی نارٹن دور

مندرجہ بالا دو مساوات سے حاصل ہوتا ہے

$$(1.11) \quad I_o = A_i I_s \left( \frac{R_s}{R_s + R_i} \right) \left( \frac{R_o}{R_o + R_L} \right)$$

جس سے کل افناش برقی رو  $A_I$  یوں حاصل ہوتی ہے

$$(1.12) \quad A_I = \frac{I_o}{I_s} = A_i \left( \frac{R_s}{R_s + R_i} \right) \left( \frac{R_o}{R_o + R_L} \right)$$

مساوات ۱.۷ میں اگر

$$(1.13) \quad \begin{aligned} R_i &\ll R_s \\ R_o &\gg R_L \end{aligned}$$

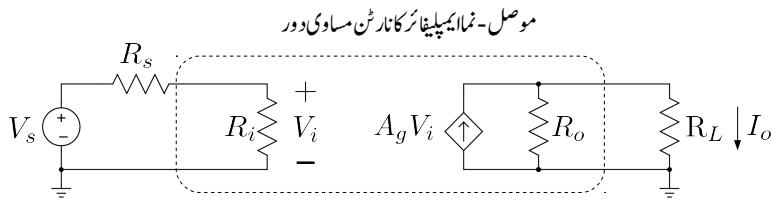
ہوں تو اسے یوں لکھا جا سکتا ہے

$$(1.14) \quad A_I \approx A_i$$

ایسا ایپلیفار جس کی افناش  $I_o$  کا دار و مدار داخلی ہے یعنی مسزاجت  $R_s$  اور حناری بیرونی مسزاجت  $R_L$  پر قطعاً مخفسر نہیں ہوا اور جس کے  $A_I$  کی قیمت اٹل ہو کو برقرار رکھتے ہیں۔ برقی روایپلیفار مساوات ۱.۷، ۱.۱۳ کے تحت ہی تختین دئے جاتے ہیں تاکہ ان کی افناش زیادہ سے زیادہ ہو اور اس کی قیمت حناری مسزاجت پر مخفسر ہو۔ کامل برقی روایپلیفار میں  $R_o = 0$  اور  $R_i = \infty$  ہوں گے۔ مساوات ۱.۱۰ سے آپ دیکھ سکتے ہیں کہ  $R_L = 0$  کی صورت میں

$$(1.15) \quad \left. \frac{I_o}{I_i} \right|_{R_L=0} = A_i$$

حاصل ہوتا ہے، لہذا  $A_i$  کو صفر بوجھ کے مسزاجت پر افناش برقی روپ کا راحب ہے گا۔



شکل ۷.۷: موصل نہ ایکلینیٹر کا مساوی دور

### ۷.۱.۳ موصل نہ ایکلینیٹر

آپ نے برقی دباؤ اور برقی رو ایکلینیٹر کے مساوی دور دیکھے۔ دباؤ ایکلینیٹر کا تھوون مساوی جبکہ رو ایکلینیٹر کا نارٹن مساوی دور استعمال کیا گیا۔ یہاں اس بات کا سچھنا ضروری ہے کہ جہاں برقی دباؤ کی بات کی جبائے وہاں تھوون مساوی دور استعمال کیا جاتا ہے اور جہاں برقی رو کی بات کی جبائے وہاں نارٹن مساوی دور استعمال کیا جاتا ہے۔ یوں چونکہ برقی دباؤ ایکلینیٹر داخنی برقی دباؤ کو بڑھاتا ہے لہذا داخنی جناب اشارہ منع کا تھوون مساوی دور استعمال کیا گی۔ اسی طرح چونکہ یہ ایکلینیٹر برقی دباؤ کی حنارج کرتا ہے لہذا داخنی جناب ایکلینیٹر کا تھوون مساوی دور ہی استعمال کیا گی۔ برقی رو ایکلینیٹر برقی دباؤ کی حنارج کرتا ہے لہذا داخنی جناب اشارہ منع کا نارٹن مساوی دور استعمال کیا جاتا ہے۔ اسی طرح یہ ایکلینیٹر برقی دباؤ کی حنارج کرتا ہے لہذا داخنی جناب بھی نارٹن مساوی دور استعمال کیا گی۔

موصل نہ ایکلینیٹر کا داخنی اشارہ برقی دباؤ جبکہ اس کا حنارج اشارہ برقی دباؤ ہوتا ہے لہذا اس کا تجزیہ کرتے وقت داخنی جناب اشارہ منع کا تھوون جبکہ اس کے حنارج جناب نارٹن مساوی دور استعمال کیا جائے گا۔ شکل ۷.۷ میں موصل نہ ایکلینیٹر کا مساوی دور دکھایا گیا ہے۔ موصل نہ ایکلینیٹر کے لئے ہم لکھ سکتے ہیں

$$(7.12)$$

$$V_i = V_s \left( \frac{R_i}{R_i + R_s} \right)$$

$$I_o = A_g V_i \left( \frac{R_o}{R_o + R_L} \right)$$

$$I_o = A_g V_s \left( \frac{R_i}{R_i + R_s} \right) \left( \frac{R_o}{R_o + R_L} \right)$$

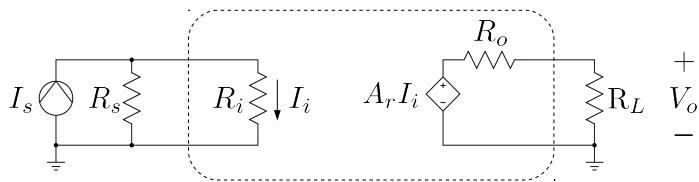
لہذا

$$(7.13) \quad A_G = \frac{I_o}{V_s} = A_g \left( \frac{R_i}{R_i + R_s} \right) \left( \frac{R_o}{R_o + R_L} \right)$$

مساویات ۷.۷ سے آپ دکھ سکتے ہیں کہ  $R_L = 0$  کی صورت میں  $\frac{I_o}{V_i}$  کی قیمت  $A_g$  کے برابر ہے یعنی

$$(7.14) \quad \left. \frac{I_o}{V_i} \right|_{R_L=0} = A_g$$

مزاحمت - نما ایمپلیفیاٹر کا تھیوںن مساوی دور



شکل ۵.۷: مزاحمت نما ایمپلیفیاٹر کا مساوی دور

اسی طرح

$$(۷.۱۹) \quad R_i \gg R_s \\ R_o \gg R_L$$

کی صورت میں مساوات ۷.۱.۷ سے حاصل ہوتا ہے

$$(۷.۲۰) \quad A_G \approx A_g$$

ایسا ایمپلیفیاٹر جس کی افنزاٹشن  $A_G$  کا دارو مدار  $R_S$  اور مزاحمت  $R_L$  پر قطعاً مختصر نہیں ہو اور جس کے  $A_G$  کی قیمت اٹل ہو کو موصلو نما ایمپلیفیاٹر کہتے ہیں۔

### ۷.۱.۳ مزاحمت نما ایمپلیفیاٹر

شکل ۵.۷ میں مزاحمت نما ایمپلیفیاٹر دکھایا گیا ہے جس کا دھنی اشارہ بر قی رو  $I_S$  اور حنارجی اشارہ بر قی دباؤ  $V_o$  ہے۔ اس کو یوں حل کیا جائے گا۔

$$(۷.۲۱) \quad I_i = I_s \left( \frac{R_s}{R_s + R_i} \right) \\ V_o = A_r I_i \left( \frac{R_L}{R_L + R_o} \right)$$

اس مساوات سے ہم دیکھتے ہیں کہ  $R_L = \infty$  کی صورت میں  $A_r$  کی قیمت  $\frac{V_o}{I_i}$  کے برابر ہو گی یعنی

$$(۷.۲۲) \quad \left. \frac{V_o}{I_i} \right|_{R_L=\infty} = A_r$$

لبذا  $A_r$  کو لامدد مزاحمتی بوجہ پر ایمپلیفیاٹر کی مزاحمت نما افنزاٹشن کہتے ہیں۔ کل مزاحمت نما افنزاٹشن  $A_R$  مساوات ۷.۱.۷ سے حاصل کرتے ہیں۔

$$(۷.۲۳) \quad A_R = \frac{V_o}{I_s} = A_r \left( \frac{R_s}{R_s + R_i} \right) \left( \frac{R_L}{R_L + R_o} \right)$$

آپ دیکھ سکتے ہیں کہ

$$(7.23) \quad R_i \ll R_s \\ R_o \ll R_L$$

کی صورت میں مساوات ۷.۲۳ کو یوں لکھا جاتا ہے

$$(7.25) \quad A_R \approx A_r$$

لیکن اس صورت ایکپلینائز کی مزاحمت نہ افسزاں کا دار و مدار  $R_L$  پر نہیں۔

مثال ۷.۱: شکل ۷.۱ میں بوجھ کے مزاحمت  $R_L$  میں برقی روکی قیمت  $\frac{V_o}{R_L}$  کے برابر ہے۔  $\frac{I_o}{V_s}$  کی شرح کو موصل نہ افسزاں تصور کرتے ہوئے ثابت کریں کہ اسے موصل نہ ایکپلینائز تصور نہیں کیا جاتا۔ حل:

$$A_G = \frac{I_o}{V_s} = \frac{I_o}{V_o} \times \frac{V_o}{V_s} = \frac{1}{R_L} \times A_V$$

اس مساوات کے تحت  $A_G$  کی قیمت بوجھ کے مزاحمت  $R_L$  کے قیمت پر منحصر ہے۔ ایکپلینائز کی افسزاں کی قیمت بوجھ کے مزاحمت کے قیمت پر منحصر نہیں ہو سکتی لہذا اسے موصل نہ ایکپلینائز تصور نہیں کیا جاتا۔

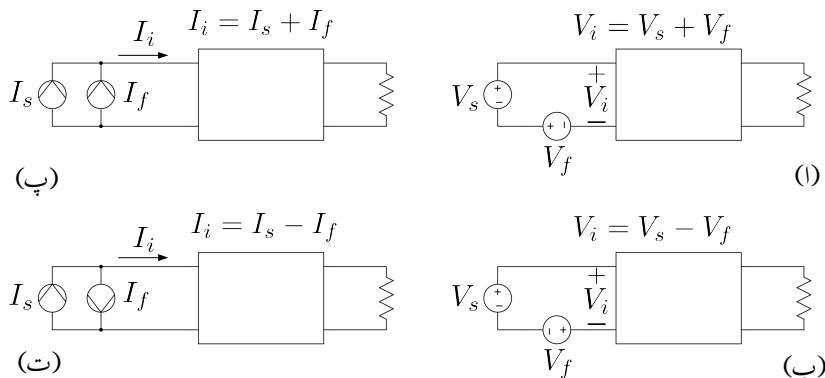
## ۷.۲ واپسی اشارہ

مندرجہ بالا ہے میں ہم نے چار اقسام کے ایکپلینائز دیکھے۔ اس ہے میں ان میں واپسی اشارہ شامل کرنے کی ترکیب دکھائی جائے گی۔ واپسی اشارے کو ایکپلینائز کے داخلی اشارے کے ساتھ جمع یا اس سے منفی کیا جاتا ہے۔ شکل ۷.۲، الف میں واپسی اشارے  $V_f$  کو برقی دباؤ اشارے  $V_s$  کے ساتھ جمع کرنا دکھایا گیا ہے جبکہ شکل ۷.۲، ب میں  $V_f$  کو  $V_s$  سے منفی کرنا دکھایا گیا ہے۔ شکل ۷.۲، پ میں واپسی اشارے  $I_f$  کو برقی دباؤ اشارے  $I_s$  کے ساتھ جمع کرنا دکھایا گیا ہے جبکہ شکل ۷.۲، میں  $I_f$  کو  $I_s$  سے منفی کرنا دکھایا گیا ہے۔ برقی دباؤ اشارات کو آپس میں جمع یا منفی کرتے وقت انہیں ساللمہ وار جوڑا جاتا ہے جبکہ برقی رو اشارات کو آپس میں جمع یا منفی کرتے وقت انہیں متوازن جوڑا جاتا ہے۔ برقی دباؤ اشارے کو کسی صورت برقی رو اشارے کے ساتھ جمع یا منفی نہیں کیا جاتا۔<sup>۵</sup>

شکل ۷.۲، ب میں دکھائے برقی دباؤ ایکپلینائز کو مثال بتاتے ہیں۔ برقی دباؤ ایکپلینائز داخلی جبانب اشارات کو برقی دباؤ کی صورت میں حاصل کرتا ہے لہذا اس کے داخلی جبانب واپسی اشارہ بھی برقی دباؤ کی صورت میں ہو گا۔ واپسی اشارے کو ایکپلینائز کے خارجی اشارے سے حاصل کیا جاتا ہے۔  $V_o$  سے  $V_f$  حاصل کرنے والے دور، جس کو واپسی کار کہتے ہیں، کوڈے کی شکل سے دکھاتے ہوئے شکل ۷.۲، الف حاصل ہوتا ہے واپسی برقی دباؤ

<sup>۵</sup> آپ جانتے ہیں کہ آلو اور ٹیز کو آپس میں جمع یا منفی نہیں کیا جاتا۔ اسی طرح برقی دباؤ کو صرف اور صرف برقی دباؤ کے ساتھی جمع یا اس سے منفی کیا جاتا ہے۔

<sup>۶</sup> feedback circuit



شکل ۷.۲: اشارات کو آپس میں جمع اور منفی کرنے کے طریقے

ایمپلیفیاٹر کے حبائے گا اس شکل میں اوپر والا سب بینیادی بر قی دباو ایمپلیفیاٹر ہے جبکہ نچلا سب دا پس کار ہے۔ دا پس کار کا داخلی اشارہ  $V_0$  ہے جبکہ اس کا خارجی واپسی اشارہ  $V_f$  ہے۔ دا پس کار کا داخلی اشارہ بینیادی ایمپلیفیاٹر کے خارجی جانب سے متوازی حاصل کیا جاتا ہے جبکہ  $V_f$  کو  $V_s$  کے ساتھ سلسلہ دار جوڑا گیا ہے۔

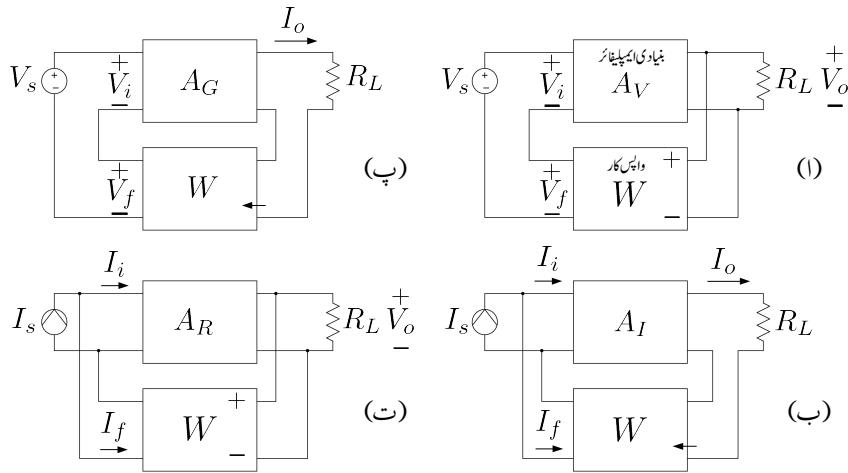
اس شکل میں واپسی اشارہ  $V_f$  کو اشارہ  $V_0$  کے ساتھ جمع کیا گیا ہے اور یوں اس ایمپلیفیاٹر کو منفی واپسی بر قی دباو ایمپلیفیاٹر کے حبائے گا۔ اگر  $V_f$  کو  $V_s$  کے ساتھ جمع کیا جاتا تھا اے جمع واپسی بر قی دباو ایمپلیفیاٹر کا بہتر جواب ادا کیا جاتا۔ اس باب میں منفی واپسی ایمپلیفیاٹر پر ہی بحث کی جائے گی۔ اگلے باب میں جمع واپسی اداوار کا استعمال کیا جائے گا۔

شکل ۷.۷ ب میں بر قی دا ایمپلیفیاٹر میں واپسی اشارے کی مشمولیت دکھائی گئی ہے۔ بینیادی ایمپلیفیاٹر کے داخلی جانب  $I_s$  سے  $I_f$  منفی کیا گیا ہے۔ یوں اس سکھل دور کو منفی واپسی بر قی دباو ایمپلیفیاٹر کے حبائے گا۔ واپسی اشارے کو خارجی اشارہ  $I_0$  سے حاصل کیا گیا ہے۔ ایسا کرنے کی حرکت درواپس کار کے داخلی جانب کو بینیادی ایمپلیفیاٹر کے خارجی جانب کے ساتھ سلسلہ دار جوڑا گیا ہے تاکہ خارجی بر قی  $V_0$  دا پس کار کو بطور دا داخلی اشارہ مہیا کیا جائے۔

یہاں رک کر اس بات کو سمجھیں کہ خارجی بر قی دباو  $V_0$  سے واپسی اشارہ حاصل کرتے وقت دا پس کار کے داخلی جانب کو بینیادی ایمپلیفیاٹر کے خارجی جانب متوازی جوڑا گیا ہے جبکہ خارجی بر قی  $I_0$  سے واپسی اشارہ حاصل کرتے وقت دا پس کار کا داخلی جانب اور بینیادی ایمپلیفیاٹر کا خارجی جانب سلسلہ دار جوڑے جاتے ہیں۔ واپسی اشارہ از خود بر قی دباو یا بر قی صورت میں ہو سکتا ہے۔

شکل ۷.۷ پ میں موصل نہ ایمپلیفیاٹر میں واپسی اشارہ شامل کرنا دکھایا گیا ہے۔ یہاں بینیادی ایمپلیفیاٹر کا خارجی اشارہ بر قی  $I_0$  ہے جس سے واپسی اشارہ حاصل کیا جاتا ہے لہذا دا پس کار کے داخلی جانب کو بینیادی ایمپلیفیاٹر کے خارجی جانب سلسلہ دار جوڑا گیا ہے۔ دا پس کار کا خارجی اشارہ بر قی دباو  $V_f$  ہے جس سے منفی کیا گیا ہے۔

negative feedback voltage amplifier<sup>۶</sup>positive feedback voltage amplifier<sup>۷</sup>negative feedback current amplifier<sup>۸</sup>



شکل ۷.۷: داپکی ایکلپیغاٹر کے اقسام

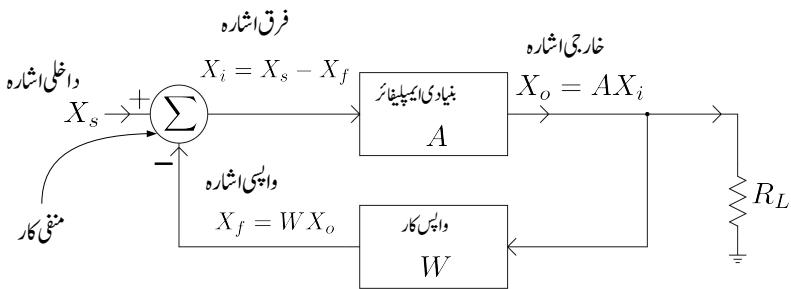
شکل ۷.۷ت میں مزاحمت نہ ایکلپیغاٹر میں داپکی اشارے کی شمولیت دکھائی گئی ہے جسے آپ خود سمجھ سکتے ہیں۔  
جہاں متن سے واضح ہو وہاں ان ایکلپیغاٹر کے پورے نام کی جگہ صرف داپکی ایکلپیغاٹر کا نام استعمال کیا جائے گا۔

### ۷.۳ بیادی کارکردگی

ٹرانزسٹر ایکلپیغاٹر کے دور میں ٹرانزسٹر کاریاضی نموہنیب کرتے ہوئے انہیں کرخوفے کے قوانین سے حل کرنے سے آپ بخوبی واقف ہیں۔ داپکی ایکلپیغاٹر کو بھی اسی طرح حل کرنا ممکن ہے البتہ انہیں یوں حل کرنے سے داپکی عمل کی وضاحت نہیں ہوتی۔ اس حصے میں ہم داپکی ایکلپیغاٹر کو اس طرح حل کریں گے کہ ان میں داپکی اشارے کا کردار اچاگر ہو۔

داپکی ادوار کے تین حصے ہیں۔ پہلا حصہ بیادی ایکلپیغاٹر، دوسرا حصہ جمع کار (یا منفی کار) اور تیسرا حصہ و اپس کار۔ شکل ۷.۸ میں ان تینوں حصے کو دکھائی گیا ہے۔

یہاں بیادی ایکلپیغاٹر سے مراد حصہ ۱ میں دکھائے چار قسم کے ایکلپیغاٹر میں سے کوئی بھی ہو سکتا ہے۔ اشارے کی مزاحمت  $R_S$  کو یہاں بیادی ایکلپیغاٹر کا حصہ تصور کیا گیا ہے۔ یوں شکل ۷.۸ میں A سے مراد  $A_R$  یا  $A_G$ ،  $A_I$  یا  $A_V$  ہو سکتا ہے۔ یہاں  $R_L$  کے علاوہ داپکی اشارے کا حصہ بھی ایکلپیغاٹر کے حنارتی جانب نسبت ہے اور  $A$  داپکی اشارے کے بوجھ کو بھی شامل کرتے حاصل کیا جاتا ہے۔ اس کی وضاحت حصہ ۷.۸ میں کی جائے گی۔ ایکلپیغاٹر کے داخلي اشارے  $V_S$  کو  $I_S$  کی وجہ سے جبکہ اس کے حنارتی اشارے  $V_0$  کو  $I_0$  اور اسی طرح داپکی اشارے  $V_f$  کو  $I_f$  لکھتے ہوئے آگے بڑھتے ہیں۔ یوں اس شکل میں بیادی ایکلپیغاٹر اشارہ  $X_f$  کو بڑھا کر



شکل ۸.۷: بنیادی وابیس ایکپلینیز

بطور  $X_o$  حنارج کرتا ہے یعنی

$$(7.26) \quad X_o = AX_i$$

اس مساوات کو یوں بھی لکھا جا سکتا ہے

$$(7.27) \quad A = \frac{X_o}{X_i}$$

و اپس کار عموماً غیرہ عامل پر زہ جبات یعنی مزاحمت، کپیٹر و غیرہ سے تخلیق دیا جاتا ہے۔ یہ حنارجی اشارے کا کچھ حصہ داخلی جانب تک پہنچاتا ہے۔ شکل سے آپ دیکھ سکتے ہیں کہ و اپس کار  $X_o$  کا کچھ حصہ منفی کار کو بطور وابیس ایکپلینیز  $X_f$  پیش کرتا ہے جہاں

$$(7.28) \quad X_f = WX_o$$

ہے۔  $W$  سے مراد و اپس کار کے حنارجی اور داخلی اشاروں کی شرح یعنی  $\frac{X_f}{X_o}$  ہے۔  $W$  کو و اپس کار کا مستقل اکہ جائے گا۔

منفی کار داخلی اشارے  $X_s$  سے وابیس ایکپلینیز  $X_f$  کو منفی کر کے اسے بطور فرقہ ایکپلینیز  $X_i$  حنارج کرتا ہے یعنی

$$(7.29) \quad X_i = X_s - X_f$$

اس میں مساوات ۷.۲۸ استعمال کرتے

$$(7.30) \quad X_i = X_s - WX_o$$

<sup>۱\*</sup> feedback constant

ملتا ہے جس میں مساوات ۷.۷ کے استعمال سے

$$\frac{X_o}{A} = X_s - WX_o$$

حصہ ملتا ہے۔ اس کو  $X_o$  کے لئے حل کرتے ہیں

$$X_o = A(X_s - WX_o)$$

$$X_o(1 + WA) = AX_s$$

$$X_o = \left( \frac{A}{1 + WA} \right) X_s$$

یوں پورے دور کے داخلی اشارے کو  $X_s$  اور اس کا حنارجی اشارے کو  $X_o$  لیتے ہوئے داپکی دور کے کل افسزاں  $A_f$  کو پوں لکھ سکتے ہیں۔

$$(7.31) \quad A_f = \frac{X_o}{X_s} = \frac{A}{1 + WA}$$

منفی داپکی ایکپلینیزر میں  $|A_f| > |A|$  ہوتا ہے جبکہ بیت و داپکی ایکپلینیزر میں  $|A_f| < |A|$  ہوتا ہے۔

مثال ۷.۲: ایک ایکپلینیزر جس کا 99 =  $A$  ہے میں داپکی اشارے کی شمولیت سے داپکی ایکپلینیزر تخلیق دیا جاتا ہے۔  $W = 0.01$  اور  $W_p = 0.1$  پر داپکی ایکپلینیزر کی افسزاں  $A_f$  حاصل کریں۔

حل: مساوات ۷.۳ کی مدد سے  $W_p = 0.01$

$$A_f = \frac{99}{1 + 0.01 \times 99} = 49.749$$

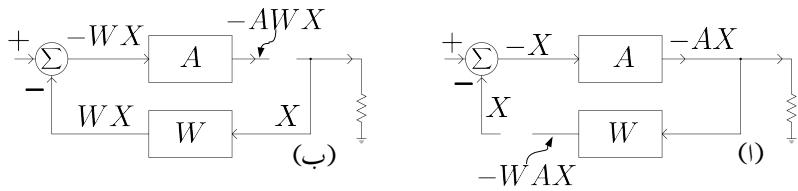
جبکہ  $W = 0.1$

$$A_f = \frac{99}{1 + 0.1 \times 99} = 9.0826$$

حاصل ہوتا ہے۔ منفی داپکی ایکپلینیزر کی افسزاں واضح طور کم ہوئی ہے۔

### ۱.۳.۷ افسزاں دائرہ

داپکی ایکپلینیزر میں بنیادی ایکپلینیزر اور داپکی دور بند دائرنے کی شکل میں آپس میں جوڑے جاتے ہیں۔ شکل ۷.۹ میں اس دائرنے کو داپکی دور کے حنارجی نقطے پر کھلے سرے کر دیا گیا ہے جبکہ داخلی اشارے کو مقطع کر دیا گیا



شکل ۳.۷: بنیادی و اپی ایمپلیناٹر کا شرح دائرہ

بے۔ مندرج کریں کہ اس نقطے کے بائیں جانب اشارہ  $X$  پیاس جاتا ہے۔ اس نقطے سے دائے میں گھڑی کے سمت چلتے ہوئے ہم دیکھتے ہیں کہ اشارہ  $X$  پہلے ۱ سے ضرب ہو کر  $-X$  ہوتا ہے۔ اس کے بعد ایمپلیناٹر سے گزرتے ہوئے اے ضرب ہو کر  $-AX$  ہو جاتا ہے اور آخندر کار و اپی دوڑے سے گزرتے ہوئے  $W$  سے ضرب کہا کر  $-WAX$  ہو جاتا ہے۔ یوں یہ اشارہ پورے دائے سے گزرتے ہوئے  $-WA$  سے ضرب ہوتا ہے جسے اپی ایمپلیناٹر کا افرماٹ دائرہ "کہا جائے گا۔ شکل ب میں دائے کوایک اور جگ سے کھلے سرے کرتے ہوئے یہی عمل دکھایا گیا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ دائے کو کہیں سے بھی کھلے سرے کرتے ہوئے اس نقطے سے گھڑی کی سمت پورا حسکر کاٹتے ہوئے اشارہ  $-WA$  سے ہی ضرب ہوتا ہے۔

### ۳.۷.۲ بنیادی مفروضے

اوپی ایمپلیناٹر پر بات کرتے ہوئے مندرجہ ذیل مفروضے تصور کے جائیں گے۔

۱. واپس کار کے مستقل  $W$  کی قیمت پر بوجھ کے مزاحمت  $R_L$  اور اشارے کے مزاحمت  $R_s$  کا کوئی اثر نہیں ہوتا۔

۲. بنیادی ایمپلیناٹر کی اندازش  $A$  کے قیمت پر بوجھ کے مزاحمت  $R_L$  کا کوئی اثر نہیں ہوتا۔

۳. داخلی اشارہ صرف اور صرف بنیادی ایمپلیناٹر سے گزرتے ہوئے خارجی جانب پہنچتا ہے۔ اس کا مطلب ہے کہ اگر  $A$  کی قیمت صفر کر دی جائے تو  $X_0$  کی قیمت بھی صفر ہو جائے گی۔ (بنیادی ایمپلیناٹر میں ٹرانزیسترا  $h_{fe}$  میں صفر کرنے کی قیمت صفر کی جا سکتی ہے)۔

اس مفروضے کے تحت واپس کار میں اشارہ صرف اور صرف بنیادی ایمپلیناٹر کے خارجی جانب سے داخلی جانب گزرتا ہے۔ حقیقت میں واپس کار عموماً مزاحمت، کپیٹر و فریڈر سے بنتا ہے اور اس میں اشارہ دونوں جانب گزرتا ہے۔ ہم دیکھیں گے کہ اس کے باوجود حقیقی ایمپلیناٹر میں پھر بھی اس مفروضے پر چلتے ہوئے درست جوابات حاصل ہوتے ہیں۔

۴. خارجی اشارہ صرف اور صرف واپس کار سے گزرتے ہوئے داخلی جانب پہنچ سکتا ہے۔

اس مفسروٹے کے تحت اشارہ بنیادی ایکپلینائز میں گزرتے ہوئے خارجی جانب سے داخلی جانب نہیں بیٹھ سکتا۔ اس کا مطلب ہے کہ اگر واپس کار کے مستقل  $W$  کی قیمت صدر کردی جائے تو واپسی اشارے کی قیمت بھی صدر ہو جائے گی۔

### ۷.۲.۷ واپسی ایکپلینائز کی خوبیاں

منفی واپسی ایکپلینائز افسزاں گھناتا ہے جبکہ ایکپلینائز کا بنیادی مقصد ہی اس کی افسزاں ہے۔ اس کے باوجود منفی واپسی ایکپلینائز کا استعمال عام ہے۔ منفی واپسی ایکپلینائز افسزاں گھناتے ہوئے ایکپلینائز کی متعدد اہم خوبیوں کو بہتر کرتا ہے۔ اس سے میں انہیں پر غور کیا جائے گا۔

### ۷.۲.۷.۱ مستحکم افسزاں

درجہ حسارت میں تبدیلی، عمر رہیدگی یا ثرازنسر وغیرہ کی تبدیلی سے کسی بھی ایکپلینائز کی افسزاں متاثر ہوتی ہے۔ آئیں ایک مثال سے دیکھیں کہ واپسی ایکپلینائز میں افسزاں کے تبدیلی کو کس طرح گھایا جاتا ہے۔

مثال ۷.۲: ایک بنیادی ایکپلینائز جس کی اصل افسزاں  $A = 50$  ہے میں ثرازنسر تبدیل کیا جاتا ہے جس کے بعد اس کی نئی افسزاں  $A_1 = 45$  ہو جاتی ہے۔ افسزاں میں تبدیلی کی فیصد شرح حاصل کریں۔ اس ایکپلینائز میں واپسی اشارہ شامل کیا جاتا ہے جہاں  $0.1 = W$  ہے۔ ثرازنسر تبدیل کرنے سے پہلے اور ثرازنسر تبدیل کرنے کے بعد واپسی ایکپلینائز کی افسزاں حاصل کریں اور ان میں تبدیلی کی فیصد شرح حاصل کریں۔

**حل:**  
بنیادی ایکپلینائز میں تبدیلی کی فیصد شرح

$$\left| \frac{45 - 50}{45} \right| \times 100 = 11.11\%$$

ہے۔ واپسی ایکپلینائز میں ثرازنسر تبدیل کرنے سے پہلے  $A_f = 45$  اور ثرازنسر تبدیل کرنے کے بعد  $A_{f1} = 50$  مندرجہ ذیل میں

$$A_f = \frac{50}{1 + 0.1 \times 50} = 8.3333$$

$$A_{f1} = \frac{45}{1 + 0.1 \times 45} = 8.1818$$

پہلی تبدیلی کی فیصد شرح

$$\left| \frac{8.1818 - 8.3333}{8.3333} \right| \times 100 = 1.818\%$$

۔۔۔

آپ نے دیکھ کر بیاری ایک پلینگ ائر میں 11.11 فیصد تبدیلی آئی جبکہ واپسی ایک پلینگ ائر میں سرف 1.818 فیصد تبدیلی آئی۔ یوں ایک پلینگ ائر میں واپسی اشارے کی شمولیت سے افزائش مستحکم ہوئی۔ اس حقیقت کو یوں بیان کیا جاتا ہے کہ واپسی اشارے سے افزائش

$$\frac{11.1111}{1.818} = 6.1117$$

یعنی تفسیریہ آچھے گن مستحکم ہوئی۔  
آنیں اس تمام کو حسابی شکل دیں۔ مساوات ۳۱ میں  $A_f$  کے ساتھ تفریق لیتے ہیں۔

$$\frac{dA_f}{dA} = \frac{1}{(1 + WA)^2}$$

اس کو یوں بھی لکھ سکتے ہیں۔

$$dA_f = \frac{dA}{(1 + WA)^2}$$

اس مساوات کو مساوات ۳۲ سے تقسیم کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned} \frac{dA_f}{A_f} &= \left( \frac{dA}{(1 + WA)^2} \right) \times \left( \frac{1 + WA}{A} \right) \\ &= \left( \frac{dA}{A} \right) \left( \frac{1}{1 + WA} \right) \end{aligned}$$

اس مساوات سے افزائش کا مستحکم  $M$  ہونا یوں حاصل ہوتا ہے۔

$$(7.32) \quad M = \frac{\left| \frac{dA}{A} \right|}{\left| \frac{dA_f}{A_f} \right|} = 1 + WA$$

مساوات ۳۲ کو یوں بھی لکھا جا سکتا ہے

$$(7.33) \quad A_f = \frac{A}{M}$$

مندرجہ بالا دو مساوات سے آپ دیکھ سکتے ہیں کہ واپسی ایک پلینگ ائر میں گل افزائش  $M$  گن گھستی ہے۔ ساتھی ساتھ گل افزائش  $M$  گن مستحکم ہو جاتی ہے۔ یوں ایک پلینگ ائر تخلیق دیتے وقت آپ افزائش گھٹاتے ہوئے اے زیادہ مستحکم بن سکتے ہیں یا اس کے بر عکس افزائش کو کم مستحکم کرتے ہوئے اس کی قیمت بڑھ سکتے ہیں۔

اگر

$$(7.33) \quad |WA| \gg 1$$

ہو تو بساوات ۷.۳۱ میں درجہ ذیل سادہ صورت اختیار کر لیتا ہے۔

$$(7.35) \quad A_f = \frac{A}{1+WA} \approx \frac{A}{WA} = \frac{1}{W}$$

ساوات ۷.۳۵ اتنے لئے اہم ساوات ہے جس کے تحت  $1 \gg WA$  کی صورت میں داپکی ایکپلینائز کی افسزاش صرف اور صرف داپکے  $W$  پر محدود ہوتی ہے۔ جیسا کہ پہلے بھی ذکر ہوا، داپک کار کو عموماً مزاحمت و غیرہ سے بنا یا حبانتا ہے۔ بر قیالی پر زاحبات میں ٹرانزسٹر، ماسفینٹ اور ڈائیوڈ وغیرہ کی کارکردگی درجہ حرارت یا وقت کے ساتھ تبدیل ہوتی ہے۔ ان کے بر عکس مزاحمت، کسیٹر وغیرہ میں ایسی تبدیلیاں نہایت کم ہوتی ہیں۔ یوں درجہ حرارت یا وقت کے ساتھ داپکے  $W$  کے تبدیل کو رد کیا جا سکتا ہے جس سے داپکی ایکپلینائز کی افسزاش نہایت مستحکم ہو جاتی ہے۔

مستحکم ایکپلینائز تخلیق دینے کا طریقہ ایک مشال کی مدد سے سیکھتے ہیں۔

مثال ۷.۲: موصل نما ایکپلینائز کی افسزاش میں ۵% تبدیلی رونما ہو گی جو کہ قابل مقبول نہیں۔ زیادہ سے زیادہ ۰.۴% تبدیلی قابل برداشت ہے۔ ایک عدد موصل نما داپکی ایکپلینائز تخلیق دین جس کی افسزاش  $V/A = 45$  ہو اور اس میں تبدیلی ۰.۴% سے خباؤرنے کرے۔

حل:

ایسی صورت میں بنیادی ایکپلینائز کی افسزاش  $A$  کو ضرورت سے  $M$  گن ازیادہ کر کے تخلیق دیا جاتا ہے۔ اس ایکپلینائز کے افسزاش میں درجہ حرارت کے تبدیلی سے ۵% تبدیلی کی پیدا ہو گی۔ اس کے بعد اس میں داپکی اشارے کی شمولیت کی جاتی ہے جس سے ایکپلینائز کی داپکی افسزاش  $M$  گن کم ہونے کے ساتھ ساتھ  $M$  گن مستحکم بھی ہو جاتی ہے۔

موجودہ صورت میں تمام معلومات نی صد کی صورت میں دی گئی ہیں۔ ساوات ۷.۳۲ کو استعمال کرتے ہوئے اگر بنیادی ایکپلینائز کی افسزاش میں تبدیلی یعنی  $dA/dT$  کی قیمت پانچ فی صد ہے تو  $A$  کی قیمت سو فی صد ہو گی۔ اسی طرح اگر  $dA/dT$  کی قیمت آٹھانی صد ہو تو  $A$  کو سو فی صد تصور کیا جائے گا۔ یوں

$$\begin{aligned} \frac{dA}{A} &= M \left( \frac{dA_f}{A_f} \right) \\ \frac{5}{100} &= M \left( \frac{0.5}{100} \right) \\ M &= 10 \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے یوں اس ایکلینیکر کو دس گن مسحکم کرنے کی ضرورت ہے۔ لہذا اہم ایسا ایکلینیکر تحقیق دیں گے جس کی واپسی اشارہ شامل کرنے سے پہلا افسزائش درکار قیمت سے  $M$  گن زیادہ ہوئی کی قیمت  $= 450 \times 45 = 450$  ہوگی۔ اس میں واپسی اشارے کی شمولیت سے افسزائش کو دس گن مسحکم کی وجہ ساتھی ساتھ  $A_f = A_f$  حاصل کی جائے گی جو کہ درکار موصل بی افسزائش ہے۔ مساوات ۷.۳.۷ کے تحت

$$45 = \frac{450}{1 + W \times 450} \approx \frac{1}{W}$$

$$W = \frac{1}{45} = 0.02222$$

حاصل ہوتا ہے جو کہ واپس کار کے مستقل کی درکار قیمت ہے۔

---

مساوات ۷.۵.۷:  $A_f = -100$  اور  $-1000 = A_f$  کی صورت میں  $W$  حاصل کریں۔ حل:

$$-100 = \frac{-1000}{1 - 1000W}$$

$W = -0.009$  حاصل ہوتا ہے۔

---

مساوات ۷.۳.۵ میں  $A_f$  سے مرا د واپسی ایکلینیکر کی افسزائش ہے جو کہ بر قی دباد واپسی ایکلینیکر کی صورت میں  $A_{v_f}$ ، بر قی ر د واپسی ایکلینیکر کی صورت میں  $A_{if}$ ، موصل بی واپسی ایکلینیکر کی صورت میں  $A_{gf}$  اور مسماحت بی واپسی ایکلینیکر کی صورت میں  $A_{rf}$  کو ظاہر کرتا ہے۔

## ۷.۳.۲ تعدادی بگاڑ

مساوات ۷.۳.۵ کے تحت  $1 \gg WA$  کی صورت میں واپسی ایکلینیکر کی افسزائش صرف اور صرف  $W$  پر مختص ہوتی ہے۔ اگر واپس کار کی حصیت تعداد پر مختص ہے تو بے واپسی ایکلینیکر کی کار کردگی بھی تعداد پر مختص نہیں ہو گی۔ واپس کار میں صرف مسماحت استعمال کرتے ہوئے اس کے کار کردگی کو تعدد سے پاک بنایا جاستا ہے۔ اگر واپس کار میں کپیٹ اور امالة استعمال کئے جائیں تب اس کی کار کردگی تعداد پر مختص ہو گی۔ ایسی صورت میں واپسی ایکلینیکر کی کار کردگی بھی تعداد پر مختص ہو گی۔ یوں اگر کسی حناص تعداد  $W_0$  پر  $W$  کی قیمت کم ہو جسکہ اس تعداد سے کمیا اس سے زیادہ تعداد پر  $W$  کی قیمت زیادہ ہوتے  $A_f$  کی قیمت  $= A_f$  پر زیادہ ہو گی جبکہ  $W_0$  سے کمیا زیادہ تعداد پر اس کی قیمت کم ہو گی۔ یہ پہنچ گزار فلٹر<sup>۱۲</sup> کی حصیت ہے۔ اسی طرح پہنچ روکنے والے فلٹر<sup>۱۳</sup> پر گزار فلٹر اور بلند گزار فلٹر بھی بنائے جاسکتے ہیں۔

---

band pass filter<sup>۱۲</sup>  
band stop filter<sup>۱۳</sup>

### ۷.۳.۳ دائرہ کارکردگی کے پڑی میں وسعت

مشرط کریں کہ بنیادی ایکلینیٹر کے افسزاں میں ایک عدد قطب پایا جاتا ہے یعنی

$$A = \frac{A_0}{1 + \frac{j\omega}{\omega_H}}$$

اس مساوات میں  $A_0$  سے مراد مریانی تعداد کی افسزاں اور  $\omega_H$  اس کی بلند انقطعی تعداد ہے۔ واپسی اشارے کی شمولیت کے بعد

$$\begin{aligned} A_f &= \frac{A}{1 + WA} \\ &= \frac{\frac{A_0}{1 + \frac{j\omega}{\omega_H}}}{1 + \frac{WA_0}{1 + \frac{j\omega}{\omega_H}}} \\ &= \frac{A_0}{1 + \frac{j\omega}{\omega_H} + WA_0} \\ &= \frac{\frac{A_0}{1 + WA_0}}{1 + \frac{j\omega}{\omega_H(1 + WA_0)}} \end{aligned}$$

اس مساوات سے واپسی ایکلینیٹر کی درمیانی تعداد پر افسزاں

$$(7.32) \quad A_{f0} = \frac{A_0}{1 + WA_0}$$

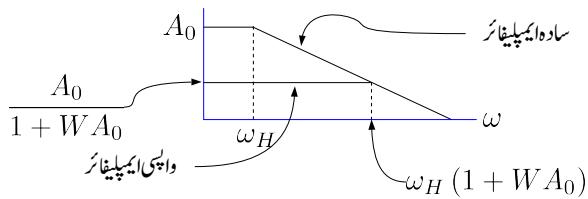
ہے جبکہ اس کی بلند انقطعی تعداد

$$(7.33) \quad \omega'_H = \omega_H (1 + WA_0)$$

ہے۔ واپسی ایکلینیٹر کے درمیانی تعداد کی افسزاں اور اس کی بلند انقطعی تعداد کو ضرب کرتے ہوئے

$$(7.34) \quad \frac{A_0}{1 + WA_0} \times \omega_H (1 + WA_0) = A_0 \omega_H$$

ملتا ہے جو سادہ ایکلینیٹر کے درمیانی تعداد کی افسزاں ضرب اس کی بلند انقطعی تعداد ہے۔ یہ افسزاں کو کم کرتے ہوئے بلند انقطعی تعداد کو بڑھایا جا سکتا ہے یا پھر بلند انقطعی تعداد کو کم کرتے ہوئے افسزاں کو بڑھایا جا سکتا ہے۔ شکل ۷.۱۰ اس حقیقت کو کھلااتی ہے۔



شکل ۱.۷: دائرہ کار کردگی بالمقابل افزائش

مثال ۱.۷: ایک سادہ ایکلینیٹر کی درمیانی تعداد پر افزائش  $\frac{V_o}{V_i} = 3000$  ہے جبکہ اس کی بلند انتظامی تعداد  $500 \text{ Hz}$  ہے۔ اس میں واپسی اشارہ شامل کرتے ہوئے واپسی ایکلینیٹر حاصل کی جاتا ہے۔ اگر واپس کار کا مستقل  $W = 0.01$  ہوتا ہے تو واپسی ایکلینیٹر کی درمیانی تعداد کی افزائش اور بلند انتظامی تعداد کیا ہوں گے۔  
حل:

$$A_{f0} = \frac{3000}{1 + 3000 \times 0.01} = 96.77 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

$$f_H = 500 \times (1 + 3000 \times 0.01) = 15.5 \text{ kHz}$$


---

## ۵.۷ داخلي مزاجت

ہم نے دیکھا کہ منقی واپسی اشارے کی شمولیت سے افزائش  $M$  گن گھٹتی ہے۔ اس حصے میں داخلي مزاجت پر واپسی اشارے کے اثر کو دیکھا جائے گا۔

### ۱.۵.۱ واپسی بر قی دباؤ ایکلینیٹر کا داخلي مزاجت

شکل ۱.۷ میں داخلي جاباب منقی واپسی اشارہ  $V_o$  شامل کرتے ہوئے شکل ۱.۷ حاصل ہوتا ہے۔ فرق صرف انسانی کے موجودہ شکل میں  $R_s$  کو ایکلینیٹر کا حصہ تصور کیا گیا ہے اور

$$(1.39) \quad A'_v = A_v \left( \frac{R_i}{R_i + R_s} \right)$$

رکھا گیا ہے۔ یوں اشارے کی مزاحمت  $R_s$  کو ایکلیناٹر کا حصہ تصور کرتے ہوئے افسزاں برقی دباؤ کو  $A'_v$  لکھا گیا ہے۔ اس دور میں

$$\begin{aligned} V_o &= A'_v V'_i \left( \frac{R_L}{R_o + R_L} \right) \\ &= A_v V'_i \left( \frac{R_i}{R_i + R_s} \right) \left( \frac{R_L}{R_o + R_L} \right) \\ \frac{V_o}{V'_i} &= A_v \left( \frac{R_i}{R_i + R_s} \right) \left( \frac{R_L}{R_o + R_L} \right) \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے۔ مساوات ۷.۳۹ اور مساوات ۷.۳۳ کے ساتھ موازنہ کرنے سے اس مساوات سے حاصل ہوتا ہے۔

$$(7.30) \quad \frac{V_o}{V'_i} = A'_v \left( \frac{R_L}{R_o + R_L} \right) = A_V$$

اس مساوات میں  $R_L \rightarrow \infty$  کی صورت میں

$$(7.31) \quad A_V \Bigg|_{R_L \rightarrow \infty} = A'_v$$

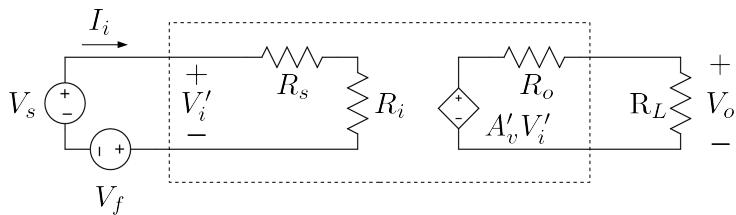
حاصل ہوتا ہے۔  
واپسی اشارے کی عدم موجودگی میں

$$\begin{aligned} V_s &= V'_i = I_i (R_i + R_s) \\ (7.32) \quad R'_i &= \frac{V_s}{I_i} = R_i + R_s \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے جو کہ  $R_s$  کو ثابت مسلکرتے ہوئے برقی دباؤ ایکلیناٹر کی کل داخلی مزاحمت  $R'_i$  ہے۔ آئیں اب واپسی اشارے کی شمولیت کے بعد  $\frac{V_s}{I_i}$  حاصل کریں۔

$$\begin{aligned} V_s - V_f &= I_i (R_s + R_i) \\ V_s - W V_o &= I_i (R_s + R_i) \\ V_s - W A_V V'_i &= I_i (R_s + R_i) \\ V_s - W A_V I_i (R_s + R_i) &= I_i (R_s + R_i) \\ V_s &= (1 + W A_V) (R_s + R_i) I_i \end{aligned}$$

اس مساوات میں تیسرا وتم پر مساوات ۷.۳۰ اور چوتھے وتم پر مساوات ۷.۳۲ کا استعمال کیا



شکل ۱۱.۷: واپسی برقی دبادیمپلینیٹر کی داخلي مزاحمت

گی۔ اس سے حاصل ہوتا ہے

$$\begin{aligned}
 R'_{if} &= \frac{V_s}{I_i} \\
 (11.33) \quad &= (1 + WA_V) (R_s + R_i) \\
 &= (1 + WA_V) R'_i
 \end{aligned}$$

اس مساوات کے مطابق منفی واپسی اشارے کی شمولیت سے داخلي مزاحمت  $M$  گن بڑھ جاتا ہے۔ اس نتیجے کو یوں سمجھا جاتا ہے کہ واپسی اشارے کی عدم موجودگی میں اشارہ  $V_s$  لاگو کرنے سے داخلي جانب برقی رو گزرتی ہے۔ ان دونوں کی شرح کو داغلی مزاحمت کہتے ہیں۔ منفی واپسی اشارے کے موجودگی میں داخلي جانب کل برقی دبادیمپلینیٹر کی تیزی کم ہو جاتی ہے۔ یوں  $V_s - V_f$  رہ جاتا ہے جس سے داخلي جانب برقی رو کی تیزی کم ہو جاتی ہے۔ اپنے دیکھ سکتے ہیں کہ برقی دبادیمپلینیٹر کا اشارہ چھپا ہے۔ خارجی برقی دبادیمپلینیٹر کو بڑھ جاتا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ برقی دبادیمپلینیٹر کو بڑھائے گا۔

مساوات ۱۱.۳۳ میں  $R_s = 0$  پر کرتے ہوئے

$$(11.34) \quad R'_{if} = (1 + WA_V) R_i$$

حاصل ہوتا ہے جہاں داخلي مزاحمت کو  $R'_{if}$  لکھ کر اس بات کی وضاحت کی گئی ہے کہ اس میں ۰

لیا گیا ہے۔

## ۱۱.۵.۲ واپسی برقی دبادیمپلینیٹر کا داخلي مزاحمت

شکل ۱۱.۳۷ میں دکھائے برقی دبادیمپلینیٹر میں داخلي جانب منفی واپسی اشارہ  $I_f$  شامل کرتے ہوئے اے یہاں شکل ۱۱.۳۷ میں دوبارہ دکھایا گیا ہے۔ فندر صرف اتنا ہے کہ یہاں  $R_s$  کو دبادیمپلینیٹر کا حصہ تصور کیا گیا ہے اور

$$(11.35) \quad A'_i = A_i \left( \frac{R_s}{R_s + R_i} \right)$$

رکھا گیا ہے۔ اس دور میں

$$(7.34) \quad I'_i = I_s - I_f$$

کے برابر ہے۔

واپسی اشارے کی عدم موجودگی (یعنی  $I_f = 0$ ) کی صورت میں اشارہ  $I_s$  لاگو کرنے سے داخلی جانب ہم کھسکتے ہیں

$$(7.35) \quad \begin{aligned} I'_i &= I_s \\ V_i &= I'_i \left( \frac{R_s R_i}{R_s + R_i} \right) = I_s \left( \frac{R_s R_i}{R_s + R_i} \right) \\ R'_i &= \frac{V_i}{I_s} = \frac{R_s R_i}{R_s + R_i} \end{aligned}$$

جبas  $R_s$  کو شامل کرتے ہوئے،  $R'_i$  بغیر واپسی ایپلیفائز کی کل داخلی مزاجمت ہے۔ اسی طرح شکل ۷.۱۲ میں

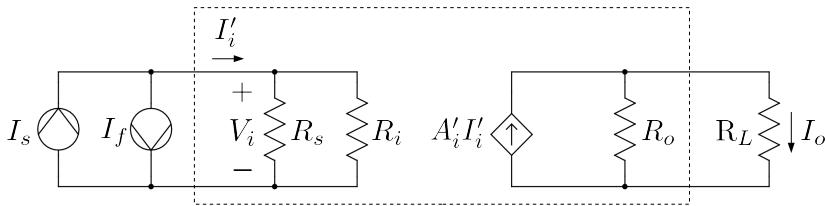
$$\begin{aligned} I_o &= A'_i I'_i \left( \frac{R_o}{R_o + R_L} \right) \\ &= A_i I'_i \left( \frac{R_s}{R_s + R_i} \right) \left( \frac{R_o}{R_o + R_L} \right) \\ \frac{I_o}{I'_i} &= A_i \left( \frac{R_s}{R_s + R_i} \right) \left( \frac{R_o}{R_o + R_L} \right) \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے جبas دوسرے قدم پر مساوات ۷.۳۵ کا استعمال کیا گیا ہے۔ اس مساوات کے دائیں جانب کامساوات ۷.۱۲ کے ساتھ موازنے کرنے سے حاصل ہوتا ہے

$$(7.36) \quad A_I = \frac{I_o}{I'_i}$$

واپسی اشارے کے موجودگی میں داخلی مزاجمت یوں حاصل ہوگا

$$\begin{aligned} I'_i &= I_s - I_f \\ &= I_s - W I_o \\ &= I_s - W A_I I'_i \\ I'_i &= \frac{I_s}{1 + W A_I} \end{aligned}$$



شکل ۱۲.۷: واپسی بر قی روا ایکلینیز کی داخلي مزاحمت

جب اس آخسری و تدم پر مساوات ۱۲.۷ کا استعمال کیا گیا۔ اس صورت میں داخلي بر قی دباؤ

$$\begin{aligned} V_i &= I'_i \left( \frac{R_s R_i}{R_s + R_i} \right) \\ &= I'_i R'_i \\ &= \left( \frac{I_s}{1 + W A_I} \right) R'_i \end{aligned}$$

حصہ میں ہوتا ہے جس سے

$$(12.49) \quad R'_{if} = \frac{V_i}{I_s} = \frac{R'_i}{1 + W A_I}$$

حصہ میں ہوتا ہے۔ اس مساوات کے تحت واپسی روا ایکلینیز کا داخلي مزاحمت  $R'_{if}$  غیر واپسی ایکلینیز کے داخلي مزاحمت  $R'_i$  کے مگنیکم ہوتا ہے۔

اس حقیقت کو یوں سمجھا جا سکتا ہے کہ واپسی اشارے کے عدم موجودگی میں  $I_s$  داخلي مزاحمت  $R'_i$  کے گزرتے ہوئے  $V_i$  کو حسم دیتا ہے۔ اور  $I_s$  کی شرح کو دالٹی مزاحمت کرتے ہیں۔ واپسی اشارے کے موجودگی میں مزاحمت  $R'_i$  سے گزرتی بر قی روا کی قیمت کم ہو کر  $I_s - I_{if}$  ہو جانے ہے لہذا  $V_i$  کی قیمت بھی کم ہو جاتی ہے۔ یوں  $V_i$  اور  $I_s$  کی شرح بھی کم ہو جاتی ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ  $I_{if}$  چاہے خارجی بر قی دباؤ  $V_o$  یا خارجی بر قی دباؤ  $I_o$  سے حصہ میں کاملاً خالی مزاحمت پر ایک جیسا اثر ہوتا ہے یعنی کل داخلي مزاحمت کم ہوتا ہے۔

$$\text{مساوات } 12.49 \text{ میں } R_s = 0 \text{ پڑ کر تھے ہوئے}$$

$$(12.50) \quad R'_{if} = \frac{R_i}{1 + W A_I}$$

حصہ میں ہوتا ہے جب اس داخلي مزاحمت کو  $R'_{if}$  کھٹکا کر اس بات کی وضاحت کی گئی ہے کہ اس میں  $0 = R_s$  لیا گیا ہے۔

۷.۵.۷۔ واپسی موصل نہ ایک پلیناٹ کا داخنی مزاجت

شکل ۷.۷ میں واپسی اشارہ  $V_f$  کی شمولیت اور

$$(7.51) \quad A'_g = A_g \left( \frac{R_i}{R_s + R_i} \right)$$

تصور کرتے ہوئے یہاں شکل ۷.۷ میں دوبارہ کھایا گیا ہے۔ مزید یہ کہ یہاں  $R_s$  کو ایک پلیناٹ کا حصہ تصور کیا گیا ہے۔ اس شکل کے لئے ہم لکھ سکتے ہیں

$$\begin{aligned} I_o &= A'_g V'_i \left( \frac{R_o}{R_o + R_L} \right) \\ &= A_g V'_i \left( \frac{R_i}{R_s + R_i} \right) \left( \frac{R_o}{R_o + R_L} \right) \\ \frac{I_o}{V'_i} &= A_g \left( \frac{R_i}{R_s + R_i} \right) \left( \frac{R_o}{R_o + R_L} \right) \end{aligned}$$

جہاں دوسرے وتم پر مساوات ۷.۵.۷ کا استعمال کیا گیا۔ مساوات ۷.۷ کے ساتھ موازنے سے حاصل ہوتا ہے۔

$$(7.52) \quad \frac{I_o}{V'_i} = A_G$$

واپسی اشارہ  $V_f$  کے عدم موجودگی میں ہم  $R_s$  کو شامل کرتے ہوئے کل داخنی مزاجت  $I'_f$  حاصل کرتے ہیں۔

$$V'_i = V_s = I_i (R_s + R_i)$$

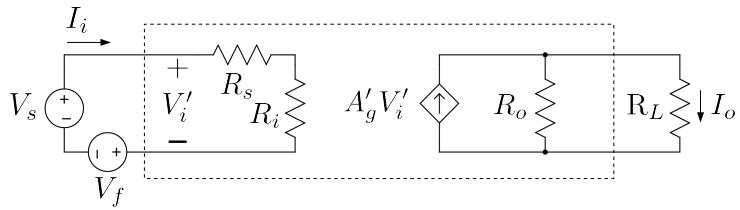
$$R'_i = \frac{V_s}{I_i} = R_s + R_i$$

آنکے اب واپسی اشارے کے موجودگی میں کل داخنی مزاجت  $I'_f$  حاصل کریں۔

$$\begin{aligned} V'_i &= V_s - V_f \\ &= V_s - W I_o \\ (7.53) \quad &= V_s - W A_G V'_i \\ V'_i &= \frac{V_s}{1 + W A_G} \end{aligned}$$

تیرے وتم پر مساوات ۷.۵.۶ کا استعمال کیا گیا۔ اس مساوات کو

$$(7.53) \quad V'_i = I_i (R_s + R_i)$$



شکل ۵.۷: واپسی موصل نہ ایک پلیناٹ کی داخلي مزاحمت

میں ڈالنے ہیں

$$\frac{V_s}{1 + WA_G} = I_i (R_s + R_i)$$

حصہ سے موصل ہوتا ہے

$$(5.55) \quad R'_{if} = \frac{V_s}{I_i} = (R_s + R_i)(1 + WA_G) \\ = R'_i(1 + WA_G)$$

اس مساوات کے مطابق واپسی اشارے کے موجودگی میں کل داخلي مزاحمت  $R'_{if}$  کی قیمت واپسی اشارے کے عدم موجودگی میں کل داخلي مزاحمت  $R_i$  کے  $M$  گناہ ہے۔  
مساوات ۵.۵۵ میں  $R_s = 0$  پر کرتے ہوئے

$$(5.56) \quad R'_{if} = R_i(1 + WA_G)$$

موصل ہوتا ہے جس کا داخلي مزاحمت  $R'_{if}$  کا اس بات کی وضاحت کی گئی ہے کہ اس میں  $0 = R_s$  لیا گیا ہے۔

۵.۷. واپسی مزاحمت نہ ایک پلیناٹ کا داخلي مزاحمت

شکل ۵.۷ میں واپسی اشارہ  $V_f$  کی شمولیت اور

$$(5.57) \quad A'_r = A_r \left( \frac{R_s}{R_s + R_i} \right)$$

تصور کرتے ہوئے یہاں شکل ۱۳ میں دوبارہ کھایا گیا ہے۔ مزید یہ کہ یہاں  $R_s$  کو ایپلیفائز کا حصہ تصور کیا گیا ہے۔ اس شکل کے لئے ہم لکھ سکتے ہیں

$$\begin{aligned} V_o &= A'_r I'_i \left( \frac{R_L}{R_o + R_L} \right) \\ &= A_r I'_i \left( \frac{R_s}{R_s + R_i} \right) \left( \frac{R_L}{R_o + R_L} \right) \\ \frac{V_o}{I'_i} &= A_r \left( \frac{R_s}{R_s + R_i} \right) \left( \frac{R_L}{R_o + R_L} \right) \end{aligned}$$

جہاں دوسرے وتم پر مساوات ۷.۵.۷ کا استعمال کیا گیا ہے۔ مساوات ۷.۲۳ کے ساتھ موازنے کرتے ہوئے مندرجہ بالا مساوات سے حاصل ہوتا ہے۔

$$(7.58) \quad \frac{V_o}{I'_i} = A_R$$

واپسی اشارے کے عدم موجودگی میں  $I'_i = I_s$  ہوتا ہے لہذا احتی مزاحمت  $R'_i$  یوں حاصل ہوتا ہے

$$\begin{aligned} V_i &= I'_i \left( \frac{R_s R_i}{R_s + R_i} \right) \\ &= I_s \left( \frac{R_s R_i}{R_s + R_i} \right) \\ R'_i &= \frac{V_i}{I_s} = \left( \frac{R_s R_i}{R_s + R_i} \right) \end{aligned}$$

واپسی اشارے کے موجودگی میں

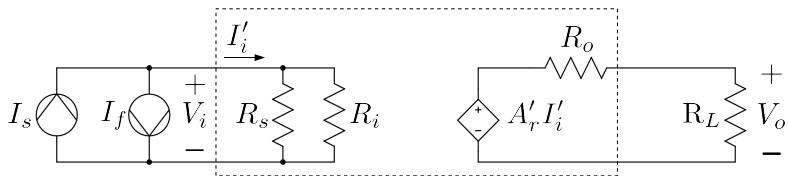
$$\begin{aligned} I'_i &= I_s - I_f \\ &= I_s - W V_o \\ &= I_s - W A_R I'_i \\ I'_i &= \frac{I_s}{1 + W A_R} \end{aligned}$$

اس مساوات کو

$$V_i = I'_i \left( \frac{R_s R_i}{R_s + R_i} \right)$$

میں استعمال کرتے حاصل ہوتا ہے

$$V_i = \left( \frac{I_s}{1 + W A_R} \right) \left( \frac{R_s R_i}{R_s + R_i} \right)$$



شکل ۷.۱۳: واپسی مزاحمت نہ ایکلیناٹر کی داخنی مزاحمت

جس سے واپسی اشارے کے موجودگی میں کل داخنی مزاحمت  $R'_{if}$  پر حاصل ہوتا ہے۔

$$(7.20) \quad R'_{if} = \frac{V_i}{I_s} = \left( \frac{1}{1 + WA_R} \right) \left( \frac{R_s R_i}{R_s + R_i} \right) = \frac{R'_i}{1 + WA_R}$$

اس مساوات کے تحت واپسی اشارے کے موجودگی میں کل داخنی مزاحمت  $R'_{if}$  کی قیمت واپسی اشارے کے عدم موجودگی میں کل داخنی مزاحمت  $R'_i$  سے گن کم ہوتا ہے۔  
مساوات ۷.۲۰ میں  $R_s = 0$  پر کرتے ہوئے

$$(7.21) \quad R_{if} = \frac{R_i}{1 + WA_R}$$

حاصل ہوتا ہے جہاں داخنی مزاحمت  $R_{if}$  کو لکھ کر اس بات کی وضاحت کی گئی ہے کہ اس میں  $R_s = 0$  لیا گیا ہے۔

## ۷.۶. حنارجی مزاحمت

اس ہے میں حنارجی مزاحمت پر واپسی اشارے کے اثر کو دیکھ جائے گا۔

### ۷.۲.۱ واپسی بر قی دباؤ ایمپلیفائز کا حنارجی مزاجمت

شکل ۷.۱ میں  $R_L$  کو منقطع کرتے ہوئے،  $V_s = 0$  اور حنارجی جناب بر قی دباؤ  $V_t$  لگو کرتے ہیں۔ اور  $I_t$  کی شرح اس ایمپلیفائز کا حنارجی مزاجمت  $R_{of}$  ہو گا۔ شکل ۷.۱ میں ایسا کھایا گیا ہے جہاں سے ہم لکھ سکتے ہیں

$$\begin{aligned} I_t &= \frac{V_t - A'_v V_i'}{R_o} \\ &= \frac{V_t + A'_v V_f}{R_o} \\ &= \frac{V_t + A'_v W V_t}{R_o} \end{aligned}$$

اور یوں واپسی اشارے کے موجودگی میں حنارجی مزاجمت یوں حاصل ہوتا ہے

$$(7.12) \quad R_{of} = \frac{V_t}{I_t} = \frac{R_o}{1 + WA'_v}$$

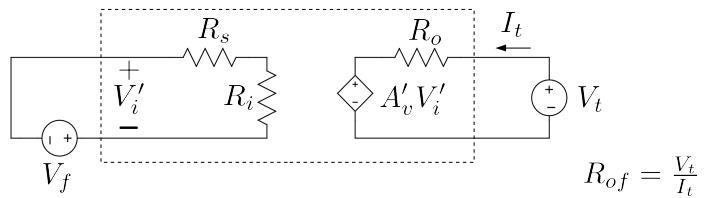
اگر  $R_L$  کو بھی شامل کیا جائے تب چونکہ  $R_{of}$  متوازی جبٹے ہیں لہذا اس صورت کل حنارجی مزاجمت  $R_{of}'$  یوں حاصل ہوگی

$$\begin{aligned} R_{of'} &= \frac{R_{of} R_L}{R_{of} + R_L} = \frac{\left(\frac{R_o}{1+WA'_v}\right) R_L}{\left(\frac{R_o}{1+WA'_v}\right) + R_L} \\ &= \frac{\frac{R_o R_L}{1+WA'_v}}{\frac{R_o + R_L(1+WA'_v)}{1+WA'_v}} = \frac{R_o R_L}{R_o + R_L(1+WA'_v)} \\ &= \frac{R_o R_L}{R_o + R_L + WA'_v R_L} = \frac{R_o R_L}{(R_o + R_L) \left(1 + \frac{WA'_v R_L}{R_o + R_L}\right)} \\ &= \frac{\frac{R_o R_L}{R_o + R_L}}{1 + \frac{WA'_v R_L}{R_o + R_L}} \end{aligned}$$

$A_V$  کا مساوی متوازی مزاجمت ہے جسے لکھتے ہوئے اور  $R_o'$  کا مساوی دباؤ  $R_L$  اور  $R_o$  کا مساوی دباؤ  $R_o'$  کا مساوی دباؤ کر کے مزاجمت کرنے کی حنطڑی سے قصر دو، کیا جاتا ہے

$$(7.13) \quad R_{of'} = \frac{R'_o}{1 + WA_V}$$

<sup>۱۰</sup> بر قی دباؤ کو صفر کرنے کی حنطڑی سے قصر دو، کیا جاتا ہے



شکل ۷.۱۵: واپسی برقی دباؤ ایمپلینفائز کا حنارجی مزاحمت

مزید لامدد مزاحمتی بوجھتی ہے  $R_L \rightarrow \infty$

$$(7.47) \quad R'_{of} \Big|_{R_L \rightarrow \infty} = \frac{R_{of} R_L}{R_{of} + R_L} \Big|_{R_L \rightarrow \infty} = R_{of}$$

یہ حاصل ہوتا ہے

### ۷.۶.۲ واپسی برقی روا ایمپلینفائز کا حنارجی مزاحمت

شکل ۷.۱۶ میں  $R_L$  کو منقطع کرتے ہوئے،  $I_s = 0$  کر حنارجی جبانے برقی دباؤ  $V_t$  لاگو کرتے ہیں۔ اور  $I_t$  کی شرخ اس ایمپلینفائز کا حنارجی مزاحمت  $R_{of}$  ہوگا۔ شکل ۷.۱۶ میں ایسا دکھایا گیا ہے جہاں سے ہم لکھ سکتے ہیں

$$\begin{aligned} V_t &= (I_t + A'_i I'_i) R_o \\ &= (I_t - A'_i I_f) R_o \\ &= (I_t - A'_i W I_o) R_o \end{aligned}$$

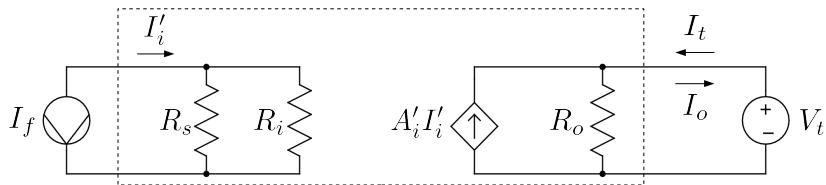
جیسا شکل میں دکھایا گیا ہے  $I_o = -I_t$  ہے لہذا مندرجہ بالامساوات کو یوں لکھ سکتے ہیں

$$V_t = (I_t + A'_i W I_t) R_o$$

جس سے  $R_{of}$  یوں حاصل ہوتا ہے

$$(7.48) \quad R_{of} = \frac{V_t}{I_t} = R_o (1 + W A'_i)$$

<sup>۱۵</sup> برقی دباؤ کو ضمیر کرنے کی حراثے کے کھلے درکیا جاتا ہے



شکل ۷.۱۶: داپکی رفتہ رفتہ کا حناری مزاحمت

مزاحمتی بوجھ مزاحمت  $R_{of}$  کے متوازی حصہ ہے لہذا اس کے شمولیت سے کل حناری مزاحمت  $R'_{of}$  یعنی حاصل کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned}
 R'_{of} &= \frac{R_{of}R_L}{R_{of} + R_L} = \frac{R_o(1 + WA'_i)R_L}{R_o(1 + WA'_i) + R_L} \\
 &= \frac{(1 + WA'_i)R_oR_L}{R_o + WA'_iR_o + R_L} = \frac{(1 + WA'_i)R_oR_L}{R_o + R_L + WA'_iR_o} \\
 &= \frac{(1 + WA'_i)R_oR_L}{(R_o + R_L) + WA'_iR_o} = \frac{(1 + WA'_i)R_oR_L}{(R_o + R_L)\left(1 + \frac{WA'_iR_o}{R_o + R_L}\right)} \\
 &= \left(\frac{R_oR_L}{R_o + R_L}\right) \frac{(1 + WA'_i)}{\left(1 + W\frac{A'_iR_o}{R_o + R_L}\right)}
 \end{aligned}$$

متوازی جوڑنے سے  $A_I$  کو  $\frac{A'_iR_o}{R_o + R_L}$  اور  $R'_o$  کو  $\frac{R_oR_L}{R_o + R_L}$  حاصل ہوتا ہے

$$(7.44) \quad R'_{of} = R'_o \frac{(1 + WA'_i)}{(1 + WA_I)}$$

### ۷.۲.۳ واپسی موصل نہ ایک پلیناٹر کا حنارجی مزاحمت

شکل ۷.۳ میں  $R_L$  کو منقطع کرتے ہوئے،  $0 = V_s - R_L I_t$  اور حنارجی جبانب بر قی دباد  $V_t$  لاگو کرتے ہیں۔ اور  $I_t$  کی شرح اس ایک پلیناٹر کا حنارجی مزاحمت  $R_{of}$  ہو گا۔ شکل ۷.۴ میں ایسا وکھایا گیا ہے جس سے ہم لکھ سکتے ہیں

$$\begin{aligned} V_t &= \left( I_t + A'_g V'_i \right) R_o \\ &= \left( I_t - A'_g V_f \right) R_o \\ &= \left( I_t - A'_g W I_o \right) R_o \\ &= \left( I_t + A'_g W I_t \right) R_o \end{aligned}$$

جہاں دوسرے وتد مپر  $-V_f$  اور چوتھے تدم پر  $-V_i$  کا استعمال کیا گیا ہے۔ یوں کل حنارجی مزاحمت  $R_{of}$  کی قیمت یوں حاصل ہوتی ہے۔

$$(7.27) \quad R_{of} = \frac{V_t}{I_t} = R_o \left( 1 + WA'_g \right)$$

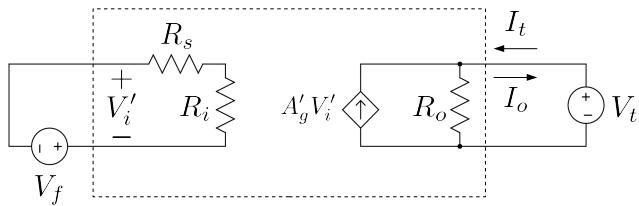
اگر  $R_L$  کو بھی شامل کیا جائے تو کل حنارجی مزاحمت  $R'_{of}$  لکھتے ہوئے

$$\begin{aligned} R'_{of} &= \frac{R_{of} R_L}{R_{of} + R_L} = \frac{R_o R_L \left( 1 + WA'_g \right)}{R_o \left( 1 + WA'_g \right) + R_L} \\ &= \frac{R_o R_L \left( 1 + WA'_g \right)}{R_o + R_o W A'_g + R_L} = \frac{R_o R_L \left( 1 + WA'_g \right)}{\left( R_o + R_L \right) \left( 1 + \frac{R_o W A'_g}{R_o + R_L} \right)} \\ &= \left( \frac{R_o R_L}{R_o + R_L} \right) \left( \frac{1 + WA'_g}{1 + \frac{R_o A'_g W}{R_o + R_L}} \right) \end{aligned}$$

اس مساوات میں  $A_G$  کو  $\frac{R_o A'_g}{R_o + R_L}$  اور  $R'_{of}$  کو  $\frac{R_o R_L}{R_o + R_L}$  کے لکھتے ہوئے اور حاصل ہوتا ہے

$$(7.28) \quad R'_{of} = R'_o \left( \frac{1 + WA'_g}{1 + WA_G} \right)$$

<sup>۱۶</sup> بر قی دباد کو صفر کرنے کی حنا طریقے قصر دور کیا جاتا ہے



شکل ۷.۱۷: داپکی موصل نہ ایک پلینیاٹر کا حنارجی مزاحمت

### ۷.۲.۳ داپکی مزاحمت نہ ایک پلینیاٹر کا حنارجی مزاحمت

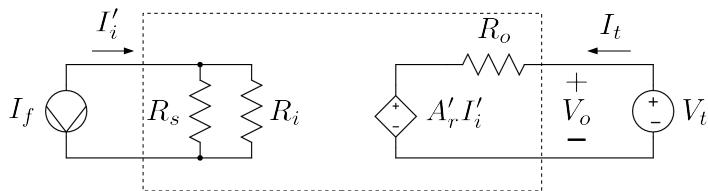
شکل ۷.۱۳ میں  $R_L$  کو منقطع کرتے ہوئے،  $I_s = I_r$  کے اکھنارجی حبائب بر قی دباد  $V_t$  لالگو کرتے ہیں۔ اور  $I_t$  کی شرح اس ایک پلینیاٹر کا حنارجی مزاحمت  $R_{of}$  ہوگا۔ شکل ۷.۱۸ میں ایسا دکھایا گیا ہے جہاں سے ہم لکھ سکتے ہیں

$$\begin{aligned} I_t &= \frac{V_t - A'_r I'_i}{R_o} \\ &= \frac{V_t + A'_r I_f}{R_o} \\ &= \frac{V_t + A'_r W V_o}{R_o} \\ &= \frac{V_t + A'_r W V_t}{R_o} \end{aligned}$$

جہاں دوسرے وتم پر  $I'_i = -I_f$  کا استعمال اور چوتھے وتم پر  $V_t = V_o$  کا استعمال کیا گیا ہے۔ یوں کل حنارجی مزاحمت  $R_{of}$  کو یوں حاصل کیا جاسکتا ہے۔

$$(7.49) \quad R_{of} = \frac{V_t}{I_t} = \frac{R_o}{1 + WA'_r}$$

<sup>۱۴</sup> برقی روکھنے کی حناء سے کھلے دور کی جاتا ہے



شکل ۱۸.۷: واپسی مزاحمت نہ ایکلینیاٹ کا حنارجی مزاحمت

اگر  $R_L$  کو بھی شامل کیا جائے تو کل حنارجی مزاحمت  $R'_{of}$  کو یہ حاصل کیا جائے گا۔

$$\begin{aligned}
 R'_{of} &= \frac{R_o R_L}{R_{of} + R_L} = \frac{\left(\frac{R_o R_L}{1+WA'_r}\right)}{\left(\frac{R_o}{1+WA'_r} + R_L\right)} \\
 &= \frac{\left(\frac{R_o R_L}{1+WA'_r}\right)}{\left(\frac{R_o + R_L(1+WA'_r)}{1+WA'_r}\right)} = \frac{R_o R_L}{R_o + R_L (1 + WA'_r)} \\
 &= \frac{R_o R_L}{R_o + R_L + WA'_r R_L} = \frac{R_o R_L}{(R_o + R_L) \left(1 + \frac{WA'_r R_L}{R_o + R_L}\right)} \\
 &= \left(\frac{R_o R_L}{R_o + R_L}\right) \left(\frac{1}{1 + \frac{WA'_r R_L}{R_o + R_L}}\right)
 \end{aligned}$$

اس مرات میں  $A_R R'_o$  کو لکھتے ہوئے اور  $\frac{R_o R_L}{R_o + R_L}$  کو حاصل ہوتا ہے۔

$$(7.70) \quad R'_{of} = \frac{R'_o}{1 + WA_R}$$

بدول ۷.۲ میں ان ستانچ کو پیش کیا گیا ہے۔

برقی دباؤ ایکلینیاٹ کا داخنی مزاحمت زیادہ سے زیادہ جبکہ اس کا حنارجی مزاحمت کم سے کم درکار ہوتا ہے۔ اس جدول سے آپ دیکھ سکتے ہیں کہ واپسی اشارے کی شمولیت سے برقی دباؤ ایکلینیاٹ کا داخنی مزاحمت بڑھتا ہے جبکہ اس کا حنارجی مزاحمت گھٹتا ہے۔ جہاں ایکلینیاٹ کا داخنی اشارہ برقی دباؤ ہو وہاں زیادہ سے زیادہ داخنی مزاحمت درکار ہوتا ہے جبکہ اس کے بر عکس جہاں داخنی اشارہ برقی رو ہو وہاں کم سے کم داخنی مزاحمت درکار ہوتا ہے۔ اسی طرح جہاں حنارجی اشارہ برقی دباؤ کا ہو وہاں کم سے کم حنارجی مزاحمت درکار ہوتا ہے جبکہ حنارجی اشارہ برقی رو ہونے کی صورت میں زیادہ سے زیادہ حنارجی مزاحمت درکار ہوتا ہے۔ جدول سے آپ دیکھ سکتے ہیں کہ تمام صورتوں میں واپسی اشارے کی شمولیت سے داخنی اور حنارجی مزاحمت بہتر ہوتے ہیں۔ سوال ۷.۳ تا سوال ۷.۷ انہیں حقائق کو احتجاج

### جدول ۲۔ ۷: واپسی ایکلینیاٹر کے داخلی اور خارجی مزاجت

ایکلینیاٹر کی قسم	داخلی مزاجت	خارجی مزاجت
برقی دباد	$R'_{if} = R'_i (1 + WA_V)$	$R_{of} = \frac{R_o}{1 + WA'_o}$
برقی رو	$R'_{if} = \frac{R'_i}{1 + WA_I}$	$R_{of} = R_o (1 + WA'_I)$
موصل نہ	$R'_{if} = R'_i (1 + WA_G)$	$R_{of} = R_o (1 + WA'_g)$
مزاجت نہ	$R'_{if} = \frac{R'_i}{1 + WA_R}$	$R_{of} = \frac{R_o}{1 + WA'_r}$

کرتے ہیں۔ ان سوالات میں آپ یہ بھی دیکھیں گے کہ  $1 \gg WA$  کی صورت میں  $\frac{1}{W} A_f \approx$  یہ جا سکتا ہے۔

### ۷.۷۔ واپسی ایکلینیاٹر کے جماعت بندی کی مشالیں

کسی بھی واپسی ایکلینیاٹر کے جماعت بندی اس کے داخلی جانب مساوات ۳۰۔۷ کے طرز کے مساواتے کی جاتی ہے۔ ایسے مساوات میں  $X_5$  اور  $X_0$  سے جدول ۷۔۷ کے تحت ایکلینیاٹر کی جماعت اخذ کی جاتی ہے اور اگر دیا گی ایکلینیاٹر مساوات ۳۲۔۷ پر پورا اترتا ہوتا  $WA$  استعمال کرتے ہوئے مساوات ۳۵۔۷ سے اس کی افسزاں لکھی جا سکتی ہے۔ واپسی ایکلینیاٹر عصوامآ مساوات ۳۳۔۷ پر پورا اترتتے ہیں۔

اس ہے میں مساوات ۳۰۔۷ کے طرز کی مساوات کا حصول دکھایا جائے گا۔ ایسا کرتے ہوئے تصور کیا جائے گا کہ ایکلینیاٹر مساوات ۳۲۔۷ پر پورا اترتتے ہے لہذا افسزاں کے لئے مساوات ۳۵۔۷ استعمال کیا جائے گا۔ حسابی ایکلینیاٹر کی افسزاں نہیں زیادہ ہوتی ہے۔ یوں اسک پر مسنبی واپسی دور مساوات ۳۰۔۷ پر پورا اترتتے ہے اور اس کی داخلی مساوات ہو ہو مساوات ۳۰۔۷ کی طرح ہوتا ہے۔ یوں حسابی ایکلینیاٹر استعمال کرتے ہوئے کامل واپسی ادوار بنائے جاتے ہیں۔

ٹرانزسٹر ایکلینیاٹر کی افسزاں عصوامآ بہت زیادہ نہیں ہوتی۔ یوں ٹرانزسٹر دور مساوات ۳۲۔۷ پر پوری طرح پورا نہیں اترتت۔ اس کا داخلی مساوات اگرچہ مساوات ۳۰۔۷ کی طرح ہوتا ہے مگر اس میں کئی غیر ضروری حسزوں بھی پائے جاتے ہیں۔ ان غیر ضروری اجزاء کی قیمت جتنی کم ہوتا ہے وہاپسی ایکلینیاٹر بنتا ہے۔

### ۱.۷.۷۔ واپسی برقی دباد ایکلینیاٹر

ثبت حسابی ایکلینیاٹر کو شکل ۱۹۔۷ اف میں دکھایا گیا ہے۔ شکل ب میں اسی کو فدر مختلف طرز پر دوبارہ بنایا گیا ہے جسماں اس میں واپسی اشارے کی پہچان آسانی سے ممکن ہے۔ شکل ب میں داخلی جانب

$$V_i = V_s - V_f$$

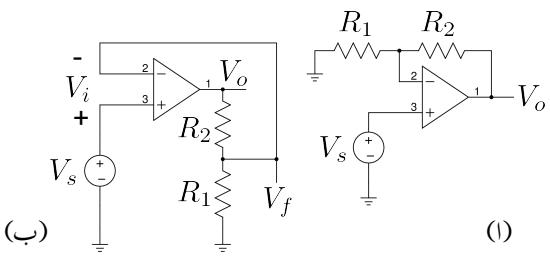
$$V_f = \left( \frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) V_o$$

$$= WV_o$$

$$W = \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

$$A_V = \frac{1}{W}$$

$$= 1 + \frac{R_2}{R_1}$$



شکل ۱۹.۷: ثابت حابی ایکلینیائز ایکی واپسی بر قی دباو ایکلینیائز ہے

کر خون کے مت انون برائے بر قی دباو سے

(۷.۷۱)

$$V_i = V_s - V_f$$

لکھا جاسکتا ہے جہاں

(۷.۷۲)

$$V_f = \left( \frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) V_o = WV_o$$

ہے۔ یوں

(۷.۷۳)

$$W = \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

حاصل ہوتا ہے۔

ساوات ۷.۷ سے صاف ظاہر ہے کہ واپسی اشارہ بر قی دباو کی صورت میں پایا جاتا ہے اور اس کو حنارجی بر قی دباو سے حاصل کیا گیا ہے۔ اسی طرح ساوات ۷.۷ سے صاف ہے کہ داخلی جتاب دو بر قی دباو کے اشارات کو ایک دو نوں سے منفی کیا جا رہے ہے۔ یوں ہم کہہ سکتے ہیں کہ ثابت حابی ایکلینیائز واپسی بر قی دباو ایکلینیائز کی قسم ہے۔ مزید یہ کہ ساوات ۷.۷ سے صاف ظاہر ہے کہ  $R_1$  اور  $R_2$  مسل کرو اپس کارکردار ادا کرتے ہیں۔ اس کے میں اپنی پوری توجہ واپس کارپچ نہ پر کھیں۔

حابی ایکلینیائز کی افسزاش  $A_v$  نہیت زیاد ہوتی ہے لہذا ثابت ایکلینیائز ساوات ۷.۳ سے پر پورا اترتتا ہے اور یوں ساوات ۷.۳۵ کے تحت

(۷.۷۴)

$$A_{vf} \approx \frac{1}{W} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

حاصل ہوتا ہے جو کہ ہم جانتے ہیں کہ درست جواب ہے۔

حابی ایکلینیائز کا ایک منفرد داخلی سراج کہ دوسری ثابتے داخلہ سرا ہے۔ اس حصے میں واپسی ایکلینیائز میں داخلی اشارہ  $V_i$  کو ثابت داخلی سرے پر مہیا کیا گیا جبکہ واپسی اشارہ  $V_f$  کو منفرد داخلی سرے پر مہیا کیا گیا۔ جب

بھی داخنی اور واپسی اشارات کو دو مختلف داخنی سروں پر مہیا کیا جائے، انہیں سلسلہ وار جبڑا تصور کریں۔ چونکہ صرف برقی دباؤ کے اشارات کو ہی سلسلہ وار جوڑا جاسکتا ہے لہذا الٹی صورت میں داخنی اور واپسی اشارات کو برقی دباؤ اشارات قصور کریں۔ مزید داخنی اشارے کو تھوڑن شکل دیں اور واپسی اشارے کی مساوات کو برقی دباؤ (یعنی  $V$ ) کی صورت میں حاصل کریں۔  $V$  کے مساوات سے یہ بتلانا ممکن ہو گا کہ آئندہ  $V_0$  یا  $I_0$  سے واپسی اشارہ حاصل کیا گیا ہے۔ ان معلومات سے ایکلینیفار کی جماعت دریافت ہوتی ہے۔

#### ۷.۷.۲۔ واپسی مزاحمت نہ ایکلینیفار

شکل ۷.۲۰ الف میں منفی حابی ایکلینیفار دکھایا گیا ہے۔ شکل ب میں داخنی اشارے کا نادش مساوی دور استعمال کیا گیا ہے۔ یوں

$$(7.75) \quad I_s = \frac{V_s}{R_1}$$

ہو گا۔ شکل پ کے داخنی جناب کر خوف کے فتنوں برائے برقی روکی مدد سے مساوات ۷.۲۹ کے طرز پر

$$(7.76) \quad I_i = I_s - I_f$$

لکھا جا سکتا ہے جہاں متanon اہم کی مدد سے

$$(7.77) \quad I_f = \frac{V_n - V_o}{R_2} = \frac{0 - V_o}{R_2} = WV_o$$

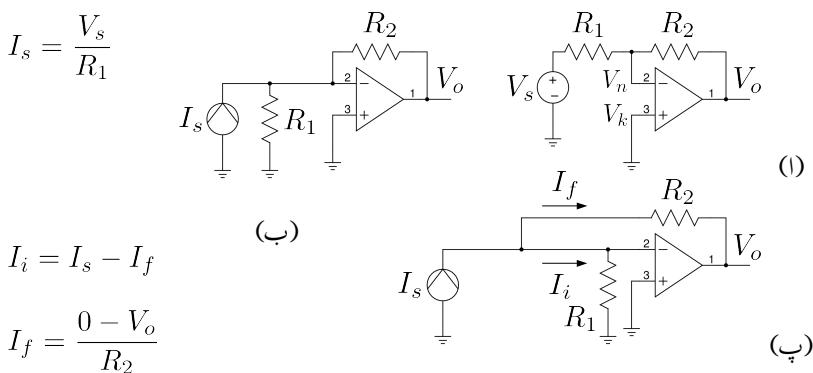
حاصل ہوتا ہے۔ مندرجہ بالا مساوات لکھتے ہوئے یاد رہے کہ حابی ایکلینیفار کے منفی اور مثبت داخنی سروں پر برابر برقی دباؤ رہتا ہے۔ چونکہ یہاں مثبت داخنی سر ابرقی زمین پر ہے لہذا  $0 = V_k$  ہو گا اور اس طرح  $0 = V_n$  حاصل ہوتا ہے۔ مساوات ۷.۷.۷ سے ظاہر ہے کہ واپسی اشارہ برقی روکی صورت میں ہے اور اس کو حنارتی برقی دباؤ سے حاصل کیا گیا ہے۔ مساوات ۷.۷.۷ سے ظاہر ہے کہ داخنی جناب دو برقی روکے اشارات کو ایک دونوں سے منفی کیا جا رہے ہے۔ یوں ان دو مساوات کو دیکھتے ہوئے ہم کہہ سکتے ہیں کہ منفی حابی ایکلینیفار پر حاصل واپسی مزاحمت نہ ایکلینیفار کی قسم ہے۔ مندرجہ بالا مساوات سے

$$(7.78) \quad W = -\frac{1}{R_2}$$

حاصل ہوتا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ  $R_2$  ہی واپس کا رہے۔

حابی ایکلینیفار کی افسزاں نہایت زیادہ ہوتی ہے لہذا منفی ایکلینیفار مساوات ۷.۳۳ سے پورا اترت ہے اور یوں مساوات ۷.۳۵ کے تحت

$$(7.79) \quad A_{rf} = \frac{V_o}{I_s} \approx \frac{1}{W} = -R_2$$



شکل ۷.۲۰: مخفی حسابی ایکلینیفار ایک مزاحمت نہ ایکلینیفار ہے

حصص مساوات ۷.۵ کی مدد سے اس مساوات کو یوں لکھا جاسکتا ہے

$$(7.80) \quad \frac{V_o}{\left(\frac{V_s}{R_1}\right)} = -R_2$$

$$(7.81) \quad \frac{V_o}{V_s} = -\frac{R_2}{R_1}$$

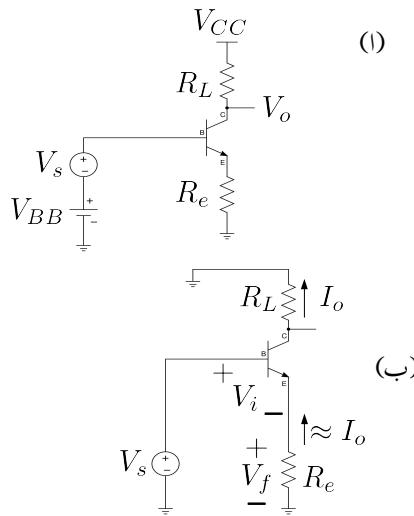
جو کہ مخفی حسابی ایکلینیفار کی حسابی پہچانی مساوات ہے۔

اس حصے میں واپسی مزاحمت نہ ایکلینیفار میں داخلی اشارے کو مخفی داخلی اشارے پر مہیا کیا گیا۔ اس طرح واپسی اشارے کو بھی مخفی داخلی سرے پر مہیا کیا گیا۔ جب بھی داخلی اور واپسی اشارات کو ایک ہی داخلی سرے پر مہیا کیا جائے، انہیں متوازن جبڑا تصور کریں۔ چونکہ صرف بر قی رو کے اشارات کو ہی متوازن جبڑا تصور کریں۔ مزید داخلی اشارے کو نارٹن شکل لہذا اسی صورت میں داخلی اور واپسی اشارات کو بر قی رو اشارات تصور کریں۔ مزید داخلی اشارے کو نارٹن شکل دیں اور واپسی اشارے کی مساوات کو بر قی رو (یعنی  $I_f$ ) کی صورت میں حاصل کریں۔  $I_f$  کے مساوات سے یہ بتانا ممکن ہو گا کہ آیا اشارہ برقی دباؤ یا اشارہ برقی رو سے واپسی اشارہ حاصل کیا گیا ہے۔ ان معلومات سے ایکلینیفار کی جماعت دریافت ہوتی ہے۔

### ۷.۷.۳ واپسی موصل نہ ایکلینیفار

شکل ۷.۲۱: میں ٹرانزستر کا دور دکھایا گیا ہے جس میں بوجھ  $R_L$  ٹرانزستر کے گلکش پر لگایا گیا ہے۔ شکل میں باریک اشاراتی تجربے کی عنرضے  $V_{CC} = 0$  اور  $V_{BB} = 0$  ہے۔ مزید ٹرانزستر کے  $V_{be}$  کو  $V_i$  کے لئے ہے۔

$$\begin{aligned}V_i &= V_s - V_f \\V_f &= -I_o R_e \\W &= -R_e \\A_{gf} &\approx \frac{1}{W} = -\frac{1}{R_e}\end{aligned}$$



شکل ۷.۷: ترانزستر کا داپکی موصل نا ایکلینیفار

$$\begin{aligned}V_i &= V_s - V_f \\&= V_s - (-I_o R_e) \\&= V_s - W I_o\end{aligned}$$

لکھا جا سکتا ہے۔ اس کا (X<sub>i</sub> = X<sub>s</sub> - W X<sub>o</sub>) کے ساتھ موازن کرنے سے

$$(7.82) \quad W = -R_e$$

موصل ہوتا ہے۔ مندرجہ بالا دو مساوات کو دیکھتے ہوئے ہم کہہ سکتے ہیں کہ یہ داپکی موصل نا ایکلینیفار ہے اور یوں

$$(7.83) \quad A_{gf} = \frac{I_o}{V_s} \approx \frac{1}{W} = -\frac{1}{R_e}$$

موصل ہوتا ہے۔

حصہ ۷.۳.۲ میں چند بنیادی مفہوموںے بیان کئے گئے جس کے پہلی شق کے مطابق W کے قیمت پر بوجھ کے R<sub>L</sub> کا کوئی اثر نہیں ہو سکتا۔ یوں W کی قیمت یا اس کی مساوات حاصل کرتے وقت یہ خیال رہے کہ اس پر بوجھ کے مزاجت کا کسی قسم کا کوئی اثر نہیں ہوا تھا۔ اگر  $V_f = -\frac{R_e}{R_L} V_o = -\frac{R_e}{R_L} I_0$  لکھا جا سکتا ہے جس سے  $W = -\frac{R_e}{R_L}$  حاصل ہوگا۔ حاصل W کی قیمت R<sub>L</sub> پر منحصر ہے جو تابع قابل قبول نہیں۔ اسی لئے اس کو عنلٹ جواب تصور کرتے ہوئے رد کیا جاتا ہے۔

حاصل کردہ  $A_{gf}$  کے استعمال سے یعنی  $A_{vf} = I_o R_L$  حاصل کرتے ہیں۔ چونکہ  $V_o = \frac{V_o}{V_s}$  ہے لہذا

$$(7.83) \quad A_{vf} = \frac{V_o}{V_s} = \frac{I_o R_L}{V_s} = \left( \frac{I_o}{V_s} \right) R_L = A_{gf} R_L = -\frac{R_L}{R_e}$$

حاصل ہوتا ہے۔

اس مساوات کے مطابق  $\frac{V_o}{V_s}$  کی قیمت  $R_L$  سے منکر ہے۔ اس لئے اگرچہ اسے برقی دباؤ کا حیطہ ہے، اس خاطر استعمال کیا جاتا ہے مگر یہ ہرگز برقی دباؤ ایکلینیاٹر نہیں ہے اور جب بھی بوجھ  $R_L$  تبدیل کی جائے اس ایکلینیاٹر کی شرح تبدیل ہو جائے گی۔ اس کے بر عکس مساوات ۷.۸۳ کے تحت  $\frac{I_o}{V_s}$  کی قیمت پر  $R_L$  کا کوئی اثر نہیں ہے لہذا اس ایکلینیاٹر کو واپسی موصل نہ ایکلینیاٹر تصور کیا جائے گا۔

شکل پر میں  $R_S$  بھی حاصل کیا گیا ہے۔ یہاں  $R_S$  کو ایکلینیاٹر کا اندر ونی حصہ تصور کرتے ہوئے۔  $V_i = V_s$  لکھا جاتا ہے۔ یوں مندرجہ بالاتمام تصریح اس شکل کے لئے بھی درست ہے۔

ٹرانزسٹر کے B اور E کو دو علیحدہ داخلی سرے تصور کیا جاتا ہے<sup>۱۸</sup>۔ یوں اس حصے میں واپسی موصل نہ ایکلینیاٹر میں داخلی اشارے کو B پر مہیا کیا گیا جبکہ واپسی اشارے کو E پر مہیا کیا گیا۔ جب بھی داخلی اور واپسی اشارات کو دو مختلف داخلی سروں پر مہیا کیا جائے، انہیں سلسلہ دار جبڑا تصور کریں۔ چونکہ صرف برقی دباؤ اشارات ہی سلسلہ دار جبڑے جا سکتے ہیں لہذا اسی صورت میں داخلی اور واپسی اشارات کو برقی دباؤ اشارات تصور کریں۔ مزید داخلی اشارے کو تھوڑی شکل دیں جبکہ واپسی اشارے کی مساوات کو برقی دباؤ (یعنی  $V_f$ ) کی صورت میں حاصل کریں۔

واپسی اشارے کی مساوات سے یہ بتلانا ممکن ہو گا کہ آیا  $I_o$  یا  $V_o$  کے واپسی اشارہ حاصل کیا گیا ہے۔ ان معلومات سے ایکلینیاٹر کی جماعت دریافت ہوتی ہے۔ اس صورت میں B اور E کے مابین برقی دباؤ کو  $V_f$  لکھا جائے گا۔

### ۷.۷.۷. واپسی برقی روایکلینیاٹر

شکل ۷.۲۶ الف میں ٹرانزسٹر کا دور دکھایا گیا ہے جس میں بوجھ  $R_L$  ٹرانزسٹر  $Q_2$  کے گلشن پر لکھا گیا ہے۔ شکل ب میں باریکے اشاراتی تجربے کی عذر ضمیم کی پیغام کو قصر دو اور  $0 = V_{CC} = V_{BB}$  لیا گیا ہے۔ مزید داخلی اشارے کا ناراثن مساوی دور استعمال کیا گیا ہے اور  $R_S$  کو ایکلینیاٹر کا حصہ تصور کیا گیا ہے۔ یوں کرخوف کے فتوں براۓ برقی روکی مدد سے ہم لکھ سکتے ہیں۔

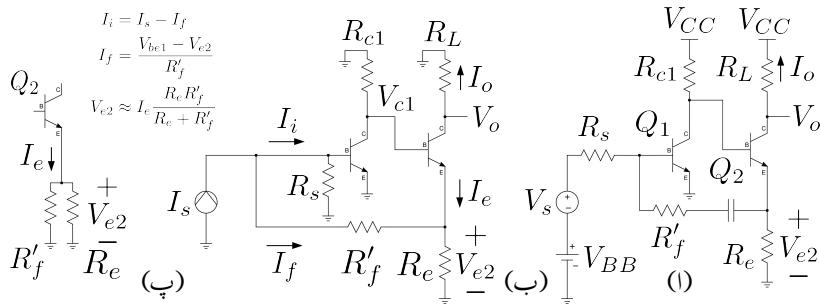
$$I_i = I_s - I_f$$

جباں

$$I_f = \frac{V_{be1} - V_{e2}}{R'_f}$$

کے برابر ہے۔ کامل واپسی ادوار میں واپسی اشارے کی مساوات  $X_f = WX_0$  ہوتی ہے۔ ٹرانزسٹر واپسی ادوار کا مسل ادوار نہیں ہوتے۔ مندرجہ بالامساوات میں  $\frac{V_{be1}}{R'_f}$  کا واپسی اشارہ پیدا کرنے میں کوئی کردار نہیں چونکہ  $V_{be1}$

<sup>۱۸</sup> ایسا کرتے ہوئے B کو منفی جبکہ E کوثبت داخلی سر تصور کریں



شکل ۷.۲۲: ٹرانزسٹر کا داپکی برقی روائی پلیفار

داخلی جاب کا تغیرہ ہے ناکہ خارجی جابنے کا پوس مندرجہ بالامساوات میں  $\frac{V_{be1}}{R'_f}$  غیر ضروری جزو ہے۔ یہ جزو اس لئے پیا گیا ہے کہ ٹرانزسٹر ادوار کا مسل و اپکی ادوار نہیں ہوتے۔ اس غیر ضروری جزو کو نظر انداز کرتے ہوئے

$$I_f \approx -\frac{V_{e2}}{R'_f}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اس طرح جیسے شکل پ میں دکھایا گیا ہے،  $V_{be1}$  کو نظر انداز کرتے ہوئے (یعنی 0 لیتے ہوئے) اور  $R'_f$  کو متوازن تصور کیا جاسکتا ہے اور یوں

$$\begin{aligned} V_{e2} &\approx I_e \left( \frac{R_e R'_f}{R_e + R'_f} \right) \\ &= -I_o \left( \frac{R_e R'_f}{R_e + R'_f} \right) \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے جیسا کہ  $I_e \approx -I_o$  کے برابر یا گیا ہے۔ اس طرح

$$I_f \approx -\frac{V_{e2}}{R'_f} = \left( \frac{R_e}{R_e + R'_f} \right) I_o$$

لکھا جاسکتا ہے جس سے

$$W = \frac{R_e}{R_e + R'_f}$$

حاصل ہوتا ہے۔  
آپ دیکھ سکتے ہیں کہ یہ واپسی بر قی روایکلینیائز ہے اور یوں

$$(7.85) \quad A_{if} \approx \frac{1}{W} = 1 + \frac{R'_f}{R_e}$$

لکھا جاتا ہے۔  
اس ایکلینیائز کا  $\frac{V_o}{V_s}$  یوں حاصل کی جاتا ہے۔

$$(7.86) \quad A_{vf} = \frac{V_o}{V_s} = \frac{I_o R_L}{I_s R_s} = \left( \frac{I_o}{I_s} \right) \left( \frac{R_L}{R_s} \right)$$

$$= A_{if} \left( \frac{R_L}{R_s} \right) = \left( 1 + \frac{R'_f}{R_e} \right) \left( \frac{R_L}{R_s} \right)$$

اس ہے میں داخلی اور واپسی دونوں اشارات کو ٹرانزسٹر کے B پر مہیا کیا گیا۔ جب بھی ان دو اشارات کو ایک ہی داخلی سرے پر مہیا کیا جائے، انہیں متوازنی جبڑا تصور کریں۔ چونکہ صرف بر قی رواش اشارات ہی متوازنی جوڑے جبا سکتے ہیں لہذا ایسی صورت میں داخلی اور واپسی اشارات کو بر قی رواش اشارات تصور کریں۔ مزید داخلی اشارے کو نارٹن شکل دیں جبکہ واپسی اشارے کی مساوات کو بر قی رو (لینتی  $I_f$ ) کی صورت میں حاصل کریں۔ واپسی اشارے کی مساوات سے یہ بتانا ممکن ہو گا کہ آیا  $V_o$  یا  $I_f$  سے واپسی اشارہ حاصل کیا گیا ہے۔ ان معلومات سے ایکلینیائز کی جماعت دریافت ہوتی ہے۔

جس داخلی سرے پر داخلی اشارہ جبڑا ہو اگر اسی نقطے پر مزاحمت (یا کپیسٹر وغیرہ) کا ایک سرا جبڑا ہو جبکہ اس مزاحمت (یا کپیسٹر) کا دوسرا ایکلینیائز کے خارجی جانب جبڑا ہو تو ایسی صورت میں داخلی اور واپسی اشارات متوازنی جبڑے ہوتے ہیں۔

#### ۷.۷.۷. واپسی مزاحمت نما ایکلینیائز

شکل ۷.۷.الف میں ٹرانزسٹر کا درکھایا گیا ہے جس میں بوجھ  $R_L$  ٹرانزسٹر کے E پر لگایا گیا ہے۔ شکل ب میں باریک اشارتی تجربے کی عذر ضم کے کپیسٹر کو قصر درکھایا گیا ہے اور  $0 = V_{BB} = V_{CC}$  ہے۔ مزید داخلی اشارے کا نارٹن مساوی دور استعمال کیا گیا ہے اور  $R_s$  کو ایکلینیائز کا حصہ تصور کیا گیا ہے۔ یوں ہم لکھ سکتے ہیں

$$(7.87) \quad I_i = I_s - I_f$$

$$\text{جس } I_s = \frac{V_b}{R_s} \text{ اور}$$

$$I_f = \frac{V_{be} - V_o}{R_f}$$

$$= \frac{V_{be}}{R_f} - \frac{V_o}{R_f}$$

کے برابر ہے۔ اس مساوات میں  $\frac{V_{be}}{R_f}$  کا داپکی اشارہ پیدا کرنے میں کوئی کردار نہیں البتہ  $\frac{V_o}{R_f}$  - حنارجی بر قی دباد پر منحصر داپکی اشارہ ہے یوں مساوات کے پہلے جزو کو نظر انداز کرتے ہوئے ہم لکھ سکتے ہیں

$$\begin{aligned} I_f &\approx -\frac{V_o}{R_f} \\ &= WV_o \\ W &= -\frac{1}{R_f} \end{aligned}$$

اور یوں مساوات ۷.۸ کو ہم لکھ سکتے ہیں

$$\begin{aligned} I_i &\approx I_s - \left( -\frac{V_o}{R_f} \right) \\ &= I_s - WV_o \end{aligned}$$

جس سے ہم کہ سکتے ہیں کہ یہ مزاحمت نما داپکی ایپلیفائر ہے اور یوں

$$(7.88) \quad A_{rf} \approx \frac{1}{W} = -R_f$$

اسی ایپلیفائر کا  $\frac{V_o}{V_s}$  یعنی  $A_{vf}$  یوں حاصل کیا جاسکتا ہے۔

$$(7.89) \quad A_{vf} = \frac{V_o}{V_s} = \frac{V_o}{I_s R_s} = \left( \frac{V_o}{I_s} \right) \frac{1}{R_s} = \frac{A_{rf}}{R_s} = -\frac{R_f}{R_s}$$

اسی طرح یوں حاصل ہوگا

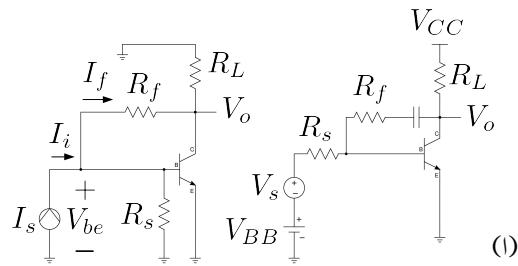
$$(7.90) \quad A_{if} = \frac{I_o}{I_s} = \frac{\frac{V_o}{R_L}}{I_s} = \left( \frac{V_o}{I_s} \right) \frac{1}{R_L} = \frac{A_{rf}}{R_L} = -\frac{R_f}{R_L}$$

اور  $\frac{I_o}{V_s}$  کو یوں

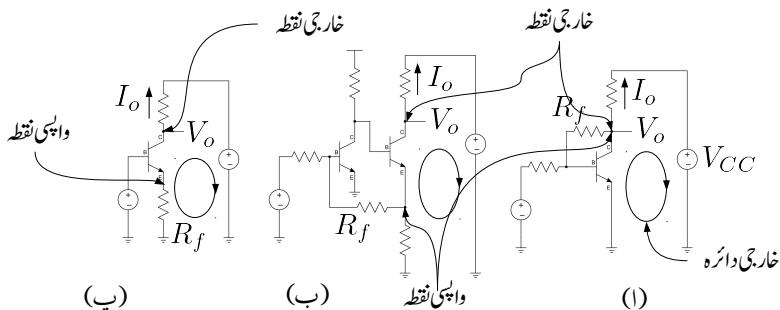
$$(7.91) \quad A_{gf} = \frac{I_o}{V_s} = \frac{\frac{V_o}{R_L}}{I_s R_s} = \left( \frac{V_o}{I_s} \right) \frac{R_s}{R_L} = A_{rf} \frac{R_s}{R_L} = -\frac{R_f R_s}{R_L}$$

شکل ۷.۲۳ الف، ب اور پ میں شکل ۷.۲۳ اور شکل ۷.۲۱ اور شکل ۷.۲۱ دوبارہ کھائے گئے ہیں۔ شکل الف پر غور کریں۔ اس میں حنارجی دائرے کی نشاندہی کی گئی ہے۔ حنارجی جانب بر قی دباد  $V_0$  اور بر قی رو  $I_0$  کی بھی نشاندہی کی گئی ہے۔ ٹرانزسٹر کے C جہاں سے  $V_0$  یا (او)  $I_0$  حاصل کیا گیا ہے کو حنارجی نقطہ مترا رکھا گیا ہے۔ بوچھا  $R_L$  کو

$$\begin{aligned}
 I_i &= I_s - I_f \\
 I_f &= \frac{V_{be} - V_o}{R_f} \approx -\frac{V_o}{R_f} \\
 &= WV_o \\
 W &= \frac{1}{R_f} \\
 A_{rf} &= \frac{1}{W} = -R_f \quad (\text{ب})
 \end{aligned}$$



شکل ۷.۷: نہائی سڑکا و اپی مزاحمت نہ ایکلینیٹر



شکل ۷.۷: واپی نقطے

خارجی نقطے پر جوڑا جاتا ہے۔ اسی طرح واپی نقطے کی بھی نشاندہی کی گئی ہے۔ یہ وہ نقطے ہے جہاں سے واپس کار اشارہ حاصل کرتا ہے۔ یہاں  $R_f$  بطور واپس کار کردار ادا کر رہا ہے۔ اس شکل میں واپی نقطے اور خارجی نقطے دونوں ایک ہی جوڑ پر پائے جاتے ہیں۔ ایسی صورت جہاں خارجی نقطے اور واپی نقطے ایک ہی جوڑ پر پائے جائیں میں واپس کار خارجی برقی دباؤ  $V_0$  سے واپی اشارہ حاصل کرتا ہے۔

شکل ۷.۷ ب میں خارجی نقطے اور واپی نقطے دو عیجده جوڑ پر پائے جاتے ہیں۔ یہاں واپی اشارے کو اس جوڑ سے حاصل نہیں کیا گیا جہاں سے  $I_o$  یا  $V_0$  حاصل کیا گیا ہے۔ البتہ واپی اشارے کو خارجی دائرے سے حاصل کیا گیا ہے۔ خارجی دائرہ وہ دائرہ ہے جس میں خارجی برقی رو  $I_o$  کا یہاں ہوتا ہے۔ ایسی صورت جہاں خارجی نقطے اور واپی نقطے دو عیجده جوڑ پر پائے جائیں میں واپس کار خارجی برقی رو  $I_o$  سے واپی اشارہ حاصل کرتا ہے۔

شکل ۷.۷ پ میں مزاحمت  $R_e$  کو لکھا گیا ہے۔ یہاں بھی خارجی اور واپی نقطے دو عیجده جوڑ پر پائے جاتے ہیں لہذا یہاں بھی واپس کار خارجی برقی رو  $I_o$  سے واپی اشارہ حاصل کرتا ہے۔

## ۷۔۸ واپسی ایکلینیاٹر کا تفصیلی تجزیے

اب تک ساوات ۳۲ پر پورا لرتے واپسی ایکلینیاٹر پر غور کیا گیا۔ اس حصے میں ان واپسی ایکلینیاٹر پر غور کیا جائے گا جو اس ساوات پر پورا نہیں اترتے۔ ایس کرتے وقت ایکلینیاٹر کو دو حصوں بینی دی ایکلینیاٹر  $A$  اور واپس کار  $W$  میں تقسیم کیا جاتا ہے۔ واپسی ایکلینیاٹر میں واپسی اشارے کو صفر کرتے ہوئے مگر واپس کار کے بوجھ کو شامل کرتے ہوئے بینی دی ایکلینیاٹر حاصل کیا جاتا ہے۔ مندرجہ ذیل اقتداء کی مدد سے ایسا کیا جاتا ہے۔

بنیادی ایکلینیاٹر کا داخلی حصہ حاصل کرنے کی خاطر حرارتی اشارہ  $X_0$  کی قیمت کو صفر کر دیا جاتا ہے۔ یعنی

- اگر حرارتی بر قی دباؤ  $V_0$  سے واپسی اشارہ حاصل کیا گیا ہو (یعنی  $WX_0 = f$ ) تو حرارتی بر قی دباؤ کو قصر دور کر کرنے سے  $V_0 = 0$  کر دیا جاتا ہے جس سے  $X_f$  بھی صفر ہو جاتا ہے۔

- اس کے بر عکس اگر واپسی اشارے کو  $I_0$  سے حاصل کیا گیا ہو تو حرارتی دائرے کو کھلے سرے کر دیا جاتا ہے۔ یہ  $I_0 = 0$  ہو جاتا ہے جس سے  $X_f$  بھی صفر ہو جاتا ہے۔

بنیادی ایکلینیاٹر کا حرارتی حصہ حاصل کرنے کی خاطر کل داخلی اشارہ  $X$  کی قیمت صفر کر دیا جاتا ہے۔ یعنی

- اگر داخلی اور واپسی اشارات متوالی جبڑے ہوں تب یہ دونوں بر قی رو اشارات ہوں گے۔ انہیں قصر دور کرنے سے  $I_i = 0$  کیا جاتا ہے۔

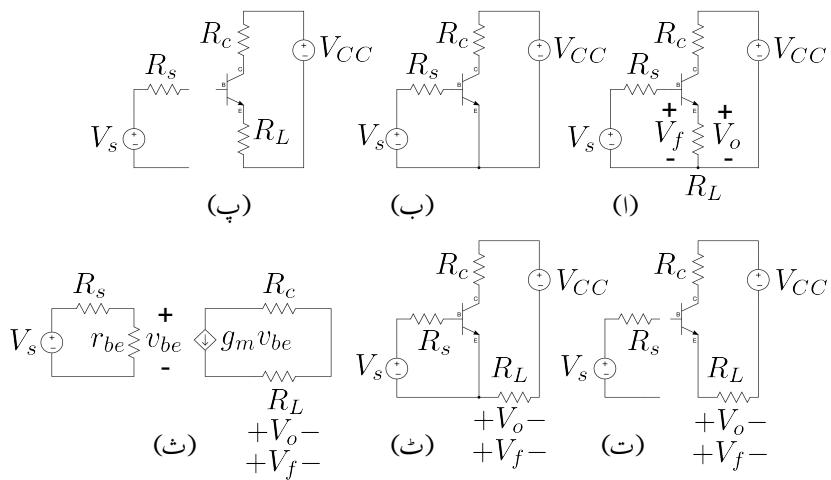
- اس کے بر عکس اگر داخلی اور واپسی اشارات سالمہ وار جبڑے ہوں تب یہ دونوں بر قی دباؤ اشارات ہوں گے۔ داخلی دائرے کو کھلے سرے کرنے سے  $V_i = 0$  کیا جاتا ہے۔

اس ترکیب سے واپسی اشارہ کے اثرات کو ختم کر دیا جاتا ہے جبکہ بنیادی ایکلینیاٹر پر واپس کار کے بوجھ کے اثرات برقرار رہنے والے جباتے ہیں۔ اس ترکیب کو استعمال کرتے ہوئے واپسی ایکلینیاٹر حاصل کرنے کے مکمل اقتداء مندرجہ ذیل ہیں۔

- پہلے یہ فیصلہ کریں کہ  $X$  بر قی دباؤ بر قی رو کا اشارہ ہے۔ اگر  $X$  داخلی اشارہ  $X_0$  کے ساتھ سالمہ وار جبڑا ہو تو  $X$  بر قی دباؤ اشارہ ہو گا اور اگر یہ  $X_S$  کے ساتھ متوالی جبڑا ہو تو  $X$  بر قی رو اشارہ ہو گا۔ اسی طرح فیصلہ کریں کہ  $X_0$  بر قی دباؤ بر قی رو اشارہ ہے۔ اگر  $X_0$  کو  $X_0$  کو  $V_0$  سے حاصل کیا گیا ہو تو  $X_0$  بر قی دباؤ اشارہ ہو گا اور اگر  $X$  حرارتی دائرہ سے حاصل کیا گیا ہو تو  $X_0$  بر قی رو اشارہ ہو گا۔

- واپسی ایکلینیاٹر کی جماعت دریافت کریں۔ اگر  $X$  سالمہ وار جبڑے ہوں تب  $X$  بر قی دباؤ اشارہ یعنی  $V$  ہو گا اور اگر یہ دونوں متوالی جبڑے ہوں تب  $X$  بر قی رو اشارہ یعنی  $I$  ہو گا۔ اسی طرح اگر واپسی اشارے کو حرارتی نقطے سے حاصل کیا گیا ہو تو واپسی اشارے کو  $V_0$  سے حاصل کیا گیا ہو گا اور حرارتی اشارے کو  $V$  تصور کیا جائے گا۔ اس کے بر عکس اگر واپسی اشارے کو حرارتی دائرے سے حاصل کیا گیا ہو تو حرارتی اشارہ  $I_0$  تصور کیا جائے گا۔

- واپسی اشارے کا اثر ختم کرتے ہوئے مگر واپس کار کے بوجھ کے اثر کو برقرار رکھتے ہوئے مندرجہ بالا قوائیں کی مدد سے بنیادی ایکلینیاٹر کا دور حاصل کریں۔ اگر  $X$  اور  $X_S$  سالمہ وار جبڑے ہوں تب داخلي اشارہ  $X_S$  کا تھوڑن مساوی دور استعمال کریں۔ اس کے بر عکس اگر  $X$  اور  $X_S$  متوالی جبڑے ہوں تب داخلي اشارہ  $X_S$  کا نارٹن مساوی دور استعمال کریں۔



شکل ۷.۲۵: بنیادی ایکلپیغاڑ کا حصول

- ۰ بنیادی ایکلپیغاڑ میں ٹرانزسٹر کاریاضی مونہب استعمال کرتے ہوئے اس کا باریکے اشاراتی مساوی دور حاصل کریں اور اس میں  $X_0$  اور  $X_f$  کی نشانہ ہی کریں۔
  - ۰ واپسی اشارے  $X_f = W X_0$  کی مساوات حاصل کریں جس سے  $W$  کی قیمت حاصل ہوگی۔
  - ۰ کرخوف کے قوانین استعمال کرتے ہوئے بنیادی ایکلپیغاڑ سے افزاش  $A$ ، داخلی مزاحمت  $R_i$  اور خارجی مزاحمت  $R_o$  حاصل کریں۔
  - ۰ مندرجہ بالا حاصل کردہ معلومات سے  $R_{of}$  اور  $R'_{if}$  حاصل کریں۔
- آئیں اس ترکیب کو استعمال کرتے ہوئے واپسی ایکلپیغاڑ حاصل کریں۔

## ۷.۹ واپسی بر قی دباو ایکلپیغاڑ

شکل ۷.۲۵ اف میں واپسی بر قی دباو ایکلپیغاڑ دکھایا گیا ہے۔ فقط مائل حاصل کرنے کی حافظہ  $V_s$  کے ساتھ  $V_{BB}$  سلسلہ وار تصور کریں جس کو شکل میں نہیں دکھایا گیا تاکہ اصل مضمون پر توجہ رکھنی آسان ہو۔ اس دور کو متقدم باہتمام حل کرتے ہیں۔

پہلے وتم پر اس کی جماعت حبانا ضروری ہے۔ اس دور پر تفصیلی بحث ہو چکی ہے۔ یہ واپسی بر قی دباو ایکلپیغاڑ چونکہ  $V_0$  سے واپسی اشارہ حاصل کیا گیا ہے لہذا، بنیادی ایکلپیغاڑ کا داخلی مساوی دور حاصل کرنے کی حافظہ  $V_0$  کو قصر دو کرتے ہیں۔ ایسا شکل ب میں دکھایا گیا ہے جہاں صرف داخلی دائے پر نظر رکھتے ہے۔

ہوئے ہم لکھ سکتے ہیں

$$(7.92) \quad V_s = I_s R_s + V_{be}$$

چونکہ داخلی جناب  $V_s$  اور  $V_f$  سلسلہ وار حصہ ہیں لہذا بینیادی ایمپلیفائر کا حنارتی مساوی دور حاصل کرنے کی حنارتی دائرے کو کھلے سرے کر دیا جاتا ہے۔ ایس شکل پے میں دکھایا گیا ہے۔ اس شکل میں صرف حنارتی دائرے پر نظر رکھتے ہوئے ہم لکھ سکتے ہیں

$$(7.93) \quad V_{CC} = I_c R_c + V_{ce} + I_c R_L$$

شکل پے کو فردا مختلف طرز پر شکل تے میں دوبارہ دکھایا گیا ہے جہاں  $V_0$  اور  $V_f$  کی نشاندہی بھی کی گئی ہے۔ آپ تسلی کر لیں کہ اس شکل کے حنارتی دائرے کی مساوات بھی مندرجہ بالا مساوات ہی ہے۔ شکل تے کے داخلی مساوی دور اور شکل تے کے حنارتی مساوی دور کو ملا کر شکل تے حاصل ہوتا ہے۔ شکل تے کے داخلی اور حنارتی مساوات یوں حاصل ہوں گے۔

$$(7.94) \quad V_s = I_s R_s + V_{be}$$

$$(7.95) \quad V_{CC} = I_c R_c + V_{ce} + I_c R_L$$

یہ باکل مساوات ۷.۹۲ اور مساوات ۷.۹۳ ہی ہیں۔  
شکل تے میں ٹرانزسٹر کا پائے ریاضی نوبہ استعمال کرتے ہوئے شکل تے کا باریکے اثاراتی دور حاصل کیا گیا ہے۔ اس سے

$$(7.96) \quad A_V = \frac{V_o}{V_s} = \frac{V_o}{I_c} \times \frac{I_c}{V_{be}} \times \frac{V_{be}}{V_s} = \frac{R_L g_m r_{be}}{R_s + r_{be}} = \frac{\beta R_L}{R_s + r_{be}}$$

حاصل ہوتا ہے جہاں مساوات ۳.۱۸۸ کے تحت  $g_m r_{be} = \beta$  کے برابر ہے۔ شکل تے کے تحت  $V_f = V_0$  ہے لہذا حاصل ہوتا ہے اس طرح  $W = 1$

$$(7.97) \quad M = 1 + WA_V = 1 + \frac{\beta R_L}{R_s + r_{be}} = \frac{R_s + r_{be} + \beta R_L}{R_s + r_{be}}$$

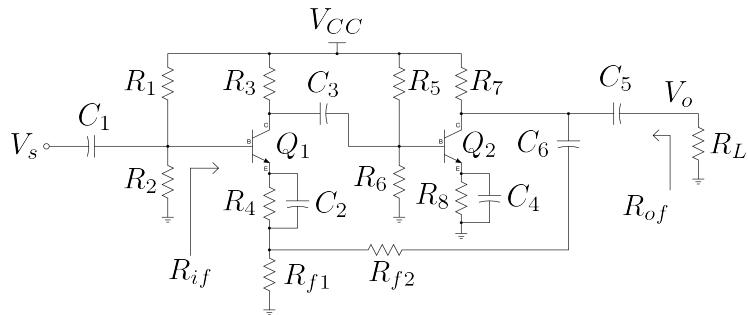
بنیادی ایمپلیفائر کا داخلی مزاحمت ہے۔

$$(7.98) \quad R'_i = R_s + r_{be}$$

کے برابر ہے اور یوں

$$(7.99) \quad R'_{if} = MR'_i = (R_s + r_{be}) \times \frac{R_s + r_{be} + \beta R_L}{R_s + r_{be}} = R_s + r_{be} + \beta R_L$$

حاصل ہوتا ہے۔



شکل ۲۶.۷: دو مرحلہ زنجیبیری واپسی بر قی دباؤز ایکسلینیائز

مساوات ۲۶.۷ کے تحت  $A'_v = A_V|_{R_L \rightarrow \infty}$  میں مساوات ۲۶.۹ میں  $\infty \rightarrow R_L$  کے استعمال سے  $A'_v = \infty$  حاصل ہوتا ہے۔ خارجی مزاجمت  $R_o$  حاصل کرتے وقت  $R_L$  کو ایکسلینیائز کا حصہ تصور نہیں کیا جاتا اور یوں شکل ۷ سے  $\infty = R_o$  حاصل ہوتا ہے جس سے

$$R_{of} = \frac{R_o}{1 + WA'_v} = \frac{\infty}{\infty}$$

حاصل ہوتا ہے جس کا کوئی مطلب نہیں۔

مساوات ۱۰۰ سے خارجی مزاجمت حاصل کرنا ممکن نہیں۔  $R_o$  حاصل کرنے کی حناطر درورے پہلے  $R'_{of}$  حاصل کریں اور پھر مساوات ۲۶.۷ کی مدد سے  $R_o$  حاصل کریں۔  $R_L$  کی شمولیت سے  $R'_o$  کی قیمت  $R_L$  کے برابر ہے۔ اس طرح

$$(2.100) \quad R'_{of} = \frac{R'_o}{M} = \frac{R_L(R_s + r_{be})}{R_s + r_{be} + \beta R_L}$$

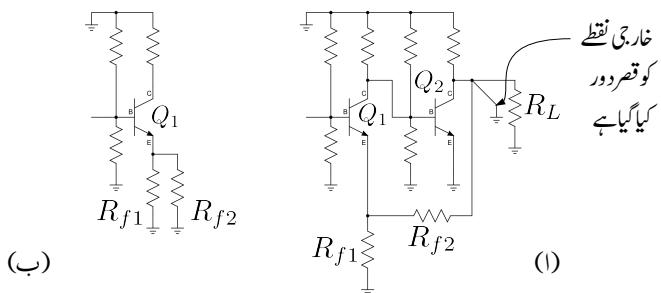
اور

$$(2.101) \quad R_{of} = R'_{of} \Big|_{R_L \rightarrow \infty} = \frac{R_s + r_{be}}{\beta}$$

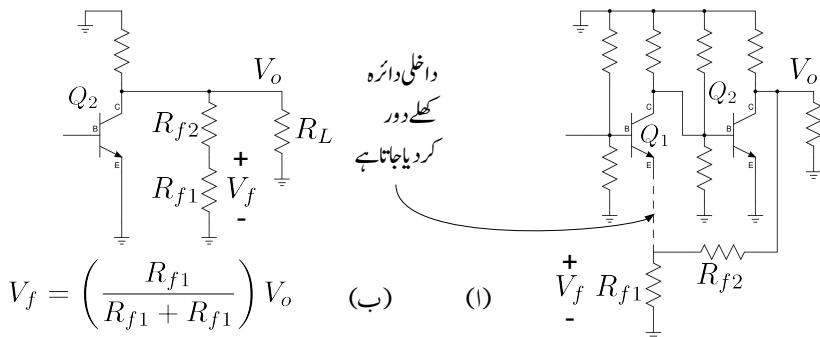
حاصل ہوتا ہے۔

## ۱۰.۷ واپسی بر قی دباؤز نجیبیری ایکسلینیائز

شکل ۲۶.۷ میں دو کڑی زنجیبیری ایکسلینیائز کھایا گیا ہے۔ درکار تعداد پر تمام کپیٹروں کو قصر درور تصور کریں۔ اس ایکسلینیائز میں خارجی بر قی دباؤ  $V_o$  سے واپسی اشارہ  $V_o$  حاصل کیا گیا ہے لہذا ابھی وی ایکسلینیائز کے داخنی جانب کا دور

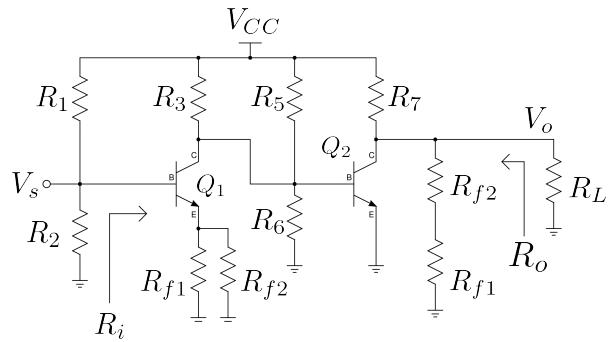


شکل ۷.۲: دو مرحلہ زنجیری واپسی بر قی دباو ایمپلیفیائر کے داحتی حصے کا حصول



شکل ۷.۳: دو مرحلہ زنجیری واپسی بر قی دباو ایمپلیفیائر کے خارجی حصے کا حصول

حاصل کرتے وقت خارجی نقطے کو قصر دور کیا جائے گا۔ جو نکہ  $V_o$  کو  $R_L$  پر ناچاہتا ہے لہذا خارجی نقطے کو قصر دور کرنے سے مراد اس نقطے کو بر قی زمین کے ساتھ جوڑتا ہے۔ شکل ۷.۲.۶ الف میں ایسا دکھایا گیا ہے۔ جیسا کہ شکل ب میں دکھایا گیا ہے، اس عمل سے  $R_{f2}$  اور  $R_{f1}$  متوالی سبڑ جاتے ہیں۔ اس ایمپلیفیائر میں  $V_f$  اور  $V_o$  سلسلہ وار سبڑے ہیں لہذا بنیادی ایمپلیفیائر کے خارجی جانب کا دور حاصل کرتے وقت داحتی دائرے کو کھلے دور کیا جائے گا۔ اس دائرے کو  $Q_1$  کے بیندر پر کھلے دور کیا جاسکتا ہے۔ شکل ۷.۲.۶ الف میں داحتی دائرے کو  $Q_1$  کے بیندر پر کھلے دور کیا گیا ہے۔ جیسا کہ شکل ب میں دکھایا گیا ہے، اس عمل سے  $R_{f1}$  اور  $R_{f2}$  خارجی جانب سلسلہ وار سبڑ جاتے ہیں۔ شکل ۷.۲.۶ کو زنجیری ضرب سے با آسانی حل کرتے ہوئے حاصل کی جا سکتی ہے۔ اس طرح اس بنیادی ایمپلیفیائر کا  $A_v$  اور  $R_o$  بھی حاصل کیا جاسکتا ہے۔ شکل سے



شکل ۱۰.۷: دو مرحلہ زنجیری واپسی برقی دباؤز کا بنیادی ایک پلینیاٹر

واپس کار کا  $W$  میں حاصل ہوتا ہے۔

$$(10.7) \quad W = \frac{R_{f1}}{R_{f1} + R_{f2}}$$

ان تمام معلومات سے حاصل کیا جاتا ہے۔

### سوالات

**سوال ۱.۷:** ایک سادہ ایمپلیفیاٹر کی افسناش میں مختلف وجوہات کی بنا پر 7% کے مندرجہ پیدا ہوتا ہے۔ اس ایمپلیفیاٹر میں واپسی اشارہ شامل کیا جاتا ہے۔ یوں حاصل واپسی ایمپلیفیاٹر کی افسناش میں انہیں وجوہات کی بنا پر صرف 1% اضافہ پیدا ہوتا ہے۔  $M$  کی قیمت حاصل کریں۔ اگر سادہ ایمپلیفیاٹر کی افسناش  $\frac{V}{7}$  تھی تو واپسی ایمپلیفیاٹر کے افسناش اور واپس کار کے مستقل  $W$  کی قیمت کیا ہوگی؟

$$W = 0.02449 \frac{V}{V}, A_f = 35 \frac{V}{V}, M = 7.$$

**سوال ۲.۷:** اگر سوال ۱.۷ میں سادہ ایمپلیفیاٹر کا بلند انقطعی تعداد  $200 \text{ kHz}$  ہو تو واپسی ایمپلیفیاٹر کی بلند انقطعی تعداد کیا ہوگی۔

**جواب:**  $1.4 \text{ MHz}$

**سوال ۳.۷:** ایک واپسی برقی دباؤ ایمپلیفیاٹر کے  $R_s = 500 \Omega, A'_v = 2000 \frac{V}{V}$  اور  $R_i = 2 \text{k}\Omega$  جبکہ برقی بوچھے  $R_L = 10 \text{k}\Omega$  ہیں۔ اس ایمپلیفیاٹر میں واپسی اشارہ شامل کیا جاتا ہے۔ واپس کار کا مستقل  $W = 0.01 \frac{V}{V}$  ہے۔ واپسی ایمپلیفیاٹر کی افسناش، داخلی مزاحمت اور خارجی مزاحمت حاصل کریں۔

$$R_{of} = 24 \text{k}\Omega, R'_{if} = 60 \text{k}\Omega, A_{vf} = 95 \frac{V}{V}$$

**سوال ۴.۷:** ایک واپسی برقی رواہ ایمپلیفیاٹر کے  $A_i = 2000 \frac{A}{A}$  اور  $R_i = 500 \Omega$  اور  $R_0 = 5 \text{k}\Omega$  جبکہ برقی بوچھے  $R_s = 5 \text{k}\Omega$  ہیں۔ اس ایمپلیفیاٹر میں واپسی اشارہ شامل کیا جاتا ہے۔ واپس کار کا مستقل  $W = 0.01 \frac{A}{A}$  ہے۔ واپسی ایمپلیفیاٹر کی افسناش، داخلی مزاحمت اور خارجی مزاحمت حاصل کریں۔

$$R_{of} = 96 \text{k}\Omega, R'_{if} = 28 \Omega, A_{if} = 94 \frac{A}{A}$$

**سوال ۵.۷:** ایک موصل نہ ایمپلیفیاٹر کے  $A_g = 2000 \frac{A}{V}$  اور  $R_i = 5 \text{k}\Omega$  اور  $R_0 = 500 \Omega$  جبکہ برقی بوچھے  $R_s = 1 \text{k}\Omega$  ہیں۔ اس ایمپلیفیاٹر میں واپسی اشارہ شامل کیا جاتا ہے۔ واپس کار کا مستقل  $W = 0.01 \frac{V}{A}$  ہے۔ واپسی ایمپلیفیاٹر کی افسناش، داخلی مزاحمت اور خارجی مزاحمت حاصل کریں۔

$$R_{of} = 9.59 \text{k}\Omega, R'_{if} = 39 \text{k}\Omega, A_{gf} = 86 \frac{A}{V}$$

**سوال ۶.۷:** ایک مزاحمت نہ ایمپلیفیاٹر کے  $A_r = 2000 \frac{V}{A}$  اور  $R_i = 500 \Omega$  اور  $R_0 = 5 \text{k}\Omega$  جبکہ برقی بوچھے  $R_s = 5 \text{k}\Omega$  ہیں۔ اس ایمپلیفیاٹر میں واپسی اشارہ شامل کیا جاتا ہے۔ واپس کار کا مستقل  $W = 0.01 \frac{A}{V}$  ہے۔ واپسی ایمپلیفیاٹر کی افسناش، داخلی مزاحمت اور خارجی مزاحمت حاصل کریں۔

$$R_{of} = 238 \Omega, R'_{rf} = 32 \Omega, A_{rf} = 93 \frac{V}{A}$$

**سوال ۷.۷:** آپ کے پاس  $\frac{V}{7}$  2000 کا برقی دباؤ ایمپلیفیاٹر موجود ہے جس کا داخلی مزاحمت  $5 \text{k}\Omega$  اور خارجی مزاحمت  $\Omega 500$  ہیں۔ اس کو استعمال کرتے ہوئے واپسی برقی دباؤ کا ایمپلیفیاٹر تخلیق دیں جس کی افسناش  $\frac{V}{12.5}$  ہو۔ داخلی اشارے کی مزاحمت  $1 \text{k}\Omega$  اور برقی بوچھے  $R'_{if} = 1.5 \text{k}\Omega$  اور  $R_{of}$  بھی حاصل کریں۔

**جواب:**  $A_{vf} = 1250 \frac{V}{V}, A'_v = 1667 \frac{V}{V}, R'_i = 6 \text{k}\Omega, A_{vf} = 12.5 \frac{V}{V}$  اور  $R_{of} = 4.95 \Omega$  اور  $R'_{if} = 606 \text{k}\Omega$  ہیں۔

$$W = 0.08 \frac{V}{V}$$

سوال ۸۔۷۔ میں تحلیق کئے گئے واپسی ایکلپیناٹر پر اگر  $\Omega = 3k$  کا بوجھ لادا جائے تو اس کی  $A_{vf}$  کی حاصل ہوگی۔

جواب:  $\frac{V}{V} = 12.4$ ۔ بوجھ کی مزاجت آدمی کرنے سے واپسی افزائش میں صرف  $0.8\%$  کی تبدیلی آتی۔ واپسی ایکلپیناٹر قیمت مسلم ہے۔

سوال ۹۔۷۔ میں تحلیق کردہ واپسی ایکلپیناٹر میں بنیادی ایکلپیناٹر کو تبدیل کرتے ہوئے  $\frac{V}{V} = 1500$  کا ایکلپیناٹر نسبت کیا جاتا ہے۔ ایسا کرنے سے  $A_{vf}$  کی قیمت کیا حاصل ہوگی؟

جواب:  $\frac{V}{V} = 12.33$ ۔ بنیادی ایکلپیناٹر کے افزائش میں  $25\%$  تبدیلی سے واپسی ایکلپیناٹر کے افزائش میں صرف  $1.36\%$  کی تبدیلی پیدا ہوئی۔ واپسی ایکلپیناٹر کے مسلم ہونے کی ایک اچھی مثال ہے۔

سوال ۱۰۔۷۔ ایک واپسی بر قی دباؤز ایکلپیناٹر میں  $V_s = 150 \text{ mV}$ ,  $V_f = 148 \text{ mV}$ ,  $V_o = 12 \text{ V}$  اور  $R'_i = 2 \text{ k}\Omega$  اور  $R'_o = 1950 \text{ }\Omega$  ہوں۔ اس ایکلپیناٹر کے  $A_{vf}$ ,  $W$  اور  $A_V$  حاصل کریں۔ اگر بنیادی ایکلپیناٹر کا  $2 \text{ k}\Omega$  اور  $R'_i = 100 \text{ }\Omega$  اور  $R'_o = 3 \text{ M}\Omega$  کیا ہوں گے۔

جوابات:  $\frac{V}{V} = 0.01233$ ,  $A_{vf} = 80 \frac{\text{V}}{\text{V}}$ ,  $W = 0.01233 \text{ }\Omega$ ,  $A_V = 6000 \frac{\text{V}}{\text{V}}$ ,  $A_{vf} = 150 \text{ k}\Omega$ ,  $R'_i = 103.5 \text{ k}\Omega$ ,  $A_{vf} = 0.957 \frac{\text{V}}{\text{V}}$ ,  $A_V = 22.22 \frac{\text{V}}{\text{V}}$ ,  $r_{be} = 2.5 \text{ k}\Omega$ ,  $R'_o = 20 \text{ k}\Omega$  اور  $R'_i = 100 \text{ }\Omega$  ہیں۔

سوال ۱۱۔۷۔ بنیادی بر قی رہ ایکلپیناٹر کی افزائش  $\frac{A}{A} = 3000$  جبکہ اسی سے حاصل واپسی ایکلپیناٹر کی افزائش  $\frac{A}{A} = 15$  ہے۔ اس کی صورت میں  $R_o = 15 \text{ k}\Omega$  اور  $R'_i = 20 \text{ k}\Omega$  اور  $R'_o = 3 \text{ M}\Omega$  اور  $R'_i = 100 \text{ }\Omega$  حاصل کریں۔

سوال ۱۲۔۷۔ شکل ۲.۷۔۷ میں  $I_{CQ} = 1 \text{ mA}$ ,  $R_s = 2 \text{ k}\Omega$ ,  $R_L = 1 \text{ k}\Omega$ ,  $\beta = 100$  اور  $R'_i = 103.5 \text{ k}\Omega$  اور  $R'_o = 204.5 \text{ k}\Omega$  اور  $A_{vf} = 0.957 \frac{\text{V}}{\text{V}}$  اور  $A_V = 22.22 \frac{\text{V}}{\text{V}}$  اور  $r_{be} = 2.5 \text{ k}\Omega$  میں  $\beta$  کی قیمت  $200$  جبکہ  $I_{CQ} = 1 \text{ mA}$  ہے اسے دوبارہ حل کریں۔  $A_{vf}$  میں کتنے فیصد تبدیلی روشن ہوئی۔

جوابات:  $\frac{V}{V} = 0.978$ ,  $A_{vf} = 22.5 \text{ k}\Omega$ ,  $A_V = 0.978 \text{ }\Omega$ ,  $R'_i = 204.5 \text{ k}\Omega$ ,  $A_{vf} = 0.978 \text{ }\Omega$  اور تبدیلی تقریباً  $2\%$  ہے۔

سوال ۱۳۔۷۔ شکل ۲.۷۔۷ میں زنجیری ایکلپیناٹر دکھلایا گیا ہے جبکہ مسافت ۱۰۲۔۷ میں اس کے واپس کارکا مسئلہ  $W$  حاصل کیا گیا ہے۔  $A_{vf}$  حاصل کریں۔

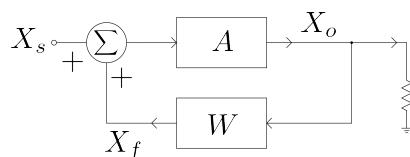
$$A_{vf} = 1 + \frac{R_{f2}}{R_{f1}}$$



## باب ۸

# مرتعش

گزشتہ باب میں منفی واپسی ادا پر غور کیا گی۔ اس باب میں مرتعش اپر غور کیا جائے گا جو مثبتہ واپسی دور کی ایک قسم ہے۔ مرتعش ایک ایسے دور کو کہتے ہیں جسے کوئی داخلی اشارہ دئے بغیر اس سے ارتقاش کرتا ہماری اشارہ حاصل کیا جاتا ہے۔ آئیں مرتعش کی بنیادی کارکردگی شکل ۸.۱ کی مدد سے سمجھیں۔ تصور کریں کہ ایک لمحے کے لئے اس دور کو ارتقاش کرتا ہے اشارہ  $X_s$  مسراہم کرنے کے بعد  $X_o = 0$  کر دیا جاتا ہے۔ اس طرح ایک لمحے کے لئے اس دور میں ارتقاش کرتا ہے اشارہ  $X_o$  نمودار ہو گا۔ واپسی دور  $X_o$  سے  $X_f = W X_o$  کے پس پیدا کرے گا جو کہ بنیادی ایکپلینائز کو بطور داخلی اشارہ مہیا کیا گیا ہے۔ بنیادی ایکپلینائز  $X_f$  سے خارجی اشارہ  $X_o = A X_f = W A X_o$  پیدا کرے گا۔ پہلی واپسی دور اور بنیادی ایکپلینائز میں ایک چکر کے بعد پہلی نمودار ہونے والے اشارے  $X_o$  کی قیمت اب  $W A X_o$  ہو گی۔ یہ اشارہ بھی جب واپسی دور اور بنیادی ایکپلینائز میں ایک چکر کا ٹو اس کی نئی قیمت  $X_o^2 (WA)^2$  ہو جائے گی۔ اسی طرح  $n$  چکر کے بعد بنیادی ایکپلینائز کا خارجی اشارہ  $X_o^n (WA)^n$  ہو گا۔ اب اگر  $1^n = 1$  ہی ہو گا۔ اس طرح اگر چہ اس دور کو کوئی داخلی اشارہ نہیں دیا جا رہا ہے پھر بھی ارتقاش کرتا ہے اشارہ  $X_o$  خارج کرتا ہے گا۔ ایسی خوبی رکھنے والے دور کو مرتعش کہتے ہیں۔



شكل ۸: مثبتہ واپسی دور

oscillator<sup>۱</sup>

اس کے بعد  $WA$  کی قیمت ایک (۱) سے کم ہو، مثلاً  $WA = 0.9$  ہو، تب پہلی مرتبہ نمودار ہونے والا اشارہ  $X_0$  ایک چپکر کے بعد کم ہو کر  $0.9X_0$  رہ جائے گا۔ دو چپکر کے بعد اس کی قیمت مزید کم ہو کر  $0.81X_0 = (0.9)^2 X_0$  صفر قیمت اختیار کرے گا۔

ای طرح اگر  $WA$  کی قیمت ایک (۱) سے زیاد ہو، مثلاً  $WA = 1.1$  ہو، تب پہلی مرتبہ نمودار ہونے والا اشارہ  $X_0$  ایک چپکر کے بعد بڑھ کر  $1.1X_0$  ہو جائے گا۔ دو چپکر کے بعد اس کی قیمت مزید بڑھ کر  $1.21X_0 = (1.1)^2 X_0$  ہو جائے گی اور یوں ہر چپکر کے بعد بنیادی ایکپلیغائز کا اشارہ بڑھتا رہے گا۔ حنارجی اشارہ بڑھتے بڑھتے اس مدتام تک بقیہ جبائے گا جہاں بنیادی ایکپلیغائز غیر خطی خلی میں داخل ہونا شروع ہو جائے گا۔ غیر خطی خلی میں داخل ہوتے ہوئے بنیادی ایکپلیغائز کے افنسز اش کی قیمت گھٹنا شروع ہو جبائے گی اور یوں حنارجی اشارے کے جیلے کا بڑھنا پہلے کم اور آخوند کار اس کا بڑھنا تکمیل طور کر جائے گا۔ جہاں ترازوں سڑک افنسز اش سے اشارے کا جیط بڑھنا اور اشارے کا جیط بڑھنے سے ترازوں سڑک افنسز اش کم ہونے کے اعمال تو اوناں اختیار کر لیں، وہیں ارتقاشی اشارے کا جیط برقرار رہتا ہے۔ یہ اعمال غیر خطی نوعیت کے ہوتے ہیں جنہیں فتم و کاغذ سے حل کرتے ہوئے مسر قوش کے حنارجی اشارے کے جیلے کا حساب لگانا نہایت مشکل ہوتا ہے۔

کسی بھی مسر قوش میں زیادہ دیر  $WA = 1$  رکھا ممکن نہیں ہوتا۔ درجہ حرارت میں تبدیلی، وقت کے ساتھ بر قیاتی پر زہ جبات میں تبدیلی اور ایسے دیگر وہ جات کی بسا پر مسر قوش چا لو کرتے ہی  $WA \neq 1$  ہو جائے گا۔ اگر  $1 < WA < 2$  ہو جبائے تو ایسی صورت میں مسر قوش رکھ جائے گا۔ اس کے بعد  $WA$  کی قیمت ۱ سے فتدر زیادہ ہو جبائے تو ایسی صورت میں مسر قوش برقرار ارتقاشی اشارہ حنرج کرتا ہے۔

مسر قوش کے اس بنیادی اصول جسے مساوات ۸.۱ میں دوبارہ کھایا گیا ہے کو برکمازنٹ کا اصول ۲ کہتے ہیں۔<sup>۳</sup>

$$(8.1) \quad WA = 1$$

اس مساوات کے دو پہلو ہیں۔ اس مساوات کے تحت  $= 1$   $|WA|$  اور ساتھی ساتھ  $WA = 2m\pi$  ہوتا ضروری ہے جہاں  $m = 0, 1, 2, \dots$  ہو۔ یوں اسے یوں لکھنا زیادہ ہے ستر ہے۔

$$(8.2) \quad |WA| = 1$$

$$(8.3) \quad /WA = 2m\pi$$

آپ دیکھ سکتے ہیں کہ حقیقت میں کسی بھی مسر قوش کو برقرار کرتے رکھنے کے لئے یہ ضروری ہے کہ  $< 1 > |WA|$  رکھا جائے۔ حقیقت میں  $1.05 < |WA| < 1$  کھا جاتا ہے۔

مندرجہ بالاتر کرے میں تصور کیا گی کہ مسر قوش کو چا لو کرنے کی حناظر ایک لمحے کے لئے  $X_0$  فراہم کی گی۔ حقیقت میں مسر قوش کو چا لو کرتے وقت اسے عموماً کسی قسم کا رفتار اش کرتا اشارہ نہیں کیا جاتا۔ کسی بھی دور جسے بر قی طاقت مہیا نہیں کیا گیا ہو غیر چا لو رہتا ہے اور ایسی صورت میں اس کے تمام اشارات صفر والے (صفر ایکپیئر) ہوتے ہیں۔ اس طرح جب مسر قوش کو بر قی طاقت مہیا کر کے غیر چا لو حالت سے چا لو کیا جائے تو اس کے مختلف حصے چند ہی لمحوں میں غیر چا لو صورت سے یک

Barkhausen criteria<sup>۴</sup>

حکمرتی کے عالم طبیعتیات ہائیکریکیز بر کہانن نے اس اصول کو پیش کیا

سمت مائل کردہ صورت اختیار کر لیتے ہیں۔ یوں ان لمحات کے دوران مرتقش پر پائے جانے والے تمام اشارات تغیر پذیر ہوتے ہیں جنہیں ہم پالو کرتے وقت کی بر قی شور تصور کر سکتے ہیں۔ مرتقش عموماً اسی بر قی شور سے پالو ہو کر ارتعاش پذیر ہوتا ہے۔ البتہ اگر کہیں اسی صورت پائی جائے کہ مرتقش پالو ہوتے وقت از خود ارتعاش پذیر نہیں ہو پاتا ہو یا اگر بر قی شور کا سہارا لیتے ہوئے مرتقش کو پالو کرنے اتہاب متبول نہ ہوتے مرتقش کو پالو کرنے کی حناطہ بیرونی اشارہ چند لمحات کے لئے مہیا کیا جاتا ہے۔<sup>۲</sup>

اب تک کی نفتوگو میں حناطہ اشارے کی شکل پر کسی قسم کی بحث نہیں کی گئی۔ حقیقت میں مرتقش کے حناطہ اشارے کی شکل کچھ بھی ہو سکتی ہے البتہ اس باب میں صرف ائمہ حناطہ اشارہ پیدا کرنے والے مرتقش پر غور کیا جائے گا جن میں ٹرانزیستر ایپلینائز استعمال کرتے ہوئے واپسی اشارے کو مزاحمت، کپسٹر، امالہ، ٹرانسٹر مسروغ نیزہ کی مدد سے حاصل کیا جاتا ہے۔ واپسی دور میں کپسٹر اور امالہ (معنی بر قی رکاوٹ) کے استعمال سے واپس کار کے مستقل کی قیمت از خود تقدیم پر مختص ہوتی ہے۔ پوں اس کو  $(\omega)$   $W(\omega)$  لکھنا زیادہ درست ہو گا۔ اسی صورت میں بر کمازنٹ کا اصول  $= 1$   $|W(\omega)|$  عسموماً کسی ایک ہی تعدد پر پورا ترے گا۔ آپ جانتے ہیں کہ کسی بھی غیر ائمہ اس کو فوریہ تسلیم <sup>۳</sup> کی مدد سے لکھا جاسکتا ہے۔ فوریہ تسلیم میں  $\omega_0, 2\omega_0, 3\omega_0, \dots$  تعدد پر لامدد و اجتناب پائے جاتے ہیں۔ پالو کرتے وقت کے بر قی شور کی بھی فوریہ تسلیم لکھی جا سکتی ہے جس سے صاف ظاہر ہے کہ اس میں بھی تمام تعداد پائے جاتے ہیں۔ مرتقش ان میں سے صرف اس تعدد پر ارتعاش کرے گا جو بر کمازنٹ کے اصول پر پورا تر تھا ہو۔

## ۸.۱ مرتقش کی تحقیق

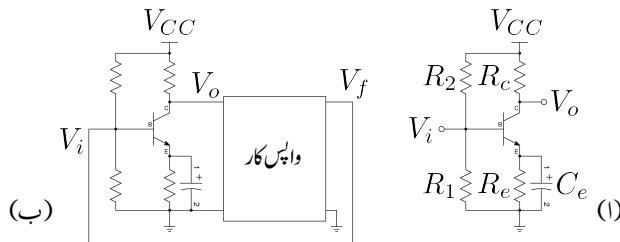
شکل ۸.۲ الف میں بیان دیا گیا ہے۔ اس کے حناطہ اشارے  $V_0$  اور داخنی اشارے  $i$  کے مابین  $180^\circ$  کا زاویہ ہے۔ اگر اسے استعمال کرتے ہوئے مرتقش تحقیق دیتا ہو تو واپس کار کو مزید  $180^\circ$  کا زاویہ پیدا کرنا ہو گا۔ شکل بے میں واپس کار کو ظبے کی شکل میں دکھایا گیا ہے۔ یوں  $V_0$  اور  $i$  کے درمیان  $180^\circ$  کا زاویہ در کار ہے۔ ٹرانزیستر کو  $V$  بطور داخنی اشارہ مہیا کرنے سے مرتقش حاصل ہوتا ہے۔ مندرجہ ذیل مثال میں اشارات کے مابین زاویہ پیدا کرنے کا ایک طریقہ دکھایا گیا ہے۔

مثال ۸.۱: شکل ۸.۳ الف میں  $\hat{V}_0$  اور  $\hat{i}$  کے درمیان زاویہ کی مساوات حاصل کریں۔

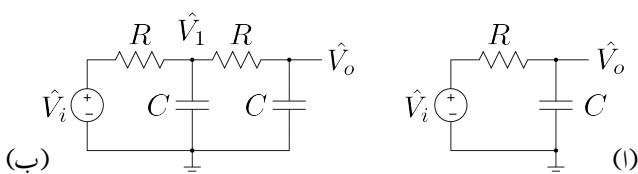
$$\bullet R = 1 \text{ k}\Omega \quad C = 0.1 \mu\text{F} \quad \text{پر } 10 \text{ kHz} \quad \text{لیتے ہوئے اس زاویہ کی قیمت حاصل کریں۔}$$

$$\bullet \text{مزاجمت } R \text{ کی وہ قیمت حاصل کریں جس پر یہ زاویہ } 60^\circ \text{ ہو گا۔}$$

<sup>۲</sup> مجھے گزشتہ پہلیں سالوں میں صرف ایک مرتب مرتقش کو پالو کرنے کی حناطہ اشارہ مہیا کرنا پڑا ہے۔ Fourier series<sup>۴</sup>



شکل ۸.۲: مسر تھش کی تحلیق



شکل ۸.۳: مزاحمت - کپیٹر کی مدد سے اشارات کے زاویہ میں تبدیلی

حول: مزاحمت لیتے ہوئے، دائیں میں بر قی روکھتے ہوئے کر خوف کے فتاون برائے بر قی دبادے حاصل ہوتا ہے

$$\hat{I} = \frac{V/0^\circ}{R + \frac{1}{j\omega C}}$$

اور یوں

$$\begin{aligned}\hat{V}_0 &= \hat{I} \times \left( \frac{1}{j\omega C} \right) = \frac{V/0}{1 + j\omega RC} \\ &= \frac{V}{\sqrt{1 + R^2 \omega^2 C^2}} \angle -\tan^{-1}(\omega RC)\end{aligned}$$

جس سے دھنی اور دھنارجی اشارات کے مابین زاویہ

$$\angle \theta = -\tan^{-1}(\omega RC)$$

حاصل ہوتا ہے۔ یوں

$$\angle \theta = -\tan^{-1} \left( -2 \times \pi \times 10000 \times 1000 \times 0.1 \times 10^{-6} \right) = -81^\circ \cdot$$

$$-\tan^{-1} \left( 2 \times \pi \times 10000 \times R \times 0.1 \times 10^{-6} \right) = -60^\circ$$

$$R = 276 \Omega$$

حاصل ہوتے ہیں۔

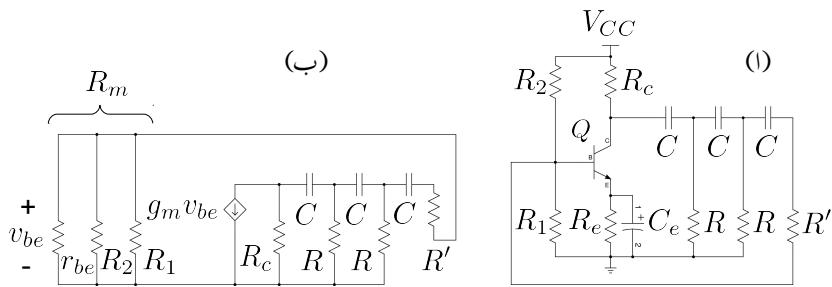
مندرجہ بالا مثال کو دیکھتے ہوئے ایسا معلوم ہوتا ہے کہ مزاجت - کپیٹ کے دو کٹیاں استعمال کرتے ہوئے دگنا زاویہ حاصل کیا جاتا ہے۔ یہ بات درست ثابت ہوتی ہے، البتہ جیسے آپ سوال ۸.۱ میں دیکھیں گے، دو کٹی RC کا زاویہ حاصل کرتے وقت نسبتاً بی مساوات حصل کرنی ہوگی۔

RC کے ضرب کو بڑھا کر زیادہ زاویہ حاصل کیا جاتا ہے۔ لامدد RC یعنی  $\infty$  پر  $90^\circ$  حاصل ہوتا ہے۔ حقیقت میں لامدد و RC استعمال کرنا ممکن نہیں ہوتا بلکہ ایک عدد مزاجت اور ایک عدد کپیٹ استعمال کرتے ہوئے  $90^\circ$  حاصل کرنا ممکن نہیں ہوتا۔ یہ RC کے دو کٹیوں سے  $180^\circ$  حاصل نہیں کیا جاتا۔ حقیقت میں کم از کم تین RC کٹیاں استعمال کرتے ہوئے  $180^\circ$  حاصل کیا جاتا ہے۔ مندرجہ ذیل حصے میں مزاجت - کپیٹ مہر توش میں ایسا ہی کیا گیا ہے۔

## ۸.۲ مزاجت - کپیٹ RC مہر توش

شکل ۸.۲ الف میں ٹرانزسترا ایپلیفائز پر مبنی مہر توش دکھایا گیا ہے جس میں گلکشپر پائے جانے والے اشارے  $X_0$  سے واپس کار  $X$  پیدا کرتا ہے۔ ٹرانزستر اپنے میں پر پائے جانے والے اشارے کے جھٹے کو بڑھا کر جبکہ اس کے زاویہ میں  $180^\circ$  کے تبدیلی کے ساتھ اے گلکشپر پر خارج کرتا ہے۔ یہ بنیادی ایپلیفائز اور واپس کار کے دائے میں ایک چپکر کے بعد کل زاویہ میں تبدیلی کو  $0^\circ$  رکھنے کی حاضر واپس کار کو بھی  $180^\circ$  کی تبدیلی پیدا کرنا ہوگی۔ جیسا اور مثال میں دکھایا گیا، مزاجت - کپیٹ RC کے دو کٹیاں استعمال کرتے ہوئے ایسا کرنا ممکن ہے۔ شکل ۸.۲ الف میں مزاجت اور کپیٹ کو شکل ۸.۳ الف سے متداول طرز پر جوڑا گیا ہے۔

بنیادی ایپلیفائز  $Q$ ،  $R_c$ ،  $R_e$ ،  $R_2$ ،  $R_1$  اور  $C_e$  پر مشتمل ہے۔ مہر توش کے حصاری تعداد پر کپیٹ  $C_e$  بطور تصور دور کام کرتا ہے۔ بنیادی ایپلیفائز میں واپس کار استعمال کرنے سے مہر توش حاصل ہوتا ہے۔ واپس کار تین دو کٹی اور تین عدد مزاجت سے حاصل کیا گیا ہے۔ شکل ب میں ٹرانزستر کا پائے  $\pi$  ریاضی نومتے استعمال کرتے ہوئے اس مہر توش کا مساوی دور دکھایا گیا ہے جس میں  $R_e$  کو قصر دکھایا گیا ہے۔ جیسے آپ دیکھ سکتے ہیں  $R_2$  اور  $R_1$  متوالی جبڑے ہیں۔ ان متوالی جبڑے مزاجت کی کل قیمت کو  $R_m$  لکھا گیا ہے۔ یہ  $R_m$  اور  $r_{be}$  سلسلہ وار جبڑے ہیں۔ حقیقت میں  $r_{be}$  کی قیمت  $R_1$  اور  $R_2$  کے قیتوں سے ہنایت کم ہوتی ہے اور یہ  $R_m$  کی قیمت تقریباً  $r_{be}$  کے ہی برابر ہوتی ہے یعنی  $R_m \approx r_{be}$  ہوتا ہے۔ اگر  $R'$  کی قیمت یہوں منتخب کی جائے کہ  $R = R' + R_m$  تو ہم دیکھتے ہیں کہ واپسی دور تین یکساں RC حصوں پر مشتمل ہوتا ہے۔ اگرچہ واپسی دور کے تین کپیٹوں کی قیمت آپس میں برابر یا تین مزاجتوں کی قیمت آپس میں برابر رکھنا لازم نہیں، البتہ ایسا رکھنے سے مہر توش پر ترسیل غور نہیں آسان ہو جاتا ہے۔ ہم ایسا کرتے ہیں۔ شکل ۸.۵ پر نظر رکھیں جیسا کہ اور  $R_m \approx r_{be}$  ایسا ہی ہے اور  $R'$  کو



شکل ۸.۳: مزاجتی کپیٹر مرنٹش یا RC مرنٹش

کے برابر کھاگیا ہے۔ یوں

$$V_1 = I_0 \left( R + \frac{1}{j\omega C} \right)$$

وہ گھے استعمال کرتے ہوئے ہم لکھ سکتے ہیں

$$I_1 = \frac{V_1}{R} = I_0 \left( 1 + \frac{1}{j\omega CR} \right)$$

اس طرح

$$I_2 = I_1 + I_0 = I_0 \left( 2 + \frac{1}{j\omega CR} \right)$$

$$V_2 - V_1 = \frac{I_2}{j\omega C}$$

$$\begin{aligned} V_2 &= V_1 + \frac{I_2}{j\omega C} \\ &= I_0 \left( R + \frac{1}{j\omega C} \right) + \frac{I_0}{j\omega C} \left( 2 + \frac{1}{j\omega CR} \right) \\ &= I_0 \left[ R + \frac{3}{j\omega C} + \frac{1}{(j\omega C)^2 R} \right] \end{aligned}$$

ج

$$I_3 = \frac{V_2}{R} = I_0 \left[ 1 + \frac{3}{j\omega CR} + \frac{1}{(j\omega CR)^2} \right]$$

۱۰

$$\begin{aligned} I_4 &= I_3 + I_2 \\ &= I_0 \left[ 1 + \frac{3}{j\omega CR} + \frac{1}{(j\omega CR)^2} \right] + I_0 \left[ 2 + \frac{1}{j\omega CR} \right] \\ &= I_0 \left[ 3 + \frac{4}{j\omega CR} + \frac{1}{(j\omega CR)^2} \right] \end{aligned}$$

ہوں گے۔ اسی طرح

$$\begin{aligned} V_3 &= V_2 + \frac{I_4}{j\omega C} \\ (\text{۸.۷}) \quad &= I_0 \left[ R + \frac{3}{j\omega C} + \frac{1}{(j\omega C)^2 R} \right] + \frac{I_0}{j\omega C} \left[ 3 + \frac{4}{j\omega CR} + \frac{1}{(j\omega CR)^2} \right] \\ &= I_0 \left[ R + \frac{6}{j\omega C} + \frac{5}{(j\omega C)^2 R} + \frac{1}{(j\omega C)^3 R^2} \right] \end{aligned}$$

ہو گا۔ اگر

$$(8.8) \quad R_c = kR$$

لی جائے تو

$$\begin{aligned} I_5 &= \frac{V_3}{R_c} = \frac{V_3}{kR} \\ &= I_0 \left[ \frac{1}{k} + \frac{6}{j\omega CRk} + \frac{5}{(j\omega CR)^2 k} + \frac{1}{(j\omega CR)^3 k} \right] \end{aligned}$$

اور

$$I_6 = I_5 + I_4$$

$$= I_0 \left[ \frac{1}{k} + \frac{6}{j\omega CRk} + \frac{5}{(j\omega CR)^2 k} + \frac{1}{(j\omega CR)^3 k} \right] \\ + I_0 \left[ 3 + \frac{4}{j\omega CR} + \frac{1}{(j\omega CR)^2} \right]$$

ہوں گے۔ چونکہ خیالی عدد دو ہو گا۔ اسی طرح  $j^3 = -j$  اور  $j^2 = -1$  ہوتا ہے لہذا  $\frac{1}{j} = -j$  ہو گا۔ یہ

$$(8.4) \quad I_6 = I_0 \left[ \frac{1}{k} + 3 - \frac{\left(\frac{5}{k} + 1\right)}{(\omega CR)^2} + j \left[ \frac{1}{(\omega CR)^3 k} - \frac{\left(\frac{6}{k} + 4\right)}{\omega CR} \right] \right]$$

شکل کو دیکھتے ہوئے معلوم ہوتا ہے کہ برابریں لہذا  $I_6 = -g_m v_{be}$  اور  $I_0 r_{be}$  کے مطابق ہوں گا۔ باب ۳ میں مساوات ۱۸۸ کے تحت ہو گا۔ یہ  $I_6 = -\beta I_0$  اور  $v_{be} = \beta r_{be}$  ہو گائے مندرجہ بالا مساوات کے استعمال سے

$$(8.5) \quad I_0 \left[ \frac{1}{k} + 3 - \frac{\left(\frac{5}{k} + 1\right)}{(\omega CR)^2} + j \left[ \frac{1}{(\omega CR)^3 k} - \frac{\left(\frac{6}{k} + 4\right)}{\omega CR} \right] \right] = -\beta I_0$$

لکھا جا سکتا ہے۔

مساوات ۷.۸ میں مساوی نشان کے دونوں جانب کے حقیقی مقادیریں آپس میں برابر ہوں گے اور اس طرح مساوی نشان کے دونوں جانب خیالی مقادیریں آپس میں برابر ہوں گے۔ یہ اس مساوات کو دو مساوات کی شکل میں لکھا جا سکتا ہے۔ خیالی مقادروں سے حاصل ہوتا ہے۔

$$I_0 \left[ \frac{1}{(\omega CR)^3 k} - \frac{\left(\frac{6}{k} + 4\right)}{\omega CR} \right] = 0$$

جس سے حاصل ہوتا ہے

$$(\omega_0 CR)^2 = \frac{1}{6 + 4k}$$

$$(8.6) \quad \omega_0 = \frac{1}{CR\sqrt{6 + 4k}}$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi CR\sqrt{6 + 4k}}$$

مزاجت - کپیٹر سر ترش مسادات ۸.۸ میں حاصل کردہ تعداد  $f_0$  پر کام کرے گا۔ لکھتے وقت ۰ کو زیر نوشت لکھ کر اس بات کی یاد ہانی کرنی گئی ہے کہ یہ سر ترش کی قدرتی تعداد ہے۔ مسادات ۸.۷ کے حقیقی مقادروں سے حاصل ہوتا ہے۔

$$-I_0\beta = I_0 \left[ \frac{1}{k} + 3 - \frac{\left(\frac{5}{k} + 1\right)}{(\omega CR)^2} \right]$$

جسے مسادات ۸.۸ کی مدد سے یوں لکھا جاسکتا ہے۔

$$(8.9) \quad \begin{aligned} -\beta &= \frac{1}{k} + 3 - \left( \frac{5}{k} + 1 \right) (6 + 4k) \\ \beta &= \frac{29}{k} + 23 + 4k \end{aligned}$$

سر ترش کو برقرار ہپا اور کھنکھنے کی حنا طریقہ میں  $\beta$  کو مندرجہ بالا حاصل کئے گئے قیمت سے زیادہ رکھنا پڑتا ہے لہذا اس مسادات کو یوں لکھنا چاہئے۔

$$(8.10) \quad \beta > \frac{29}{k} + 23 + 4k$$

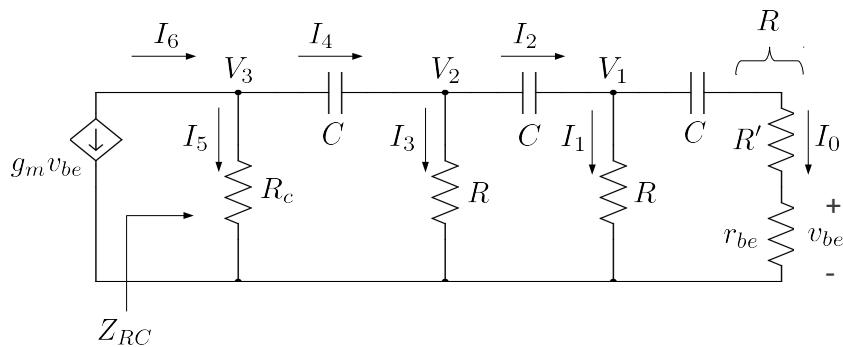
مختلف  $k$  کے لئے ٹرانزسٹر کی کم سے کم  $\beta$  کی قیمت اس مسادات سے حاصل کی جا سکتی ہے۔ اگر بنیادی ایک پلیگاٹر میں استعمال ٹرانزسٹر کا  $\beta$  مندرجہ بالا مسادات پر پورا نہ اترے، تب اس سے بنایا گیا مزاجت - کپیٹر سر ترش کام نہیں کرے گا۔ آئین ایسے سر ترش میں درکار ٹرانزسٹر کی کم سے کم  $\beta$  حاصل کریں۔ ایسا  $= \frac{d\beta}{dk}$  ایسے ہوئے حاصل کیا جائے گا۔

$$\begin{aligned} \frac{d\beta}{dk} &= -\frac{29}{k^2} + 0 + 4 = 0 \\ k &= \frac{\sqrt{29}}{2} = 2.69 \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے جس سے کم سے کم  $\beta$  کی مقدار

$$\beta_0 > \frac{29}{2.69} + 23 + 4 \times 2.69 \approx 44.5$$

حاصل ہوتی ہے۔ یوں  $R_c = 2.69R$  رکھتے ہوئے مزاجت - کپیٹر سر ترش ایسے ٹرانزسٹر سے بنایا جاسکتا ہے جس کے  $\beta$  کی قیمت ۴۴.۵ سے زیادہ ہو۔ سر ترش ہر وقت اپنی فترتی تعداد پر ارتقا شکرتا ہے۔ یوں واپس کار کے کپیٹر کی برق رکاوٹ  $j \frac{-1}{\omega_0 C}$  کو مسادات ۸.۸ کی مدد سے سر ترش کے مطابق



شکل ۸.۵: مزاجت-کپیٹر مزاجت کی مساوات کا حصول

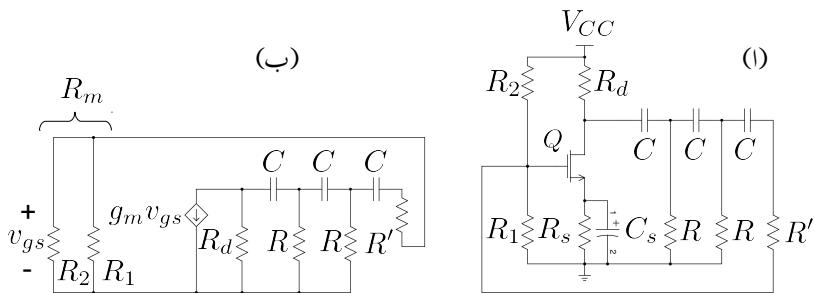
اس برقی رکاوٹ کی قیمت  $C$  کے بجائے مزاجت  $R$  پر منحصر ہے۔ شکل ۸.۵ میں برقی رکاوٹ  $Z_{RC}$  کی نمائندگی کی گئی ہے جوڑا نسٹ پر بطور برقی بوچھ لدا ہے۔ یوں  $Z_{RC}$  کی قیمت بھی  $C$  پر منحصر نہیں ہو گی۔ اگرچہ واپس کار کے کسی بھی مزاجت یا کپیٹر کو تبدیل کرتے ہوئے اس مزاجت کی وترنی تعداد تبدیل کی جا سکتی ہے، حقیقت میں عموماً تین حصوں کے درمیان تعداد تبدیل کرنے کی حرط تینوں کپیٹر کو ایک ساتھ برابر تبدیل کیا جاتا ہے۔ تینوں کپیٹر یوں تبدیل کرنے سے  $Z_{RC}$ ، جو کہ بنیادی ایکپیٹر کا بوچھ ہے، تبدیل نہیں ہوتا اور یوں ارتھاً لبر کا جیٹ بھی تبدیل نہیں ہوتا۔ یہ مزاجت چند ہزار Hz سے کئی سو کلوہزار Hz کا نکتہ کے ارتقاش پیدا کرنے کے لئے استعمال کیا جاتا ہے۔ میگا ہر زن MHz کے حصوں میں اسے دیگر اقسام کے امالة-کپیٹر LC مزاجتوں پر فوقیت حاصل نہیں۔

آئیں اب  $Z_{RC}$  کی اصل قیمت حاصل کریں۔ شکل سے ظاہر ہے کہ

$$Z_{RC} = \frac{V_3}{I_6}$$

کے برابر ہے۔ مساوات ۸.۳ اور مساوات ۸.۲ کی مدد سے

$$Z_{RC} = \frac{I_0 \left( R + \frac{6}{j\omega C} + \frac{5}{(j\omega C)^2 R} + \frac{1}{(j\omega C)^3 R^2} \right)}{I_0 \left( \frac{1}{k} + 3 - \frac{\left(\frac{5}{k} + 1\right)}{(\omega CR)^2} + j \left[ \frac{1}{(\omega CR)^3 k} - \frac{\left(\frac{6}{k} + 4\right)}{\omega CR} \right] \right)}$$



شکل ۸.۲: مزاحمت - کپیٹر ماسیف سر ترش

مدادات ۸.۸ میں دے  $\omega$  کی قیمت اس مدادات میں استعمال کرتے ہوئے

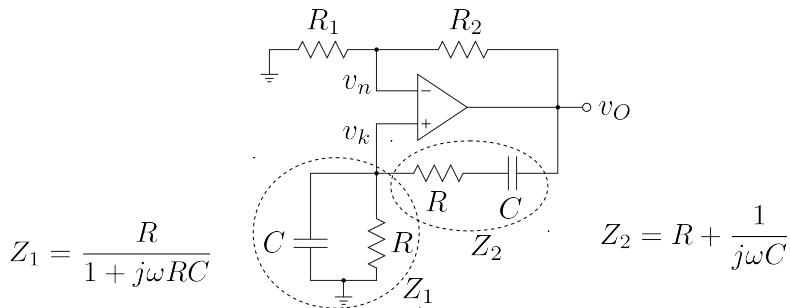
$$Z_{RC} = \frac{R + \frac{6CR\sqrt{6+4k}}{jC} + \frac{5(CR\sqrt{6+4k})^2}{(jC)^2 R} + \frac{(CR\sqrt{6+4k})^3}{(jC)^3 R^2}}{\frac{1}{k} + 3 - \frac{(\frac{5}{k}+1)(CR\sqrt{6+4k})^2}{(CR)^2} + j \left[ \frac{(CR\sqrt{6+4k})^3}{(CR)^3 k} - \frac{(\frac{6}{k}+4)(CR\sqrt{6+4k})}{CR} \right]} \\ = \frac{-R \left[ 1 + \frac{6\sqrt{6+4k}}{j} + \frac{5(\sqrt{6+4k})^2}{(j)^2} + \frac{(\sqrt{6+4k})^3}{(j)^3} \right]}{\frac{29}{k} + 23 + 4k}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اگر  $\beta$  مدادات ۸.۹ کے مطابق ہوتا ہے

$$(8.10) \quad Z_{RC} = \frac{R}{\beta} \left[ 29 + 20k - j4k\sqrt{6+4k} \right]$$

حاصل ہوتا ہے۔

شکل ۸.۶ اف میں ماسیف سے  $RC$  سر ترش کا حصول دکھایا گیا ہے۔ شکل ب میں ای کا مساوی دور دکھایا گیا ہے۔ جیسے آپ دیکھ سکتے ہیں یہ بالکل دوجو ٹرانزسٹر کے دور کے طرح کا ہی ہے۔ حقیقی دور میں 'R' کے استعمال کی ضرورت نہیں ہوتی پونکہ  $R_1$  اور  $R_2$  کو یون رکھنا ممکن ہو گا کہ یہ ماسیف کو یک سمت مائل کرنے کے ساتھ ساتھ 'R' کے شرط کو بھی پورا کرے جبکہ  $R_m = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$  کے برائے ہے۔



شکل ۸.۷: دائن مسر تشر

### ۸.۳ دائن مسر تشر

شکل ۸.۷ میں دائن مرفہ کھایا گیا ہے۔ دائن مسر تشر ۸ پر پہلے بغیر حل کئے غور کرتے ہیں۔

آپ جانتے ہیں کہ یہ سمت روپ کمیٹر کھلے سرے کردار ادا کرتا ہے۔ یوں اگر  $v_O$  برفتار کی مثبت برقی روپ رہے تو  $Z_2$  کھلے سرے کردار ادا کرے گا جبکہ  $Z_1$  بطور مزاحمت  $R$  کردار ادا کرے گا۔ یوں  $v_k$  برقی زمین پر رہے گا اور  $v_k = 0$  ہو گا۔ اس کے بر عکس  $R_1$  اور  $R_2$  حابی ایکلینائز کے مثبت حارجی برقی دباؤ سے  $v_O = \frac{R_1 v_O}{R_1 + R_2}$  پیدا کریں گے جو کہ مثبت برقی دباؤ ہو گا۔ ایسی صورت میں  $v_k > v_n$  ہے اور حابی ایکلینائز کا حارجی اشارہ  $v_O$  برفتار مثبت نہیں رہ سکتا اور یہ جبل از جبل مخفی ہونے کی کوشش کرے گا۔ آئینے اب تصور کریں کہ  $v_O$  برفتار کسی مخفی برقی دباؤ پر رہتا ہے اس سرتباً بھی  $v_k = 0$  ہی حاصل ہوتا ہے البتہ مخفی  $v_O$  کی صورت میں  $v_n = \frac{R_1 v_O}{R_1 + R_2}$  بھی مخفی برقی دباؤ ہو گا اور  $v_k < v_n$  کی صورت میں حابی ایکلینائز کا حارجی اشارہ برفتار مخفی نہیں رہ سکتا اور یہ جبل از جبل مثبت ہونے کی کوشش کرے گا۔ مندرجہ بالا تصریح سے یہ حقیقت اب گرہوئی کہ  $v_O$  برفتار مثبت اور ناہی مخفی برقی دباؤ پر خسرا سکتا ہے بلکہ یہ ارتقاش پذیر رہتا ہے۔ اگر  $v_O = 0$  تصور کیا جائے تو  $v_k = v_n = 0$  ہی حاصل ہوتے ہیں اور  $v_O$  برفتار برقی زمین پر ہی رہے گا۔ یہ صورت حال نیا سیدارے ارہے۔ برقی ادوار میں مسلسل برقی شور پایا جاتا ہے جس کی وجہ سے کسی بھی معتام پر پائے جانے والے برقی دباؤ میں لمحے بالمحے باریکے تبدلیاں پیدا ہوتی ہیں۔ یوں  $v_k$  اور  $v_n$  زیادہ دیر کم مطلوب پر ابر برقی دباؤ پر نہیں رہ سکتے اور جبل ہی لحاقی طور پر  $v_n < v_k < v_O$  ہو جائے گا۔ ایسا ہوتے ہی  $v_O$  حسر کرتے میں آئے گا اور دور ارتقاش پذیر ہو جائے گا۔ آئینے اب دائن مسر تشر کا تحلیلی تحبزی کریں۔

وائے مرتضی کو دیکھتے ہوئے ہم لکھ سکتے ہیں۔

$$(8.12) \quad v_n = \left( \frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) v_O$$

$$v_k = \left( \frac{Z_1}{Z_1 + Z_2} \right) v_O$$

جس

$$(8.13) \quad Z_1 = \frac{R}{1 + j\omega RC}$$

$$Z_2 = R + \frac{1}{j\omega C}$$

$$= \frac{1 + j\omega RC}{j\omega C}$$

کے برابر ہیں۔ مساوات ۸.۱۲ کو مساوات ۸.۱۳ میں پڑھتے ہوئے اور  $v_k$  کا لکھتے ہوئے

$$\left( \frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) v_O = \left( \frac{\frac{R}{1+j\omega RC}}{\frac{R}{1+j\omega RC} + \frac{1+j\omega RC}{j\omega C}} \right) v_O$$

حاصل ہوتا ہے۔ اس کو حل کرتے ہوئے

$$\frac{R_1}{R_1 + R_2} = \frac{j\omega RC}{j\omega RC + (1 + j\omega RC)^2}$$

$$= \frac{j\omega RC}{j^2\omega^2 RC + 1 - \omega^2 R^2 C^2}$$

یعنی

$$(8.14) \quad R_1 \left[ j^2\omega^2 RC + 1 - \omega^2 R^2 C^2 \right] = j\omega RC (R_1 + R_2)$$

ماتا ہے۔ اس مساوات کے حقیقی اور خیالی اجزاء علیحدہ کرتے ہوئے

$$R_1 \left( 1 - \omega^2 R^2 C^2 \right) = 0$$

$$j^2\omega^2 RC R_1 = j\omega RC (R_1 + R_2)$$

حاصل ہوتا ہے جس سے

$$(8.15) \quad \omega = \omega_o = \frac{1}{RC}$$

$$R_2 = 2R_1$$

حاصل ہوتا ہے۔ مساوات ۸.۱۵ میں مسر تعش کے شرائط بیان کرتے ہیں۔ ان شرائط کے مطابق وائے مسر تعش کی فتدرتی تعدد  $\frac{1}{RC}$  کے برابر ہے اور یہ اس وقت ارتعاش کرے گا جب  $R_2$  کی قیمت  $R_1$  کے دو گن ہو۔

وائے مسر تعش کو بیٹھت حابی ایپلیکیشن تصور کیا جاسکتا ہے جہاں  $v_k$  اس کا داخلی اشارہ جبکہ  $\frac{R_1+R_2}{R_1}$  اس کی افزائش  $A_v = 2R_1$  ہے۔  $R_2 = \frac{1}{RC}$  کی صورت میں  $A_v = 3\sqrt{\frac{V}{R}}$  کے برابر ہوگا۔ اس قیمت سے کافی افزائش پر مسر تعش ارتعاش پذیر نہ ہو پائے گا۔ مثکم مسر تعش کے لئے ضروری ہے کافی افزائش اس قیمت سے قدر زیادہ ہو۔ یوں حقیقت میں  $R_2 > 2R_1$  ہونا ضروری ہے۔ اگر  $R_2$  کی قیمت  $R_1$  سے ذرہ سی زیادہ ہو تو مسر تعش سائے نہ لہر رہنا رج کرتا ہے بلکہ  $A_v$  کی قیمت بہت بڑی جاتی ہے اور مسر تعش مستطیل لہر رہنا رج کرتا ہے۔

### ۸.۲ nJFET پر مبنی امالة-کپیسٹر LC ہمسر مسر تعش

مزاجت۔ کپیسٹر مسر تعش میں  $RC$  کی کٹیاں جوڑ کر لہر کے زاویے میں  $180^\circ$  کی تبدیلی پیدا کی گئی۔ اس سے میں مشتر کے امالة (یعنی ٹرانسیستر) کے استعمال سے  $180^\circ$  کی تبدیلی حاصل کی جائے گی۔ شکل ۸.۸ میں  $L$  اور  $C$  کو فتیریب رکھ کر مشتر کے امالة  $M$  حاصل کیا گیا ہے۔ اس مسر تعش کی کارکردگی صحیح کی حفاظت تصور کریں کہ ماسنیٹ میں  $W$  تعداد کی بر قی روپائی جاتی ہے جس کی وجہ سے اس پر نسب  $LC$  پر اسی تعدد کی بر قی دباؤ پیدا ہوگی۔ مشتر کے امالة کی وجہ سے اس بر قی دباؤ کا کچھ حصہ  $L$  پر نمودار ہوتے ہوئے ماسنیٹ کو جپائے گا۔ یوں گیٹ پر بر قی دباؤ سے  $LC$  پر بر قی دباؤ پیدا ہوتا ہے اور  $C$  پر بر قی دباؤ کی وجہ سے گیٹ پر بر قی دباؤ پیدا ہوتا ہے۔ یہ ناختم ہونے والا سلسلہ یوں برقرار رہے گا۔ آئیں اب اس مسر تعش پر تحلیلی بحث کریں۔

بر قی دباؤ  $L$  پر ماسنیٹ کے امالة  $M$  کی وجہ سے  $v_M$  میں صفر بر قی روگزرے گا۔ اس صورت میں اگر  $L$  پر

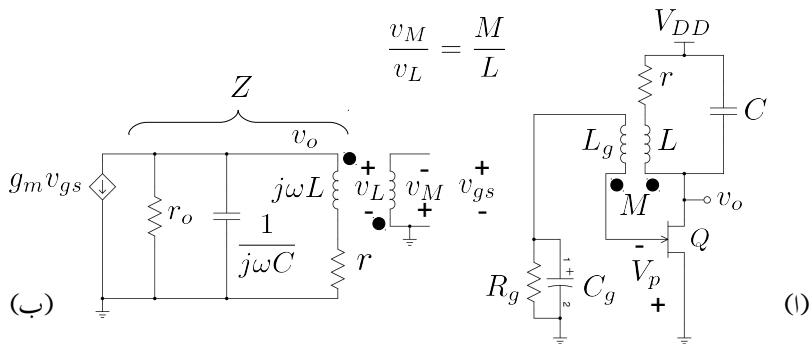
$$(8.16) \quad \frac{v_M}{v_L} = \frac{M}{L}$$

کے برابر ہوگا۔ مشتر کے امالة میں بر قی طاقت کے ضیاع کو مزاجت سے ظاہر کیا گیا ہے۔ مشتر کے امالة میں نقطوں سے ہم زاویے سے دکھائے جاتے ہیں۔ یوں اگر  $L$  پر بر قی دباؤ کا بیٹھت سر ا نقطے کی جانب ہو تو  $v_M$  پر بھی بر قی دباؤ کا بیٹھت سر ا نقطے کی جانب ہوگا۔ شکل سے واضح ہے کہ  $v_M = -v_{gs}$  کے برابر ہے۔ یوں

$$(8.17) \quad v_{gs} = - \left( \frac{M}{L} \right) v_L$$

شکل ب میں  $Z$  کا مجموعہ  $v_0 = -\frac{v_0}{Z} g_m v_{gs}$  کے برابر ہے جسے  $-g_m v_{gs} Z$  کے برابر ہے جہاں

$$\frac{1}{Z} = \frac{1}{r_o} + j\omega C + \frac{1}{r + j\omega L}$$



شکل ۸.۸: امالہ-کپیٹر مسر تعش

کے برابر ہے۔ یوں

$$(8.18) \quad g_m v_{gs} = - \left( \frac{1}{r_o} + j\omega C + \frac{1}{r + j\omega L} \right) v_o$$

ہو گا۔ اور L سلسلہ وار جبڑے میں اور یوں

$$(8.19) \quad v_L = \left( \frac{j\omega L}{r + j\omega L} \right) v_o$$

کے برابر ہے۔ یوں سادت ۷.۸ کو

$$(8.20) \quad v_{gs} = - \left( \frac{M}{L} \right) \left( \frac{j\omega L}{r + j\omega L} \right) v_o$$

اور سادت ۷.۸ کو یوں لکھ سکتے ہیں۔

$$-g_m \left( \frac{M}{L} \right) \left( \frac{j\omega L}{r + j\omega L} \right) v_o = - \left( \frac{1}{r_o} + j\omega C + \frac{1}{r + j\omega L} \right) v_o$$

دونوں جانب v\_o کو کاٹتے ہوئے سے ضرب دیتے ہیں۔

$$(8.21) \quad \begin{aligned} j\omega M g_m &= \frac{r + j\omega L}{r_o} + j\omega C (r + j\omega L) + 1 \\ &= \frac{r}{r_o} + \frac{j\omega L}{r_o} + j\omega C r - \omega^2 L C + 1 \end{aligned}$$

اس مساوات میں حقیقی اور خیالی جزو علیحدہ کے جا سکتے ہیں۔ حقیقی جزو حل کرتے متدری تعداد  $\omega_0$  کی قیمت حاصل ہوتی ہے

$$(8.22) \quad \frac{r}{r_o} - \omega_0^2 LC + 1 = 0$$

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{1}{LC} \left( \frac{r}{r_o} + 1 \right)}$$

حقیقت میں مشترکہ امالة کی مسازامت  $r$  کی قیمت ماسنیٹ کے مسازامت کے مسازامت  $r_o$  سے نہایت کم ہوتی ہے یعنی  $r_o \ll r$  ہوتا ہے۔ یوں مندرجہ بالامساوات کے مطابق متدری تعداد کی قیمت تقریباً  $LC$  کی متدری تعداد کے برابر ہوتی ہے یعنی

$$(8.23) \quad \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

جہاں تقریباً کی جگہ برابر کا نشان استعمال کیا گیا ہے۔ اس اتفاقی اور دلچسپ نتیجے کے مطابق یہ مسرّع متوالی جبڑے  $LC$  کی متدری تعداد پر ارتعاش کرتا ہے۔ اسی نتیجے کی بنا پر اس مسرّع کو  $LC$  ہمسر مرتعش، اہم جاتا ہے۔ اس مسرّع کی تعداد کی پیغمبر  $C$  کی قیمت تبدیل کرتے ہوئے تبدیل کی جا سکتی ہے۔ مساوات ۸.۲۱ میں خیالی جزو حل کرتے ہوئے کم کی قیمت حاصل ہوتی ہے یعنی

$$(8.23) \quad \omega M g_m = \frac{\omega L}{r_o} + \omega C r$$

$$g_m = \frac{1}{M} \left( \frac{L}{r_o} + Cr \right)$$

۲ کو نظر انداز کرتے ہوئے ہم دیکھتے ہیں کہ مسرّع  $\omega_0$  پر ارتعاش کرے گا۔  $\omega_0$  پر متوالی جبڑے  $LC$  کی برقرارکا وسٹ لامھد وہ ہو گی اور بنیادی ایک پلینیاٹ کے لئے ہم

$$v_o = -g_m v_{gs} r_o$$

لکھ سکتے ہیں۔ یوں

$$A_v = \frac{v_o}{v_{gs}} = -g_m r_o$$

ہو گا۔ لامھد وہ بوجھ پر انسزاٹش کی حقیقیت کو ملکھتے ہوئے یعنی  $g_m r_o$  کی مساوات ۸.۲۳ میں

resonant frequency<sup>۹</sup>  
LC tuned oscillator<sup>۱۰</sup>

جگہ  $\frac{\mu}{g_m}$  لکھتے ہوئے حل کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned} g_m M &= \frac{L}{r_o} + Cr \\ g_m M &= \frac{Lg_m}{\mu} + Cr \\ g_m &= \frac{\mu Cr}{\mu M - L} \end{aligned}$$

حقیقی مرتقش کی  $g_m$  اس سے زیادہ ہو گی۔

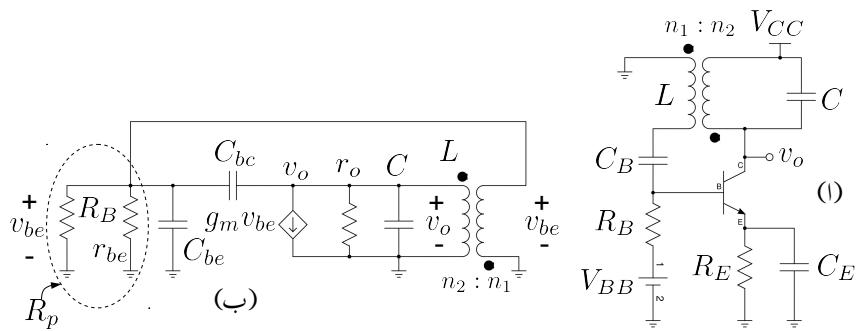
### ۸.۶.۱ خود-مائیل دور

شکل ۸.۸ میں  $nJFET$  کے مائل ہونے پر غور کرتے ہیں۔ تصور کریں کہ مرتقش ارتعاش پذیر ہے۔ یوں مشترکہ امالہ کی وحہ سے گیٹ پر سائنس نہ برقی دباؤ  $V_p \sin \omega t$  دباؤ پیا جائے گا۔  $nJFET$  کے گیٹ پر جب بھی مثبت برقی دباؤ لوگوں کی وجہ سے کسی بھی ڈایڈ کی طرح سیدھا مائل ہو جاتا ہے۔ گیٹ کا ڈائیوڈ، کپیسٹر  $C_g$  اور مرتقہ  $R_g$  بطور چوٹی حاصل کارکدار ادا کرتے ہیں جس پر حصہ ۲.۲ میں تفصیلاً غور کیا گیا ہے۔ یوں کپیسٹر  $C_g$  پر برقی دباؤ، گیٹ پر پائے جانے والے سائنس نہ لہر کے چوتھی برابر، وحہ سے گائیں اس پر  $V_p$  برقی دباؤ پیا جائے گا۔ جیسا شکل میں دکھایا گیا ہے، کپیسٹر پر برقی دباؤ کا ثابت سرا بریز میں کے ساتھ جبڑا ہے۔ یوں گیٹ پر  $V_p$  پر برقی دباؤ پیا جائے گا جو  $nJFET$  کو مائل کرتا ہے۔  $R_g$  کی قیمت یوں رکھی جاتی ہے کہ لہر کے ایک دوری عرصے میں  $C_g$  پر برقی دباؤ پر مسترد ہے۔ ایسا کرنے کی حد طبق  $R_g C_g \gg 1$  کے لیے جہاں  $V_p$  لہر کی تعداد ہے۔ اس مرتقش کی تعداد حاصل کرتے وقت تصور کیا گیا ہتا کہ گیٹ پر برقی روکا گزر مسکن نہیں۔ یہاں ہم دیکھتے ہیں کہ  $nJFET$  کو مائل کرنے کی حد طبق گیٹ کے ڈایڈ کا سیدھا مائل ہونا لازم ہے۔ چونکہ لہر کی چوتھی پر نہایت کم دورانی کے لئے گیٹ سیدھا مائل ہوتا ہے جبکہ باقی اقسام وقت یہ الٹ مائل رہتا ہے لہذا گیٹ کو ہلے سرے تصور کیا جاتا ہے۔

جس لمحہ مرتقش کو برقی طاقت  $V_{DD}$  مہبا کیا جاتے اس لمحہ  $C_g$  پر صدر برقی دباؤ پیا جاتا ہے۔ یوں  $nJFET$  زیادہ  $i_{DS}$  نہ گزرنے دیتا ہے جس سے اس کی قیمت بھی زیادہ ہوتی ہے۔ زیادہ  $g_m$  کی وحہ سے دور کا ارتعاش پذیر ہونا مسکن ہوتا ہے۔ تصور کریں کہ ایسا ہی ہوتا ہے۔  $g_m$  کی زیادہ قیمت کی وحہ سے ارتعاشی لہر کا جیط بڑھتا جاتا ہے جس سے  $C_g$  پر برقی دباؤ  $V_p$  بھی بڑھتا جاتا ہے جو کہ گیٹ کو زیادہ منفی کرنے ہوئے ہوئے  $i_{DS}$  کی قیمت کو کم کرتا ہے۔ کم  $i_{DS}$  کی قیمت بھی کم ہوتی ہے۔ آئندہ کارکردگی تو این اختیار کریتا ہے جہاں ارتعاشی لہر کا جیط برقرار رہتا ہے۔

### ۸.۵ ٹرانزسٹر ہم سر مرتقش

حصہ ۸.۷ میں  $nJFET$  کا کم تعدادی ریاضی موسن استعمال کرتے ہوئے مرتقش کو حل کرنا دکھایا گیا جس میں ٹرانسیستر کو بطور مشترکہ امالہ تصور کیا گی۔ اس حصے میں دو ٹرانزسٹر کا بلند تعدادی ریاضی موسن اور ٹرانسیستر مرتق

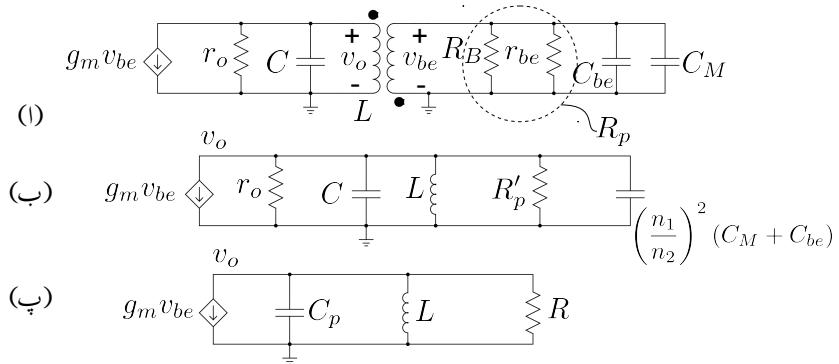


شکل ۸.۹: ٹرانزسٹر ہمسر تھش

کے مساوات استعمال کرتے ہوئے ہمسر تھش "ا" حاصل دکھایا جائے گا۔ ظاہر ہے کہ فیٹ پر مبنی مسر تھش کو بھی اسی طرح حل کیا جاسکتا ہے۔ بلند تعداد پر ٹرانزسٹر (یافیٹ) کے بلند تعداد ریاضی نمونے ہی سے درست جوابات حاصل ہوتے ہیں لہذا بلند تعداد پر حلقے والے مسر تھش کو حل کرتے ہوئے ٹرانزسٹر (یافیٹ) کا بلند تعداد ریاضی نمونے استعمال کرنا ضروری ہے۔ شکل ۸.۹ الف میں ٹرانزسٹر ہمسر تھش دکھایا گیا ہے۔ ٹرانزسٹر کا بلند تعداد ریاضی نمونے استعمال کرتے ہوئے شکل ب میں اسی کا مساوی دور دکھایا گیا ہے جس میں  $C_B$  اور  $C_E$  کو لامدد و تصویر کیا گیا ہے۔ مسئلہ ملر<sup>۱۲</sup> کی مدد سے  $C_{bc}$  کا مساوی ملکپیسٹر  $C_M$  استعمال کرتے ہیں۔ یوں  $C_M$  اور  $C_{be}$  متوازی جبڑ جاتے ہیں۔ شکل ۸.۹ الف میں ایسا دکھایا گیا ہے جہاں شکل کو درجہ بیشتر طرز پر بنایا گیا ہے۔ ٹرانسیستر کے جبانب بر قی رکاوٹ کا  $n_2 n_1$  جبانب عکس لیتے ہیں۔ ایسا کرتے وقت بر قی رکاوٹ کو  $\left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2$  سے ضرب دیا جاتا ہے۔ یوں متوازی جبڑے مسماحت  $R_B$  اور  $R_p$  کو  $R_B r_{be}$  لکھتے ہوئے ٹرانسیستر کی دوسری جبانب مقتول کرتے ہیں۔ ٹرانسیستر کے جہاں  $C_M$  اور  $C_{be}$  کے مجموع کے برابر  $\frac{1}{j\omega(C_{be}+C_M)}$  کے برابر ہے۔ اس کا عکس

$$R'_p = \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 R_p$$

$$\left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 \times \frac{1}{j\omega(C_{be} + C_M)}$$



شکل ۸.۱۰: مرنہ سڑھر مرنہ توش کا باریکے اشاراتی مساوی دور

ہو گا جس کو

$$\frac{1}{j\omega \left[ \frac{n_1^2}{n_2^2} (C_{be} + C_M) \right]}$$

لکھا جاسکتا ہے۔ یہ  $C_{be} + C_M$  کا گھس

$$\left( \frac{n_1}{n_2} \right)^2 (C_{be} + C_M)$$

حاصل ہوتا ہے جو  $C$  کے متوازی پایا جاتا ہے۔ ان تمام متوازی حبڑے کمپیوٹر کو  $C_p$  لکھا گیا ہے جہاں

$$C_p = C + \left( \frac{n_1}{n_2} \right)^2 (C_{be} + C_M)$$

کے برابر ہے۔ اسی طرح متوازی حبڑے  $r_o$  اور  $R'_p$  کے مجموعے کو  $R$  لکھا جاسکتا ہے۔ ایسا کرتے ہوئے شکل ب سے

شکل پ ساصل ہوتا ہے۔

شکل پ کو حل کرتے ہیں جس میں

$$\frac{1}{Z} = j\omega C_p + \frac{1}{j\omega L} + \frac{1}{R}$$

کے برابر ہے۔ یہ  $-g_m v_{be} - g_m v_{be} = \frac{v_o}{Z}$  لکھا جاسکتا ہے یعنی

$$(8.25) \quad -g_m v_{be} = \left( j\omega C_p + \frac{1}{j\omega L} + \frac{1}{R} \right) v_o$$

ٹرانسفارمر کے دو جانب برقی دباؤ کی شرح ان دو جانب لچھوں کے چپکر کی شرح کے برابر ہوتا ہے۔ مسزید اگر ایک جانب برقی دباؤ کا بثت سر اڑانسفار مسر کی علامت پر دکھائے نقطے کی طرف ہو تو دوسری جانب بھی برقی دباؤ کا بثت سر اس جانب نقطے کی طرف کو ہو گا۔ ان دو حقائق سے

$$v_{be} = - \left( \frac{n_1}{n_2} \right) v_o$$

حاصل ہوتا ہے جہاں نقطی کی علامت اس بات کو دکھلاتا ہے کہ ہم نے ٹرانسفارمر کے ایک جانب  $v_o$  کا بثت سر ا نقطے کی جانب بجکہ دوسری جانب  $v_{be}$  کا بثت سر ا بغیر نقطے کی طرف رکھا ہے۔ ایسا کرنے سے اشارے میں  $180^\circ$  کی تبدیلی پیدا کی جاتی ہے جو کہ  $RC$  مس تعش میں تین کڑی  $RC$  سے حاصل کی گئی تھی۔

یوں مساوات ۸.۲۵ سے حاصل ہوتا ہے

$$g_m \left( \frac{n_1}{n_2} \right) v_o = \left( j\omega C_p + \frac{1}{j\omega L} + \frac{1}{R} \right) v_o$$

$$g_m \left( \frac{n_1}{n_2} \right) = \left( j\omega C_p + \frac{1}{j\omega L} + \frac{1}{R} \right)$$

اس مساوات کے خیال اور حقیقی جزو و علیحدہ کرتے ہیں۔ خیالی جزو سے حاصل ہوتا ہے

$$(8.26) \quad \omega_o = \frac{1}{\sqrt{LC_p}} = \frac{1}{\sqrt{L \left[ C + \left( \frac{n_1}{n_2} \right)^2 (C_{be} + C_M) \right]}}$$

جبکہ حقیقی جزو سے

$$g_m \left( \frac{n_1}{n_2} \right) = \frac{1}{R} = \left( \frac{n_1}{n_2} \right)^2 \times \frac{1}{R_p} + \frac{1}{r_o}$$

لکھا جا سکتا ہے۔  $r_o$  کی قیمت نسبتاً بہت زیادہ ہوتی ہے لہذا  $\frac{1}{r_o}$  کو نظر انداز کرتے ہوئے

$$g_m R_p = \frac{n_1}{n_2}$$

حاصل ہوتا ہے۔ چونکہ  $R_B$  کی قیمت  $r_{be}$  کے مقابلے سے کمی درجہ زیادہ ہوتی ہے لہذا

$$R_p = \frac{R_B r_{be}}{R_B + r_{be}} \approx r_{be}$$

ہوتا ہے اور یوں

$$g_m r_{be} = \frac{n_1}{n_2}$$

لکھا جا سکتا ہے۔ اس مساوات میں  $g_m r_{be} = \beta$  کے استعمال سے

$$(8.27) \quad \beta = \frac{n_1}{n_2}$$

حاصل ہوتا ہے۔  
فتری تعدد  $\omega_0$  پر متوازی حبڑے  $L$  اور  $C_p$  کی برقی رکاوٹ لامحہ وہ ہوتی ہے لہذا شکل ۸.۱۰ پر میں

$$(8.28) \quad A_v = \frac{v_o}{v_{be}} = -g_m R$$

کے برابر ہو گا۔ یوں ملکپیٹر

$$C_M = C_{bc} (1 + g_m R)$$

کے برابر ہو گا۔

چونکہ  $1 \gg \beta$  ہوتا ہے لہذا  $1 \gg \frac{n_1}{n_2}$  اگر  $\beta$  کی قیمت  $\frac{n_1}{n_2}$  میں معمولی زیادہ ہو تو مرتعش سائنس الہام حسارج کرتا ہے۔  $\frac{n_1}{n_2} \gg \beta$  کی صورت میں ٹراوزر غیر خطی خط میں داخلی ہو گا اور یہ مستطیل برقی روپیدا کرے گا البتہ  $L$  اور  $C_p$  اپنی فتری تعدد  $\omega_0$  پر ارتاسش کرتے ہیں لہذا امر مرتعش سائنس نابرقی دباؤ  $v_0$  کی حسارج کرے گا۔

## ۸.۶ عمومی مرتعش

شکل ۸.۱۱ اف میں عمومی مرتعش دکھایا گیا ہے۔ کمی قلم کے مرتعش اس عموی طرز پر بنائے جاتے ہیں جسماں بنیادی ایکپلینیٹر کی بھی قلم کا ہو سکتا ہے مسئلہً حسابی ایکپلینیٹر، دو جوڑ ٹراوزر غیر خطی پر مبنی ایکپلینیٹر وغیرہ۔ اس حصے میں بنیادی ایکپلینیٹر کے داخلی مسماحت کو لامحہ وہ تصور کیا گیا ہے۔ ایسا فیٹ پر مبنی ایکپلینیٹر یا حسابی ایکپلینیٹر کے استعمال سے ممکن ہے۔ شکل بے میں ایکپلینیٹر کا تھونن مساوی دور استعمال کیا گیا ہے جسماں ایکپلینیٹر کے حسارجی مسماحت کو  $R_0$  لکھا گیا ہے۔ شکل بے میں

$$\frac{1}{Z_L} = \frac{1}{Z_2} + \frac{1}{Z_1 + Z_3}$$

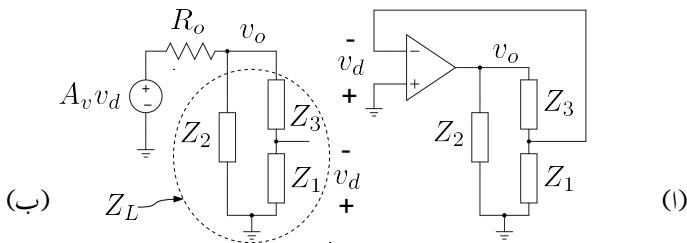
$$Z_L = \frac{Z_2 (Z_1 + Z_3)}{Z_1 + Z_2 + Z_3}$$

کے برابر ہے۔ یوں

$$(8.29) \quad v_o = A_v v_d \left( \frac{Z_L}{R_o + Z_L} \right)$$

کے برابر ہو گا۔ مسزیدیے کے  $Z_1$  اور  $Z_3$  کو سالمہ دار حبڑے تصور کرتے ہوئے

$$(8.30) \quad v_d = - \left( \frac{Z_1}{Z_1 + Z_3} \right) v_0$$



شکل ۸.۱۱: عمومی معرفت

حاصل ہوتا ہے۔ اس طرح مساوات سے ۸.۲۹

$$(8.31) \quad v_o = A_v \left( \frac{-Z_1}{Z_1 + Z_3} \right) v_o \left( \frac{\frac{Z_2(Z_1+Z_3)}{Z_1+Z_2+Z_3}}{R_o + \frac{Z_2(Z_1+Z_3)}{Z_1+Z_2+Z_3}} \right)$$

$$1 = \frac{-A_v Z_1 Z_2}{R_o (Z_1 + Z_2 + Z_3) + Z_2 (Z_1 + Z_3)}$$

حاصل ہوتا ہے۔

اس معرفت میں  $Z$  برقی رکاوٹ کو ظاہر کرتا ہے یوں امالة کی صورت میں  $Z = j\omega L$  ہو گا جبکہ کپسیٹر کی صورت میں  $Z = -\frac{j}{\omega C}$  ہو گا۔  $X_C$  کو  $\omega C$  جبکہ  $\frac{1}{\omega C}$  لکھتے ہوئے  $Z = jX_C$  کے لئے یہ جہاں مثبت  $X$  امالة کو ظاہر کرے گا جبکہ منفی  $X$  کپسیٹر کو ظاہر کرے گا۔ اس طرح مساوات ۸.۳۱ کو یوں لکھا جاتا ہے۔

$$(8.32) \quad 1 = \frac{-A_v j X_1 j X_2}{R_o (jX_1 + jX_2 + jX_3) + jX_2 (jX_1 + jX_3)}$$

$$1 = \frac{A_v X_1 X_2}{jR_o (X_1 + X_2 + X_3) - X_2 (X_1 + X_3)}$$

اس مساوات کے باعث ہاتھ صرف حقیقی مقداریں اس کے دامن میں ہاتھ حقیقی اور خیالی دونوں مقداریں پائے جاتے ہیں۔ مساوات کے دو اطراف صرف اور صرف اس صورت برابر ہو سکتے ہیں جب دونوں جانب مقداریں برابر ہوں۔ چونکہ باعث خیالی مقداریں نہیں پائے جاتے لہذا امیں جانب خیالی مقداروں کی قیمت ضروری ہیں۔

$$(8.33) \quad X_1 + X_2 + X_3 = 0$$

اور یوں مساوات ۸.۳۲ میں رجب ذیل صورت اختیار کر لے گا۔

$$1 = \frac{-A_v X_1 X_2}{X_2 (X_1 + X_3)} = \frac{-A_v X_1}{X_1 + X_3}$$

مساوات ۸.۳۳ سے حاصل ہوتا ہے جسے مندرجہ بالامساوات میں استعمال کرتے ہوئے

$$1 = \frac{A_v X_1}{X_2}$$

یعنی

$$(8.33) \quad A_v = \frac{X_2}{X_1}$$

دیتا ہے۔ مساوات ۸.۳۳ مسر تھش کی درکار  $A_v$  دیتا ہے۔ حقیقت میں  $A_v$  اس قیمت سے زیادہ رکھا جائے گا۔ اس مساوات میں  $A_v$  مثبت قیمت رکھتا ہے لہذا مساواتی نشان کے دونوں جانب مثبت قیمتیں تب ممکن ہیں جب  $X_2$  اور  $X_1$  کی قیمتیں بھی یا تو دونوں مثبت ہوں اور یا پھر دونوں منفی ہوں۔ یعنی یا یہ دونوں امالة ہوں یا پھر دونوں کمپیٹر۔ چونکہ مساوات ۸.۳۳ کے تحت  $X_1 + X_2 = -X_3$  ہو گا لہذا اگر  $X_1$  اور  $X_2$  دونوں امالة ہوں تو  $X_3$  کمپیٹر ہو گا اور ایسی صورت میں مسر تھش کو ہمارے مرتعش<sup>۱۴</sup> پکارتے ہیں اور اگر  $X_1$  اور  $X_2$  دونوں کمپیٹر ہوں تو  $X_3$  امالة ہو گا اور ایسی صورت میں اسے کامپیٹر مرتعش<sup>۱۵</sup> پکارا جاتا ہے۔<sup>۱۵</sup>

اگر  $X_1$  اور  $X_2$  دونوں امالة ہوں تو مساوات ۸.۳۳ کو

$$j\omega L_1 + j\omega L_2 - \frac{j}{\omega C_3} = 0$$

لکھا جاسکتا ہے جس سے

$$(8.35) \quad \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{(L_1 + L_2)C}}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اسی طرح اگر  $X_1$  اور  $X_2$  کمپیٹر ہوں تو مساوات ۸.۳۳ کو

$$-\frac{j}{\omega C_1} - \frac{1}{\omega C_2} + j\omega L_3 = 0$$

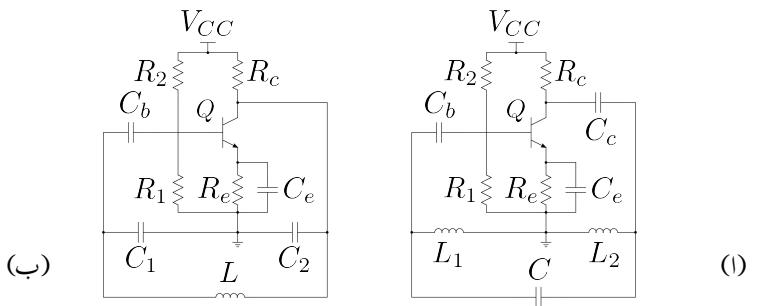
لکھا جاسکتا ہے جس سے

$$(8.36) \quad \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

حاصل ہوتا ہے جہاں

$$(8.37) \quad C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$$

یعنی  $C_1$  اور  $C_2$  کی سلسلہ دار حصہ ہی کل کمپیٹر ہے۔Hartley oscillator<sup>۱۶</sup>Colpitts oscillator<sup>۱۷</sup><sup>۱۴</sup> رافہ ہارٹلے نہارٹلے مسر تھش جسکے ایک دوسری کا پیش نہ کا پیش مسر تھش کا دریافت کیا۔



شکل ۸.۱۲: ٹرانزسٹر پر مبنی ہارٹلے اور کالپٹس مرتقش

### ۷۔ ہارٹلے اور کالپٹس مرتقش

شکل ۸.۱۲ میں ٹرانزسٹر ایمپلیفیائر استعمال کرتے ہوئے ہارٹلے اور کالپٹس مرتقش بنائے گئے ہیں۔ شکل الف میں واپس کار یعنی  $L_1$ ،  $L_2$  اور  $C$  کی شمولیت سے بندی دی ایمپلیفیائر مرتقش میں جدیل ہو جاتا ہے۔ شکل ۸.۱۱ کے ساتھ موازن کرنے سے آپ دیکھ سکتے ہیں کہ  $L_1$ ،  $L_2$  اور مصل  $X_1$  ہے،  $R_1$  اور  $C_1$  ہے جبکہ  $C$ ،  $R_2$  اور  $X_3$  ہے۔  $C_b$  اور  $C_e$  اس بات کو یقینی بناتے ہیں کہ واپس کار کی شمولیت سے بندی دی ایمپلیفیائر کے نقطہ مائل پر کوئی اثر نہیں ہو گا۔ شکل ب میں  $C_c$  کی ضرورت نہیں چونکہ  $C_b$ ،  $C_1$  اور  $C$  کی موجودگی میں اس راستے کے سمت روکا گزروں مسکن نہیں۔  $C_e$  اور  $C_c$  کی پیسٹر<sup>۱۳</sup> ہے جبکہ  $C_b$  اور  $C_1$  کی پیسٹر<sup>۱۴</sup> ہے۔ چنانچہ کالپٹس مرتقش میں اسراور کو لاحدوں تصور کیا جاتا ہے۔

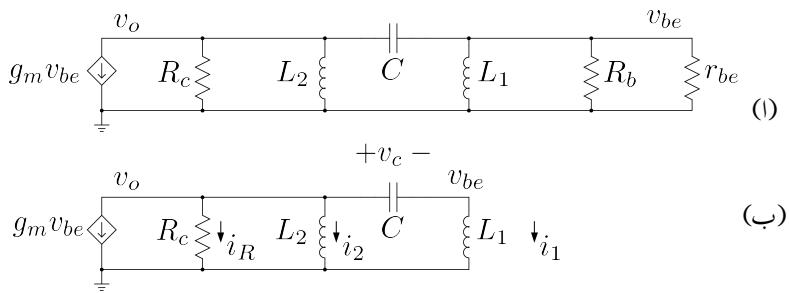
بلد تعداد پر ان اشکال کو حل کرتے ہوئے ٹرانزسٹر کے بلند تعدادی ریاضی نمونے استعمال ہو گا۔ ایسا کرتے وقت ریاضی نمونے کے مختلف حصوں کو بھی واپس کار کا حصہ تصور کیا جاسکتا ہے۔ مثلاً نہایت بلند تعداد کالپٹس مرتقش تخلیق دیتے وقت ٹرانزسٹر کے بلند تعدادی ریاضی نمونے کے حصوں کو  $C_{bc}$  اور  $C_{be}$  کا مساوی ملر کپیسٹر<sup>۱۵</sup>  $C_M$  کے مجموعے کو بطور  $C_1 = C_{bc} + C_{be}$  استعمال کیا جاتا ہے (یعنی  $C_1 = C_{bc} + C_M$ )۔

شکل ۸.۱۱ کے عمومی مرتقش میں بندی دی ایمپلیفیائر کا داخلی مزاجمت لامحدود ہے جبکہ شکل ۸.۱۲ کے دونوں مرتقش میں ایسا نہیں ہے۔

مثال ۸.۲: ٹرانزسٹر کا پست تعدادی ریاضی نمونے استعمال کرتے ہوئے شکل ۸.۱۲ الف کو حل کریں۔ حل کرتے وقت بندی دی ایمپلیفیائر کے داخلی مزاجمت کو لامحدود تصور کرتے ہوئے نظر انداز کریں۔

حل: شکل ۸.۱۲ الف میں اس کا باریکے اشاراتی مساوی وورڈ کھایا گیا ہے جس میں  $R_b \parallel R_1 \parallel R_2$

bypass capacitor<sup>۱۳</sup>  
coupling capacitors<sup>۱۴</sup>  
Miller capacitance<sup>۱۵</sup>



شکل ۷.۸: ہرٹلے سڑپ میں ہارٹلے میں تکش کا پست تقدیمی مساوی دور

لکھا گیا ہے۔ جیسا کہ ایک پلٹنائز کا داخلی میزاجمیت  $R_b \parallel r_{be}$  کے برابر ہے جو  $j\omega L_1$  کے متوازنی جب ہے۔ اگرچہ ہم میزاجمیت  $R_b \parallel r_{be}$  کو شامل کرتے ہوئے آگے بڑھ سکتے ہیں، میں چاہوں گا کہ  $r_{be} \ll R_b \parallel r_{be}$  کا تصور کرتے ہوئے آگے بڑھ سیں تاکہ عمومی میں تکش کی طرح نتائج حاصل ہوں جہاں ایک پلٹنائز کا داخلی میزاجمیت لا متناہی ہے۔ یوں شکل ب حاصل ہوتا ہے۔

شکل ب میں اگر ہرٹلے سڑپ کا داخلی برقی دباؤ  $v_{be}$  ہوتے  $L_1$  میں برقی رو

$$i_1 = \frac{v_{be}}{j\omega L_1}$$

ہو گی جو کپیٹر  $C$  سے گزرتے ہوئے اس پر

$$v_c = \frac{v_{be}}{j\omega L_1} \times \frac{1}{j\omega C} = -\frac{v_{be}}{\omega^2 L_1 C}$$

برقی دباؤ پیدا کرے گا۔ یوں

$$v_o = v_{be} + v_c$$

$$= v_{be} - \frac{v_{be}}{\omega^2 L_1 C}$$

ہو گا۔  $L_2$  میں

$$i_2 = \frac{v_o}{j\omega L_2} = \frac{v_{be} - \frac{v_{be}}{\omega^2 L_1 C}}{j\omega L_2}$$

اوہ  $R_c$  میں

$$i_R = \frac{v_o}{R_c} = \frac{v_{be} - \frac{v_{be}}{\omega^2 L_1 C}}{R_c}$$

پایا جائے گا۔ یوں کر خوف کے فتاون براۓ برقی روکی مدد سے ہم لکھ سکتے ہیں

$$\begin{aligned} -g_m v_{be} &= \frac{v_{be} - \frac{v_{be}}{\omega^2 L_1 C}}{R_c} + \frac{v_{be} - \frac{v_{be}}{\omega^2 L_1 C}}{j\omega L_2} + \frac{v_{be}}{j\omega L_1} \\ &= v_{be} \left[ \frac{1}{R_c} - \frac{1}{\omega^2 R_c L_1 C} + \frac{1}{j\omega L_2} - \frac{1}{j\omega^3 L_1 L_2 C} + \frac{1}{j\omega L_1} \right] \end{aligned}$$

اس مساوات کے خیال اور حقیقی اور جزء اعلیٰ مذکور کرتے ملتا ہے

$$\begin{aligned} 0 &= \frac{1}{j\omega L_2} - \frac{1}{j\omega^3 L_1 L_2 C} + \frac{1}{j\omega L_1} && \text{خیال} \\ -g_m &= \frac{1}{R_c} - \frac{1}{\omega^2 R_c L_1 C} && \text{حقیقی} \end{aligned}$$

خیالی جزء سے

$$(8.38) \quad \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{(L_1 + L_2) C}}$$

اور حقیقی جزء سے

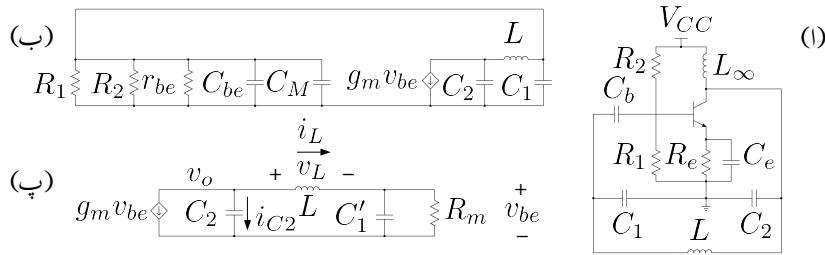
$$(8.39) \quad g_m R_c = |A_v| = \frac{L_2}{L_1}$$

حاصل ہوتا ہے۔ ان دو مساوات کا مساواۃ ۸.۳۵ اور مساوات ۸.۳۴ سے موافق ہے۔

مثال ۸.۳: شکل ۸.۱۳ میں ٹرانزسٹر پر مبنی کالپن مرتقش دکھایا گیا ہے جس میں ٹرانزسٹر کے لگانہ پر امالہ  $L_{\infty}$  نہ کیا گیا ہے۔ اس امالہ کی قیمت مرتقش کے تحد پر لامحدود تصور کی جاتی ہے۔ مرتقش کو حل کریں۔

حل: شکل ب میں ٹرانزسٹر کا بلند تحد دریاضی نمونہ استعمال کرتے ہوئے مرتقش کا مساوی دور دکھایا گیا ہے جہاں مسئلہ ملکی مدد سے  $C_{bc}$  کا مساوی  $C_M$  دکھایا گیا ہے۔ متوازی جبڑے مرتقش کی قیمت  $R_{be}$  اور  $r_{be}$  اور  $R_1$ ،  $R_2$  کو جبکہ متوازی جبڑے کی پیٹر  $C'_1$  کو لکھتے ہوئے شکل پ پر حاصل کی گئی ہے۔ حقیقت میں  $r_{be}$  کی قیمت  $R_1$  اور  $R_2$  کے بہت کم ہوتی ہے اور  $R_m \approx r_{be}$  اور  $C'_1$  متوازی جبڑے میں اور ان پر برقراری دباو  $v_{be}$  پایا جاتا ہے۔ یوں ان میں برقی روکی مدد سے ہم لکھ سکتے ہیں

$$\begin{aligned} i_{R_m} &= \frac{v_{be}}{R_m} \\ i_{C'_1} &= j\omega C'_1 v_{be} \end{aligned}$$



شکل ۸.۱۷: ہارٹلے اور کاپس مسئلہ تesh

ہو گی۔ یہ کر خونے کے فتنوں برائے برقی روکے تھتے

$$i_L = i_{R_m} + i_{C'_1} = \frac{v_{be}}{R_m} + j\omega C'_1 v_{be}$$

ہو گلا س طرح

$$v_L = j\omega L i_L = j\omega L \left( \frac{1}{R_m} + j\omega C'_1 \right) v_{be}$$

جبکہ

$$v_o = v_{be} + v_L = \left[ 1 + j\omega L \left( \frac{1}{R_m} + j\omega C'_1 \right) \right] v_{be}$$

اور

$$i_{C_2} = j\omega C_2 v_o = j\omega C_2 \left[ 1 + j\omega L \left( \frac{1}{R_m} + j\omega C'_1 \right) \right] v_{be}$$

ہوں گے۔ کر خونے کے فتنوں برائے برقی روکے تھتے یعنی

$$-g_m v_{be} = j\omega C_2 \left[ 1 + j\omega L \left( \frac{1}{R_m} + j\omega C'_1 \right) \right] v_{be} + \left( \frac{1}{R_m} + j\omega C'_1 \right) v_{be}$$

$$-g_m = j\omega C_2 \left[ 1 + j\omega L \left( \frac{1}{R_m} + j\omega C'_1 \right) \right] + \left( \frac{1}{R_m} + j\omega C'_1 \right)$$

$$-g_m = j\omega C_2 - \omega^2 L C_2 \left( \frac{1}{R_m} + j\omega C'_1 \right) + \frac{1}{R_m} + j\omega C'_1$$

$$-g_m = j\omega C_2 - \frac{\omega^2 L C_2}{R_m} - j\omega^3 C'_1 L C_2 + \frac{1}{R_m} + j\omega C'_1$$

(۸.۷•)

اس مساوات کے خیال جزو سے حاصل ہوتا ہے

$$\begin{aligned}\omega C_2 - \omega^3 C'_1 L C_2 + \omega C'_1 &= 0 \\ \omega \left( C_2 - \omega^2 C'_1 L C_2 + C'_1 \right) &= 0\end{aligned}$$

چونکہ  $\omega$  مسر توش کی تعداد صفر نہیں ہوتی (یعنی  $\omega \neq 0$ ) لہذا

$$C_2 - \omega^2 C'_1 L C_2 + C'_1 = 0$$

ہو گا جس سے حاصل ہوتا ہے

$$(8.31) \quad \omega = \omega_o = \sqrt{\frac{C'_1 + C_2}{L C'_1 C_2}} = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

جہاں

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C'_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{C'_1 + C_2}{C'_1 C_2}$$

کے برابر ہے۔  $\omega_o$  مسر توش کی فتدرتی تعداد ہے۔  
مساوات ۸.۳۰ کے حقیقی جزو سے حاصل ہوتا ہے۔

$$-g_m = -\frac{\omega^2 L C_2}{R_m} + \frac{1}{R_m}$$

اس میں  $\omega_o$  کی قیمت استعمال کرتے حاصل ہوتا ہے

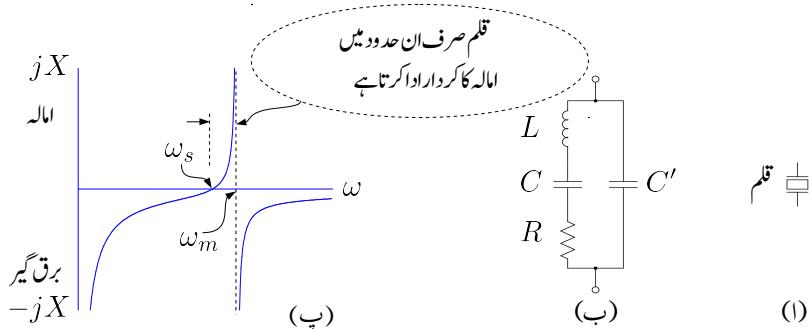
$$\begin{aligned}-g_m &= -\left( \frac{C'_1 + C_2}{L C'_1 C_2} \right) \frac{L C_2}{R_m} + \frac{1}{R_m} \\ g_m R_m &= \frac{C_2}{C'_1}\end{aligned}$$

$R_m$  کے برابر ہو گا اور یوں مندرجہ بالا مساوات سے حاصل ہو گا

$$(8.33) \quad \beta \approx \frac{C_2}{C'_1}$$

حقیقت میں  $\beta$  کی قیمت اس مساوات میں دیے گئے زیادہ کھلکھلے گی۔

---



شکل ۷.۸.۱۵: دا بے بر قی فلم

### ۷.۸.۱ فتلمی میں ترکش

ایسا فلم<sup>۱۹</sup> ہے جسے دبائے اس کے دو اطراف کے مابین برقی دباؤ پیدا ہوتا ہے کو دا بے بر قی فلم<sup>۲۰</sup> کہتے ہیں۔ دا بے بر قی فلم پر برقی دباؤ لگانے سے یہ پھیلتا (یا سکوتا) ہے۔ ایسا دا بے بر قی فلم کے فترتی میکانی تعدد پر برقی دباؤ منراہم کرتے ہوئے اسے ارتھاں پذیر ہنایا جاتا ہے۔ فتملوں کی طبیعیاتی خوبیاں انتہائی مستحکم ہوتی ہیں جو وقت یا حصارت سے بہت کم متاثر ہوتی ہیں۔ اسی لئے ایسا فلم کی فترتی گنجی تعداد کی قیمت بھی مستحکم رہتے ہوئے تبدیل نہیں ہوتی۔ اسی خوبی کی بنا پر انہیں عموماً وقت ناپنے کے لئے استعمال کی جاتا ہے۔ کوارٹز<sup>۲۱</sup> کا حصہ جو وقت دکھانا مشالی ہے۔ دھالتی ڈبے میں بند، چند کلوہر<sup>۲۲</sup> Hz کے میکاہر<sup>۲۳</sup> MHz تک کے فترتی گنجی تعداد والے کوارٹز کے فتم، منڈی میں عام دستیاب ہیں۔ ڈبے پر فتم کی فترتی گنجی تعداد کی قیمت لکھی گئی ہوتی ہے۔

شکل ۷.۸.۱۶ میں فتم کی علامت دکھانی گئی ہے جبکہ شکل ب میں اس کا مساوی دور دکھایا گیا ہے۔ مساوی دور میں فتم کے میکانی خوبی ماس  $m$  کو امالة  $L$ ، اس پر گنگے کے مستقل  $K$  کے ممکوس کو کپیسٹ  $C$  اور میکانی مسماحت کو بر قی مسماحت  $R$  سے ظاہر کیا جاتا ہے جبکہ  $C'$  فتم کے دونوں سرروں پر دھالتی جوڑوں کے مابین کپیسٹ ہے۔

crystal<sup>۱۹</sup>  
piezoelectric crystal<sup>۲۰</sup>  
quartz<sup>۲۱</sup>

شكل ب میں مزاحمت  $R$  کو نظر انداز کرتے ہوئے سلم کی بر ق رکاوٹ حاصل کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned}
 \frac{1}{Z} &= j\omega C' + \frac{1}{j\omega L + \frac{1}{j\omega C}} \\
 &= \frac{j\omega C' \left( j\omega L + \frac{1}{j\omega C} \right) + 1}{j\omega L + \frac{1}{j\omega C}} \\
 (8.33) \quad &= \frac{j\omega C' \left( j\omega L + \frac{1}{j\omega C} + \frac{1}{j\omega C'} \right)}{j\omega L + \frac{1}{j\omega C}} \\
 &= \frac{j\omega C' \left( j\omega L + \frac{1}{j\omega} \left( \frac{1}{C} + \frac{1}{C'} \right) \right)}{j\omega L + \frac{1}{j\omega C}}
 \end{aligned}$$

شكل ب میں  $C$  اور  $C'$  کو سلسلہ وار جبڑے تصور کرتے ہوئے ہم دیکھتے ہیں کہ یہ دونوں  $L$  کے متوازی جبڑے ہیں۔ یہاں کے متوازی جبڑے کپیسٹر  $C_m$  کا حصہ ہوتا ہے جہاں

$$\frac{1}{C_m} = \frac{1}{C} + \frac{1}{C'}$$

کے برابر ہے۔ اس طرح مساوات ۸.۳۳ کو یہاں لکھا جا سکتا ہے

$$\begin{aligned}
 \frac{1}{Z} &= \frac{j\omega C' \left( j\omega L + \frac{1}{j\omega C_m} \right)}{j\omega L + \frac{1}{j\omega C}} \\
 &= \frac{j\omega C' \left( j\omega L - \frac{j}{\omega C_m} \right)}{j\omega L - \frac{j}{\omega C}} \\
 &= \frac{j\omega C' \left( \frac{jL}{\omega} \right) \left( \omega^2 - \frac{1}{LC_m} \right)}{\left( \frac{jL}{\omega} \right) \left( \omega^2 - \frac{1}{LC} \right)} \\
 &= \frac{j\omega C' \left( \omega^2 - \frac{1}{LC_m} \right)}{\left( \omega^2 - \frac{1}{LC} \right)}
 \end{aligned}$$

جہاں  $j = \sqrt{-1}$  کا استعمال کیا گیا ہے۔

فلم کے دونوں سطحیوں پر دیکھتے ہوئے  $L$  کے ساتھ  $C$  سلسلہ وار جبڑا معلوم ہوتا ہے جبکہ  $L$  کے دونوں سطحیوں پر دیکھتے ہوئے  $L$  کے ساتھ  $C_m$  کے متوازی جبڑا معلوم ہوتا ہے۔  $\omega_s^2 = \frac{1}{LC}$

سلسلہ وار فردرتی گنجی تعداد جبکہ  $\frac{1}{LC_m}$  کو اس کے ساتھ متوازی جبڑے کپیٹر  $C_m$  کی متوازی فردرتی گنجی تعداد تصور کرتے ہوئے مندرجہ بالامساوات کو یوں لکھا جا سکتا ہے

$$\frac{1}{Z} = \frac{j\omega C' (\omega^2 - \omega_m^2)}{(\omega^2 - \omega_s^2)}$$

جس سے حاصل ہوتا ہے

$$(8.35) \quad Z = \frac{-j (\omega^2 - \omega_s^2)}{\omega C' (\omega^2 - \omega_m^2)}$$

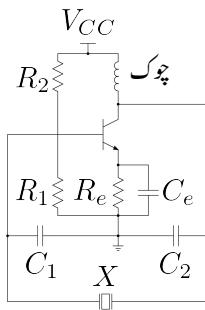
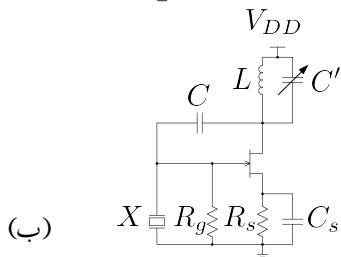
اس مساوات کو شکل ۸.۱۵ پر میں گرف کیا گیا ہے۔ حقیقت میں  $C'$  کی قیمت  $C$  کی قیمت سے کم درجہ زیادہ ہوتی ہے (یعنی  $C' \gg C$ )۔ یوں  $C_m$  کی قیمت  $C$  سے فدر کم ہوتا ہے جس سے  $\omega_s$  کی قیمت  $\omega_m$  کی قیمت سے فدر کم ہوتا ہے۔ ان دو فردرتی گنجی تعداد کی قیتوں میں ۱% سے بھی کم فرق ہوتا ہے۔ مساوات ۸.۳۵ میں دیا گئی رکاوٹ  $\omega_m < \omega_s < \omega$  کے حدود میں ہطور امالہ جبکہ  $\omega_s < \omega_m < \omega$  کے حدود میں ہطور کپیٹر کردار ادا کرتا ہے۔

مندرجہ بالا تذکرے کو مد نظر رکھتے ہوئے ہم دیکھتے ہیں کہ کاپیٹس مسر تھش میں امالہ کی جگہ فتلہم استعمال کی جا سکتا ہے۔ شکل ۸.۱۶ میں ایسا کرتے ہوئے شکل ۸.۱۶ الف کا کاپیٹر قلمبھر مرتھی مسر تھش حاصل ہوتا ہے۔ چونکہ فتلہم صرف  $\omega_m < \omega < \omega_s$  کے حدود میں ہطور امالہ کردار ادا کرتا ہے لہذا ایسا مسر تھش صرف انہیں حدود کے درمیان ارتھاں پذیرہ سکتا ہے اور اس کی تعداد انہیں حدود کے درمیان رہے گی۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ قلمبھر مرتھی ۲۲ کی تعداد صرف اور صرف فتلہم کی فردرتی گنجی تعداد پر منحصر ہے۔ اب چونکہ  $\omega_m \approx \omega_s$  ہوتا ہے لہذا حقیقت میں ایسے مسر تھش کی فردرتی  $\omega_m \approx \omega_s \approx \omega$  رہے گی۔ چونکہ مساوات ۸.۳۱ بھی اس مسر تھش کی تعداد دیتا ہے لہذا فتلہمی مسر تھش اپنی تعداد  $\omega_m$  اور  $\omega_s$  کے درمیان اس جگہ برقرار رکھ گا جہاں مساوات ۸.۳۵ سے حاصل فتلہم کی برقی رکاوٹ (یعنی  $L$ ) کو استعمال کرتے ہوئے مساوات ۸.۳۱ سے بھی یہی تعداد حاصل ہو۔ فتلہمی مسر تھش کے استعمال کا مقصد ایک حقیقی تعداد حاصل کرنا ہے جو فتلہم کو  $\omega_m \approx \omega_s$  کے حدود میں استعمال کرتے حاصل ہوتا ہے۔

شکل ۸.۱۶ ب میں متلہی ہارٹلے مسر تھش دکھایا گیا ہے۔  $C'$  کو نظر انداز کرتے اور فتلہم کو امالہ تصور کرتے ہوئے  $C$  اور فتلہم ہارٹلے مسر تھش کی جانی پہنچانی شکل میں جبڑے ہیں۔  $C'$  کی قیمت اتنی رکھی جاتی ہے کہ درکار تعداد پر متوازی جبڑے  $L$  اور  $C'$  (جنہیں عام نہم میں  $LC$  نیکھلے گے) کا مجموعہ امالہ کا کردار ادا کرے۔ عموماً  $C'$  فتلہم تبدیل کپیٹر ہوتا ہے جس کی قیمت تبدیل کرتے ہوئے مسر تھش کی تعداد باریکی سے متباہی کی جاتی ہے۔ چونکہ متوازی جبڑے  $LC$  کی برقی رکاوٹ ان کے فردرتی متوازی تعداد پر لاحدہ وہ ہوتی ہے لہذا  $LC$  نیکھلے کی فردرتی متوازی تعداد کو مسر تھش کے تعداد کے فریب رکھتے ہوئے  $nJFET$  کے ذریں پر بہت زیادہ برقی رکاوٹ حاصل کیا جاتا ہے

## ب۔ مرتقش

$$C = C_{gd} + C_{bl\_ادو}$$



شکل ۸.۱۶: مرتقش کا پیش اور ہار ملے مرتقش

جس سے بیانی ایپلیفائز کی امنزائش زیادہ حاصل ہوتی ہے اور ارتقاشی اشارے کا جیٹہ زیادہ سے زیادہ حاصل کرنا ممکن ہوتا ہے۔ اس مرتقش میں بیرونی کپیٹر  $C$  کا استعمال ضروری نہیں۔ نہایت بلند تعداد حاصل کرتے وقت اس کپیٹر کو نسبت نہیں کیا جاتا اور  $nJFET$  کی اندروری کپیٹر  $C_{gd}$  اور گیٹ کے مابین تاروں کے مابین بلا ارادہ پائے جبائے والے کپیٹر کو زیر استعمال لایا جاتا ہے۔

### سوالات

سوال ۱: شکل ۸.۳ ب میں  $RC$  کے دو حصے ترتیب دار جوڑے گئے ہیں۔ اس میں  $\frac{\hat{V}_o}{\hat{V}_i}$  کی مساوات حاصل کریں۔ اگر  $f = 10 \text{ kHz}$  اور  $C = 0.01 \mu\text{F}$  اور  $\hat{V}_i = 120^\circ$  کا زاویہ حاصل کرنے کی خاطر درکار میزاحمت حاصل کریں۔  
جوابات:

$$\frac{\hat{V}_o}{\hat{V}_i} = \frac{1}{1 + j3\omega RC - \omega^2 R^2 C^2}$$

$$R = 1196 \Omega$$

سوال ۲:  $RC$  میں کم سے کم مکنے  $\beta$  کا نازٹر استعمال کیا جاتا ہے۔  $R = 200 \Omega$  کی صورت میں  $Z_{RC}$  کی قیمت حاصل کریں۔

$$Z_{RC} = 372 - j198$$

سوال ۳: شکل ۸.۳ میں  $RC$  میں ترکش دکھایا گیا ہے جس میں

$$V_{CC} = 9 \text{ V}, \quad R_c = 3 \text{ k}\Omega, \quad R_e = 1 \text{ k}\Omega$$

$$R_1 = 12.5 \text{ k}\Omega, \quad R_2 = 50 \text{ k}\Omega, \quad \beta = 99$$

یہ ۱۰ kHz پر چلنے کی خاطر درکار  $C$  اور  $R'$  حاصل کریں۔

جوابات:  $R = 1115 \Omega$  میں  $r_{be} = 2.69 \text{ k}\Omega$  اور  $I_{CQ} = 1 \text{ mA}$  میں  $k = 2.54 \text{ k}\Omega$  اور  $R_m = 2 \text{ k}\Omega$  میں  $C = 3.5 \text{ nF}$  میں  $r_{be} = 1.25 \text{ k}\Omega$  اور  $I_{CQ} = 1 \text{ mA}$  میں  $R' > R_m$  ہے لہذا  $R$  اور  $R'$  کا حساب ہے گا۔ متدری تعداد ۱۰ kHz پر مختلف ہو گی۔

سوال ۴: شکل ۸.۴ کے  $RC$  میں ترکش میں

$$V_{CC} = 9 \text{ V}, \quad R_c = 3.36 \text{ k}\Omega, \quad R_e = 1 \text{ k}\Omega$$

$$R_1 = 6.25 \text{ k}\Omega, \quad R_2 = 25 \text{ k}\Omega, \quad \beta = 49$$

یہ ۱۰ kHz پر چلنے کی خاطر درکار  $C$  اور  $R'$  حاصل کریں۔

جوابات:  $R = 1250 \Omega$  میں  $r_{be} = 2.69 \text{ k}\Omega$  اور  $I_{CQ} = 1 \text{ mA}$  میں  $k = 1.25 \text{ k}\Omega$  میں  $C = 3.1 \text{ nF}$  میں  $r_{be} = 1 \text{ k}\Omega$  اور  $I_{CQ} = 1 \text{ mA}$  میں  $R' = 250 \Omega$  کا حساب ہے گا۔

سوال ۵: صفحہ ۲۷ پر شکل ۷.۸ میں دائی میں ترکش دکھایا گیا ہے۔  $C = 0.1 \mu\text{F}$ ,  $R = 15.9 \text{ k}\Omega$ ,  $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$  اور  $R_2 = 25 \text{ k}\Omega$  کی صورت میں میں ترکش کی متدری تعداد حاصل کریں۔  
جواب:  $f_0 = 100 \text{ Hz}$

سوال ۶: شکل ۸.۶ میں نازٹر  $C_{bc} = 4 \text{ pF}$ ,  $C_{be} = 10 \text{ pF}$ ,  $V_A = 200 \text{ V}$ ,  $\beta = 396$  ہیں۔ ٹرانسفارمر کی  $\frac{n_1}{n_2}$  حاصل کریں۔ اگر  $C = 20 \text{ nF}$  اور  $R_B = 5 \text{ k}\Omega$  ہوں  $L = 200 \text{ nH}$  اور  $I_{CQ} = 1 \text{ mA}$  اور  $f_0 = 100 \text{ Hz}$  کیا ہو گا۔

## ب۔۸۔ مرتعش

جوابت:  $R \approx R'_p = 0.51 \Omega, r_o = 200 \text{ k}\Omega, g_m = 0.04 \text{ S}, \frac{n_2}{n_1} = 0.02564$ : جیں اور یہ  $C_p = 39.166 \text{ nF}, C_M \approx 4 \text{ pF}, 0.51 \Omega$

سوال ۸.۱۲: شکل ۸.۱۲ میں  $R_c$  کی جگہ لامددو  $L$  کے نسب کیا جاتا ہے۔  $R_B$  کو نظر انداز کرتے اور ٹرانزسٹر کا

پست تعدادی مساوی پائے ریاضی نمونہ استعمال کرتے ہوئے اسے حل کریں۔

$$\text{جوابت: } \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \text{ جسال } C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} \text{ کے برابر ہے جبکہ } \beta = \frac{C_2}{C_1} \text{ حاصل ہوتا ہے۔}$$

سوال ۸.۸: سوال ۸.۸ کے کاپیش مرتعش میں ٹرانزسٹر کا  $50 = \beta$  ہے۔ اگر اس میں  $C_1 = 0.01 \mu\text{F}$  کا

جائز تب  $200 \text{ kHz}$  پر ارتقاش کرتے مرتعش کے بقا یا اجزاء کے قیمتیں کیا ہوں گی؟

$$\text{جوابت: } L = 65 \mu\text{F}, C_2 = 0.5 \mu\text{F}$$

سوال ۸.۹: شکل ۸.۱۲ کے کاپیش مرتعش میں ٹرانزسٹر کا پست تعدادی ریاضی نمونہ استعمال کرتے ہوئے حل کریں۔ ایسا کرتے ہوئے بنیادی ایمپلیٹر کی داخنی مزاجمت لامددو و تصور کریں۔

$$\text{جوابت: } \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \text{ جسال } C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} \text{ کے برابر ہے، } g_m R_c = \frac{C_1}{C_2} \text{ ان مساوات کا مساوات$$

اور مساوات ۸.۳۶ کے ساتھ موازنے کریں۔

# اشارب

- Butterworth, 647  
Butterworth circle, 648  
bypass capacitor, 243, 560  
  
capacitor, 142  
carrier frequency, 94  
carrier wave, 93  
cascaded amplifier, 336  
cascode amplifier, 534, 635  
CE amplifier, 495  
Celsius, 78  
channel, 377  
charge, 182, 363, 375  
clamping circuit, 98  
class  
    A, 357  
    AB, 358  
    B, 358  
    C, 358  
    D, 358  
clipper, 99  
CMOS, 397  
CMRR, 498  
collector, 179  
Colpitts oscillator, 739  
common base, 345  
common collector, 345  
common emitter, 344  
common mode voltage, 6, 479  
common mode voltage gain, 497  
comparator, 66  
complex plane, 647  
  
AC load line, 118  
active, 181  
active component, 179  
active region, 236  
adder, 35, 37  
ageing, 505  
AM demodulator, 92  
AM modulator, 93  
AM signal, 94  
amplifier  
    difference, 3  
    instrumentation, 44  
    inverting, 13, 16  
    non-inverting, 26, 28  
anti-log, 102  
atomic model, 125  
atomic number, 125  
avalanche, 143  
avalanche breakdown, 144  
  
band, 560, 610  
band pass filter, 681  
band stop filter, 681  
Barkhausen criteria, 718  
base, 179  
bit, 56  
blocking voltage, 139  
Bode plot, 566, 576  
Boltzmann constant, 78  
break down voltage, 143  
breakdown region, 82  
buffer, 29

- cut off, 141
- germanium, 80
- high frequency model, 155
- square law, 168
- distortion, 418
- divider, 103
- doping, 125
- drift, 131, 134
- drift current, 134
- drift speed, 134
- drift velocity, 135
- Early voltage, 236, 421
- ecg, 45
- electric field intensity, 134
- electrical noise, 148
- electron gas, 128
- electron mobility, 135, 387
- emission coefficient, 78
- emitter, 179
- emitter coupled logic, 489
- emitter follower, 347
- enhancement nMOSFET, 379
- feedback circuit
  - negative, 23
  - positive, 23
- feedback signal, 21, 665
- feedback system, 665
- field effect transistor, 179
- filter
  - band pass, 646
  - band stop, 646
  - Butterworth, 649
- forward biased, 80, 82, 86
- free electron, 126
- free hole, 126, 130
- full wave rectifier, 90
- gain, 15, 186
- gain bandwidth product, 611
- gate
- conductance, 125
- conductivity, 137
- constant current source, 447, 503
- coupling capacitor, 251, 560
- covalent bond, 125, 147
- crystal, 125
- crystal oscillator, 747
- current gain, 185, 186
- current mirror, 448, 505
- current sink, 504
- current source, 504, 552
- cut-in voltage, 80
- cut-off frequency
  - high, 559
  - low, 559
- cutoff, 181
- DAC, 55
- damping constant, 647
- darlington pair, 215
- dB, 576
- DC bias point, 108
- DC load line, 108
- depended voltage source, 6
- dependent current source, 254
- depletion nMOSFET, 395
- depletion region, 139
- difference pair, 479
- differential input resistance, 494
- differential mode voltage, 6
- differential voltage gain, 3
- differentiator, 32
- diffusion, 131
- diffusion capacitance, 145
- diffusion constant
  - electrons, 134
  - holes, 134
- diffusion current, 132
- diffusion current density, 133
- digital circuits, 434
- diode, 77

- electrons, 128, 129
- holes, 130
- Miller capacitor, 635
- Miller theorem, 602, 734
- Miller's capacitor, 605
- minority
  - electrons, 126
  - hole, 126
- mirror, 415
- mobile
  - charges, 128
  - electron, 126
  - hole, 126
- model, 7, 9, 149
- models, 421
- modulating frequency, 94
- modulating wave, 94
- multiplier, 103
- n-type semiconductor, 128
- natural frequency
  - undamped, 647
- NOT gate, 270, 434
- number density, 126
- ohmic contact, 147
- OPAMP, 43
- optical cable, 148
- optical communication, 148
- optocoupler, 148
- oscillator
  - LC tuned, 732
- output offset voltage, 499
- p-type semiconductor, 130
- parasitic resistor, 606
- passive component, 179
- peak detector, 92
- photo diode, 147
- photon, 147
- piece wise linear model, 149
- piezoelectric crystal, 745
- AND, 107
- OR, 107
- generation rate, 126
- gradient, 108
- half wave rectifier
  - negative, 88
  - positive, 87
- Hartley oscillator, 739
- heat sink, 468
- holding current, 367
- hole gas, 130
- hole mobility, 387
- ideal diode, 152
- immobile
  - charges, 128
- injected electrons, 182
- injected holes, 182
- input bias current, 61, 502
- input offset current, 502
- input offset voltage, 58, 499
- integrator, 33, 34
- inversion, 378
- inversion layer, 378
- inverter, 366, 468
- iteration method, 110
- Kelvin, 78
- Laplace transform, 561
- latching current, 367
- LED, 148
- level shifter, 517
- load line, 411
  - AC, 245
  - DC, 243
- log amplifier, 101, 362
- loop gain, 677
- Maclaurin's series, 154
- majority

- T model, 425
- tank, 747
- thermal
  - electron, 126
  - generation, 126
  - generation rate, 126
  - hole, 126
  - resistance, 84, 172
  - voltage, 78
- thermometer, 83
- threshold voltage, 379
- thyristor, 366
- transconductance, 274, 277
- transconductance gain, 20, 274
- transducer, 29
- transistor, 179
- transportation, 131
- tuned oscillator, 734
- valency, 125
- varactor diode, 147
- voltage gain, 14, 27
- voltage source, 97, 361
- Widlar current source, 525
- Wien bridge oscillator, 728
- zener
  - diode, 144
  - knee, 156
  - voltage, 144
- zero, 572, 647
- pinch off, 382
- pole, 572
- power
  - mosfet, 467
  - transistor, 366
- power loss, 156
- power series, 167
- power supply, 88
- quartz, 745
- recombination, 126
- recombination rate, 126
- resonant frequency, 732
- reverse biased, 82, 86
- reverse breakdown voltage, 83
- reverse leakage current, 82
- ripple, 88, 96, 97
- saturation, 181
  - current, 78
  - OPAMP, 3, 52
  - region, 236
- schottky
  - diode, 146
  - transistor, 363
- scr, 366
- semiconductor, 124
- slew rate, 53
- small signal, 116
  - $\pi$  model, 283
  - resistance, 123
- solar panel, 147
- spice, 169
- stability factors, 226
- subtracter, 39
- switch ON, 85

- آزاد، 1

السیکران، 126  
خلو، 126، 130  
آلائی سپلیاگر، 44  
آئین، 415  
ولن، 529  
آئین برقی رو، 505، 448، 446  
احسن احمد حبزو، 78  
ارلی برقی دباد، 421، 236  
افزار اش، 186، 15، 186  
برقی دباد، 27، 14  
برقی رو، 186، 185  
موصل-نا، 274  
افزار اش ضرب دائرہ کارگردگی، 611  
افزار اش دائرہ، 677  
افزار اشندہ، 187  
خط، 236  
افزار اشندہ، 181  
اقیتی، 126  
السیکران، 126  
خلو، 126  
اکشن ری  
السیکران، 128، 129  
خلو، 130  
الٹا  
خط، 378  
کرتا، 378  
مائیں، 86  
الٹا لوگار تھی، 102  
الٹا رستارقی رو، 82  
السیکران گیس، 128  
اخیر افی برقی دباد، 499  
اخیر افی برقی رو، 502  
اندرونی دخلی اخیر افی برقی دباد، 58  
اورٹ، 468، 366  
ائی عسد، 125  
ائٹی ٹمبوس، 125  
ایکسلائز  
زخیری، 336  
وابی، 673

بستر، 179  
بستر جبرا مظن، 489  
بستر مشترک، 344  
بار، 375، 78  
برقی، 363، 182  
باریکے اشاراتی  
مسماحت، 123  
باریکے اشاراتی پائے ریاضی نوٹ، 283  
باریکے اشاراتی، 116  
بالشمن کا مستقل، 78  
بیٹ، 56  
بُشروعتِ تسلی، 647  
بُشروعتِ دائرة، 648  
بدلت افسرا اش برقی رو، 187  
بدلت رو، خط بوجھ، 245، 118  
بدن، 377  
برقی  
بار، 375، 363، 78  
رکاوٹ، 568  
زمین، 14  
قلب نگار، 45  
برقی دباد  
چپاو، 80  
ڈلپیز، 379  
رکاوٹی، 139  
غیر افسرا اشندہ کردا، 188  
برقی دباد منی، 95، 88  
برقی رو  
الٹی رستا، 82  
برقی رو چپا لور کھن کی حد، 367  
برقی رو مقطوع کرنے کی حد، 367  
برقی رو زمین، 482  
برقی شدت، 134  
برکھا زان کا صول، 718  
بل، 97-95، 88  
بلند اقطعی تعداد، 600، 559  
بلند تعداد، 566، 559  
بولاخط، 576، 566  
بیسا، 134، 131  
بسار و رقی رو، 134

- تھرمائیٹ، 83  
تحقیق، 29  
ٹرانزیٹ، 179  
توی، 366  
ٹی ریاضی نوٹ، 425  
ٹینکے، 747  
جس میں ہم ڈالیو، 80  
جسٹا، 126  
دوباد، 126  
شرج، 126  
جنگی کسیٹ، 251  
جساعت، 124  
جمع گار، 37, 35  
جوڑ، 13  
جوڑ کی پیشنس، 143  
چپا لو، 80  
چپا لورقی دباد، 80  
چوپی حاصل کار، 92  
چھلنی  
پی روک، 646  
پی گزار، 646  
سرارتی  
ایکٹر ان، 126  
برقی دباد، 78  
پیدا شن، 126  
پیدا شن کی شرح، 126  
خانلو، 126  
مزاجت، 172, 84  
حرکت پذیری  
ایکٹر ان، 387, 135  
خانلو، 387  
حابل ایکٹر ان، 43  
جیٹ  
اتار کار، 92  
سوار اسٹر، 94  
سوار کار، 93  
بیس، 179  
بیس مشترک، 345  
بے فتا بیو حب تودہ، 144  
بے فتا بیو خط، 82  
پائے ریاضی نوٹ، 283  
پی روک فلٹر، 681  
پی گزار فلٹر، 681  
پست انتظامی تعداد، 556, 559  
پست تعداد، 556, 559  
پکاری گئی قیمت، 19  
پورے طاقت پر دائرہ کار کردگی، 53  
پیروکار، 347  
پیاسائی آله، 29  
تار  
ہم محوری، 69  
تائی منیج دباد، 6  
تائی منیج رو، 254  
تراش، 99  
دو طرف، 99  
تعدد  
سوار، 94  
سواری، 94  
فتدرتی، 725  
قصہ دور پاہنڈ انتظامی، 610  
تعدادی کٹافت، 182, 126  
تفریق  
افزاش، 492  
افزاش برقی دباد، 7, 3  
ایکٹر ان، 3  
برقی اشارہ، 2  
برقی دباد، 6  
جوڑ، 479  
تفریق اشارہ، 74  
تفریق کار، 32  
تقسیم کار، 103  
تقصیری مستقل، 647  
کمل کار، 34, 33  
تودہ، 143

- خوارج کار منبع رو، 504  
 خواری اخترانی برقی دباؤ، 499  
 خواری مزاحمت، 7  
 خط پوچھ، 411  
 بدلتارو، 245  
 کیک سمت رو، 108  
 یکمیتی، 243  
 خط ماس، 123  
 خطی، 3  
 خلوگیس، 130  
 حسن دار، 113  
 دا۔ برقی مسلم، 745  
 داخنی اخترانی برقی دباؤ، 544, 499  
 تفسیری مزاحمت، 494  
 داخنی کار منبع رو، 504  
 داخنی برقی رکادٹ، 45  
 داخنی مزاحمت، 687, 685, 7  
 داخنی میلان برقی رو، 61  
 دائزہ کار کر دگی، 610, 560  
 دلبوچ، 382  
 در جب  
 الاف، 357  
 الف۔ بے، 358  
 بے، 358  
 پے، 358  
 سے، 358  
 در میانی تعداد، 559  
 دوبارہ  
 حبڑا، 126  
 حبڑنے کی شرح، 126  
 دورانیہ  
 اترائی، 73  
 حپڑائی، 73  
 دوری عرصہ، 74  
 دہرانے کا طریقہ، 110  
 دہری نظام اعداد، 56  
 دلیزبرقی دباؤ، 379  
 ڈار لسنگن جوڑی، 215
- ڈایوڈ، 77  
 بلند تعدادی باریکے اشاراتی ریاضی نمونے،  
 جبر مینیم، 80  
 زیست، 144  
 شاگی، 146  
 شمشی، 147  
 فوٹو، 147  
 فتنوں سریج، 168  
 منقطع، 140  
 نوری، 148  
 وریکش، 147  
 ڈایوڈ اون سریج شناسندہ، 169  
 ڈھالوان، 108  
 ڈیمی بیل، 576  
 ذرا کم ابلاغ، 167  
 رخ  
 سیدھا، 77  
 راہ، 377  
 رفتار بیاو، 134  
 رفتار چپا، 53  
 رکاوٹی برقی دباؤ، 139  
 ریاضی  
 نمونہ، 149  
 ریاضی نمونے، 421, 9, 7  
 پائے، 283  
 پلی، 425  
 سیدھے خطوط، 149  
 زنجیری ایکلیٹی، 336  
 زیست  
 اثر، 143  
 برقی دباؤ، 144  
 ڈایوڈ، 144  
 گھننا، 156  
 ساکن بار، 128  
 سپاٹ، 253, 169  
 سردوکار، 468, 210  
 سطح تبدیل کار، 517  
 سلمہ

- عقدی ادوار، ۴۳۴، ۲۷۰  
عقدی سے مال کار، ۵۵  
عکس، ۲۳۱  
غمزرسیدگی، ۵۰۵
- غیر افسنہ افسنہ، ۱۸۸، ۱۸۱  
برقی دباد، ۱۸۸  
خط، ۲۴۱، ۲۳۶  
غیر عامل، ۱۷۹  
غیر مطلوب مزاحمت، ۶۰۶
- فلم**
- بیشروت، ۶۴۹  
پی روک، ۶۸۱، ۶۴۶  
پی گزار، ۶۸۱، ۶۴۶  
فوٹو ڈیجیٹ، ۱۴۷  
فیٹ، ۳۷۵
- فتابور یکلیفیاگر، ۳۶۶  
وت انون مسرائی، ۱۶۸  
فتدری تعداد، ۷۲۵  
غیر تفسیری، ۶۴۷
- قص درور بلند اقطائی تعداد، ۶۱۰  
قص ری کپیٹر، ۲۴۳  
قطب، ۵۷۲  
قتام، ۱۲۵  
قتلی مرتقش، ۷۴۷  
توی
- ثرانز سر، ۳۶۶  
ما سفیٹ، ۴۶۷  
توی بر قیات، ۱۴۸
- کالپیٹ مرتقش، ۷۳۹  
کامسل حسابی ایپلیفیاگر، ۹  
کامسل ڈایوڈ، ۱۵۲  
کپیٹر، ۱۴۲  
جنچی، ۵۶۰، ۲۵۱  
قص ری، ۵۶۰، ۲۴۳  
کثافت نفوذی رو، ۱۳۳  
کر خوف کے قوانین، ۱۳  
گلسٹر، ۱۷۹
- طاقت، ۱۶۷  
مکاران، ۴۹۰، ۱۵۴  
**سلسلہ طاقت**، ۱۶۷  
سلسلہ مکاران، ۱۵۴  
ست کار
- مکل لبر، ۹۰  
نصف لبر، ۸۷  
ستی رفتار بیسا، ۱۳۵  
سوار
- تعدد، ۹۴  
مون، ۹۳
- سواری
- تعدد، ۹۴  
مون، ۹۴  
سیدھارخ، ۷۷
- سیدھاماں، ۸۶، ۸۲، ۸۰  
سیدھے خطوط کاریاضی نمونے، ۱۴۹  
سیلیسیس، ۷۸  
سیماں، ۳۹۷
- شاگلی ڈایوڈ، ۳۶۳  
شرکیے گرفتی بندھ، ۱۴۷، ۱۲۵
- شكل بگازن، ۴۱۸  
شنجہ، ۹۸  
شمی چادر، ۱۴۷  
شمی ڈایوڈ، ۱۴۷  
شور، ۱۴۸
- صفر، ۶۴۷، ۵۷۲
- ضر کار**، ۱۰۳  
ضیائی
- تلار، ۱۴۸  
ذرائع ابلاغ، ۱۴۸  
ذرے، ۱۴۷  
وابستہ کار، ۱۴۸
- طاقت کافی، ۱۵۶  
طاقت کی منج، ۲
- عامل، ۱۷۹

- کوارٹر، 745  
 کلیکوڈ، 635  
 کلیکوڈ ایپلیکیشن، 534  
 کسیاون پیسا اش حسارت، 78  
 کیمیائی دوی جدول، 124  
 کیمیائی گرفت، 125
- مساحت**  
 تقریب اخلي، 494  
 مساحت میں عناطی، 19  
 مساحت نما افزاش، 20  
 مساحتی جوڑ، 147  
 مسکام کار، 29  
 مستطی پتلا اسارة، 73، 54  
**مستقل**  
 غفوہ اسیکر ان، 134  
 غفوہ خلو، 134  
 مسئلہ مل، 602  
 مسئلہ مل، 734  
 مشترک - محراج، 495  
 مشترک اشارہ رکنے کے صلاحیت، 74  
 مشترک اشارہ رکنے کے صلاحیت، 497  
 مشترک افزاش، 479  
 مشترک برقی دباؤ، 6، 479  
 مکاران سمل، 490  
 مکمل لہر سست کار، 90  
 ملاوٹ، 125  
 ملر پیٹر، 635، 605  
 منج برقی دباؤ، 95  
 منج برقی رو  
 والئر، 525  
 منج دباؤ، 361، 97  
 منج رو، 552  
**منج مستقل برقی رو، 447**  
 منقی ایکلیپیٹر، 13، 16  
 منقی داخلي سرا، 6  
 منقی کار، 39  
 منقی نہم موصل، 128  
 منقی واپسی برقی دباؤ ایکلیپیٹر، 673  
 منقی واپسی برقی رو ایکلیپیٹر، 673  
 منقی واپسی دور، 23
- گلی تعد، 732  
**گیٹ**  
 جمع، 107  
 ضرب، 107
- لپلاس بد، 561  
 لبریز 3.3، 57-52  
 لبریزی برقی رو، 78  
 لوڈ سیل، 70  
 لوگار تھی ایکلیپیٹر، 362، 101  
 لبریٹن، 70
- ماسفیٹ، 375  
 بھاشا، 379  
 قوی، 467  
 گھٹات، 395  
 مال برداری، 131  
 مائل، 82
- سپیس، 82، 80  
 مبدل توابل، 29
- محترک اسیکر ان، 126  
 محترک بار، 128  
 محترک خلو، 126  
 محترک منقی بار، 128  
 مثبت ایکلیپیٹر، 28، 26  
 ثبت داخلي سرا، 6  
 مثبت نہم موصل، 130  
 مثبت واپسی ادوار، 23  
 مخلوط ادوار، 1  
 مخلوط سطح، 647  
 مداخل اسیکر ان، 182  
 مداخل خلو، 182
- سر قوش

واپس	منقطع، ۱۸۱
اشارہ، ۶۶۵	منقطع ڈالیوڈ، ۱۴۱، ۱۴۰
برقی دباد ایکٹنائز، ۶۷۳	موج
نقش، ۶۶۵	سوار، ۹۳
واپس کار، ۶۷۲	سواری، ۹۴
واپس کار کا مستقل، ۶۷۵	موازنے کار، ۶۶
واپسی ادوار، ۲۱	موثر، ۱۷۳
واپسی اشارات، ۲۱	مولیتیت، ۱۲۵
والٹر منع رو، ۵۲۵	مستقل، ۱۳۷
وان مسر تعش، ۷۲۸	مولیتیت-نا، ۲۷۷، ۲۷۴
وریکٹر ڈالیوڈ، ۱۴۷	میدانی ٹرینر سڑر، ۳۷۵، ۱۷۹
ولسن آئین، ۵۲۹	میلان برقی رو، ۵۰۲
ویٹ سٹون چکر، ۷۰	نافتابل برداشت الٹ برقی دباد، ۸۳
ویران خط، ۱۳۹	نافتابل برداشت برقی دباد، ۱۴۳
ہارٹلے مسر تعش، ۷۳۹	نصف لہر
ہسٹر مسر تعش، ۷۳۴، ۷۳۲	مشتبہ سمت کار، ۸۷
ہم نوری تار، ۶۹	منفی سمت کار، ۸۸
کیاں، ۴۷۹	غفوذ، ۱۳۱
کے سمت	غفوذ کا مستقل
افنزاش برقی رو، ۱۸۷	الیکٹران، ۱۳۴
خط بوجھ، ۲۴۳	خبلو، ۱۳۴
نقٹے کار کردگی، ۱۰۸	غفوڈی برقی رو، ۱۳۲
نقٹے مائیں، ۱۰۸	غفوڈی کیسٹنس، ۱۴۵
کے سمت رو	غشی کار، ۴۳۴، ۲۷۰
خط بوجھ، ۱۰۸	نقٹے کار کردگی سوارنے کے اسباب، ۲۲۶
کے سمت منع رو، ۵۰۳	نموس
	ریاضی، ۴۲۱، ۱۴۹، ۹، ۷، ۴۲۴
	ریاضی بلند تحدی، ۲۸۳
	ریاضی پائے، ۱۴۸
	نوری ڈالیوڈ، ۱۲۵، ۱۲۴
	شمی موصل، ۱۳۰
	منفی، ۱۲۸