

مثال بر قیات

خالد حنان یوسف زئی

جہنم کامیٹ، اسلام آباد
khalidyousafzai@comsats.edu.pk

۲۰۲۲ ربیع دسمبر

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	چوٹی حاصل کار	۲.۴
۹۲	چط 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 چوٹی حاصل کار	۲.۸.۲
۱۰۱	۲.۸.۳ کامل چط 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 رونخ بو جھ	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 بو جھ	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	طبعیات شم موصل اشیاء	۲.۱۳
۱۲۷	متنقی قسم کا نیم موصل	۲.۱۴
۱۲۹	شبست قسم کا نیم موصل	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	سیدھا شامائیل 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	سپاٹش 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	نقطہ کارکردگی اور یک سمت ادوار کا تخلیلی تحذیی	۳.۵
۱۷۰	افنزاں دہ ٹرانزسٹر کے یک سمت ادوار 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 نقطہ کارکردگی کا اخراج	۳.۷
۱۷۵	تبدیلی β سے لاحق مسائل استوار نے کا شرط	۳.۷.۱
۱۷۶	تبدیلی V_{BE} سے نقطہ کارکردگی کا سرکے جانا	۳.۷.۲

۲۲۵	نقطے کارکردگی سوارنے کے اسیاب	۳.۷.۳
۲۲۷	مزاہت 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 مزاہت 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 مزاہت 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 مزاہت r_0	۳.۱۴.۲
۲۸۹	یک سمت اور بدلتے 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 مزاہت اور ایپلیفائز کی افسناد	۳.۱۷
۳۲۶	زنجیری ایپلیفائز	۳.۱۸
۳۲۲	ایکٹر مشترک، گلکٹر مشترک اور نیس مشترک ایپلیفائز	۳.۱۹
۳۵۷	خطی لحاظ سے ایپلیفائز کی درجہ بندی	۳.۲۰
۳۵۹	ٹرانزسٹر سے ڈائیوڈ کا حصول	۳.۲۱
۳۶۰	منبع برقی دباؤ	۳.۲۲
۳۶۲	ٹرانزسٹر لوگار تھمی ایپلیفائز	۳.۲۳
۳۶۳	شاگی ٹرانزسٹر	۳.۲۴
۳۶۶	قوی ٹرانزسٹر	۳.۲۵
۳۶۶	فتا اور یکٹیشنائز	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
۳۱۶	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 π_0
۳۲۲	۲.۱۱.۲	و سچ اشاراتی ماسفیٹ ریاضی نوٹ
۳۲۲	۲.۱۱.۳	باریک اشاراتی ماسفیٹ π ریاضی نوٹ
۳۲۵	۲.۱۱.۴	باریک اشاراتی ماسفیٹ θ ریاضی نوٹ
۳۲۶	۲.۱۱.۵	یک سمت اور بدلتے متغیرات کی علیحدگی
۳۳۳	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	باریک 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 C_B</p> <p>۲.۳ لیٹر سرے پر کپیسٹر C_E</p> <p>۲.۴ کلکشن سرے پر کپیسٹر C_C</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 π 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

اساریہ

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 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 نہ 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)

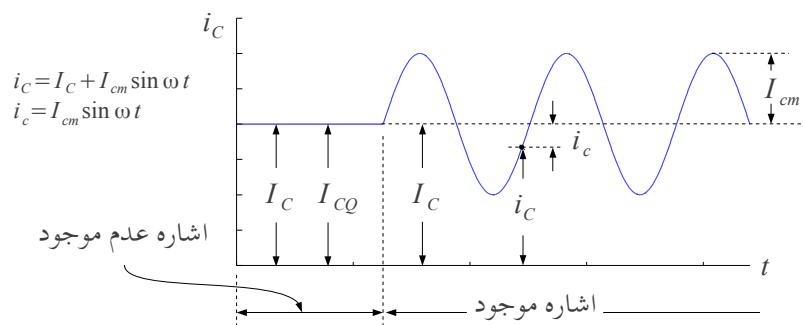
I_d, I_c, I_e, I_b سائنسی برقی رو کی موثر قیمت (rms)

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

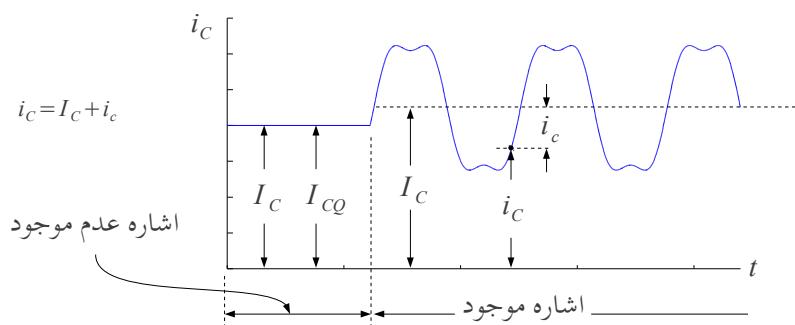
$v_D, v_{BE}, v_{CE}, v_{BC}$ لحاظی برقی دباء

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	برقی مسازهت
capacitor	برق گیئر (کپیٹر)
inductor	امالہ گیئر
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^۱ پر ایکے زیادہ ٹرانزسٹر بنانے کا رجحان پیدا ہوا۔ اس طرح مخلوط ادوار وجود میں آئے۔ ایک سرعائشی میز رقبہ کی سیکان پتسری^۲ 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^۳ 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۔

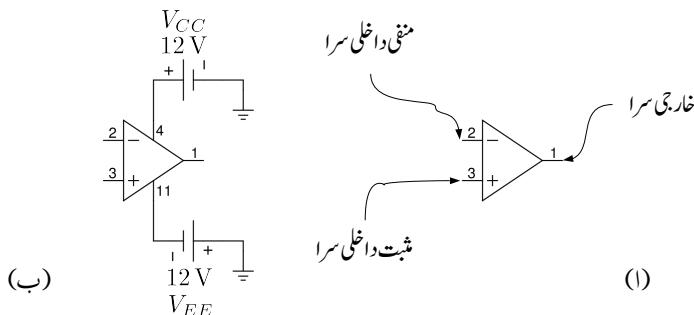
۱.۱ حابی ایمپلیفائر کے سرے یا پنی

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^۴ 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 حراطر استعمال ہوتے ہیں۔ حابی ایمپلیفائر اسی وقت کام کر سکتا ہے جب اس طاقت کے پیوں پر درکار بر قی طاقت مہیا کی

transistor^۱
silicon chip^۲
integrated chip (IC)^۳

ہائیڈروجن اور آکسیجن کے ملائپے سے پانی O₂ بناتے۔ اسی طرح سیکان اور آکسیجن کے ملائپے سے SiO₂ یعنی ریست یا مٹی منتی ہے
operational amplifier^۴ (OPAMP)^۵

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 ثابت بر قی دباؤ مہیا کی گئی ہے جبکہ گیارہ نمبر سر امنی طاقت کا سر اے ہے لہذا اس پر منفی 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 ثابت بر قی دباؤ کو V_{CC} اور منفی 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۔

ثابت بر قی دباؤ اور منفی 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۔

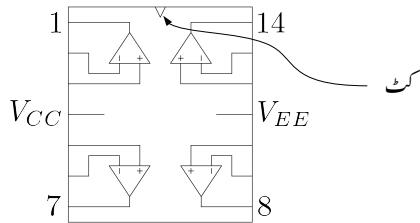
صنعت کار ایک یا ایک سے زیادہ تعداد میں حسابی ایمپلیفیائز پلاٹک کی ڈبیا میں بند کرتے ہیں۔ شکل ۱.۲ میں ایک ہی ڈبیا میں چار حسابی ایمپلیفیائز کھائے گئے ہیں۔ ڈبیا میں بند تمام حسابی ایمپلیفیائز کے V_{CC} پس میں جوڑ کر چار نمبر پنیا پر جبکہ تمام V_{EE} کو آپس میں جوڑ کر گیارہ نمبر پنیا پر پہنچایا گیا ہے۔ 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 داخنی 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 داخنی اشارہ v_d کا تعلق مندرجہ ذیل ہے

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

voltage source^۴
power supply^۵
differential voltage signal^۶



شکل ۱.۲: حسابی ایمپلیفائر کی ڈیزاین

جہاں

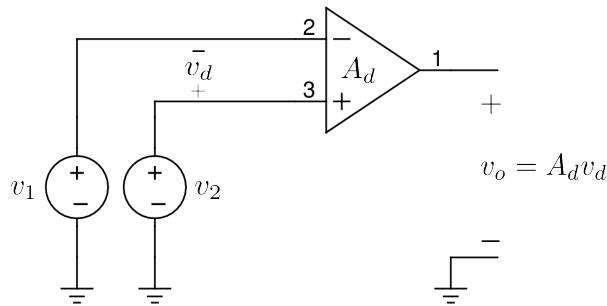
$$(1.2) \quad v_d = v_2 - v_1$$

کے برابر ہے۔ شکل ۱.۳ میں اس حقیقت کو دکھایا گیا ہے۔ A_d کو ایمپلیفائر کا ترقہ بر قہ دباؤ کہ افزاں^{۱۰} یا بر قہ دباؤ کہ ترقہ افزاں^{۱۱} کہتے ہیں۔ یوں حسابی ایمپلیفائر کو ترقہ ایمپلیفائر^{۱۲} 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^{۱۳} 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 Δ_+ اور Δ_- ایکے تین ولٹ کو ظاہر کرتے ہیں۔ اس کتاب میں جس تکمیل کہاں جائے ہم Δ_+ اور Δ_- کی قیمت صفر 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 لبریوز^{۱۴} ہونا کہتے ہیں۔

differential voltage gain^{۱۵}
difference amplifier^{۱۶}
linear relation^{۱۷}
saturation^{۱۸}



شکل ۳.۱: حسابی ایمپلیفیٹر کی کارکردگی

مثال ۱.۱: ایک حسابی ایمپلیفیٹر جس کی تفریقی افزائش برقی دباؤ A_d کی قیمت $\frac{V_o}{V} = 100000$ ہے کو اس کے داخلی سروں پر مندرجہ ذیل برقی 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 دباؤ کے اندر رہے، حسابی ایمپلیفیٹر داخلي برقي دباؤ کو ایک لامپ سرتیب بڑھا کر حنارج کرے گا۔ یوں

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

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

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

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

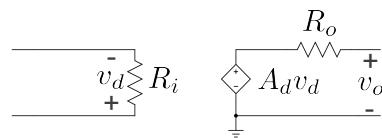
چوتھے صورت میں v_0 کی قیمت مساوات ۱.۳ میں دیے ہدود سے تجاوز کر گئی جو کہ ناممکن صورت حال ہے۔ لہذا اس جواب کو رد کیا جاتا ہے۔ اس صورت میں حسابی ایکلینیکر کی کوشش ہو گی کہ v_0 کی قیمت یہیں وولٹ ہو لیکن حسابی ایکلینیکر ایس کے عہدے کو نکھاری اس کے خارجی اشارے کی قیمت V_{CC} کی قیمت سے زیادہ نہیں ہو سکتی۔ 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 یادووٹ 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 ۳.۳: حسابی ایمپلیفائز کامساوی دور (ریاضی نمون)

دونوں داخنی سروں پر برابر مہیا کردہ برقی دباؤ کو مشترکہ برقی دباؤ^{۱۴} 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^{۱۵} v_{CM} اور تفریقی برقی دباؤ^{۱۶} 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 مثال میں آپ نے دیکھا کہ چند مائیکروولٹ^{۱۷} برقی دباؤ کو حسابی ایمپلیفائز بڑھا کر ۷۰ mV کی حد میں لے آتا ہے۔ یہاں آپ کی وجہ پر کی حتماً سمتلا تا چلوں کے انسانی اعصابی نظام ستر میلی ولٹ V^{۱۸} کے لگے بھگاً برقی دباؤ پر کام کرتا ہے۔ یوں حسابی ایمپلیفائز استعمال کرتے ہوئے آپ اعصابی نظام کے کارکردگی پر تحقیق کر سکتے ہیں۔ اس مثال کے پہلے دھھوں میں آپ نے دیکھا کہ اگر داخنی برقی دباؤ کو حسابی ایمپلیفائز کے تبیث دالنے سے^{۱۹} 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 دالنے سے^{۲۰} 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^{۱۷}
differential mode voltage^{۱۸}
 $\mu\text{V}^{۱۹}$
non-inverting input^{۲۰}
inverting input^{۲۱}
اس شکل میں تفسیقی برقی دباؤ کا ثابت سرخپلی جانب ہے۔
depended voltage source^{۲۲}

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
100Ω	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 دباؤ 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 V اور کم سے کم ممکنہ قیمت تقریباً -12 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۔ $V = 120 \mu\text{V}$ 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 نتیجے جب تک حسابی ایکلینیکر کو خطي خطے میں استعمال کیا جائے گا۔ اس مساوات کے نتیجے جب تک حسابی 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 $v_2 \approx 2 \text{ V}$ اور $v_1 \approx -2 \text{ V}$ 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 mV کا فرقہ ہے جسے نظر انداز نہیں کیا جاسکتا۔

^{۲۲} عام دستیاب ایکلینیکر کی قیمت بازار میں مندرجہ ذیل ہے اسی دلیل سے اس کی دو روپیوں کے لگے بھگے ہے

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

$$(1.4) \quad i = \frac{v_d}{R_i} = \frac{\left| 120 \times 10^{-6} \right|}{10^{12}} = 1.2 \times 10^{-16} A$$

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

$$(1.5) \quad i \approx 0 A$$

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

$$(1.6) \quad R_i \rightarrow \infty$$

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

۱.۳.۴ تفرقی امنزائلش کو لامدد و تصور کیا جاتا ہے

جدول ۱.۱ میں تفرقی امنزائلش بر قی دباؤ کی مشال $\frac{V}{A_d} = 100\,000$ دی گئی ہے جسے لامدد و تصور کیا جاسکتا ہے لیکن

$$(1.7) \quad A_D \rightarrow \infty$$

اس مساوات کو دیکھتے یہ خیال آتا ہے کہ لامدد و امنزائلش 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 کلواہم $k\Omega$ 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 دور یاریاضی نوون

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۔

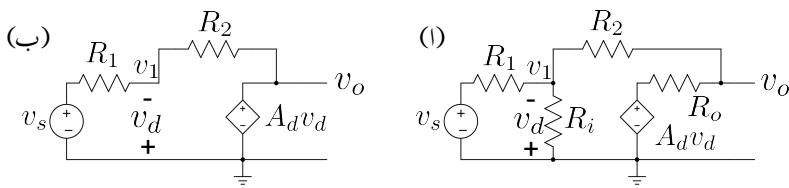
$$(1.11) \quad \begin{array}{l} \text{خطی خط} \\ v_2 = v_1 \\ i = 0 \\ R_i = \infty \\ R_o = 0 \end{array}$$

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 دور یاریاضی نوون ۲۵ ہے۔ اس شکل کے واضح ہے کہ داخلی سرول پر برقی رصد فر ایمپلیفائز ہے، داخلی مزاحمت لامحمد و جبکہ خارجی مزاحمت صفر ہو ہم ہے۔

۱.۵ مثال:

- جدول ۱.۱ میں دیے مقتدار اور حسابی ایمپلیفائز کا غیر کامل مسادی دور (ریاضی نوون) 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 ایکلپیناٹر کے مساوی دور (ریاضی نمونے) کا استعمال

• حسابی ایکلپیناٹر 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 ایکلپیناٹر 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

$$\frac{v_1 - v_s}{R_1} + \frac{v_1}{R_i} + \frac{v_1 - v_o}{R_2} = 0$$

$$\frac{v_o - v_1}{R_2} + \frac{v_o - A_d v_d}{R_o} = 0$$

حاصل ہوتا ہے۔ دیے گئے قیمتیں استعمال کرتے ہوئے اور \$-v_d = -v_1\$ کھل کر حل کرتے ہیں۔

$$\frac{-v_d - 1}{1000} + \frac{-v_d}{10 \times 10^{12}} + \frac{-v_d - v_o}{10000} = 0$$

$$\frac{v_o + v_d}{10000} + \frac{v_o - 100000 v_d}{100} = 0$$

کو نظر انداز کرتے ہوئے حاصل ہوتا ہے۔

$$v_d = \frac{1 + 0.1 v_o}{1.1}$$

$$v_o = \frac{100000001}{101} v_d$$

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 ∞ 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۔

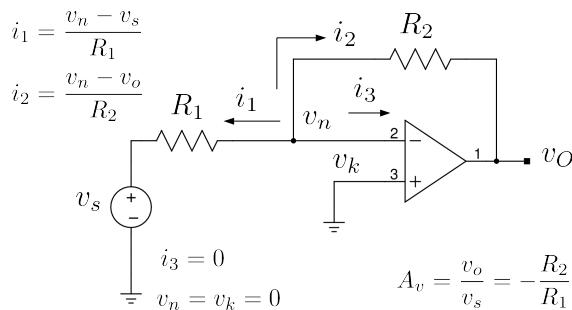
$$\begin{aligned} \frac{v_1 - v_s}{R_1} + \frac{v_1 - v_o}{R_2} &= 0 \\ \frac{v_1 - v_s}{R_1} + \frac{v_1 + A_d v_1}{R_2} &= 0 \\ v_1 = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1 + A_d}{R_2} \right) &= \frac{v_s}{R_1} \\ v_1 = \frac{v_s}{R_1} \left(\frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1 + A_d}{R_2}} \right) & \end{aligned}$$

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 ایمپلیفائر

۱.۵. حسابی ایمپلیفائر کے ادوار

حسابی ایمپلیفائر کو استعمال کرتے حسарجی اشارہ کا کچھ حصہ لے کر اسے دبادہ دا خالی 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 ایمپلیفائر

شکل ۷.۱ میں دکھائے دو رکਮثال بتاتے ہوئے ہم حسابی ایمپلیفائر پر مبنی ادوار حل کرنا سمجھتے ہیں۔ شکل میں حسابی ایمپلیفائر 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 حرفاً ڈر ہم حسابی ایمپلیفائر کے داخلی سروں پر کھوف کے قوانین^{۲۸} کا سہارا لیتے ہیں۔ موزع^{۲۹} 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 روکامہتائے کہ کسی بھی جوڑ پر اندر کی جانب کل برقی رواس جوڑ پر باہر کی جانب کل برقی روکے برابر ہو گی۔ چونکہ ہم نے جوڑ پر تسام 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 ایمپلیفائر کے داخلی سرے پر برقی روکی قیمت صفر ہوتی ہے۔ اس مثال میں اس

feedback signal^{r۱}
inverting amplifier^{r۲}
Kirchoff's laws^{r۳}
node^{r۴}
Kirchoff's current law^{r۵}

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^{۲۳} 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 ۱۸ 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^{۲۴} A_v کہا گی

^{۲۳} ground voltage gain^{۲۴}

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° 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

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

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

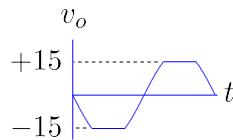
$$v_o = -10 \times 0.31 = -3.1\text{ V} \quad .2$$

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

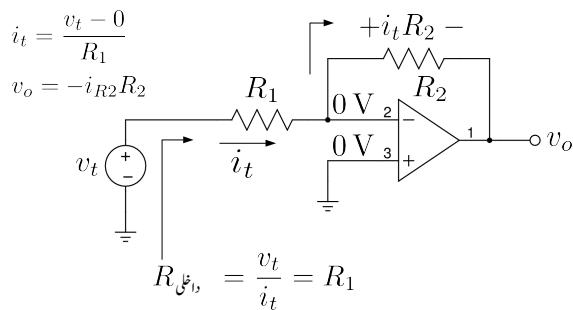
$$v_o = -10 \times 0.1 \sin(t) = -\sin(t) \quad .4$$

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

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 ۸: حسابی ایکپلینیفائر کے لبریز ہونے سے حنارجی اشارہ تراش جاتا ہے



شکل ۹: منفی حسابی ایکپلینیفائر کی دخنلی مزاجمت

$v_o = V_{EE}$ لیا جاتا ہے۔ اس بات کی وضاحت شکل ۸ ا. میں کی گئی ہے۔ اس شکل کی مدد سے آپ دیکھ سکتے ہیں کہ حسابی ایکپلینیفائر V_{EE} کے حدود میں خطی رو عمل رکھتا ہے جبکہ ان حدود کے باہر یہ غیر خطی رو عمل رکھتا ہے جس سے حنارجی اشارہ تراش جاتا ہے۔

اس مثال میں آپ نے دیکھا کہ v_s کے مثبت ہونے کی صورت میں v_o کی قیمت منفی ہوتی ہے جبکہ v_s کے منفی ہونے کی صورت میں v_o کی قیمت مثبت ہوتی ہے یعنی منفی ایکپلینیفائر مہیا کردہ دخنلی اشارے v_s کی قیمت کو اٹھ کرتا ہے۔ ای لئے اسے منفی ایکپلینیفائر ^{۳۰} بنا جاتا ہے۔

اسی مثال میں آپ نے دیکھا کہ v_o کی قیمت v_s کے منفی دس ۱۰ – گناہے یعنی یہ دور مہیا کردہ اشارہ کے جیٹ کو بڑھا کر حنارج کرتا ہے۔ اس مثال میں منفی ایکپلینیفائر کی بر قی دباؤ کی افزاں کی قیمت ۱۰ – ہے۔ منفی ایکپلینیفائر کی افزاں مساوات ۱.۲۱ کے حاصل ہوتی ہے۔

مثال ۵.۱: مثال ۱.۲ کے پہلے اجزاء میں ایکپلینیفائر خطی نظر میں رہتا ہے جبکہ آخوندی حصہ میں یہ

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_t 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

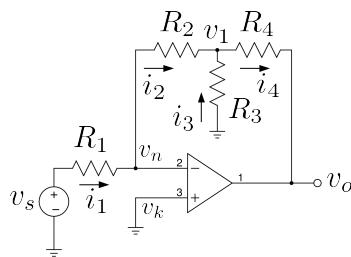
$$v_1 - v_o = i_4 R_4 = \left(1 + \frac{R_2}{R_3}\right) \frac{R_4 v_s}{R_1}$$

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 الیکرکٹ 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 3061Ω 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 غلط ۳۶۴ ہے جاتا ہے۔

مزاحمت R کی قیمت $5\% \pm 0.05$ کو $R = \frac{5}{100} + 1$ کر جس کے بعد اسی طرح R کی قیمت

$\frac{\text{nominal value}}{\text{tolerance}}$

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 ϵ 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

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

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

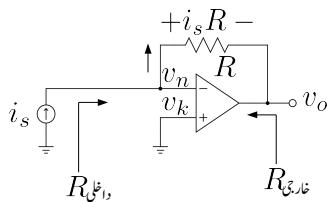
اس مثال میں آپ نے دیکھا کہ مزاحمتوں کے قیت میں غلطی کے گھاؤٹ کی وجہ سے افزاش کی قیمت درکاری قیمت سے انحراف کر سکتی ہے۔ موجودہ مثال میں ایکلینیکا کے افزاش کی پکاری گئی قیمت $\frac{V}{V} - 47$ ہے جبکہ حقیقت میں $\frac{V}{V} - 42.524$ تا $\frac{V}{V} - 51.947$ کے درمیان کہیں پر بھی ہو سکتی ہے۔ یہ حقیقی 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^{۲۴} 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^{۲۴}



شکل ۱.۱: حسابی مزاحمت نہ ایکلینیکر

حاصل ہوتا ہے۔

حصارجی مزاحمت حاصل کرنے کی حناطر 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

$$R = 0 \Omega \text{ حصارجی}$$

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

$$v_o = -i_s R$$

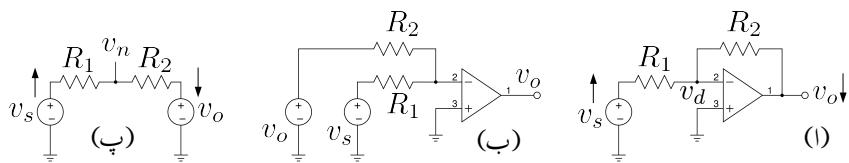
$$R_m = \frac{v_o}{i_s} = -R$$

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 ۱۲.۱۲: اپی حسابی منقی ایمپلیفیائز

حسابی منقی ایمپلیفیائز پر دو بارہ خور کریں۔ داخنی اشارہ v_n کو منقی داخلی سرے پر مہیا کیا گیا ہے۔ جیسا شکل میں تیر کے نشانوں سے دکھایا گیا ہے کہ اگر داخنی اشارہ v_s کو مشتمل جبانے (ا) لے جایا جائے تو حنارتی اشارہ v_o منقی جبانے (د) حرکت کرتا ہے۔ اسی طرح اگر داخنی اشارہ v_s کو منقی جبانے (ب) لے جایا جائے تو حنارتی اشارہ v_o مشتمل جبانے (د) حرکت کرتا ہے۔ منقی داخلی سرے پر کروٹ کے فتوں برائے برقی رو سے

$$(1.27) \quad \frac{v_n - v_s}{R_1} + \frac{v_n - v_o}{R_2} = 0$$

$$(1.28) \quad v_o = \frac{R_2}{R_1} v_s$$

حاصل ہوتا ہے جہاں دوسرے مقدم پر $v_k = 0$ کی وجہ سے $v_n = 0$ کا استعمال کیا گیا۔ اسی حقیقت کو یوں بھی دیکھا جاسکتا ہے کہ حسابی ایمپلیفیائز v_o کو یوں رکھتا ہے کہ $v_k = v_n$ یعنی $v_d = 0$ حاصل ہو۔ چونکہ منقی حسابی ایمپلیفیائز میں $v_k = 0$ ہے لہذا حسابی ایمپلیفیائز v_o کو یوں رکھے گا کہ $v_n = 0$ کی شرط لا گو کریں۔ اسی کرنے سے مساوات v_n کی مساوات حاصل کرتے ہوئے اس مساوات پر $v_o = 0$ کی شرط لا گو کریں۔ اسی کرنے سے مساوات v_o کی مساوات حاصل ہوتے ہیں۔

مثال ۱.۰۱: حسابی ایمپلیفیائز میں $R_2 = 5\text{k}\Omega$, $R_1 = 1\text{k}\Omega$, $v_s = 1\text{V}$, $v_n = 1.5\text{V}$ اور $v_o = 2\text{V}$ پر v_o حاصل کریں۔ تینوں جوابات کو استعمال کرتے ہوئے شکل ۱۲.۱۲ پر میں v_n کی قیمت حاصل کریں۔

حل: ان داخنی 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 داخنی-حنارتی برقی دباؤ کے جوڑے کو استعمال کرتے ہوئے شکل ۱۲.۱۲ 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 کرنے کو منع کرے والا پسی دوڑ کرتے ہیں اور اس عمل کو منفی واپسی عمل یا صرف منفی واپسی کرتے ہیں۔ اس باب میں منفی واپسی ادوار حل کرنے پر غور کیا جائے گا۔ شبکے واپسی کا استعمال باب ۸ میں دیکھا جائے گا۔

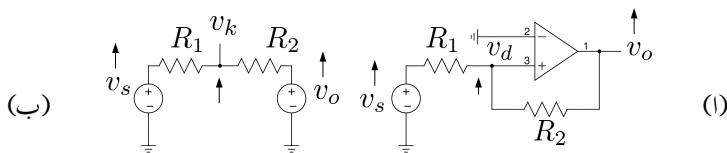
شکل ۱۳.۱ میں شبکے واپسی دور کی مثال دکھائی گئی ہے۔ یہاں v_s حسابی ایکلیپسیفار کے ثبت داخلی سرے پر مہیا کیا گیا ہے۔ یوں v_s بڑھانے سے v_d بڑھے گا اور یوں v_0 بھی شبکے جناب بڑھے گا۔ جیسے شکل ان میں دکھایا گیا ہے کہ v_s اور v_0 دونوں بڑھنے سے v_k صرف بڑھتے ہیں۔ اگر v_0 کو بطور واپسی اشارہ داخلی سرے پر بھیا نہ کریں تو v_k بڑھنے سے v_d اور v_d بڑھنے سے v_k 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 ۱۴ کرتے ہیں۔ شبکے واپسی ادوار کا حنارتی اشارہ عموماً انکل مشتبہ یا کمل منفی جناب غیر خطی خلط میں رہتے ہیں اسے ان لمحات کے جب یہ منفی سے مشتبہ یا مشتبہ سے منفی جناب حسرکت کر رہا ہو۔ آئیں شکل ۱۳.۱ کو مثال بتاتے ہوئے شبکے واپسی ادوار حل کرنا دیکھئے ہیں۔ تصور کریں کہ $v_0 = 0$ اور $v_s = 0$ صفر ہیں۔ یوں

شکل اف 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 Δv ہو جاتی

negative feedback circuit^{*}
positive feedback circuit[†]



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 حنا رجی اشارہ بڑھتے بڑھتے ہے۔ اس طرح $v_0 = \Delta v_{o1}$

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

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۔ اسی 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 حنا رجی اشارہ جب بھی حرکت کرے تو یہ اسی جانب حرکت کرتا ہے جس جانب دور کا داخلی اشارہ (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 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۔

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

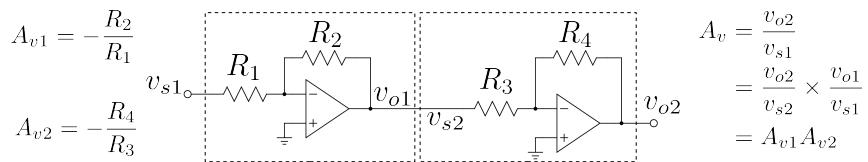
اور

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

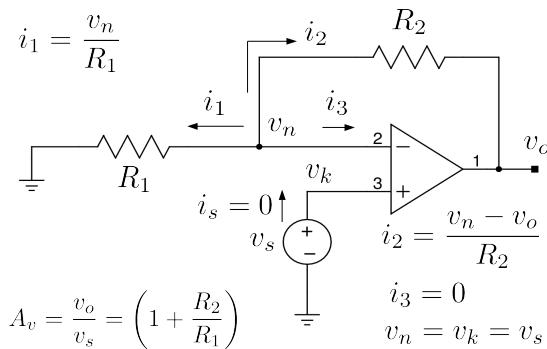
$$= A_{v2}v_{o1}$$

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 ۱.۱۴: مثبت ایمپلیفیائر

کہا 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 پیدا 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 جہا 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

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

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۔

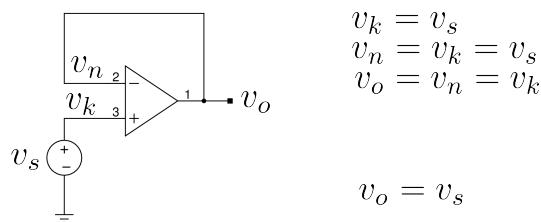
۱.۵.۳ مستحکم کار

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

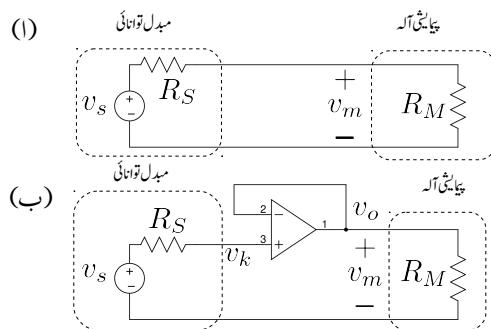
ہوگی۔ اس دور جسے میکھم کار^{۳۵} کہتے ہیں کو شکل ۱.۱۶ میں دکھایا گیا ہے۔ اس دور کی انفرائش ایک کے برابر جسکے داخلی مزاجحت لامحدود ہے۔ اس دور کو یوں بھی سمجھا جاسکتا ہے کہ مثبت داخلی سرے پر برقی دباؤ v_s ہے۔ یوں منفی داخلی سرے پر بھی اتنا ہی برقی دباؤ ہو گا مسگری سرا اور خارجی سرا آپس میں جبڑے ہیں۔ یوں 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^{۳۶} مثلاً کیت، حرارت و غیرہ کی برقياتی پیمائش سے پہلے انہیں عموماً مبدل تو انہی^{۳۷} کے مدد سے برقی اشارات میں تبدیل کیا جاتا ہے اور ان برقی اشارات کو پیمائشی آلہ^{۳۸} نے نپاچاتا ہے۔ جیسا کہ آپ سے جانتے ہیں کہ کسی بھی دور کا تھوڑے مادوی در^{۳۹} 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 جواب نظرے دار لکیر میں گھیرا دکھایا گیا ہے جیسا 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 جواب کا تھونن دور صرف ایک عدد مزاجحت R_M پر مبنی ہوتا ہے جیسے شکل۔ الف میں دائیں جواب دکھایا گیا ہے۔ شکل۔ 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 ناپاچا کے۔ پیمائشی آلہ داخلی سروں پر لا گو برقی دباؤ v_m ناپتا ہے۔ شکل۔ الف میں پیمائشی آلہ کے داخلی سروں پر

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

پاچاتا ہے جسے پیمائشی آلہ پڑھے گا اگرچہ حقیقت میں اشارہ کی اصل قیمت v_s ہے۔

buffer ^{۳۵}
variables ^{۳۹}
transducer ^{۳۷}
measuring instrument ^{۳۸}
Thevenin circuit ^۴



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۔

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

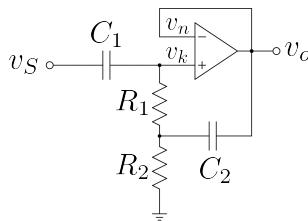
پڑھے گا۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ یہ ناتامل قابل صبول صورت حال ہے۔

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 برقہ 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۔ بدلستارو مسٹکم کار

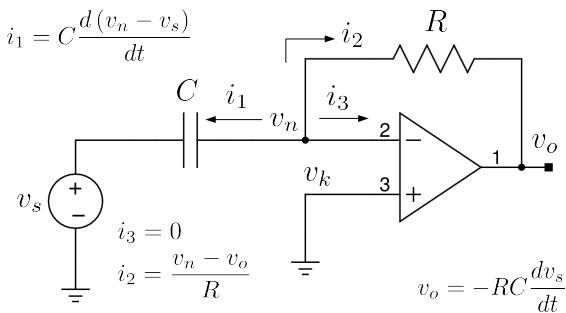
آپ نے دیکھ کر مسٹکم کار کی مدد سے اشارہ کی صحیح قیمت حاصل ہوتی ہے۔ حاسس اور باریکے اشارات کی پیش اشیں عموماً مسٹکم کار کے مدد سے ہی کی جاتی ہے۔

۱.۵.۳.۱ بدلستارو 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 تعداد پر انہیں قصر دور تصور کیا جائے۔ مزاجمت R_1 اور R_2 حسابی ایکلینیکر کے ثابت داخنی سرے کے دالٹن میلان برقی رو^۱ 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 بدلستار داخنی مزاجمت $R_1 + R_2$ نظر آتا جبکہ مسٹکم کار سے توچ 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 بدلستار 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۔ v_S کے جو زیر ہو گا اور یوں R_1 اور R_2 کے جو زیر ہو گی v_s اشارہ پہنچتا ہے۔ 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 پہنچتا ہے لہذا اس میں گزرتی برقی روگی مفہوم ہے۔ یوں v_s کے کسی قسم کا برقی رو حاصل نہیں کیا جاتا جو کہ مقطع صورت کی نہ اٹانی ہے۔ یوں بدلستار مسٹکم کار درکار تعداد پر لامحدہ داخنی مزاجمت پیش کرتے ہوئے حاسس اشارے پر بالکل بوجھ نہیں ڈالتا۔

کسی بھی ایکلینیکر جس کی $A_{v1} \approx 1$ 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 تعداد 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۔

^۱ 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^{۵۳} 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۔

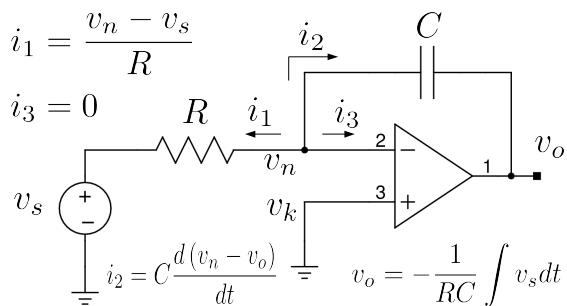
$$i_1 + i_2 + i_3 = 0 \tag{۱.۴۱}$$

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 گز 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 گز حاصل کیا جاسکتا ہے۔ جواب ہے جی ہاں۔ تکمیل کار گز 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^{۵۳}
integral^{۵۴}
integrator^{۵۵}

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 است متناسب ہوتا ہے۔ اسی حناصیت کی وجہ سے اس دور کو میکل کار ہے کہتے ہیں۔

مثال ۱.۲۴: $v_s = V_p \sin \omega t$ 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 جیٹے 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° 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:

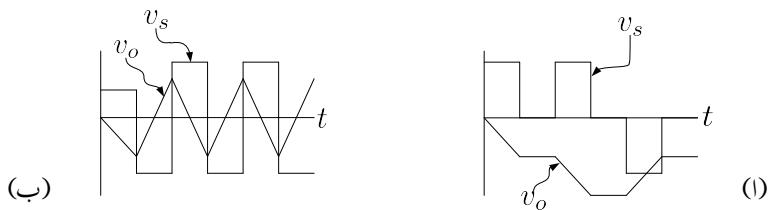
$$v_o = -\frac{1}{1000 \times 10 \times 10^{-6}} \int -0.1 \, dt = 10t$$

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۔

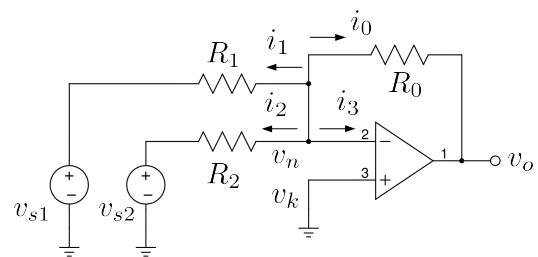
شکل ۱.۲۱ میں دو مختلف داخنی اشارات پر گل کار کارڈ عمل دکھایا گیا ہے۔ آپ یہاں رکے کرتی کر لیں کہ خارجی اشارات آپ کے موقع کے عین مطابق ہیں۔

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

مزاحمت R_2 کے ذریعے حبابی ایکلیپسائز کے v_n سرے کے ساتھ جستا 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 کخفف 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

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

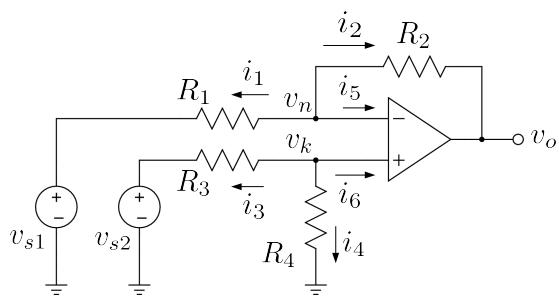
لکھ سکتے ہیں۔ R_0, R_1, R_2 کی قیمتیں برابر ہونے کی صورت میں اس مساوات کو یوں لکھ سکتے ہیں

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

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: مفہومی 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 کرنے کے وسائل برائے برقی دو 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 کر خوف کافت انون برائے برقی رول گو کرتے ہوئے اسے یوں حل کر سکتے ہیں۔

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

مساوات ۱۱.۱ کی پہلی فتح کے تحت v_k اور v_n برابر ہوتے ہیں۔ یوں مساوات ۱۱.۱ اور ۱.۵۲ کو برابر ہاتے 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

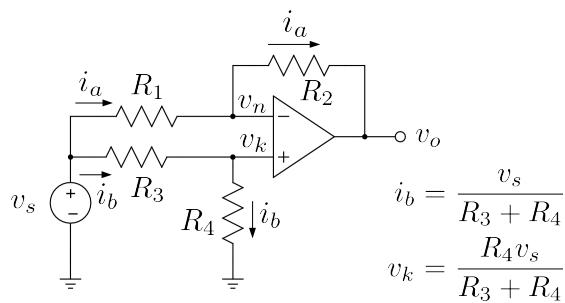
$$(1.53) \quad \begin{aligned} v_o &= \frac{R_4}{R_1} \left(\frac{R_1 + R_2}{R_3 + R_4} \right) v_{s2} - \frac{R_2}{R_1} v_{s1} \\ &= \left(\frac{1 + \frac{R_2}{R_1}}{1 + \frac{R_3}{R_4}} \right) v_{s2} - \frac{R_2}{R_1} v_{s1} \end{aligned}$$

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

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

حاصل ہوتا ہے۔ اگر R_b اور R_a کی قیمتیں برابر ہوں تو اس صورت میں دور دونوں اشارات کو منفی کرے گا۔ اسی لئے اس دور کو منفی کار ہے۔ اگر R_b اور R_a 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۔ اشارة سے i_a اور i_b بر قریب مخفی کارکارا میں داخل ہوں گے۔ مشترک کے مزاحمت۔ داخلی بر قریب اور داخلی بر قریب کے مجموعے 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 جاسکتا ہے۔ حبابی ایکلیپس فیناٹر کے دونوں داخنی سروں پر داخنی برقی رو صفر ہوتی ہے۔ $v_k = 0V$ پر داخنی برقی رو صفر ہونے کی وجہ سے اس کے سارے تصور کیا جاسکتا ہے۔ اس طرح R_3 اور R_4 کو v_s اور برقی زمین کے مابین سالمنہ وار جبڑا تصور کیا جاسکتا ہے۔ تمام مزاجمت برابر ہونے کی وجہ سے سرے کو بھی کھلے سارے تصور کیا جاسکتا ہے۔ یوں R_2 کو کبھی v_s اور برقی زمین کے مابین سالمنہ وار جبڑا تصور کیا جاسکتا ہے۔ اس طرح سالمنہ وار جبڑے R_1 اور R_2 کو سالمنہ وار جبڑے R_3 اور R_4 کے متوالی تصور کیا جاسکتا 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 حناجی 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 فیناٹر کے دونوں داخنی سروں پر داخنی 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 جاسکتا ہے۔ حبابی ایکلیپس فیناٹر کے ثبت داخنی سرے کو کھلے سارے تصور کیا جاسکتا ہے۔ اس طرح R_3 اور R_4 کو v_s اور برقی زمین کے مابین دو سالمنہ وار جبڑے مزاجمت تصور کیا جاسکتا ہے۔ ان دو مزاجمتوں میں برقی داؤ 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 دار و مدار R_3 اور R_4 پر ہے جبکہ i_a کا دار و 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 ہیا 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 $(1 - \epsilon) R_2$ اور R_3 کے قیمت کم سے کم یعنی $(1 - \epsilon) R_1$ اور R_4 کے قیمت زیادہ یعنی $(1 + \epsilon) R_4$ اور R_1 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، تقریق 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۔^۷

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

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

کھٹتے 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 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 ہوتا ہے۔ $v_o = v_k$ کے لئے حل کرتے ہوئے حصہ ہوتا ہے۔

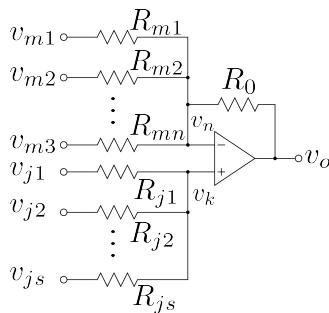
$$(1.55) \quad v_0 = \left(1 + \frac{R_0}{R_m} \right) \left(\frac{R_j}{R_{j1}} v_{j1} + \frac{R_j}{R_{j2}} v_{j2} + \dots \right.$$

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

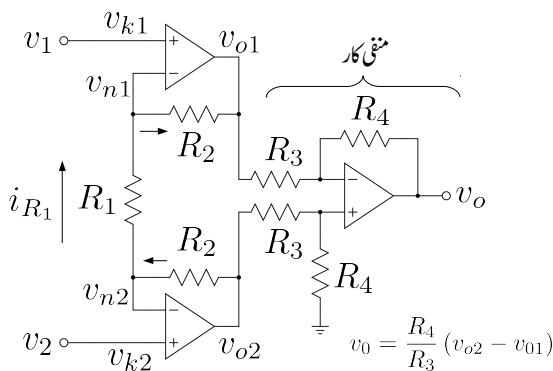
۱.۵.۹ آلاتی ایمپلیفائر

حسابی ایمپلیفائر پر بصرہ کرتے ہوئے آلاتی ایمپلیفائر^{۳۳} کا ذکر کرنا لازم ہے۔ آلاتی ایمپلیفائز 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

^{۳۳} 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^{۳۴} 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۔^{۳۵}

ان حساس اشارات کے حصول کے لئے زیادہ سے زیادہ والغہ برقی رکاوٹ^{۳۶} والے ادوار استعمال کئے جاتے ہیں۔ ایسے ہیں پر عموماً آلاتی ایکلینیفار استعمال کیا جاتا ہے جس کا داخلی برقی رکاوٹ لامبہ و دل 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

^{۳۴} 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۔
^{۳۵} 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۔

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

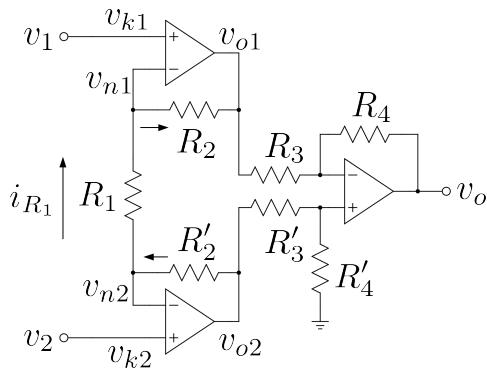
اس طرح مشترک اشارہ رد کرنے کی صلاحیت

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

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_{01} اور v_{02} میں کسی سورجت کی 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 کے 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 ایکپلیگانر کی مثال

• شکل ۱.۲۷ کو استعمال کرتے ہوئے آلاتی ایکپلیگانر 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 $\pm \infty$ CMRR = حاصل ہوتا ہے۔ مذرحبہ $\pm 1\%$ 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۔

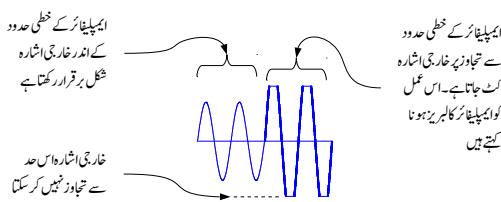
۱.۶.۱ حسابی ایمپلیفائز کا سبیریز ہونا

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^{۲۲} ہونا کہتے ہیں۔ شکل ۱.۲۸ میں یہ عمل دکھایا گیا ہے۔

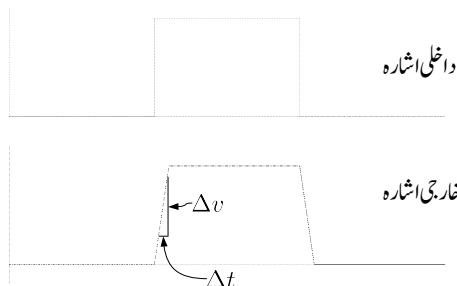
۱.۶.۲ حسابی ایمپلیفائز کی رفتار حوال

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

^{۲۲} 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^{۷۷} 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۔

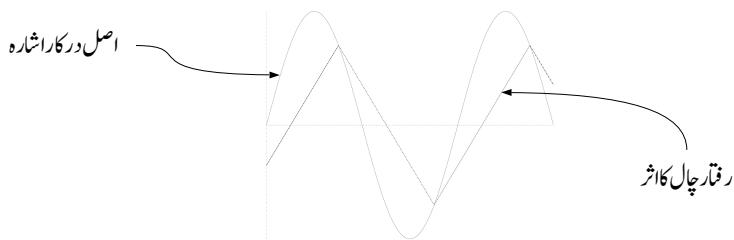
$$(1.21) \quad \text{رفتار چال} = \left| \frac{\Delta v}{\Delta t} \right|$$

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

slew rate^{۷۷}
full power band width^{۷۸}



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^{۴۹} 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^{۴۹}

۰ رفتار پال کے مطابق حنارجی اشارہ ایک مائیکرو سینکڑ میں سو ووٹ حاصل کرنے کی صلاحیت رکھتا ہے پانچ ووٹ حاصل کرنے کے لئے یوں 50 ns درکار ہیں۔ داخنی اشارے کی چوتھی کم سے کم 50 ns کے لئے برفتار رہے گی تو مسئلہ کارکا حنارجی اشارہ بھی پانچ ووٹ تک بیفج جائے گا۔

۰ اس صورت میں جیسے ہی حنارجی اشارہ پانچ ووٹ پر بیچتا ہے اسی لمحے داخنی اشارہ صفر ووٹ 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 ns لیتے ہوئے V تک اور اسی طرح 50 ns لیتے ہوئے $0V$ کے درمیان ارتھاً شکل کرتا رہے گا۔

مثال ۱.۲۱: ایک منفی حسابی ایکپلینائز ωt 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۔

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

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

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۔

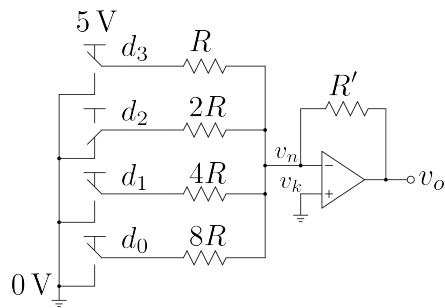
۷۔ عددی اشارے سے ماثلی اشارے کا حصول

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 بنجیں اندر ادی طور پر بر قی $5V$ میں یعنی $0V$ یا بیٹے 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 لئے ہوئے چار بیت کا عدد دی 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 گیرا ہے 11₁₀ 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^{۴۱}
analog^{۴۲}
binary number system^{۴۳}
bit^{۴۴}
decimal number system^{۴۵}

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۔

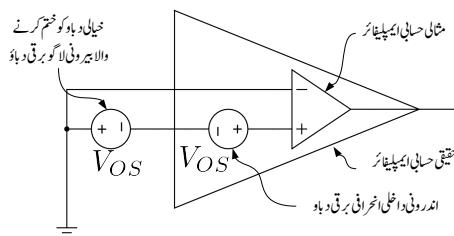
مثال ۷.۲۲: $R' = \frac{8R}{15}$ رکھتے ہوئے $d_3d_2d_1d_0$ کی قیمت 1010_2 ہونے کی صورت میں عددی سے ماثل کار کی ترقی دباو خارج کرے گا۔ حل:

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

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

اگر کامیل حسابی ایکپیٹائز 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 ایکپیٹائز ثابت یا منفی جواب لے رہا یا جواباتا ہے۔

^{۱۹} 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 اسٹے 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^{۴۴} کہتے ہیں۔ شکل ۱.۳۲ میں اس کی وضاحت کی گئی ہے۔

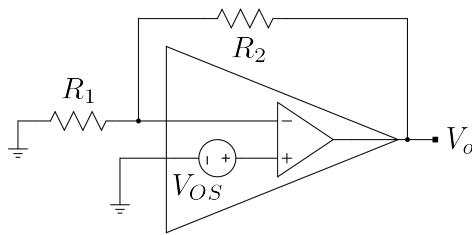
اندرونی داخلي اخترافی برقي دباؤ کی موجودگی غیر پسندیدہ حقیقت ہے جسے ختم کرنے کی تسامت کو کوشش کی جاتی ہے۔ حسابي ایکلپیٹنائزر بنانے والے صحت کارپئے بنائے گے حسابي ایکلپیٹنائزر میں پائے جانے والے اندرونی داخلي اخترافی برقي دباؤ کے حدود کی معلومات فراہم کرتے ہیں۔ یہ حدود عوسمماً $\pm 1\text{mV}$ تا $\pm 5\text{mV}$ ہوتے ہیں۔ اندرونی داخلي اخترافی برقي دباؤ کا تجربہ نہیں استلانی جب تک قبل از استعمال اس کا حبانا ممکن نہیں ہوتا۔ اندرونی داخلي اخترافی برقي دباؤ کا تجربہ ایکلپیٹنائزر استعمال کیا جاسکتا ہے۔ شکل ۱.۳۲ 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 حنارتی 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} ہوتے بشدت ایکلپیٹنائزر کے لئے یوں لکھا جاسکتا ہے۔

$$(1.26) \quad V_o = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) V_{OS} = \frac{(R_1 + R_2)}{R_1} V_{OS}$$

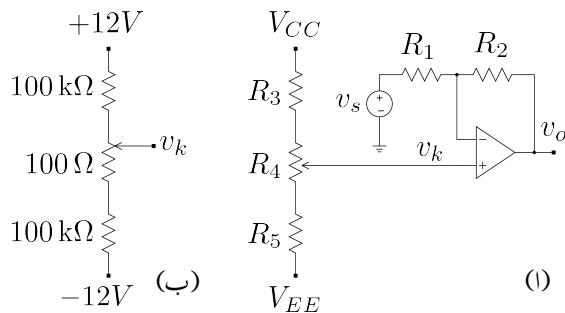
اس مساوات میں V_{OS} کے علاوہ تمام متغیرات ہمیں معلوم ہیں۔ یوں ان سے V_{OS} حاصل کی جا سکتی ہے یعنی

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

input offset voltage^{۴۴}



شکل ۱.۳۲: داخلي انحرافی برقي دباؤ کي پيوش



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

شکل ۱.۳۳ میں اندروںی داخلي انحرافی برقی دباؤ کے اثر کو حستم کر کے منفی ايمپليفاير کا استعمال دکھایا گیا ہے۔ ایسے ادوار میں R_3 اور R_5 کی قیمتیں کئی کلواہم Ω ہوتی ہیں جبکہ متغیر مزاجت R_4 کی قیمت اتنی رکھی جاتی ہے کہ اس کے درمیانی پیپر سے متاہل حصول برقی دباؤ کا استعمال کردہ حسابی ايمپليفاير 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 ايمپليفاير 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 کتے 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 دوسرا جانب پورا گھس یا جائے تو

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

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

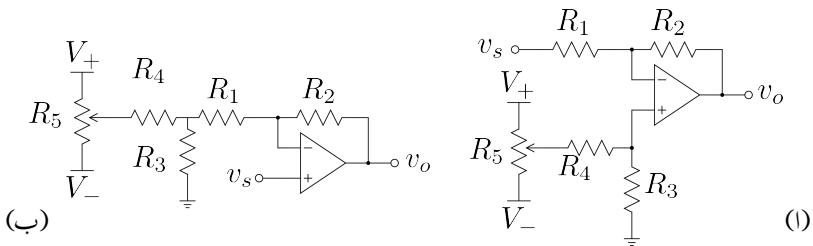
$$v_k = -5.99 \text{ mV}$$

حاصل ہوتا ہے۔ موجودہ مثال میں حابی ایکلینیاٹر کا داخلی انحرافی برقراری دباؤ -2 mV اور 2 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 $0 = v_o$ حاصل ہو۔ R_4 کو اسی قیمت پر بکاچھوڑ دیا جاتا ہے۔

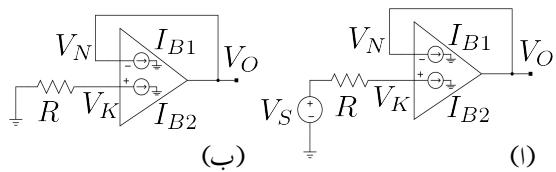
شکل ۱.۳۵ میں داخلی انحرافی برقراری دباؤ سے پاک منفی اور مثبت ایکلینیاٹر دکھائے گئے ہیں۔ ان ادوار میں $R_3 = \pm 8 \text{ mV}$ اور $V_+ = 12 \text{ V}$, $V_- = -12 \text{ V}$, $R_5 = 50 \text{ k}\Omega$, $R_4 = 150 \text{ k}\Omega$, 100Ω کی صورت میں کے داخلی انحرافی برقراری دباؤ کا حاتم ممکن ہو گا۔

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 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 سمت میں ہوتا ہے۔ اگر کسی ايمپليفاير میں برقي روکا جاتا ہے تو کسی دو سے قائم کے ايمپليفاير میں دونوں يك سمت داخلي برقي روکارخ باہر کی جانب ہو سکتا ہے۔ اس داخلي برقي روکے داعلی ميلان برقي رو^۸ کہتے ہیں کہ مدارکار و مدار ايمپليفاير کی ساخت پر ہوتا ہے۔ شکل ۷.۳۶ الف میں متحكم کار دکھایا گیا ہے جیسا حالي ايمپليفاير کے داخلي برقي روکارخ I_{B1} اور I_{B2} کو منع مستقل برقي رو^۹ تصور کیا گیا ہے۔ يك سمت داخلي اشاره V_S کی قيمت ضمر ہونے کی صورت میں شکل الف حاصل ہوتا ہے۔ متحكم کار کی حنایت یہ ہے کہ یہ داخلي اشارہ کو بغیر تبدیلی خارج کرتا ہے۔ یوس ہم توقع رکھتے ہیں کہ $V_O = 0$ کی صورت میں $V_O = 0$ ہو گا مگر ایسا نہیں ہوتا۔ شکل الف پر غور کرنے سے معلوم ہوتا ہے

^۸ input bias current
^۹ constant current source

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۔

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

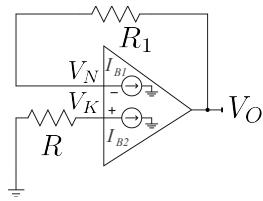
دور میں

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

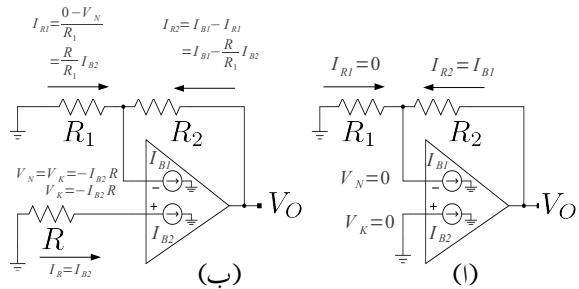
لیئے سے $V_O = 0$ حاصل ہوتا ہے یعنی

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

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 ۷۔۳۷: داخلي برقی رو کے مسئلے کا حل



شکل ۷۔۳۸: منفی ایپلینائز میں مسئلہ داخلي برقی رو اور اس کا حل

اگر $R_1 = R$ لیتے ہوئے اس حقیقت کو مد نظر رکھا جائے کہ دونوں داخلي برقی رو کے قیمتیں برابر نہیں ہوتیں تو اس صورت میں گزشتہ مساوات سے

$$(1.70) \quad V_O = -I_{B2}R + I_{B1}R = (I_{B1} - I_{B2})R$$

حاصل ہوتا ہے۔ اگرچہ اس صورت میں $V_O = 0$ حاصل نہیں ہو گا مگر چونکہ

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

ہوتا ہے لہذا مساوات ۱.۷۰ سے حاصل V_O کی قیمت مساوات ۱.۶۸ سے حاصل V_O کی قیمت سے زیادہ بہتر (مخفی کم) ہے۔

مثال ۱.۲۳: منفی ایپلینائز میں مسئلہ داخلي برقی دباؤ کی نشاندہی کریں اور اس سے نپٹنے کا حل دریافت کریں۔
حل: شکل ۷۔۱ میں منفی ایپلینائز دکھایا گیا ہے جس میں داخلي اشارہ کی قیمت صفر کرنے سے شکل ۱.۳۸ اف حاصل ہوتا ہے۔ شکل اف میں بثت داخلي سر ابری زمین کے ساتھ جو اب 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 رو کو 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 رو کا مسئلہ حل ہو جاتا ہے۔
اگر دو نوں داخلی میلان برقی رو برابر نہ ہوں تب مساوات ۲.۱.۳ میں

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

لیتے ہوئے

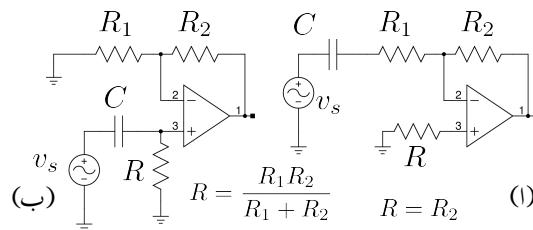
$$(1.75) \quad V_O = (I_{B1} - I_{B2}) R_2$$

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

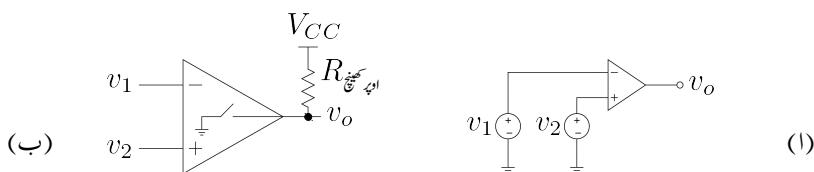
ہم دیکھتے ہیں کہ حسابی ایکلینیٹر کے دونوں داخلی سروں پر یک سمت میلان برقی رو کو برقی زمین تک پہنچنے کی حافظہ برابر مساحت فراہم کرنے سے داخلی برقی رو کا مسئلہ حل ہوتا ہے۔ یہاں یک سمت میلان برقی رو کے راستے کی بات کی گئی ہے کہ بدلتے برقی رو کے راستے کی۔ اس بات کی وضاحت شکل ۱.۳۹ کی مدد سے کرتے ہیں۔ یاد رہے کہ کپیٹر میں یک سمت برقی رو جسیں گز کرتا اور سے بالکل لامدد 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 سرے اور برقی زمین کے ساتھ جبڑا ہوتا ہے۔ منقی داخلی سرے کے یک سمت میلان برقی رو کا 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 رو کا 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 رو کو 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 رو کے لئے راستہ موجود ہو۔ چونکہ منقی داخلی سرے کے یک سمت میلان برقی رو کا برقی زمین تک راستہ R_1 اور R_2 کے ذریعہ ہے اور یک سمت میلان برقی رو کے فقط ظفرے 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 رو کو زمین تک راستہ فراہم کیا جاتا ہے اور ساتھ ہی ساتھ مسئلہ داخلی میلان برقی رو کو 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 ۱۳۹: مسئلہ دا خلی برقی روکے چند مثالیں اور یک سمت برقی روکا برقی زمین تک رسائی کارا ستے



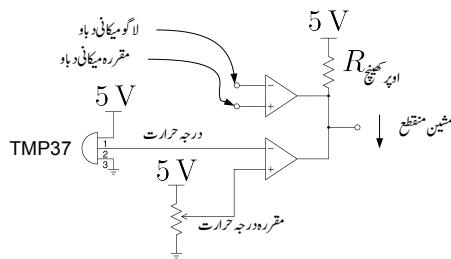
شکل ۳۰.۱: موازنہ کار

۱.۸ موائزہ کار

شکل ۱.۳۰ اف کے حسابی ایکپلیگاٹر میں $v_1 > v_2$ کی صورت میں v_0 کم لشکت یعنی V_{CC} پر ہو گا جبکہ $v_1 < v_2$ کی صورت میں v_0 کم لشکر یعنی V_{EE} پر ہو گا۔ حسابی ایکپلیگاٹر دھنی اشارات کاموازن کرتے ہوئے V_{EE} یا V_{CC} خارج کرتا ہے۔ عمل نہیات اہم ہے اور اس عمل کی رفتار تیز تر درکار ہوتی ہے۔ موافر کار ۸۰

موازنہ کارکی علامت وہ ہے جو حالی ایکلینیاٹر کی ہے۔ حالی ایکلینیاٹر بثت یعنی اشارہ خارج کر سکتا ہے جبکہ موازنہ 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 برقرار رکھتا ہے جو عموماً V_{EE} یا $0V$ 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 منقطع رہتا ہے جبکہ $v_1 > v_2$ کی صورت میں سوچ چپا اور کوئی خارجی سرے کو بری زمین کے ساتھ جوڑتا ہے۔ خارجی سرے کے درمیان مسماحت اور سمجھی R جوڑنے سے منقطع 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 5V 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۔

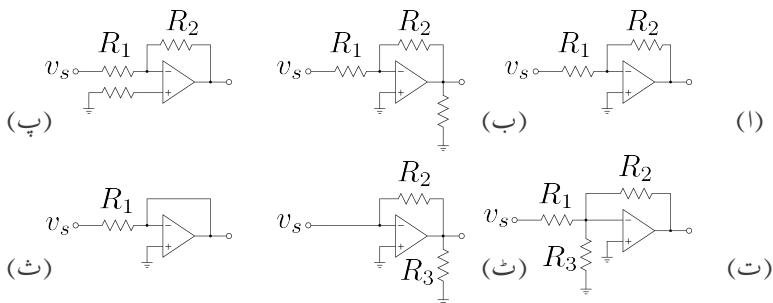
شکل ۱.۳۱ میں دو موازنے کا رتیازی جوڑے گئے ہیں۔ خپلے موازنے کا رکھنے والی سرے پر TMP37 ^{۱۸} کا حنارتی اشارہ جوڑا گیا ہے جسے شکل میں درجہ حرارت کہا گیا ہے۔ ایسا مخلوط دور ہے جو درجہ حرارت کے راست متناسب بر قی دباؤ حنارتی کرتا ہے۔ 0°C پر 0V اور 100°C پر 1V حنارتی کرتا ہے۔ اس کو 5V کی درکار طاقت مہیا کی 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 0V تا 5V بر قی دباؤ ڈیابا کر سکتا ہے جسے شکل میں مقررہ درجہ حرارت کہا گیا ہے۔ مقررہ درجہ حرارت کو 0.5V پر کھا گیا ہے۔ 50°C پر TMP37 اشارے پر 0.5V حنارتی کرے گا۔

موازنے کا اس وقت تک منقطع رہے گا جب تک درجہ حرارت 50°C کے کم رہے۔ جیسے ہی درجہ حرارت اس حد فسے تجاوز کرے، موازنے کا 0V 0.5V 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 رکھنارتی اشارے 0.5V کو یونچ کر بر قی زمین 0V 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۔

^{۱۸} میں۔ بناتے کو دور مخلوط اس Analog Devices



شکل ۱.۳۲: حابی منفی ایکسپلیغیٹر کے سوالات

سوالات

سوال ۱.۳۲ میں

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

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

- ۶ -

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

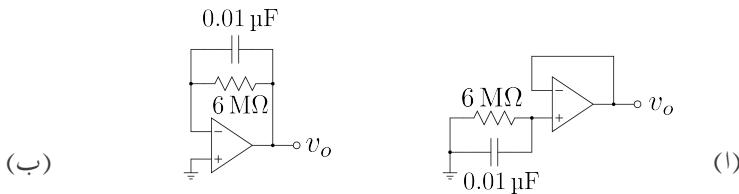
سوال ۱۰: کامل حل ایمپلیکیٹر تصور کرتے ہوئے $10\text{ M}\Omega$ کے کم مزاحمتیوں کے استعمال سے صفحہ ۱۳ پر دیے شکل ۷ کے طرز پر مقنی حل ایمپلیکیٹر تحریکیت دیں۔

- A_v کی صورت میں R_1 ، R_2 اور زیادہ سے زیادہ مکنے داخلی مزاحمت کیا ہوگی۔

- $A_v = -1000 \frac{V}{V}$ ۔

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

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 200Ω 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 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 nA , 201.66 nA , $15 \text{ M}\Omega$

سوال ۱.۵: عفت برخنز نے انحصاری گنگے کے آخوندی ایمپلیگنر کو استعمال کرتے ہوئے بر قہ قلبے نگار^{۸۴} 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^{۸۵} 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 Hz کا برقی شور نہیں ایت کم ہو جاتا ہے۔ حساس اشارات میں واپس اکے 50 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 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: برقی قلب بیگ میں برقی شور کے مسئلہ پر تحقیق کرنے کی حفاظتی عفت نے سائنس ادارہ اخنی اشارے کے جیلے کو سوگن بڑھانے کی حفاظتی رشتہ کی ۱ kΩ میں دکھائے۔ مغلیہ ایمپلیکیٹر استعمال کی جس میں $R_1 = 100 k\Omega$ اور $R_2 = 100 k\Omega$ رکھے گئے۔ غیر زیادہ غور کئے لم پیٹھ^{۸۳} پر دیکھا گیا کہ ۰.۱ V کا اشارہ بڑھاتے وقت دور نہایت عمدگی سے کام کرتے ہوئے ۱۰ V خارج کرتا ہے۔ عفت نے امید رکھی کہ ۱۰ mV کے اشارے کو بھی دور خوش اسلوبی سے بڑھاتے ہوئے ۱ V خارج کرے گا۔ لم پیٹھ میں غور سے دیکھتے ہوئے معلوم ہوا ہے کہ حنابی اشارے کی مشتبہ چھٹی ۱.۲ V جبکہ اس کی منی چھٹی ۰.۸ V پر تھی۔

• $v_s = 0 V$ کی صورت میں v_o کی کیا قیمت متوقع ہے۔

0. اگر مسئلہ میلانہ برقی روکی و جب سے پیدا ہوا ہو تب حسابی ایمپلیکیٹر کے مشتبہ اخنی سرے پر کتنی مزاحمت نسب کرنے سے مسئلہ حل ہو گا۔

0. مشتبہ اخنی سرے پر درکار مزاحمت نسب کرنے سے $v_o = 0 V$ کی صورت میں $v_s = 0.19 V$ حاصل ہوتا ہے۔ یہ میلانہ برقی روکی و جب سے حنابی اشارے میں ۱۰ mV کا فرقہ پیدا ہو رہا ہے۔ میلانہ برقی روکی قیمت حاصل کریں۔

0. توقع کی جاتی ہے کہ $v_o = 0.19 V$ داغلہ انحرافی برقی دباؤ کی وجہ سے ہے۔ استعمال کئے گئے حسابی ایمپلیکیٹر کی داخنی انحرافی برقی دباؤ V_{OS} حاصل کریں۔

$$\text{جواب: } |V_{OS}| = 1.88 \text{ mV} I_B = 100 \text{ nA} \cdot 990 \Omega \cdot 0.2 \text{ V}$$

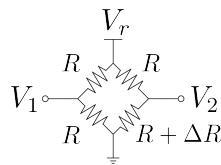
سوال ۱.۷: مال لادنے سے پہلے اور لادنے کے بعد ٹرک کا وزن کرتے ہوئے لدمے گئے مال کا وزن حاصل کیا جاتا ہے۔ ٹرک کا وزن نانپنے کی حفاظتی لوڈ سیل^{۸۴} استعمال کیا جاتا ہے جو درحقیقت ویٹھ سٹوون چکور^{۸۵} پر مشتمل ہوتا ہے۔ ویٹھ سٹوون چکور^{۸۶} لو شکل^{۸۷} میں دکھایا گیا ہے۔ عام صورت میں اس کے حباروں میں مزاحمت کی قیمت برابر R ہوتی ہے۔ وزن پڑنے پر ان میں سے ایک مزاحمت کی مزاحمت کی تبدیل ہو کر $R + \Delta R$ ہو جاتی ہے۔ ویٹھ 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۔ ویٹھ سٹوون چکور کو آلاتی ایمپلیکیٹر کے ساتھ جوڑ کر حنابی اشارہ v_o کی مساوات حاصل کریں۔ آلاتی ایمپلیکیٹر کو صفحہ^{۸۸} پر شکل ۱.۲۶ میں دکھایا گیا ہے۔

جواب: ویٹھ سٹوون چکور کا

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

oscilloscope^{۸۹}
load cell^{۸۵}
Wheatstone bridge^{۸۸}

^{۸۳} ویٹھ سٹوون چکور کا نام چارس ویٹھ سٹوون سے منوٹ ہے جس نے اس کا استعمال عام ہے۔



شکل ۱.۲۳: دویں سٹون چکور

کے برابر ہے۔ اس کو آلاتی ایکپلیناٹر 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: شبہ حسابی ایکپلیناٹر 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۔ مزاجمتوں کے قیتوں میں $\pm 5\%$ عنطی کے گنجائش کی صورت میں
- ۰ v_o کے مکن حدو حاصل کریں۔

۰ کل عنطی اصل جواب کے کتنے مدد ہے۔

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

جوابات: حشارج اشارہ $V = 7.15\text{ V}$ ۴ ۸.۶۲۳۶۸ 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 ایکپلیناٹر استعمال کرتے ہوئے منقی حسابی ایکپلیناٹر 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 $\frac{V_o}{V_s} = -9.99$ حاصل ہوا ہے۔ کامل حسابی ایکپلیناٹر کا مساوی دور استعمال کرتے ہوئے حسابی ایکپلیناٹر کی A_d حاصل کریں۔

جوابات: $A_d = 10989 \frac{V}{V}$

سوال ۱.۱۰: صفحہ ۲۱ پر مزاجمتوں کا مسماں ہے۔ $\infty \rightarrow A_d$ کی صورت میں مزاجمتوں نا ایکپلیناٹر کی $-R = \frac{v_o}{i_s}$ کے برابر ہوتی ہے۔ محدود A_d کی صورت میں حسابی ایکپلیناٹر کے کامل مساوی دور کے استعمال سے $\frac{v_o}{i_s}$ اور داخلي مزاجمتوں 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 ایکپلیناٹر جس کی $V_s = 60000 \frac{V}{V}$ $A_d = 60000$ ہو خطي خطے میں رہتے ہوئے 12 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 ہے۔

• لامددو $A_d = 10000 \frac{\text{V}}{\text{V}}$ کی صورت میں $R_2 = 9 \text{ k}\Omega$ رکھئے ہوئے R_1 کی وہ قیمت حاصل کریں جس پر A_v بالکل برابر $\frac{\text{V}}{\text{V}} - 50$ ہے۔ 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۔

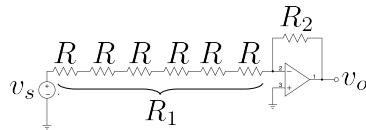
جوابات: $\frac{R_2}{R_1} = \frac{1}{0.111} \approx 9.009, 100 \left(\frac{R_1 + R_2}{R_1 A_d + R_2} \right), A_v = \frac{-A_d R_2}{1 + R_1 (A_d + 1)}$ ۔ آخری جواب سے ظاہر ہے کہ $A_v = -9 \frac{\text{V}}{\text{V}}$ سے زیادہ افسزاں پر فرق % ۰.۱ سے زیادہ ہو گا۔ $R_1 = 179.9819 \Omega$ ۱.۸ MΩ

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 بیت یا مکمل 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 بیت 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 بیت چوٹی چوٹی V_{EE} یا مقنی چوٹی پر بہتے ہوئے یہ داخلی اشارے کا گمل لیتا ہے۔

سوال ۱۱۴: صفحہ ۵۵ پر عدد ۱۰ سروں پر 15 V خارج کرنے کی حنطر R' کی قیمت حاصل کریں۔ اس صورت ۹₁₀ 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: چالو ٹریکسٹر پر بیٹھے ڈرائیور سے ٹوی پر نشريات 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^{۸۸} کے دورانیہ چوڑائی^{۸۹} سے مراد اشارے کا 10% سے 90% تک پہنچنے کا دورانیہ ہے۔ اسی طرح دورانیہ اترائی^{۹۰} سے مراد اشارے کا چوٹی کے 90% سے 10% تک پہنچنے کا دورانیہ ہے۔

pulses^{۸۸}
rise time^{۸۹}
fall time^{۹۰}

۵V چوٹی اور $1 \mu\text{s}$ دوری عرصے سے^{۹۰} والا پکور اشارہ^{۹۱} 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 کار کے ثابت داخنی سروں سے جب تے v_{j1} تا v_{js} کو قصر دو رکرتے ہوئے مزاجت R_{js} کے داخلی سرے بر قی 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 اس حاصل کریں۔^{۹۵}

سوال ۱.۲۱: لامددود A_d کی صورت میں مستحکم کار کا 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 کار اور مجھ کار میں تمام مزاجت برابر ہونے کی صورت میں v_1 کو قصر 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 کار کو مہیا کئے جاتے ہیں جیسا v_m کو مشترک اشارہ^{۹۳} جبکہ v_f کو تفرقہ اشارہ^{۹۴} کہتے ہیں۔ 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 کار کو مہیا کئے جاتے ہیں جیسا v_m کو مشترک اشارہ^{۹۳} جبکہ v_f کو تفرقہ اشارہ^{۹۴} کہتے ہیں۔ خارجی مساوات کو

$$(1.76) \quad v_o = A_{\underline{\text{مشترک}}} v_m + A_{\underline{\text{تفرقہ}}} v_f$$

صورت میں لکھیں۔ مشترک افزاں تفسیم تفرقہ افزاں کو مشترک اشارہ رد کرنے کے صلاحیت^{۹۵} 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^{۹۱}
square wave^{۹۲}
common mode signal^{۹۳}
differential mode signal^{۹۴}
common mode rejection ratio CMRR^{۹۵}

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۔

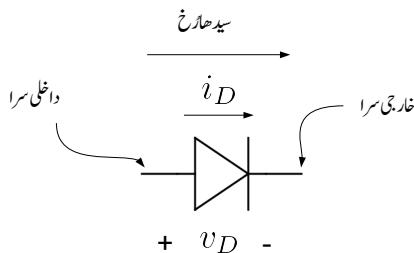
جواب: $|V_p| > 0.2625\text{ V}$

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 تیسرا نشان اسی رخ کو ظاہر کرتا ہے۔ اس رخ کو ڈائیوڈ کا سیدھا رخ کہتے ہیں۔ ڈائیوڈ کے دو اقسام سلیکان 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

diode¹

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°C پر

thermal voltage ^۱
saturation current ^۲
charge ^۳
Boltzmann constant ^۴
Kelvin ^۵
emission coefficient ^۶
Celsius ^۷

۲۔ پانچھد ہونے کے درجہ حرارت یعنی 0°C پر

۳۔ تمیز ڈگری سلیسیس یعنی 27°C پر

حل:

۱۔ پانچھد ہونے کے درجہ حرارت یعنی 0°C پر ابلاط ہے۔ اس درجہ حرارت جو کہ ڈگری سلیسیس یعنی 27°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 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°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 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 mV ہے۔

عام طور پر ایڈ کی مساوات میں حرارتی برتنی دباؤ کو 25 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 چلاؤ 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 آئیپی ڈیسی میں دکھایا گیا ہے۔ اس گراف سے واضح ہے کہ $v_D > 0V$ کے احاطے میں ڈائیوڈ سے گزرتے برقی رو متلبی نظر انداز ہے۔ اگرچہ جب بھی $v_D > 0V$ ہو ڈائیوڈ کو سیدھا مائل تصور کیا جاتا ہے، حقیقت میں ڈائیوڈ کو $0.5V < v_D < 0.7V$ 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 دباؤ کے لئے ہے۔ چالا ڈائیوڈ کی مدادات میں چونکہ

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

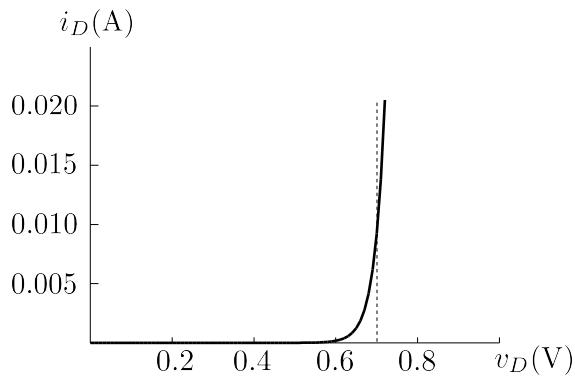
ہوتا ہے لہذا چالا ڈائیوڈ کی مدادات یوں لکھی جا سکتی ہے۔

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

شکل ۲.۲ میں ۰.۷ V پر نقطہ دار لکسیر لگا کر 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^۹
forward biased^{۱۰}
cut-in voltage^{۱۱}



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°C درجہ حرارت بڑھنے سے I_S کی قیمت کتنی ہو جائے گی۔
حل: درجہ حرارت 1°C بڑھنے سے نئی قیمت $1.15I_S$ ہو جائے گی۔ مسندہ 1°C بڑھنے سے I_S مزید 15% بڑھ کر $1.15 \times 1.15I_S$ ہو جائے گی۔ یہ 5°C بڑھنے سے

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

ہو جائے گا۔

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

مشن ۲.۱: $I_S = 10^{-15} \text{ A}$ پر 25°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^{۱۰} ہے جو ڈائیوڈ کے pn جوڑ کے رقبے کے ساتھ راه راست تناسب رکھتا ہے۔ میں ڈائیوڈ کے pn جوڑ کے رقبے کے ساتھ راه راست تناسب رکھتا ہے۔ درجہ حرارت 5°C بڑھنے سے I_S کی قیمت دگنا ہو جاتی ہے جبکہ الٹی رخ برقی روکی قیمت 10°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^{۱۱} 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^{۱۲} کیا گیا ہے۔ شکل ۲.۳ میں ڈائیوڈ کا برقی دباؤ بالقابل برقی رو^(v_D - i_D) کا ناظر دکھایا گیا ہے جس میں ڈائیوڈ کے سیدھے مائل اٹکے مائل خط دکھائے گئے ہیں۔ اس شکل میں بے قابل خط^{۱۳} میں دکھایا گیا ہے جو مساوات ۲.۳ سے کسی صورت اخذ نہیں کیا جاسکتے۔

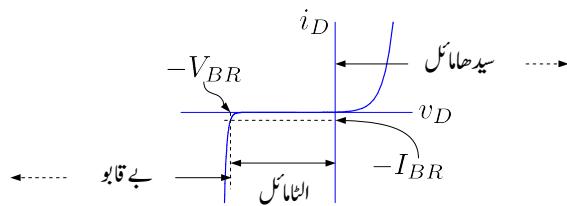
در حاصل مساوات ۲.۳ حاصل کرتے وقت ڈائیوڈ کی کمی چیز گیاں نظر انداز کی گئیں اور یوں اگر چہ یہ مساوات سیدھے مائل ڈائیوڈ کی کارکردگی کو بہتر بیان کرتا ہے، الٹے مائل ڈائیوڈ کی کارکردگی کو یہ پوری طرح صحیح بیان نہیں کرتا اور ڈائیوڈ کے بے قابل خط کو سراہر خط کر جاتا ہے۔ بے قابل خط پر آگے تبصرہ کیا جائے گا۔ یہاں صرف اتنا بتانا ضروری 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 آخیر 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^{۱۴}

reverse biased^{۱۵}

forward biased^{۱۶}

breakdown region^{۱۷}



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^{۱۱} 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۔

$$\cdot \text{سیدھا مائل} < v_D$$

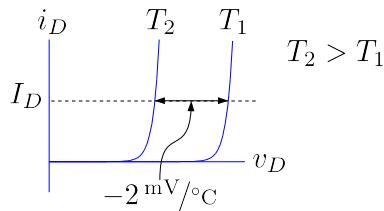
$$\cdot -V_{BR} < v_D < 0$$

$$\cdot \text{بے قابو} < -V_{BR}$$

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°C درج ہمارات بڑھانے سے ڈائیوڈ پر برقی دباؤ کی قیمت 2 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^{۱۲} 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^{۱۳} میں کام کرتے ہوئے قوی بریقاٹ^{۱۴} کے میدان میں ۱۰۰ kW ۱.۵ MW کے لوپاگھانے کی بھیں^{۱۵} بنائیں۔ قوی بریقاٹ میں

reverse breakdown voltage^{۱۶}
thermometer^{۱۷}
Atta group of industries^{۱۸}
power electronics^{۱۹}
induction furnaces^{۲۰}



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 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 مراحت مراحت کرتے ہیں۔ ڈائیوڈ کا حرائق مراحت حاصل کریں۔

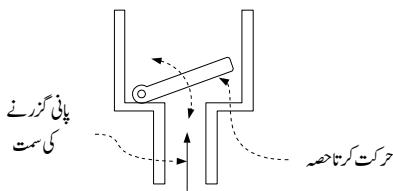
حل:

- $V_D = 0.724 - 0.708 = 0.016 \text{ V}$ یعنی $0.016 \text{ V} / 1^\circ \text{C}$ کی تبدیلی پیدا ہوئی۔ چونکہ 1°C درجہ حرارت بڑھنے سے V_D میں 2 mV کی تبدیلی روشن ہوتی ہے لہذا ڈائیوڈ کے اندر وی فری برقی طاقت کا اضافہ $\frac{0.016}{0.002} = 8 \text{ }^\circ \text{C}$ کا اضافہ پیدا ہوا۔
- ڈائیوڈ میں برقی طاقت کا ضیاء $W = 708 \times 1000 = 708 \text{ W}$ ہے۔
- حرائق مراحت $= \frac{8}{708} = 0.011 \text{ }^\circ \text{C/W}$

۲.۱ کامل ڈائیوڈ

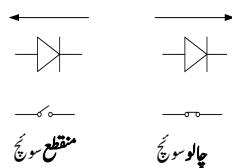
ڈائیوڈ سمجھنے کی حنا طریم کامل ڈائیوڈ کی بات کرتے ہیں۔ کامل ڈائیوڈ^{۲۲} حقیقت میں نہیں پیلا جاتا مگر اسے سمجھنا آسان اور اسے سمجھ کر اصل ڈائیوڈ کی کارکردگی سمجھنا زیادہ آسان ہوتا ہے۔

^{۲۲} thermal resistance^r
ideal diode^r



شکل ۲.۵: پانی کے پانچ پر نسب واب

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

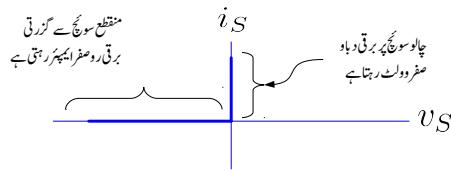
ڈائیوڈ کی کارکردگی دل کے والوں کی مانند ہے۔ دل کا والوں کو صرف ایک حباب گزرنے دیتا ہے۔ اسی طرح ڈائیوڈ برقی رو کو صرف سیدھے رنگ گزرنے دیتا ہے۔ شکل ۲.۵ میں پانی کے پانچ پر نسب والوں کا یہ گیا ہے جس کی کارکردگی شکل سے تی واثق ہے۔

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 اے چالو کرتی ہے جبکہ الٹی رنگ برقی رو اے 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 یہاں معلوم ہوتے ہیں۔

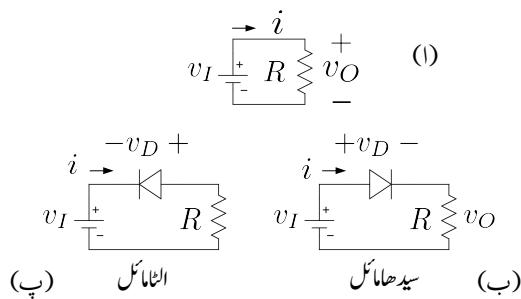
۲.۲ ڈائیوڈ کے چند ادوار

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^۱
switch^۲
switch OFF^۳



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 مانک کرتا ہے کہ یہ برقی رو کو سیدھے رخ گزرنے دے۔ ہم کہتے ہیں کہ ڈائیوڈ سیدھے رخ مانک کیا گیا ہے یا کہ ڈائیوڈ سیدھا مانک^۱ 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 مانک کیا گیا ہے یا کہ ڈائیوڈ اٹھا مانک^۲ کیا گیا ہے۔ ڈائیوڈ کے سیدھے مانک حال کو چالو حال جبکہ اس کے اٹھے مانک حال کو مفتوح 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^{r۱}
reverse biased^{r۲}

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 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)

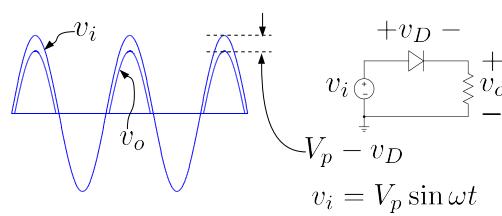
۲.۳.۱ نصف لہر سمت کاری

شکل ۲.۹ میں بدلستا داخنی برقی دباؤ $v_i = V_p \sin \omega t$ کے مثبت حصے ڈائیوڈ کو ہوتا ہے جس سے ڈیمینڈ کر کے منقطع 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 سے تقریباً 0.7 V کم ہے۔ عمومی استعمال میں v_o کی چوٹی کی قیمت 0.7 V سے گلیگا زیادہ ہوتی ہے اور یوں v_o کے چوٹی کو v_o کے برابری تصور کیا جاتا ہے۔

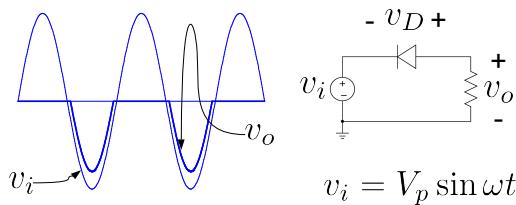
اس دور کی مدد سے بدلستا داخنی برقی دباؤ جو مثبت اور منفی حصوں پر مشتمل ہے سے ایک ایسی حنارتی برقی دباؤ حاصل کی گئی ہے جس میں داخنی برقی دباؤ کے صرف مثبت حصے موجود ہیں۔ بدلستا برقی دباؤ سے نصف لہر کی یک سمت برقی دباؤ کے حصوں کو نصف لہر سمت کاری^{۲۸} کہتے ہیں۔ یوں شکل ۲.۹ میں دئے دو رکن نصف لہر سمت کاری^{۲۹} کہتے ہیں۔

^{۲۸} half wave rectification

^{۲۹} half wave positive rectifier



شکل ۲.۹: نصف لہر مثبت سمت کار

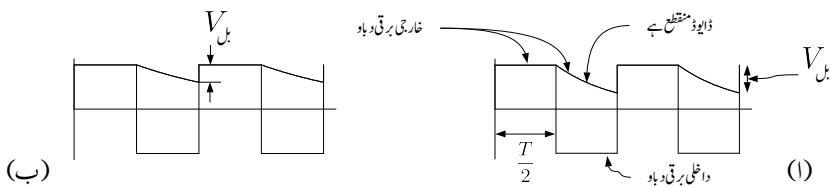


شکل ۲.۱۰: نصف لہر منفی سمت کار

نصف سمت کار جسے عام نہم میں آدھا ریکلیفائر^{۳۰} کہتے ہیں ایک انتہائی اہم دور ہے جسے استعمال کرتے ہوئے کئی ادوار مثلاً منبع برقی دباؤ^{۳۱}، بیسٹری چارج بر قدر^{۳۲} 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 بثبت 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^{۳۳} 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^{۳۴} کی مقدار حاصل کریں۔ ڈائیوڈ پر برقی دباؤ کے گھنے کو نظر انداز کریں۔ حنارجی برقی دباؤ میں بلٹ کو 1 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

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



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

ہونے کے صورت میں ڈائیوڈ مقطوع رہتا ہے۔ اس دوران کپیسٹر C برقی طاقت فنراہم کرتا ہے۔ پچھا س تعداد کے اشارے کا دوری عرصہ ^{25}ms میں ملی سینٹڑے ہے۔ یوں کپیسٹر سے دس ملی سینٹڑے کے لئے بار کی نکاسی ہوتی ہے۔ داخلی برقی دباد کے مقنی ہونے کے لمحے کو $t = 0$ لیتے ہوئے کپیسٹر 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 V رکھنے کی حد اطرد دس ملی سینٹڑے کے بعد $14 = 15 - 1 = 14 \text{ V}$ درکار ہے۔ یوں

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

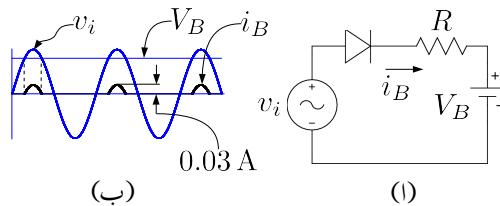
$$C = 1449 \mu\text{F}$$

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

آپ نے دیکھا کہ کپیسٹر 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 سمٹ 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^{۲۵}
voltage supply^{۲۴}



شکل ۲.۱۲: بیسٹری چار جبر

چار جبر کی برقی رو v_B حاصل کر کے گرفت کریں۔ مزاجمت R برقی رو کی چوتھی کوڈیا لوڈ اور بیسٹری کے فتابی برداشت سدے یونچ 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 کرے 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 فتاون سے ہم لکھ سکتے ہیں۔

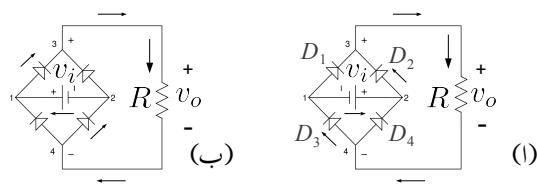
$$i_R = i_B = \frac{v_i - V_B}{R} = \frac{15 \sin 100\pi t - 12}{100} = 0.15 \sin 100\pi t - 0.12$$

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 لکسیر دوں سے ایسے ایک دورانیہ کی نشاندہی کی گئی ہے جب بیسٹری بھر رہی ہو۔ کی چوتھی 30 mA ہے جسے یوں حاصل کیا گیا۔

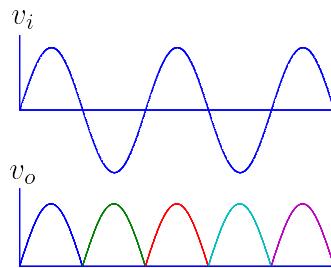
$$0.15 \sin \frac{\pi}{2} - 0.12 = 0.15 - 0.12 = 0.03 \text{ A}$$

۲.۳.۲ مکمل لہر سست کاری

شکل ۲.۱۳ میں مکمل لہر سست کاری ڈکھایا 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 ڈائیوڈ D_2 سے گزرے گی جبکہ اس دوران ڈائیوڈ D_4 منقطع



شکل ۱۳: مکمل ایزوسینت کار



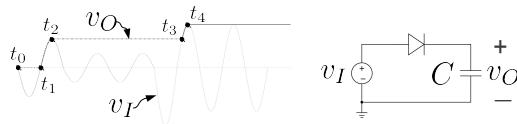
شکل ۲.۱۳: مکمل ایمپر سمت کار کے داخنی اور خارجی خط

حال رہے گا۔ بر قی رو D_2 سے خارج ہو کر چونکہ D_1 میں الٹی جانب نہیں گزر سکتی اب تک ایسے مزاحمت R میں داخل ہو گی۔

اسی طرح منع بر قی دباد کے منفی سرے سے بر قی روکی راہ معلوم کرنے کی خاطر ہم دیکھتے ہیں کہ منع بر قی دباد کے منفی (—) سرے پر بر قی روکنے کی جانب ہو گی۔ یہ بر قی و صرف D_3 کے راستے ہی ممکن ہے چونکہ D_1 میں اٹی بر قی روکا گزر ناممکن ہے۔ ہم دیکھتے ہیں کہ مشتبہ بر قی دباد کی صورت میں بر قی روڈا یا ڈا یوڈا D_2 اور D_4 کے گزرتی ہے جبکہ ڈا یوڈا D_1 اور D_3 مقطوع رہتے ہیں۔ اس دوران میں بر قی روکی صورت شکل میں دکھائی گئی ہے۔

اب دیکھتے ہیں کہ منع بر قی دباؤ کے بر قی دباؤ کی قیمت منفی ہونے کی صورت میں کیا ہوتا ہے۔ یہ صورت حال شکل ۲۔۱۳ میں دکھائی گئی ہے۔ اس صورت میں بر قی روڈا یوڈ D_1 اور D_4 سے گزرے گی جبکہ D_2 اور D_3 منقطع رہیں گے۔ بر قی روڈا بھی مسازامت میں گزشتہ سمت میں ہی گزرے گی۔

یوں جیسا شکل ۲.۱۷ میں دکھایا گیا ہے، بدلتے داخلی دباؤ v_7 کی قیمت مشتی یا منفی ہو، مزاحمت پر ہر وقت بر قی دباؤ v_0 ثابت ہی رہتا ہے۔ چونکہ v_7 کی مستقبل تبدیل نہیں ہوئی بلکہ ایک سست بر قی دباؤ ہے۔



شکل ۲.۱۵: چوٹی حاصل کار

۲.۳ چوٹی حاصل کار

شکل ۲.۱۵ میں پوٹھی حاصل کار ^{۲۸} 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 0.7V گھنے کو نظر انداز کرتے ہوئے چوٹی حاصل کار کر کر دیکھیوں ہے۔ وقت $t = 0$ پر v_I چالوکیا 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۔

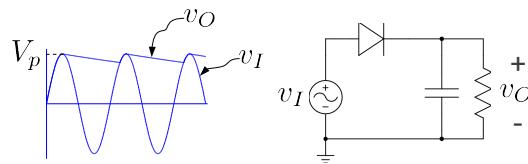
$$i = C \frac{dv_O}{dt}$$

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 بیانے 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 رنگیا جائے تو خنجری اشارہ v_O منقی چوٹی حاصل کرے گا اور یوں اس دور کو منقی چوٹی حاصل کار کہا جائے گا۔

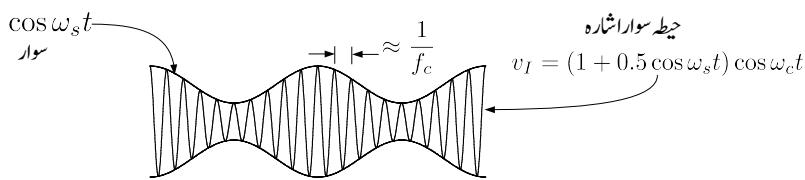
۲.۵ جیطہ اتار کار

بیتے چوٹی حاصل کار میں کپیسٹر کے متوازی مزاحمت جوڑنے سے جیطہ اتار کار ^{۲۹} 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

^{۲۸} peak detector
^{۲۹} دیگر کو نقاطوں 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 گز ناممکن 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 ماماں ہو کر 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 دباؤ حاصل 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 دباؤ حاصل کیا جاتا ہے۔ v_C کے حیط پر سوار کرنے سے مسراو 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^۱
carrier wave^۲

تعدد سوار کہتے ہیں۔ اسی طرح v_c کو سواری موج کہتے ہیں جبکہ اس کی تعداد کو تعدد سواری^{۳۴} 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 دباو 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 دباو

$$(2.11) \quad v_O = V_p e^{-\frac{1}{RCf_c}} \approx V_p \left(1 - \frac{1}{RCf_c} + \dots \right)$$

حاصل ہوتا ہے۔ یوں اس دوران بر قی دباد 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 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

$$\frac{dv_s}{dt} = -0.5\omega_s \sin \omega_s t$$

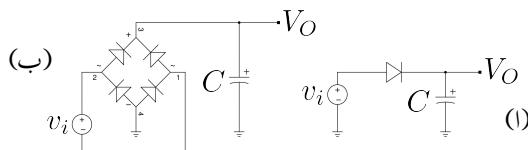
ہے جس کی زیادہ سے زیادہ قیمت $\omega_s t = \frac{n\pi}{2}$ پر حاصل ہوتی ہے جہاں $n = 1, 3, 5, \dots$ ہے۔ یہ قیمت

$$\left| \frac{dv_s}{dt} \right| = 0.5\omega_s$$

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^{۳۵}
modulating wave^{۳۶}
carrier frequency^{۳۷}
AM signal^{۳۸}



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 کپیسٹر 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۔

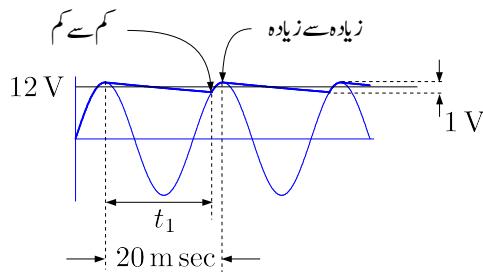
بے بوجھ منبع برقی دباؤ کی کارکردگی بالکل چوٹی حاصل کارکی طرح ہے جبکہ برقی بوجھ سے لدے منبع برقی دباؤ کی کارکردگی جیطہ اتنا کار کی طرح ہے۔ البتہ منبع میں ہماری کوشش ہوتی ہے کہ یکتی V میں بلور کم کے کم ہوتا کہ اسے یک سمت برقی دباؤ کے طور استعمال کرنا ممکن ہو۔ منبع برقی دباؤ اپنے قدرتی آلی یا شیمی میں پایا جاتا ہے۔

چونکہ منبع برقی دباؤ اخنی طاقت 50 Hz کے سائنس نام v_t سے حاصل کرتا ہے اپنذا C بھی اسی تعداد سے بھرتا ہے۔ v_t کے دوچوٹیوں 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 دوسری کے لئے برقی بوجھ کو طاقت فراہم کرتا ہے اور یوں اس دوران اس سے بار کی نکایت ہوتی ہے۔ البتہ t_1 کو دوچوٹیوں 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 دوران یہ ہے۔



شکل 2.19: مثال منبع برقی دباد

ملی سینکڑ 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 فرمت مختلف اور زیادہ آسان طریقے سے حل کریں۔ درکار بارہ دو ولٹ کو شکل 2.19 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 0.5 V یا 1 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 $\frac{12.5}{6000} = 1.9167 \text{ mA}$ کا برقی دنگزے 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 ΔQ 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

$$\Delta Q = I \times \Delta t = C \Delta V$$

کھا جاسکتا 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 خنارجی برقی دباؤ میں بلٹ کم کیا جاسکتا 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۔ جس ان درکاریکے سست برقی دباؤ کی قیمت چند ولٹ زیادہ یا کم فتنہ میں برداشت ہو دہاں اس طرح کی منع استعمال کی جاسکتی ہے۔ یک سست برقی دباؤ کی قیمت زیادہ کم ہونے کے باوجود برقی دباؤ میں بلٹ کو کپیسٹر سے فتاور 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 بلٹ $\pm 0.1 \text{ V}$ 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 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 خنارجی برقی دباؤ کی زیادہ سے زیاد قیمت V_p جبکہ اس میں کل بلٹ ΔV لکھتے ہوئے

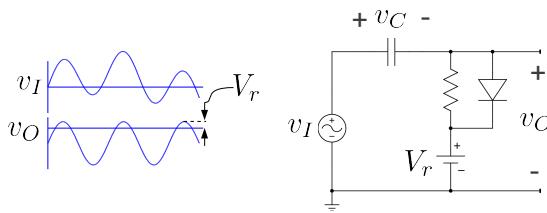
$$(2.18) \quad V_{\text{یکمی}} = V_p - \frac{\Delta V}{2}$$

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 رہتا ہے۔ آئیں اس کی ایک مثال دیکھیں۔

ripple^۵
voltage source^۵



شکل ۲.۲۰: شکنجه

آپ جانتے ہیں کہ بدلت برقی رومقنا طیس پیدا کرتی ہے اور بدلات مقنٹ طیس میں ان برقی دباؤ کو جسم دیتا ہے۔ یوں اگر باریکے اشاراتی تاروں کے متریب عام استعمال کے گھریلو یا صنعتی بجھی کے تار گزرس تو ان میں بدلت برقی رو باریکے 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^{۵۴} نہ کلائے ہے عسو ما چھونا کر کے صرف شکنجه کہتے ہیں اس دور کی کارکردگی پچھلے حصے 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 سیڑھی کی برقی دباؤ V_r سے زیاد ہے۔

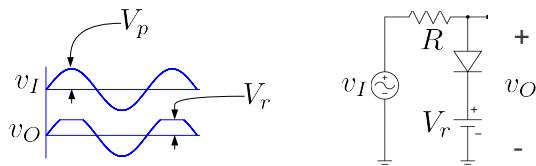
حنارجی جناب کی برقی دباؤ v_O پر غور کرتے معلوم ہوتا ہے کہ یہ کسی صورت V_r سے تجاوز نہیں کر سکتا یوں کہ جب بھی v_O کی مقدار V_r سے تجاوز کرے، ڈائیوڈ سیدھا مائل ہو جائے گا۔ سیدھے مائل ڈائیوڈ کی صورت میں v_O اور V_r برابر ہیں گے۔ کر خوف کے قانون برائے برقی دباؤ کے تحت سیدھے مائل ڈائیوڈ کی صورت میں

$$v_I = v_C + v_D + V_r$$

ہو گا۔ داخلی برقی دباؤ کے چھٹی پر v_D کو صفر والے اور v_I کو v_p لیتے ہوئے اس مساوات سے کپیسٹر کا برقی دباؤ یوں حاصل ہوتا ہے۔

$$v_C = v_I - v_D - V_r \approx v_p - V_r$$

یوں کپیسٹر 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 کپیسٹر کا بار حنارج ہو سکے اور یہ بعد میں آنے والی کم چھٹی کو بھی فت یو کر سکے۔



شکل ۲.۲۱: یک طرف تراش

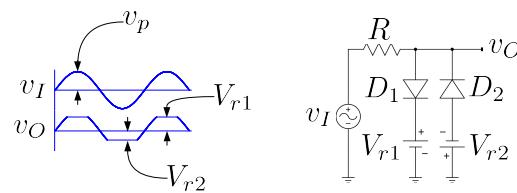
۲.۷. برقياتي تراش

شکنچ کے دور میں کپیمیر کی جگہ مزاحمت استعمال کرنے سے برقياتي تراش^{۵۳} کا دور حاصل ہوتا ہے جسے شکل ۲.۲۱ میں دکھایا گیا ہے۔ برقياتي تراش^{۵۴} 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 سے کم ہوڈیوڈ الٹ مائل بینی مقطع رہتا ہے۔ اس صورت میں خارجي برقي دباؤ داخلي برقي دباؤ کے گامین ہو گا اور متدار صفر کی پیمائش رہے گی۔ جیسے ہی داخلي برقي دباؤ کی قيمت V_r سے تجاوز کر جبائے ڈايوڈ سیدھا مائل ہو جاتا ہے۔ جتنی تک $V_r > v_I$ رہے اتنی دیر کے لئے ڈايوڈ کو ہچکا لو سوچ سچا جا سکتا ہے اور یوں اس دوران خارجي برقي دباؤ کی قيمت V_r رہے گی۔ اس دوران مزاحمت اور ڈايوڈ دونوں میں برقي روکی مقدار

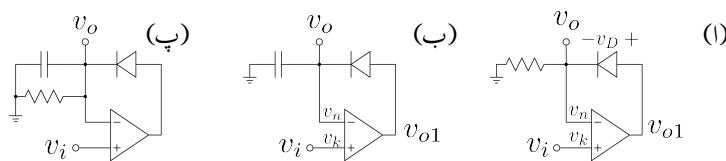
$$i_R = \frac{v_I - V_r}{R}$$

ہو گی۔

آپ نے دیکھا کہ یہ دور داخلي برقي دباؤ کو V_r پر تراشتا ہے۔ اس دور میں ڈايوڈ کے استعمال سے دو طرف تراش^{۵۵} حاصل ہوتا ہے جسے شکل ۲.۲۲ میں دکھایا گیا ہے۔ اس دور میں جب تک v_I کی قیمت شبت ہوڈیوڈ D_2 الٹ مائل رہتا ہے۔ یوں شبت داخلي برقي دباؤ کے لئے یہ دور بالکل پچھلے گئے ایک طرف کے تراش کی طرح کام کرتا ہے اور داخلي اشارہ کے شبت چوٹی کو V_{r1} پر تراشتا ہے۔ مفہوم داخلي برقي دباؤ کی صورت میں ڈايوڈ D_1 الٹ مائل رہتا ہے اور یہ دور داخلي اشارہ کے مفہوم چوٹی کو V_{r2} پر تراشتا ہے۔ شکل میں داخلي اور تراشے گئے خارجي 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 مائل 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 ہیں ڈائیوڈ مائل 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 $V = v_0 = 0$ 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 $V = v_0 = 0$ 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 بیٹھت جانپ بڑھتے ہیں v_{01} اس متدرج رہتا ہے کہ $v_k = v_n = v_0$ رہتا ہے۔ یوں $v_i = v_k = v_p$ رہتا ہے۔ جب داخنی اشارہ اپنے چوٹی پر پہنچتا ہے، اس لمحے کپیسٹر بھی $V_p = V_n = V_k$ اور یوں $v_D = v_p$ ہوتا ہے۔ اس لمحے کپیسٹر بھی $V_p + v_D = v_{01} = V_p$ کے برابر ہو گری دوڑتک بھرا جاتا ہے۔

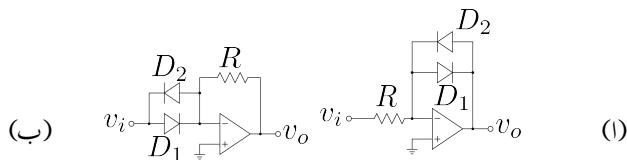
داخنی اشارہ اپنے چوٹی تک پہنچنے کے بعد کم ہونا شروع ہوتا ہے۔ حسابی ایکلینیکر کا حسارتی اشارہ v_{01} کم ہو کر کوشش کرتا ہے کہ $v_k = V_p$ رکھ سکے۔ البتہ ڈائیڈ کے حسارتی جانپ نسب کپیسٹر پر V_p بر قی دبا پایا جاتا ہے اور v_{01} کی قیمت جیسے ہی V_p سے کم ہوتا ہے اسی لمحے ڈائیڈ اس مائل ہو کر مفقط ہو جاتا ہے۔ ڈائیڈ مفقط ہونے سے کپیسٹر بردار کے بخاتی کا کوئی راستہ نہیں رہتا اور یوں اس پر برقرار V_p بر قی دبا 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 کپیسٹر پر داخنی اشارے کے چوٹی سے v_D بر ابر کم بر قی دبا پایا جاتا ہے جبکہ موجودہ دور حقیقی چوٹی 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 جاتی 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^{۵۵} 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 بیٹھت یا منقی مسکن 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 لوگاریتم ^{۵۴} لیتے ہوئے حاصل ہوتا ہے۔

$$v_o = -V_T \ln \left(\frac{v_i}{I_S R} \right)$$

شکل ب میں قدرتی اللٹھ۔ لوگاریتم ایمپلینیٹر ^{۵۵} 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 ^{۵۶}
natural anti-log ^{۵۷}

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

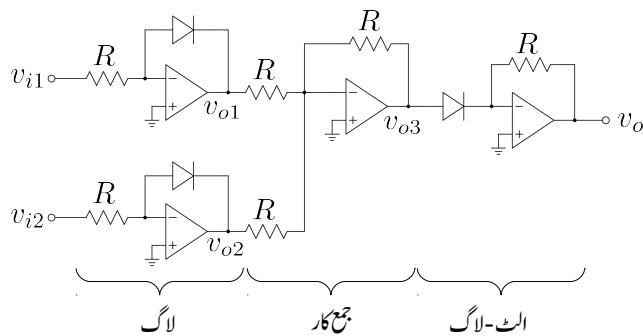
$$\begin{aligned} v_{o3} &= -(v_{o1} + v_{o2}) \\ &= V_T \ln \frac{v_{i1}}{I_S R} + V_T \ln \frac{v_{i2}}{I_S R} \\ &= V_T \ln \frac{v_{i1} v_{i2}}{I_S^2 R^2} \end{aligned}$$

اور اللہ۔ لوگار تھمی کے مساوات سے

$$\begin{aligned} v_0 &= -I_S R e^{\frac{v_{o3}}{V_T}} \\ &= -I_S R e^{\ln \frac{v_{i1} v_{i2}}{I_S^2 R^2}} \\ &= -\frac{v_{i1} v_{i2}}{I_S R} \end{aligned}$$

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 تقویم کار^{۵۹} 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 میں 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

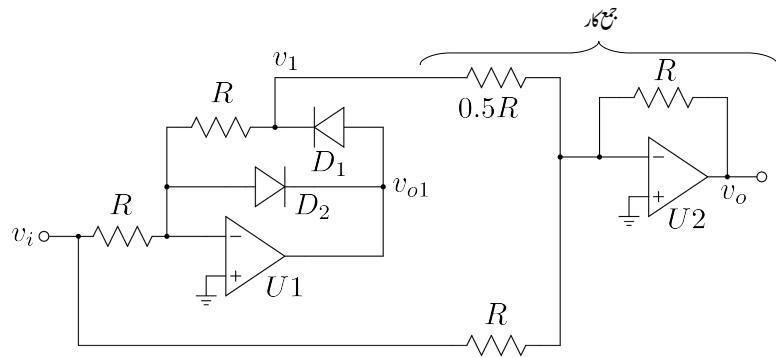
$$v_k = 0$$

$$\frac{v_n - v_i}{R} + \frac{v_k - v_1}{R} = 0$$

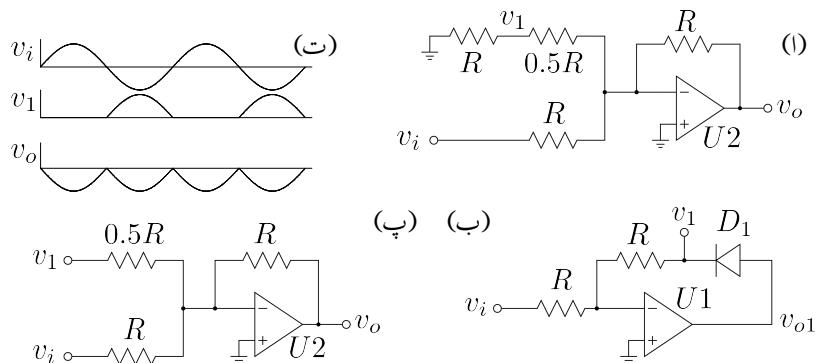
اور یوں

$$v_1 = -v_i$$

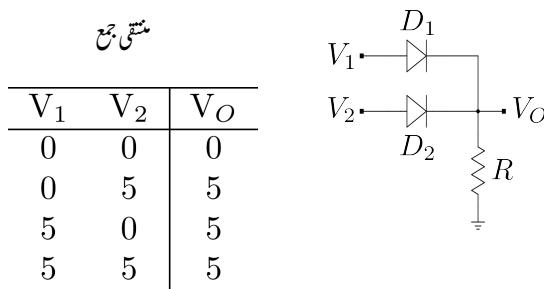
حاصل ہوتا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ $v_D = v_1 + v_{o1}$ ہو گا جیسا کہ D_1 پر برقرار رکھا ہے۔



شکل ۲.۲۶: کامل مکمل ایجسٹ کار



شکل ۲.۲۷: کامل مکمل ایجسٹ کار کا درکار کردگی



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

$$v_o = -v_i - 2v_1$$

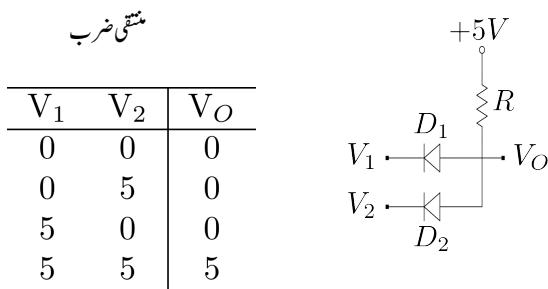
حاصل ہوتا ہے۔ شکل ۲.۲۷ میں متنقی v_i کی صورت میں v_1 اور v_o دکھائے گئے ہیں۔

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

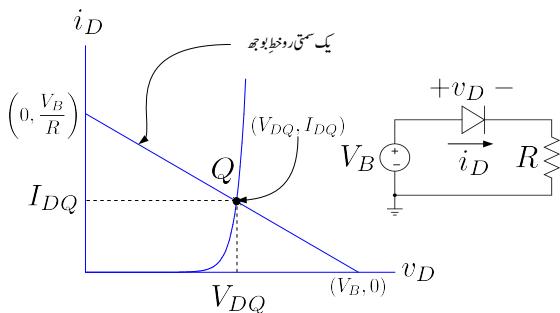
صورت میں ڈائوڈ D_2 سیدھا مائل جبکہ D_1 المائل ہے۔ یوں D_2 کو چپ الوسیع جبکہ D_1 کو منقطع سوچ تصور کر کے واضح ہے کہ حنارجی برقی دباؤ پانچ ولٹ ہے لیکن $V_O = 5V$ ہے۔ اسی طرح جبدول کی تیسری صفت کے حوالے سے D_1 سیدھا مائل جبکہ D_2 المائل ہو گا اور یوں $V_O = 5V$ ہو گا۔ جبدول کی آخری صفت میں دونوں ڈائوڈ سیدھے 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^۳ کے اووار میں نہایت کار آمد 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 نقطہ کارکردگی کہتا ہے۔ ان ناموں کو عسموماً چھوٹا کر کے نقطہ مالک یا نقطہ کارکردگی کہاتے ہیں۔ نقطہ کارکردگی کو Q سے ظاہر کیا جاتا ہے۔

شکل ۲.۳۰ میں مساوات ۲.۱۵ کے خط کو کیسے سمجھ رہے ہیں؟ یہ بھی کہتے ہیں۔ آئیں اس خط پر غور کرتے ہیں۔ خط روختہ بوجہ کی ڈھلوانی^{۱۴}

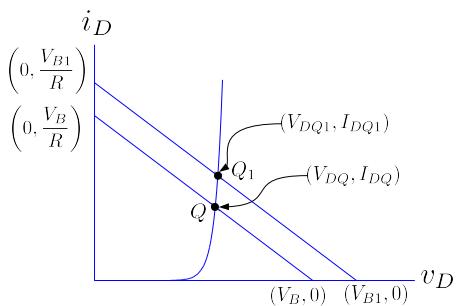
$$\frac{\Delta i_D}{\Delta v_D} = -\frac{1}{R}$$

DC bias point^{۱۵}

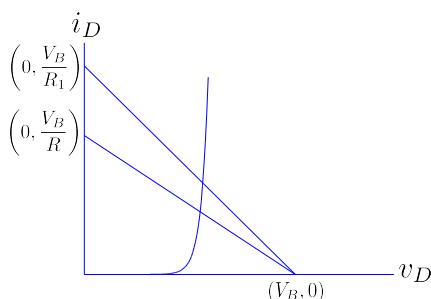
^{۱۴} گھوڑے پر بوچھا دا جہا تا ہے۔ یہاں R بطور برقی بوچھ کردار ادا کرتا ہے اور اس کے مساوات کے گراف کو خط روختہ بوجہ کہتے ہیں

DC load line^{۱۵}

gradient^{۱۶}



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^{۱۴} 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 mA کو ہم درست جواب تسلیم کر لیتے ہیں۔

۲.۱۱ کار تیکی محدود اور ترسیم

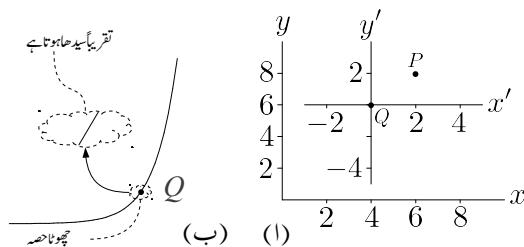
اس ہے میں کار تیکی محدود اور ترسیم پر غور کیا جائے گا جس کی اس کتاب میں کئی جگہ ضرورت پیش آئے گی۔ اگرچہ اس ہے کو کتاب کے آخر میں خیہ کے طور کھانا چاہئے حت مگر اس کی اہمیت کو دیکھتے ہوئے میں نے اس باب کا حصہ بنالیا ہے۔ طلبہ سے گزارش کی جاتی ہے کہ وہ اس ہے کو کوئی سمجھیں۔

۲.۱۱.۱ محدود کی ممتنعی

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: (a) کار تی محدود۔ (b) 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 اف 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

$$\Delta t_2 = t_3 - t_2$$

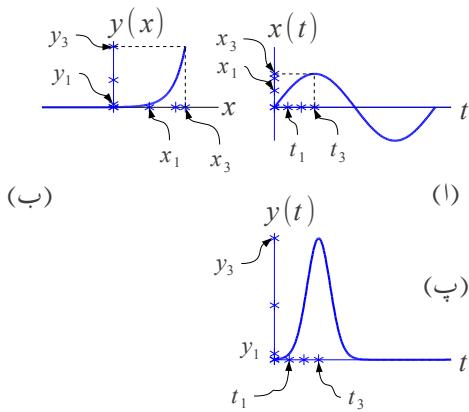
آپ جتنی چھپائیں رکھ سکتے ہیں۔ اس کے علاوہ کسی دو متری نکات کے درمیان فاصلہ مثلاً

$$\Delta t_5 = t_6 - t_5$$

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 بدلتے متغیرات کی مثال

جدول ۲.۲: $x(t)$ بال مقابل t کا جدول

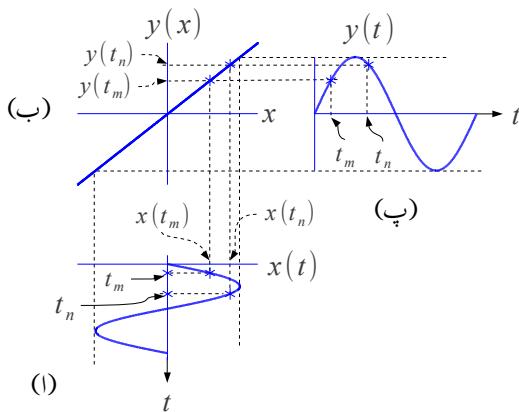
t_0	t_1	t_2	\dots	t_n
x_0	x_1	x_2	\dots	x_n

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 $y_0, y_1, y_2, \dots, y_n$ 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 ٹکنیک بالکل متفہیں ہیں۔ مندرجہ بالاتمام عمل کو نہیات 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 سائن نس تصور کیا گیا ہے جبکہ تق عمل $(x)y$ کو سیدھا خط



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۔^{۱۹} 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 لیجنی

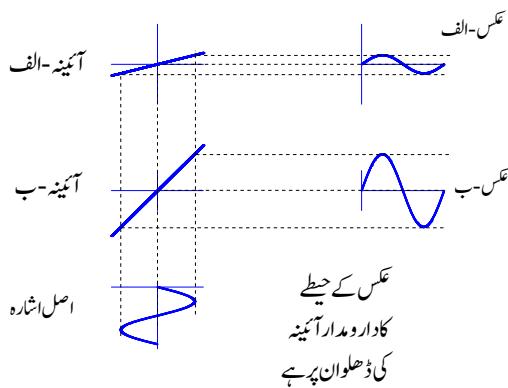
$$(2.18) \quad m = \left. \frac{\partial y}{\partial x} \right|_Q$$

شکل ۲.۳۵ میں دونوں نقطے t_n اور t_m کو مشال بنتے ہوئے پورے عمل کو سمجھایا گیا ہے۔ ان دونوں پر $x(t_m)$ اور $x(t_n)$ حاصل کے جب تے ہیں۔ ان کی قیمت جانتا ضروری نہیں، بلکہ اتنا درکار ہے کہ ان کی نشاندہی گراف پر کرداری جائے۔

شکل الف اور شکل بے یوں بنائے جب تے ہیں کہ شکل بے کا x محمد شکل الف کے x محمد 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 جب تے ہیں کہ شکل پے کا y محمد شکل بے کے y محمد کے بالکل دائیں جانب برابر کا جائے اور ان کی جامات بھی برابر ہو۔ یوں شکل بے کے $y(t_m)$ اور $y(t_n)$ نقطوں سے شکل

^{۱۹} 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 پورا عمل شکل ۲.۳۵ کو دیکھتے ہی ایک د سمجھ آج بانا پاہے۔

شکل ۲.۳۵ میں (x) یا ایک خلی (این غیر-خمن دار) تھا عمل 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 تھا عمل کے اشکال میں چونکہ صرف جیٹے تبدیل ہوتا ہے لہذا اعموماً اشارہ (t) x کے چیزوں سے شکل ب تک اور بساں 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 حناری (یا منعکس^{۴۰}) اشارہ جبکہ (x) y کو آئینے کے 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 ۲.۲۷ 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۔

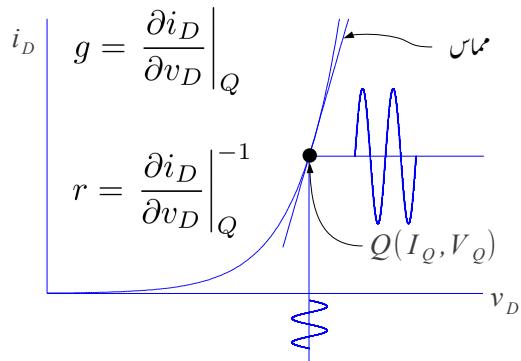
$$(2.22) \quad r = \left. \frac{\partial i}{\partial v} \right|_Q^{-1}$$

۲.۱۲ باریک اشاراتی تجزیہ

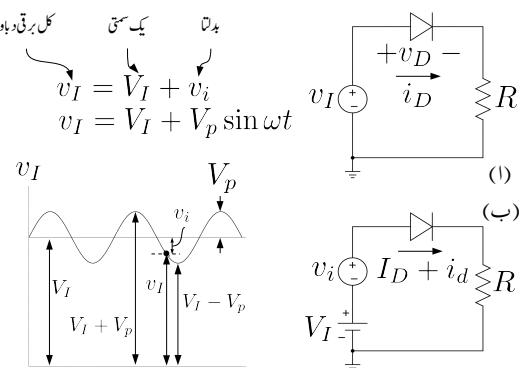
شکل ۲.۳۸ میں داخلی بر قی دباؤ v_I استعمال کی گئی ہے۔ گراف میں v_I کی قیمت ثابت رہتے ہوئے مسلسل تبدیل ہوتی دکھائی گئی ہے۔ جیسا شکل ب میں دکھایا گیا ہے، v_I کو یوں بھی تصور کیا جا سکتا ہے کہ اسے یک سمت بر قی دباؤ V_I اور بدلتے بر قی دباؤ v_i کو سالمہ وار جوڑ کر حاصل کیا گیا ہے یعنی

$$(2.23) \quad v_I = V_I + v_i$$

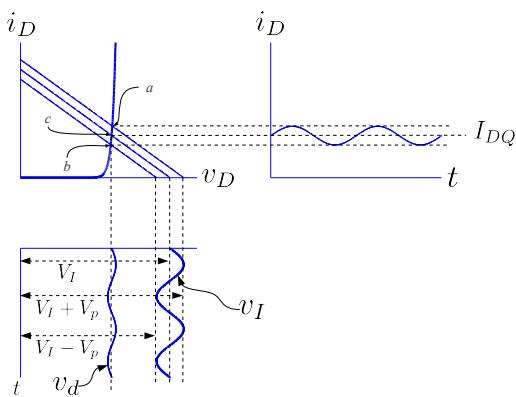
باریک اشارہ v_i سے مراد وہ بدلتا اشارہ ہے جس کا حیطہ دور میں پائے جانے والے یک سمت بر قی دباؤ یا یک سمت بر قی روکی قیتوں سے نہیں کم ہو (یعنی $V_I \ll v_i$)۔



شکل ۲.۳۷: باریکے اشاراتی موصیت اور باریکے اشاراتی مزاجت



شکل ۲.۳۸: باریکے اشارہ



شکل ۲.۳۹: ڈائیوڈ پر باریکے اشارات

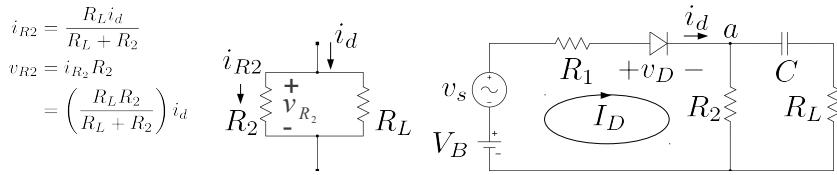
شکل ۲.۳۱ میں تغیر پذیر داخنی برقی دباؤ کا خط بوجھ پر اثر دکھایا گیا۔ اسی ترکیب کو یہاں استعمال کرتے ہوئے باریکے داخنی اشارہ v_I کی موجودگی میں ڈائیوڈ کی کارکردگی پر غور کیا جائے گا۔ تغیر پذیر داخنی برقی دباؤ v_I سے نپٹنے کی حناطہر مختلف لمحات پر وقت کوس کی تصور کرتے ہوئے ان لمحات پر داخنی برقی دباؤ کی 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° میں $\omega t_0 = 90^\circ$ اور $\omega t_0 = 270^\circ$ پر داخنی برقی دباؤ $v_I(t_1) = v_I(t_0) = V_I$ اور $v_I(t_2) = V_I - V_p$ اور $v_I(t_3) = V_I + V_p$ استعمال کرنے کا خط بوجھ گراف کئے گئے ہیں۔

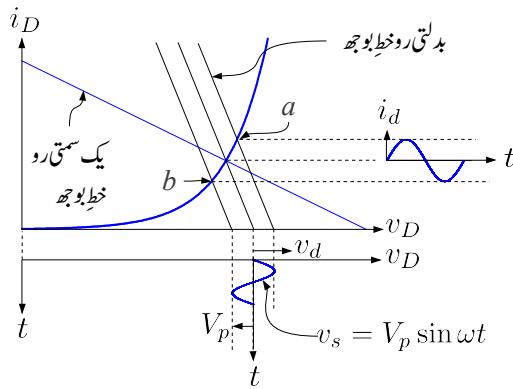
شکل ۲.۳۸ کے داخنی برقی دباؤ کے گراف کو گھٹتی کی سمت 90° کے زاویے گھٹ کر شکل ۲.۳۹ میں بنا یا گیا ہے۔ یوں تغیر پذیر داخنی برقی دباؤ سے خط بوجھ حاصل کرتے ہوئے دور میں بدلتا برقی روح حاصل کی جاتی ہے۔ یہ ترکیب شکل پر غور کرنے سے واضح ہو گی۔

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 مسازم ت پائے جاتے ہیں جن کی کل مسازم ت 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 کمینتے کرتے وقت اس کی ڈھلوان $\frac{1}{R_t}$ رکھی جائے گی۔ بدلے اشارہ کے تبدیل کے ساتھ بدلتا رہا، خط بوجھ بھی بگے 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 مزید 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 کمین 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 محدود $i_d - v_d$ بنائے جاسکتے ہیں جن سے v_d اور i_d کو پڑھا جاسکتا ہے۔

اور i_d کو تخلیلی طریقے سے بھی حاصل کیا جاسکتا ہے۔ ایک نئے کی حنطہ شکل ۲.۲۰ پر غور کرتے ہیں۔ اگر یہاں $0 = v_s = R$ کا جبکے تو باعین دائرے میں صرف یک سست برقی رو I_D گزرنے کی جس سے مزاحمت R_2 پر برقی دباؤ $I_D R_2$ پیدا ہوگا۔ یہی برقی دباؤ جو a پر پیلا جبکے گا۔ اور کپیٹر C آپس میں سلسلہ وار جڑتے ہیں۔ یوں ان کی برقی رکاوٹ $R_L + \frac{1}{j\omega C}$ ہے۔ یہ برقی رکاوٹ R_2 کے متوازی جڑتی ہے۔ R_L 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_L 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 پانے جانے والے یک سست برقی دباؤ کو برداشت کرے گا اور یہ کپیٹر پر $V_C = I_D R_2$ برقی دباؤ پیلا جبکے گا۔ کرخوف کے قانون برائے برقی دباؤ کے لئے کھلے سرے کردار ادا کرتا ہے۔

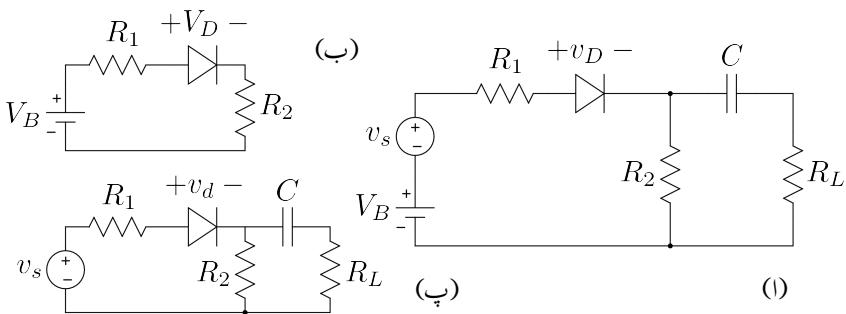
$$(2.27) \quad V_B = I_D R_1 + V_D + I_D R_2$$

آئیں اب شکل ۲.۲۰ میں یک سست برقی دباؤ V_B برقرار رکھتے ہوئے v_s کو صفر سے بڑھایا جاتا ہے تاہم $v_s \ll V_B$ رکھا جاتا ہے۔ اب کل برقی رو $V_B + v_s$ اب کل برقی رو $i_d = I_D + i_d = I_D + i_{R2}$ پیدا کریں گے۔ I_D کی کہانی تبدیل نہیں ہوتی لیست i_d پر غور درکار ہے۔ مزاحمت R_1 اور ڈائیوڈ سے گزرتے ہوئے جو a پر پچھتے ہے جہاں اسے دور است ملتے ہیں۔ اس مثال کی حنطہ کپیٹر کو یک سست برقی رو کے لئے قصر دوڑ تصور کرتے ہوئے صورت حال کو شکل میں دکھایا گیا ہے۔ i_d کا کچھ حصہ R_2 میں گزرنے کا یعنی

$$(2.28) \quad i_{R2} = \left(\frac{R_L}{R_L + R_2} \right) i_d$$

یوں R_2 میں کل برقی رو کی قیمت $I_D + i_{R2}$ ہو گی۔ کرخوف کے قانون برائے برقی دباؤ کو باعین 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۔

$$(2.29) \quad V_B = I_D R_1 + V_D + I_D R_2$$

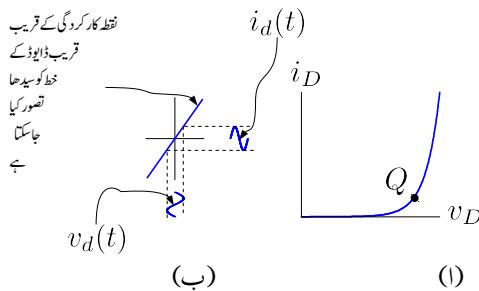
$$(2.30) \quad v_s = i_d R_1 + v_d + i_d \left(\frac{R_L R_2}{R_L + R_2} \right)$$

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 باریکے 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 جاتا ہے گا۔

۲.۱۲.۲ باریکے اشاراتی مزاجمت

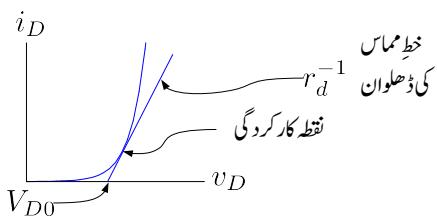
تفیر پذیر دھنی برقی دباو میں باریکے اشارات کو ظفر انداز کرتے ہوئے حاصل نقطہ مائل کو شکل ۲.۳۹ میں c سے ظاہر کیا گیا ہے۔ باریکے اشارہ کی موجودگی میں یہ نقطہ تبدیل ہوتے ہوئے a اور b کے درمیان رہتا ہے۔ ان دو نقطوں کے مابین ڈائیوڈ کا خط قدریba ایک سیدھی لکسیر کی مانند ہے۔^{۴۷} یاد رہے کہ مزاجمت کی برقی دباو بالقابل برقی روکاخط سیدھی لکسیر ہوتا ہے۔ اگر نقطہ c پر $v_d - i_d$ کا اور تمی مدد دینا یا جبائے^{۴۸} اور گراف کو a سے b تک مدد دکر دیا جائے تو اس نقطے میں ڈائیوڈ کے مادوں کا گراف عام مزاجمت 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 مزاجمت r_d تصور کیا جاسکتا ہے جیسا

$$(2.31) \quad r_d = \frac{v_d}{i_d}$$

شکل ۲.۳۳ الف میں و سچے اشاراتی مدد ($i_D - v_D$) جبکہ شکل ۲.۳۳ ب میں باریکے اشاراتی مدد ($v_d - i_d$) استعمال کئے گئے ہیں۔ شکل ب میں یہ بھی دیکھتے ہیں کہ نقطہ کارکردگی پر ڈائیوڈ کے باریکے اشاراتی مزاجمت r_d کو استعمال کرتے ہوئے ڈائیوڈ کے باریکے اشاراتی برقی دباو $v_d(t)$ پر اس کے باریکے اشاراتی برقی رو $i_d(t)$ کا خط بھی نہیں آسانی کے ساتھ حاصل کیا جاسکتا ہے۔ باریکے اشارہ کی موجودگی میں ڈائیوڈ نقطہ مائل کے قدریب قدریب رہے گا۔ 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

^{۴۷} ۲.۱۱.۲ میں دیکھا گیا کہ کسی بھی خط کے باریکے ہے کو سیدھا تصور کیا جاسکتا ہے

^{۴۸} 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^۶ 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^۷ 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^۸ 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^۶
tangent^۷
differentiation^۸

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

$$(2.36) \quad r_d = \frac{25 \times 10^{-3}}{15 \times 10^{-3}} = 1.667 \Omega$$

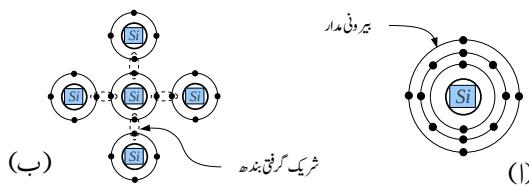
اور $i_D = 25 \mu\text{A}$

$$(2.37) \quad r_d = \frac{25 \times 10^{-3}}{25 \times 10^{-6}} = 1000 \Omega$$

۲.۱۳ طبیعتِ نیم موصل اشیاء

ڈائیوڈ نیم موصل^۹ مواد سے بنائے جاتے ہیں۔ اس حصہ میں نیم موصل اشیاء کی طبیعت پر خورکیا جائے گا۔ اگرچہ بر قیاتی پر زہ جبات جبرا میں یا سلیکان دونوں سے بنائے جا سکتے ہیں، حقیقت میں سلیکان کی عمدہ خوبیوں کی بدولت بر قیاتی پر زہ جبات زیادہ تر سلیکان سے ہی بنایا جاتا ہے۔ اسی وجہ سے اس کتاب میں صرف سلیکان پر بحث کی جائے گی۔
کیئی دوسرے جدول^{۱۰} کے چوتھے قطعہ یعنی چوتھے جماعت^{۱۱} میں کاربن C^{۸۳}، سلیکان Si^{۸۴}، جبرا میں Ge

semiconductor^۹
periodic table^{۱۰}
group^{۱۱}
carbon^{۸۴}
silicon^{۸۳}



شکل ۲.۷۵: سیکان ایم اور سیکان فلم میں شریک گرفتی بندہ

^{۸۳} وغیرہ پائے جاتے ہیں۔ ان تمام عنصر کے ایئن نمونے ^{۸۴} کے بیرونی مدار ^{۸۵} میں چار الیکٹران ^{۸۶} پائے جاتے ہیں۔ یوں ان کی کھیالی گرفتہ ^{۸۹} ۴+ یا ۴- مسکن ہے۔ اس جسم کے عنصر شریک گرفتی بندہ ^{۹۰} بناتے ہیں۔ برقياتی پر زہ جبات بنانے کی حفاظت ^{۹۱} ۹۹.۹۹۹۹۹۹۹۹ فی 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 ^{۹۱} کے اس کے موصلیت ^{۹۲} کو تبدیل کر کے اسے موصل بنایا جاتا ہے۔ اسی لئے سیکان کو نیم موصل ^{۹۳} پکارا جاتا ہے۔ وزن کے لحاظے میں کے بیرونی ٹھوس سطح کا ۲۸ سیکان پر مشتمل ہے۔ عام ریت سیکان اور آسیجن کا سرکب SiO_2 ہے۔ سیکان کا ایئٹھر عدد ^{۹۴} یا توہر کی عدد ۱۴ 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 سیکان کا قلم ^{۹۵} بناتا ہے۔ شکل ۲.۷۵ 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 ^{۸۶}
elements ^{۸۵}
atomic model ^{۸۷}
shell ^{۸۸}
electrons ^{۸۸}
valency ^{۸۹}
covalent bond ^{۹۰}
doping ^{۹۱}
conductance ^{۹۲}
semiconductor ^{۹۳}
atomic number ^{۹۴}
crystal ^{۹۵}

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^{۹۶} یا متحرک الیکٹرون^{۹۷} 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 مفتام پر مقتل ہو جاتا ہے۔ ایسا بار بار ہونے سے خلاء مسلل جگ تبدیل کرتا ہے۔ خلاء اور مثبت ایم کا مفتام 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 یا متحرک غلو^{۹۸} کہتے ہیں۔ آزاد خلنک اکل آزاد الیکٹرون کی طرح سیکان کی موصلیت میں کردار ادا کرتا ہے۔ آزاد خلنک اکل السیکٹران کے بارے برابر مگر مثبت ہوتا ہے۔

حرارت سے شریک گرفتی بندھ ٹونٹ کی وحہ سے پیدا آزاد الیکٹرون^{۹۹} جبکہ اس سے پیدا آزاد غلو (مثبت بار) کو حرارت غلو^{۱۰۱} 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 قلتیت الیکٹرون^{۱۰۲} اور اقلیتی غلو^{۱۰۳} بھی کہتے ہیں۔ حرارت سے آزاد السیکٹران اور آزاد خلنک کے پیدا اش کے عمل کو حرارتی پیدا اش^{۱۰۴} کہتے ہیں۔ حرارتی پیدا اش کو شرح^{۱۰۵} کا انحصار درج حرارت پر ہے۔

آزاد اسیکٹران اور آزاد خلنک سیکان میں بلا ترتیب حرکت کرتے ہیں اور یہاں کرتے ہوئے کبھی کبھار آپس میں دوبارہ جبڑ جاتے ہیں۔ ان کے جبڑنے سے ایک آزاد اسیکٹران اور ایک آزاد خلنک موجود ختم ہو جاتا ہے۔ اس عمل کو دوبارہ جو نہ^{۱۰۶} اجبکہ اس کی شرح کو دوبارہ جو نہ^{۱۰۷} کی شرح^{۱۰۸} کہتے ہیں۔

جب حرارتی پیدا اش کی شرح اور دوبارہ جو نہ 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^{۱۰۸} یا آزاد خلنکی تعداد کی کثافت^{۱۰۹} 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 ^{۹۱}
mobile electron ^{۹۲}
free hole ^{۹۸}
mobile hole ^{۹۹}
thermal electron ^{۱۰۰}
thermal hole ^{۱۰۱}
minority electrons ^{۱۰۲}
minority hole ^{۱۰۳}
thermal generation ^{۱۰۷}
thermal generation rate ^{۱۰۵}
recombination ^{۱۰۸}
recombination rate ^{۱۰۹}
number density ^{۱۰۸}

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 8.62×10^{-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

کیمیائی دوری جدول کے پانچیں جسامت میں نائشووجن N، فاسفورس P و غیرہ پائے جاتے ہیں۔ ان عناصر کے ایٹوں کے بیرونی مدار میں پانچ الیکٹران پائے جاتے ہیں۔ نائشووجن کو مثال بناتے دیکھتے ہیں کہ سیکان کے فتم میں ان عناصر کی، نہایت باریک مقدار میں، موجودگی کے کیا اثرات سرتباً ہوتے ہیں۔ سیکان کے فتم میں ایٹوں کے ایٹم کی جگہ پر کوئی اثر نہیں ہوتا۔ شامل کے جبانے والے ملاوی نائشووجن کے ایٹوں کی موجودگی کا فتم میں ایٹوں کے ترتیب پر کوئی اثر نہیں ہوتا۔ شامل کے جبانے والے ملاوی نائشووجن کے ایٹم کی موجودگی جگہ سیکان ایٹم کی جگہ پر کر فتم کا حصہ بن جاتے ہیں۔ شکل ۲.۳۶ میں نائشووجن کے ایٹم کو سیکان کے فتم میں بینت دکھایا گیا ہے۔ نائشووجن ایٹم کے بیرونی مدار میں موجود پانچ الیکٹرانوں میں سے چار الیکٹران فتم میں دستیاب ہے۔ اس فتاویٰ الیکٹران کا نائشووجن ایٹم کے ساتھ شریک گرفتی بندہ بنانے میں جبکہ پانچوں الیکٹران فتاویٰ ہوتا ہے۔ اس فتاویٰ الیکٹران کا نائشووجن ایٹم کے ساتھ کمزور بس 10^{19} ہوتا ہے جسے الیکٹران کی سرارتی تو انہی جملہ مقاطعہ کر کے الیکٹران کو آزاد کر دیتی ہے۔ اس طرح آزاد الیکٹران فتم میں مکمل آزادی کے ساتھ حدر کر کر سکتے ہیں جس سے فتم موصل ہو جاتا ہے۔ فتم میں نائشووجن ایٹوں کی تعداد بتبدیل کر کے اس کی موصلیت پر فتاویٰ رکھا جاتا ہے۔ شکل ۲.۳۶ میں ایک آزاد الیکٹران ^{۱۰} کو سیکان ایٹوں کے مابین دکھایا گیا ہے۔ یوں اگر شامل کئے گئے ملاوی نائشووجن ایٹوں کی تعدادی کثافت N_D ایٹمی 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^{۱۰۹}
free electron^{۱۱۰}

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^{۱۱۱} کی کثافت شامل کے جب نہ والے ملاوٹی ایٹموں کی تعداد پر منحصر ہے جبکہ اس میں اقلیتی غلو^{۱۱۲} کی کثافت درجہ حسارت پر منحصر ہے۔ مقنی نیم موصل میں آزاد اسیکٹران کی تعداد آزاد حنلوکی تعداد سے کمی درجہ زیادہ ہو گی۔

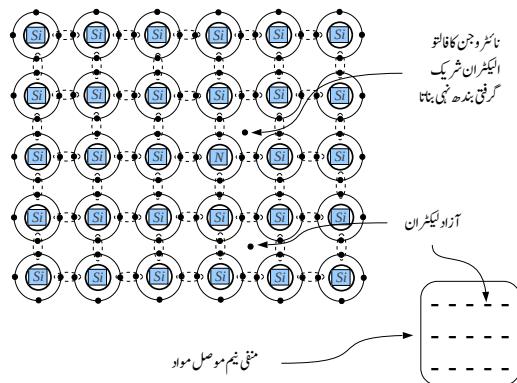
اس مثال میں نائشو جن کی شمولیت سے سیکان میں تحرک آزاد اسیکٹران یعنی متحرک منفی بار^{۱۱۳} نے موصلیت پیدا کی۔ ایسے سیکان کو منفی قسم کا نیم موصل یا منفی نیم موصل^{۱۱۴} کہتے ہیں۔ یوں مقنی نیم موصل تیر کرنے کی خاطر سیکان میں کیا تی دوڑی جس دوڑ کے پانچیں جماعت کے عنابر طور ملاوٹ شامل کے جاتے ہیں۔ کسی بھی 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 بارگھت ہے۔ یوں اگرچہ قائم کا کل بار اپنے بھی صفر ہی ہے لیکن جس مدتام پر نائشو جن کا بثت ایٹم موجود ہوا سل معتام پر کل بارگھت ہو گا اور جس مدتام پر آزاد اسیکٹران موجود ہو پائیں کل بار منفی ہو گا۔

قائم میں تمام ایٹم اپنی جگہ جگہ جوں سکتے ہیں ایسکن جگہ تبدیل نہیں کر سکتے۔ ایسے ایٹموں کو ساکن تصور کرتے ہوئے ہم دیکھتے ہیں کہ قائم میں بگے جگہ ساکن بثت بارو والے نائشو جن ایٹم پائے جاتے ہیں۔ یوں مقنی قسم کے نیم موصل قائم میں بثت بارا کن رہتے ہیں جبکہ اس میں مقنی بار (آزاد اسیکٹران) حرکت پذیر ہوتے ہیں۔ یوں مقنی نیم موصل میں مواد میں بر قریب کا بار ایک 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^{۱۱۵} لگیں بھی کہا جاتا ہے۔

ان دو اقسام کے باروں کا تذکرہ کرتے ہوئے ماکڑے بار^{۱۱۶} اور متحرک بار^{۱۱۷} 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^{۱۱۱}
minority holes^{۱۱۲}
mobile negative charge^{۱۱۳}
 n -type semiconductor^{۱۱۴}
electron gas^{۱۱۵}
immobile charges^{۱۱۶}
mobile charges^{۱۱۷}



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^{۱۸} بھی کہتے ہیں۔

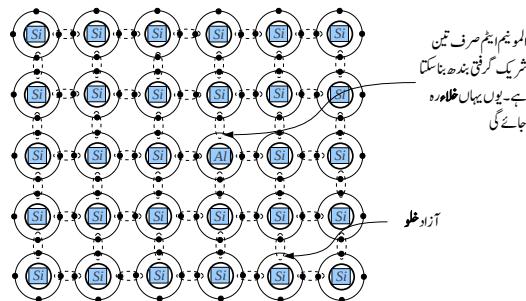
۲.۱۵۔ ثابت قلم کا نیم موصل

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

^{۱۸} majority electrons

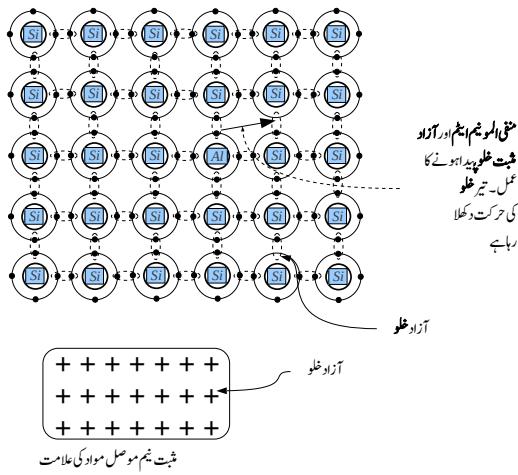


شکل ۲.۲۷: المونیم ائیم فسلم میں سیکان ائیم کی جگہ لیتا ہے

بار اختیار کر لیتا ہے جبکہ جہاں سے الیکٹران خارج ہوا اس مفتام پر مشتمل آزاد غلو^{۱۹} رہ جاتا ہے۔ اس مثبت آزاد حنلوں کو حنلوں الف کہتے ہوئے گفتگو آگے بڑھاتے ہیں۔ اسی طرح حرارتی توانائی نوپری حنلوں الف کے مترب 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 مشتمل جگہ تبدیل کرے گا جبکہ منقی المونیم ائیم سا کن رہتا ہے۔ مسلسل حنلوں پر ہو گا وغیرہ وغیرہ۔ یوں آزاد حنلوں مسلسل جگہ تبدیل کرے گا جبکہ منقی المونیم ائیم سا کن رہتا ہے۔ مسلسل حنلوں کی موصلیت میں کوئی کردار نہیں۔ یوں مثبت نیم موصل مواد میں بر قریب کا بہا اور آزاد حنلوں کے حصر کرتے ہوئے چونکہ اس طرح کے فسلم میں حنلوں بطور مثبت بار کروار ادا کرتا ہے اور یہی موصلیت کو جسم دیتا ہے لہذا اسے مثبت قسم کی نیم موصل مواد یا مثبت نیم موصل^{۲۰} کہتے ہیں۔ مثبت نیم موصل مواد کو ظاہر کرنا بھی شکل ۲.۲۸ میں دکھایا گیا ہے جہاں (+) آزاد حنلوں کے وجود کو حاجاً گر کرتا ہے ناکل برقی بار کو۔

اسی طرح آزاد حنلوں میں کمکل آزادی کے ساتھ حصر کت کر سکتے ہیں جس سے فسلم موصل ہو جاتا ہے۔ فسلم میں المونیم ائیم کی تعداد تبدیل کر کے اس کی موصلیت پر قابو رکھا جاتا ہے۔ آزاد حنلوں نیم موصل مواد کے وجود میں بالکل اسی طرح حصر کت کرتے ہیں جیسے بد ڈب میں گیس کے ائم یا مالکیوں حصر کت کرتے ہیں۔ اسی وجہ سے آزاد حنلوں کو کبھی کبھی غلو^{۲۱} گلکھی^{۲۲} کبھی کہا جاتا ہے۔ سیکان میں بیرونی مواد مثلاً Al کے شمولیت کے پیدا آزاد حنلوں کو اکھریتی غلو^{۲۳} کبھی کہتے ہیں۔ مثبت نیم موصل سیکان ہناتے وقت اگر اس میں شامل کئے جانے والے ملاؤں ائیم کی کثافت N_A ائم فی سرچ سینٹی میٹر ہوتے اس میں حرارتی آزاد حنلوں کو نظر انداز

free hole^{۱۹}
p-type semiconductor^{۲۰}
hole gas^{۲۱}
majority holes^{۲۲}



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

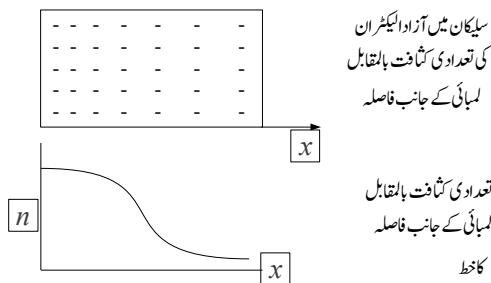
$$(2.33) \quad n_{p0} = \frac{n_i^2}{p_{p0}} \approx \frac{n_i^2}{N_A}$$

ہو گا۔ ثابت نیم موصل میں اکثریتی گلو کی کثافت شامل کے جوانے والے ملاوی ایونوں 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^{۱۲۵} اور بہاؤ^{۱۲۶} کے ذریعہ سلیکان میں حرکت کر کے ایک مفتام سے دوسرے مفتام منتقل ہو سکتے ہیں۔ کائنات میں وتدتی مال برداری^{۱۲۷} ان دو خودکار طریقوں سے ہوتی ہے۔ پانی میں سیاہی کا پھیلاؤ اور دریا میں پانی کا بیساوانہ میں کی بدولت ہے۔

majority holes ^{۱۲۳}
minority electrons ^{۱۲۴}
diffusion ^{۱۲۵}
drift ^{۱۲۶}
transportation ^{۱۲۷}



شکل ۲.۲۹: 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 ۲.۲۹ 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 مساوات 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 Δx فاصلہ ہے۔ شکل میں نقطہ الف پر آزاد حنلوں کی تعدادی کثافت $p + \Delta p$ ہے۔ ان دونوں نقطوں پر سلاخ کے چھوٹی سی لمبائی Δx میں کل حنلوں کی تعداد ب پر تعدادی کثافت $p + \Delta p$ ہو گی۔ ہم تصور کرتے ہیں کہ سلاخ میں حنلوں کے جانب کے حسرا کرتے کرتے ہیں۔ اس طرح حصہ الف کے آدھے حنلوں، یعنی $pA\Delta x/2$ ، بائیں جانب اور آدھے دائیں جانب حصہ کریں گے۔ اسی طرح حصہ ب کے آدھے حنلوں یعنی $(p + \Delta p)A\Delta x/2$ ، بائیں اور آدھے دائیں جانب حصہ 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 Δt 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

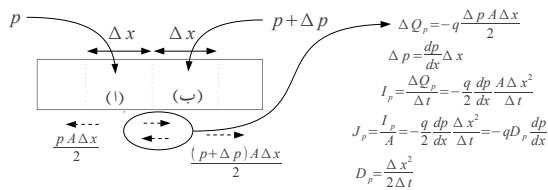
$$(2.39) \quad J_p = -q D_p \frac{dp}{dx}$$

یہ مساوات نفوذی بر ق رہ کی کثافت یا لٹافٹ نفوذی بر ق رہ کے نتیجے میں ہے۔^{۱۷۹} جہاں

J_p آزاد حنلوں سے پیدا نفوذی بر ق رہ کی کثافت ہے۔^{۱۸۰}

q حنلوں کے بر ق رہ کی مقدار یعنی $C = 1.6 \times 10^{-19}$ ہے۔

diffusion current density^{۱۷۹}
۱۷۹ نفوذ کے ذریعے مال برداری کے اس قسم کو افاض فتن FickAdolf نے دریافت کیا
diffusion current density^{۱۸۰}



شکل ۲.۵۰: آزاد حنلو سے حاصل نفوذی برقی رو

D_p حنلو کے نفوذ کا مستقل ^{۱۴۴} 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۔ D_n آزاد اسیکٹر ان کے نفوذ کا مستقل ^{۱۴۴} 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 ^{۱۴۵} ہے۔ بہاو سے پیدا برقی رو کو ہماو برقی رو ^{۱۴۵} 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 ^{۱۴۶} 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 ^{۱۴۷} 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 ^{۱۴۴}
electron's diffusion constant ^{۱۴۴}
drift ^{۱۴۵}
drift current ^{۱۴۵}
electric field intensity ^{۱۴۴}
drift speed ^{۱۴۴}

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^{۱۳۸} 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^{۱۳۹} 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} ^{۱۴۰} 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

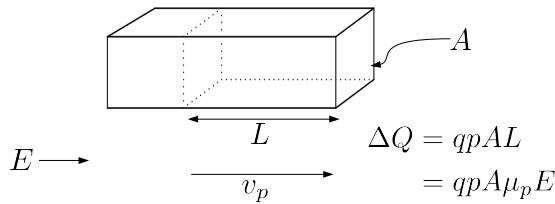
$$v_n = \frac{v_{t_n}}{2} = -\frac{qEt_n}{2m_n}$$

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 μ_n کو ایکٹر ان کی حرکت پذیری^{۱۴۱} 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^{۱۴۲} μ_n کی قیمت $1350 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ ہے۔ اسی طرح آزاد جنلوں کے لئے

drift velocity ^{۱۴۳}	instantaneous drift velocity ^{۱۴۴}
Newton's law ^{۱۴۵}	electron mobility ^{۱۴۶}



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 μ_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 گن 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 جو 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۔

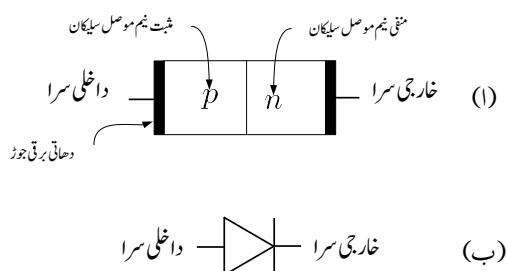
$$(2.54) \quad J_n = \frac{I_n}{A} = (-q)n v_n = (-q)n(-\mu_n)E = qn\mu_n E$$

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)

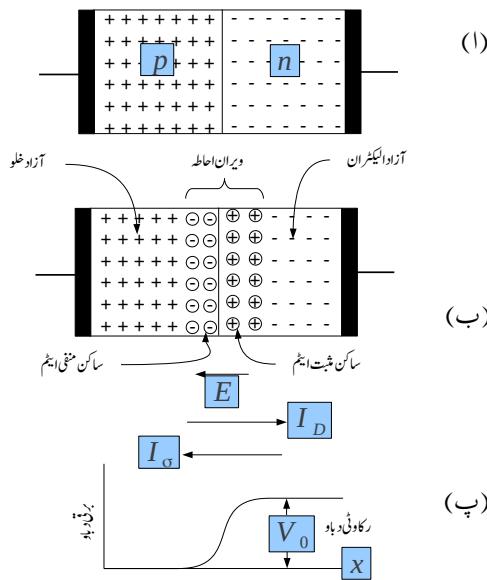
$$J_\sigma = q\sigma E$$

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 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۔ یہ

conductivity^{۱۳۴}
Ohm's law^{۱۳۵}



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 روپہچان کی گئی ہے۔ یہ موصول سیکان ان خود بے بار ۱۳۳ 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 ۱۳۴ کہتے ہیں۔ یہاں سرحد کے دو اینیم جانب بہت اینیم جبکہ اس کے باینیم جانب مخفی اینیم موجود ہیں۔ آپ جانبے ہیں کہ ایک جانب بہت بار اور دوسرے جانب مخفی بار کا وجود برقی شدت E ۱۳۵ پیدا کرتا ہے اور ان کے ماہین 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 ایران خطے میں داخل ہو جائے تو اسے بھی بہت یہ موصول حصے میں دھیل دیا جاتا ہے۔

neutral^{۱۳۳}depletion region^{۱۳۵}electric field intensity^{۱۳۴}voltage^{۱۳۶}

یاد ہے کہ یہ موصول سیکان میں حرارتی توانائی کی بدولت ہر 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^{۱۴۹} کہتے ہیں۔ برقی رو I_S کی معتدال اکار و مدار حسراقی تو انکی سے حرکت کرتے تھے ان آزاد الیکٹرانوں اور آزاد حسلاوں 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 ملادی ایٹوں کی تعداد کثافت اور کاٹی 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 سیلان کو آپس میں جو احبابے اس لمحے^{۱۵۰} میں برقی دپائی 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^{۱۵۱} گی۔ اخیر کار ان دو قسموں کی برقی رو کی معتدالیں برابر ہو جائیں گی (یعنی $I_S = I_D$) اور نئم موصل حسٹرڈا سیلان متوازن صورتِ انتظام کر لے گا۔

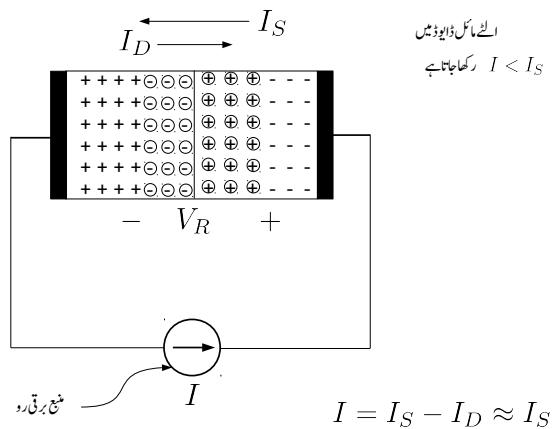
متوازن صورتِ حال کے حصول کے بعد اگر کسی وجہ سے I_D کی قیمت بڑھ جائے تو اس سے مزید بار بردار ایٹم نمودار ہوں گے جس سے E اور V_0 کی قیمت میں اضافہ ہو گا جس سے I_D کے اضافے کی روکھتام ہو گی اور ایک سرتے دوبارہ متوازن صورتِ حال پیدا ہو گا۔ اس کے بر عکس اگر کسی وجہ سے I_D کی قیمت میں کی آئے تو چونکہ I_S مسلسل چاہو^{۱۵۲} رہتا ہے لہذا 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 گھنکے 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 کاڈٹ بڑھ دباؤ^{۱۵۳} کہتے ہیں۔ سیلان میں رکاوٹی برقی دباؤ کی عتمدی قیمت V ۰.۶ V تا ۰.۸ V رہتی ہے۔ اس کی اوست آقیمت کو عتمدوماً 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 ہوئے 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 جواب 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 چھوٹے سے پیدا ہوتا ہے۔

^{۱۴۹} depletion region: ایک دین بھی ویران خطے پر نہیں ہوا ہوتا لہذا I_S صفر ہوتا ہے
^{۱۵۰} 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۔
^{۱۵۱} 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۔
^{۱۵۲} blocking voltage:



شکل ۲.۵۷: اگلے مائل ڈائیوڈ

مثال ۲.۱۳: رکاوٹی برقی دباؤ V_0 ^{۱۵۳} کو وولٹ میسٹر سے کیسے نپا جاتا 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 پسند نہیں۔ 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 مفہومی^{۱۵۴} رہتا ہے۔ اس حقیقت پر اس حصہ میں غور کیا جائے گا۔ اگلے مائل ڈائیوڈ کی کارکردگی سمجھنا اس میں اٹی جناب برقی رو پر غور کرنے سے زیادہ آسان ہوتا ہے۔ اگلے مائل ڈائیوڈ پر شکل ۲.۵۸ کی مدد سے غور کرتے ہیں جہاں: بیرونی منبع برقی رو^{۱۵۵} ڈائیوڈ میں اٹی جناب برقی رو I گزارتا ہے۔ منبع برقی رو اس آل کو کہتے ہیں جو درکار برقی رو مہیا کر سکے۔ تصور کریں کہ I کی قیمت ڈائیوڈ کے اندر ہونی بہساوے پسندیدا 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^{۱۵۶}
cut off^{۱۵۵}
current source^{۱۵۶}

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 بڑھادیتا 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۔

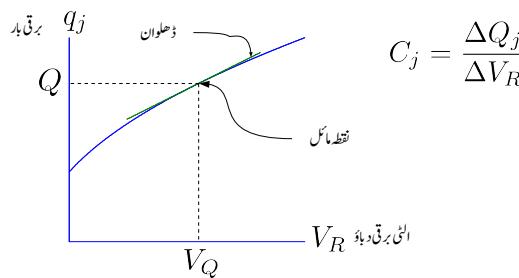
یہاں یہ بتانا ضروری ہے کہ حقیقت میں الٹے مائل ڈائیوڈ میں I_S سے کئی گناہ زیادہ برقی رو گزرتی ہے اور اس کی قیمت درحقیقت الٹے لالگ برقی دباؤ پر مخصوص ہوتی ہے۔ اس کی وجہ یہ ہے کہ اپر دیا گیا نظر سے حقیقی حالات کا ایک سادہ نمونہ ہے جو الٹے مائل صورت کی پیچیدگیاں ظہر انداز کرتا ہے۔ ایک ڈائیوڈ جس کی I_S کی 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۔

^{۱۵۷} میں کہتے ہو اسخطے الٹے مکالمہ دورانیہ کا ڈائیوڈ کو اس ہے گزرتی رو برقی الٹی میں ڈائیوڈ کے دورانیہ جس

reverse recovery time^{۱۵۸}

voltage source^{۱۵۹}

cut off^{۱۶۰}



شکل ۲.۵۵: بار بال مقابل الشامائیل ڈیاولڈ بطور کپیٹرنس

۲.۱۸.۱ الشامائیل ڈیاولڈ بطور کپیٹر

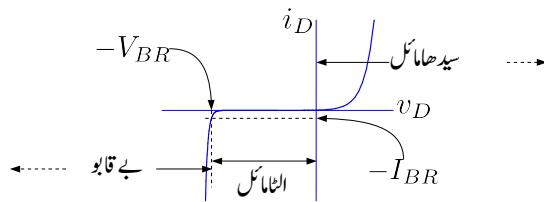
آپ نے دیکھا کہ ڈیاولڈ میں جوڑ کے ایک حبانب مثبت ایٹم اور دوسری حبانب منفی ایٹم نمودار ہو جاتے ہیں۔ یوں جوڑ کے ایک حبانب ویران نظر میں ثبت ہر (+q) اور دوسری حبانب ویران نظر میں اس کے برابر مگر منفی باریعنی (-q) پیدا ہوتا ہے۔ ان دو اقسام کے بادوں کے درمیان رکاوٹی برقی دباؤ V_0 پیدا ہوتا ہے۔ اگر ڈیاولڈ 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^{۱۶۱} 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 ڈیاولڈ کی کپیٹرنس حاصل کرنے کی حناصر اس نظر پر مساں کا خط بنائیں اور اس خط کی ڈھلوان حاصل کریں۔ یہی ڈیاولڈ کی کپیٹرنس ہو گی۔ ڈیاولڈ کی کپیٹرنس 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 کپیٹنس یا ڈیکپیٹنس ^{۱۲۲} کہتے ہیں۔

سیدھے مالک ڈائیوڈ کی اٹی کپیٹنس j 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 ماقابل برداشت برقی دباؤ ^{۱۳۳} 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 ^{۱۳۴} کی وجہ سے یا پھر زینزینہ اثر ^{۱۳۵} 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 احتمل 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

^{۱۳۳} junction capacitance

^{۱۳۴} break down voltage

^{۱۳۵} avalanche

^{۱۳۵} گارنر میل و ان زینزینہ ZenerMelvinClarence نے زینزینہ ڈائیوڈ کی 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^{۱۲۲} 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^{۱۲۳} کہتے ہیں اور اس برقی دباؤ Z کو زینر برقی دباؤ^{۱۲۴} 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 ڈیکٹیوٹ کے عمل کی نشانی ہوتی ہے۔ پانچ تا سات ولٹ کے مابین بے قت ابو ہونا زینر اور تو ڈیکٹیوٹ 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°C ۱ بڑھانے سے ۷V زینر ڈائیوڈ کی زینر برقی دباؤ 7.07V ہو جائے گا۔

۲.۲۰ سیدھا مائل ڈائیوڈ

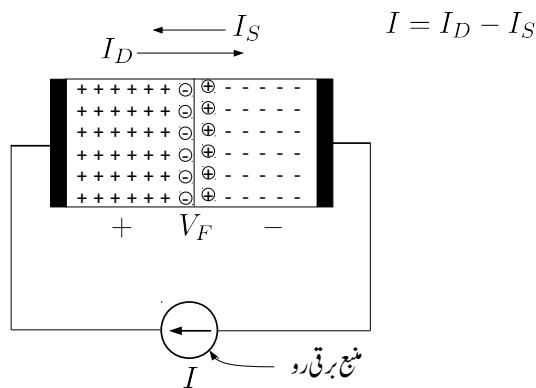
سیدھے مائل چالو حوال ڈائیوڈ پر مشکل ۲.۵۷ کی مدد سے غور کرتے ہیں جہاں ڈائیوڈ کو بیرونی مٹھ برقی رو^{۱۲۵} کی مدد سے I فسراہم کی گئی ہے۔ بیرونی برقی رو I، ڈائیوڈ کے دونوں سروں پر اکثریت بار فسراہم کرتی ہے لیکن منفی نیم موصل خطے کی مدد سے آزاد الیکٹران اور مثبت نیم موصل کو آزاد حنلو۔ منفی نیم موصل کو فسراہم کر کہ آزاد الیکٹران اس جانب ویران خطے میں مثبت ایٹھوں کے ساتھ مسل کرنا ہمیں بے بار بنتے ہیں جبکہ مثبت نیم موصل خطے میں مہیا کر کہ آزاد حنلو اس جانب ویران خطے میں منفی ایٹھوں کے ساتھ مسل کرنا ہمیں بے بار بنتے ہیں۔ یوں ویران خطے کی لمبائی کم ہو جاتی ہے اور یہاں کی رکاوٹی برقی

avalanche breakdown^{۱۲۶}

zener diode^{۱۲۷}

zener voltage^{۱۲۸}

current source^{۱۲۹}



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 برائے برقی رو کے مطابق یہ

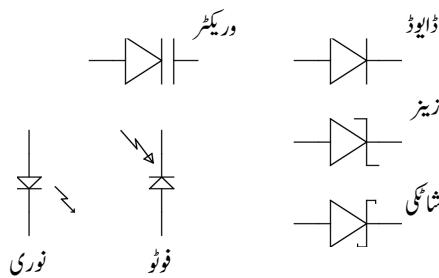
$$(2.23) \quad I = I_D - I_S$$

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 ولٹی 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 گزرنے گی۔

۲.۲۰.۱ سیدھے مائل ڈائیوڈ کی نفوذی کپیسٹنس

حصہ ۱.۱۸ میں ائمہ مائل ڈائیوڈ کے دیران 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^{۱۴۰}
diffusion capacitance^{۱۴۱}



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} امسین یہ وہ کپیسٹن ہے جو بلند تر تعداد کی حد تسلیم 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 کو 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 V ہوتا ہے جسے عسموی طور پر 0.3 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 جتنے کا دورانیہ τ نہایت کم ہوتا ہے۔ τ کی قیمت 10 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 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 کوئی مخفی جوڑ^{۱۴۵} کہتے ہیں۔ مزاحمتی جوڑ نہایت زیادہ ملاوٹ 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^{۱۴۶} 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 فوٹو لائن^{۱۴۷} اشکریکے گرفتہ بندھ^{۱۴۸} 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 شکری ڈائیوڈ^{۱۴۹} یا فوٹو ڈائیوڈ کا رہا جاتا ہے۔ فوٹو ڈائیوڈ کو بطور شکری چادر^{۱۵۰} 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^{۱۵۱}

varactor diode^{۱۵۲}

photon^{۱۵۳}

covalent bond^{۱۵۴}

photo diode^{۱۵۵}

solar panel^{۱۵۶}



شکل ۲.۵۹: ضیائی وابستہ کار اور ضیائی ذرائع ابلاغ

۲.۲۱.۳ نوری ڈائیوڈ

فوٹو ڈائیوڈ کے بر عکس نوری ڈائیوڈ^{۱۸۱} 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^{۱۸۲} دکھایا گیا ہے جسے نوری ڈائیوڈ اور شمعی ڈائیوڈ کو ایک ہی ڈبے میں پول بند کرتے ہیں یا گیا ہے کہ نوری ڈائیوڈ سے خارج شعاع میں شمعی ڈائیوڈ پڑیں۔ پول اگر ضیائی وابستہ کار کے باہم جبانب نوری ڈائیوڈ میں بر قی رو گزاری جائے تو اس کے دامن میں جبانب 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 آلم کو ایسے معمتماں 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^{۱۸۳} کے منتقلی کو رونے میں مدد ملتی ہے۔ اس کا استعمال عددی دوار کے علاوہ قدر^{۱۸۴} 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^{۱۸۵} کا نظام دکھایا گیا ہے جس کی کارکردگی کچھ یوں ہے۔ نوری ڈائیوڈ اور شمعی ڈائیوڈ کے مابین شیش ریشہ^{۱۸۶} یوں نسب کیا جاتا ہے کہ نوری ڈائیوڈ سے خارج شعاع میں شیش ریشہ میں داخل ہوں

light emitting diode LED ^{۱۸۱}
optocoupler ^{۱۸۲}
electrical noise ^{۱۸۳}
digital circuits ^{۱۸۴}
power electronics ^{۱۸۵}
optical communication ^{۱۸۶}
optical cable ^{۱۸۷}

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^{۱۸۸} 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 فتابیت پر مختص ہے۔

۲.۲۲.۱ سیدھے خطوط کا ریاضی نمونہ

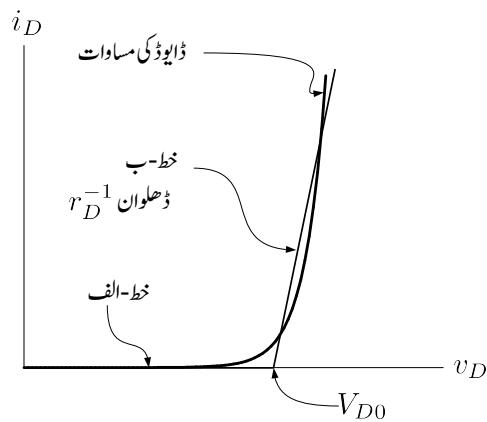
ڈائیڈ کی برقی دباؤ ڈائیڈ کی مساوات سے حاصل کی جا سکتی ہے۔ عموماً اوقات ہمیں عصموی جوابات مطلوب ہوتے ہیں اور ہم اس مساوات کو حاصل کرنے کی بیچیدگیوں میں نہیں پڑنا چاہتے۔ یہ بات حاصل کر اس وقت کے لئے درست ہے جب قائم کاغذ سے جواب حاصل کرنے کی کوشش کی جبارے ہو۔

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

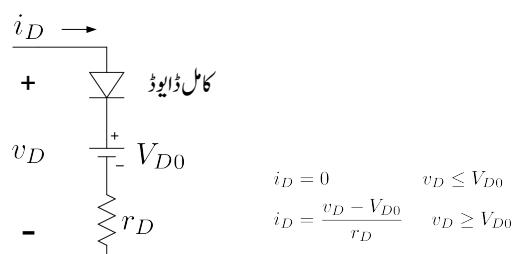
$$(2.27) \quad i_D = \begin{cases} 0 & v_D < V_{D0} \\ \frac{v_D - V_{D0}}{r_D} & v_D \geq V_{D0} \end{cases}$$

اور ان مساوات سے شکل ۲.۲۱ میں دکھایا و سینچ اشاراتی سیدھے خطوط کا ریاضی نمونہ^{۱۸۹} 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

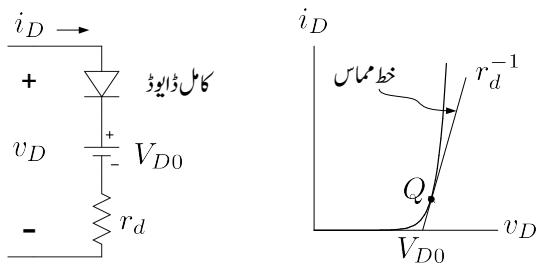
mathematical model^{۱۸۸}
piece wise linear model^{۱۸۹}



شکل ۲.۲۰: مساوات کا سیدھے خطوط سے اظہار



شکل ۲.۲۱: و سچ اثرا تی 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^{۱۹۰} 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 جواب تھا۔ یوں اس خط کی مساوات یوں لکھی جا سکتی ہے۔

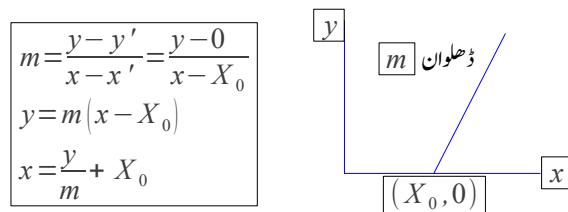
$$m = \frac{y - 0}{x - X_0}$$

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

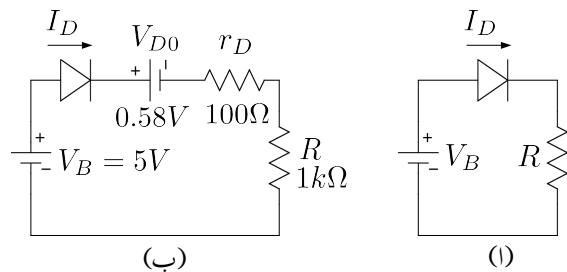
$$V_D = V_{D0} + I_D r_D = 0.58 + 4.018 \times 10^{-3} \times 100 = 0.9818\text{ V}$$

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 دور میں 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 رہ سیدھے خط کو ریاضی نمونہ کی مدد سے اور دباؤ کا مائل 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 ریاضی نمونے سے

$$I_D = \frac{V_B}{R} = \frac{200}{100000} = 2 \text{ mA}$$

آپ دیکھ سکتے ہیں کہ دونوں جواب تقریباً برابر ہیں۔

۲۴۴۳ ڈاکوڈ کا یہ ست تعداد باریک اشاراتی ریاضی نمونہ

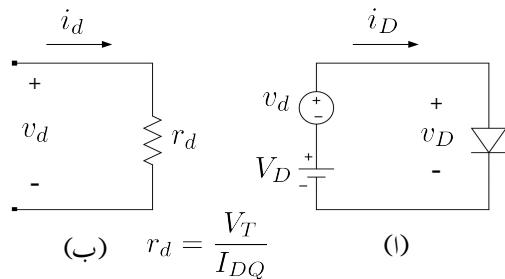
حصہ ۲.۱۲ میں باریکے اشاراتی مساحت r_d پر تذکرہ کیا گیا۔ اس حصے میں اس پر مسزید غور کیا جائے گا۔ شکل ۲.۲۵ الف میں V_D ڈائڈ کا نقطہ کار کر دی گی تین کرتا ہے جبکہ v_d باریکے اشارہ ہے۔ یوں کسی بھی لمحے ڈائڈ پر کل بر قی دیا جاوے

$$(2.49) \quad v_D = V_D + v_d$$

ہو گا اور اس میں برقی رو

$$(r, \angle \bullet) \qquad \qquad i_D = I_D + i_d$$

وہی۔ V_D اور I_D کے سمت مفتدار ہیں۔ دراصل یہ V_{DO} اور I_{DO} ہی ہیں۔ صفر اس رہنمی $v_d = 0$ 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 ۲.۲۱ استعمال کیا گی۔ مسئلہ مکارا^{۱۹۲} 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 کم ہو (یعنی $V_T \ll v_d$) تو پہلے دو جزو کے علاوہ بقیا 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 ۲.۲۵ میں حاصل کیا گی؛ ڈائیوڈ کا باریکے اشاراتی مراہم خاص کیا گی۔ چونکہ $i_D = I_{DQ} + i_d$ ہوتا ہے لہذا مسادات ۲.۲۵ کا پہلا جزو نظر کارکردگی پر یک سمت رفتہ وہ I_{DQ} ہے۔

$(e^x = 1 + \frac{x}{1!} + \frac{x^2}{2!} + \dots)$ Maclaurin's series^{۱۹۳}

$$\begin{aligned}
 r_d &= \frac{V_T}{I_{DQ}} \\
 C_j &= \frac{C_{j0}}{\left(1 - \frac{V_{DQ}}{V_o}\right)^n} & V_{DQ} < 0 \\
 C_j &\approx 2C_{j0} & V_{DQ} > 0 \\
 C_d &= \frac{\tau I_{DQ}}{V_T}
 \end{aligned}$$

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

$$(2.26) \quad i_d = \frac{v_d}{r_d}$$

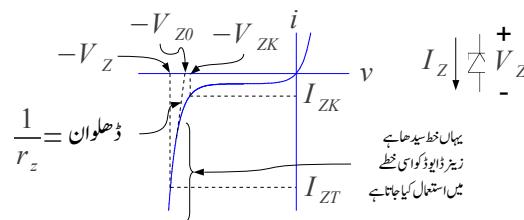
ڈائیڈ کا پہتے تعداد باریکے اشاراتی ریاضی نمونہ شکل ۲.۲۵ ب میں دکھایا گیا ہے۔ آپ تسلی کر سکتے ہیں کہ پہتے تعداد باریکے اشاراتی ریاضی نمونہ بھی بر قرروں i_d پر مساوات ۲.۲۶ کی طرح بر قرروں v_d دیتا ہے۔ ڈائیڈ کا باریکے اشاراتی ریاضی نمونہ صرف ڈائیڈ کے باریکے اشاراتی مزاجمت r_d پر مشتمل ہے۔

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_b اور v_d کا خط 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 بڑھتے شروع ہوتی ہے اسے زینر ڈائیوڈ کا گھنٹا^{۱۹۳} کہتے ہیں۔^{۱۹۴} 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 عوامیہ اسلامیہ 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 کیا جائے تو صنعت کار اس کی قیمت $V_{ZK} = 30\text{ V}$ فراہم کرے گا۔ اسی طرح صنعت کار، زینر برقی دباؤ V_Z کی عوامیہ قیمت کسی حساس برقی رو I_{ZT} پر ناپ کر فراہم کرتا ہے۔ زینر ڈائیوڈ کو عوامیہ اس کے زینر برقی دباؤ سے بھی پکا جاتا ہے لیکن $V_Z = 10\text{ V}$ کی صورت میں اسے دس وولٹ کا تجھیس 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^{۱۹۵} P کا تخمینہ یوں لگایا جاتا ہے۔

$$(2.77) \quad P = V_Z \times I_Z$$

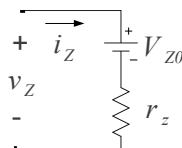
صنعت کار زینر ڈائیوڈ میں برقی طاقت کے ضایع کی مقدرہ حد بھی فراہم کرتا ہے۔ زینر ڈائیوڈ استعمال کرتے وقت اس حد سے کسی صورت تحابز کرنے سے زینر ڈائیوڈ تباہ ہو جاتا ہے۔ یوں اگر 0.25 W اور 5.6 V کے زینر میں 0.25 mA کا برقی رو گزرا ہو تو اس میں برقی طاقت کا ضایع $56\text{ mW} = 5.6 \times 0.01$ ہو گا جو کہ اس زینر ڈائیوڈ کے طاقت کے ضایع کی حد لیکن 0.25 W کے کم ہے لہذا زینر ڈائیوڈ صبح سلامت کام کرتا ہے گا اس کے بر عکس اگر اسی زینر میں 100 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 W سے زیاد ہے۔ اس صورت زینر ڈائیوڈ گرم ہو کر تباہ ہو جائے گا۔ ڈیزائن انجینئر^{۱۹۶} 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 mA سے زیادہ برقی رو نہیں گزرنے دے گا۔ 22 mA پر طاقت کا ضایع $0.123\text{ W} = 0.123 \times 0.022 = 0.025\text{ W}$ ہو گا جو کہ تقریباً 0.25 W کا نصف ہے۔

^{۱۹۳} ایزینر خط پر زینر گھنٹا بالکل اس ان لٹکھنے کی طرح معلوم ہوتا ہے۔

knee^{۱۹۴}

power loss^{۱۹۵}

design engineer^{۱۹۶}



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

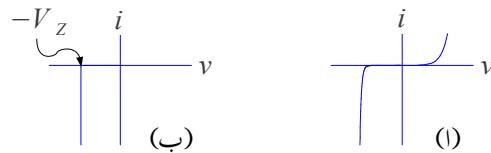
$$(2.29) \quad \Delta v_Z = \Delta i_Z r_z$$

آپ دیکھ سکتے ہیں کہ r_z کی قیمت جتنی کم ہو برقی روکے 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 مور کو $V_{Z0} - \Delta i_Z r_z$ 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 مژتبا ہے جبکہ زیادہ برقدباد (یعنی $I_Z \gg V_{Z0}$) پر یہ خط تقریباً 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 مصروف 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۔

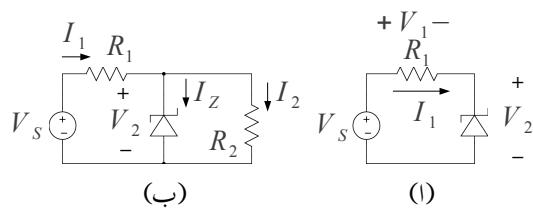
شکل ۲.۲۹-ب زیادہ آسانی اور جلدی سے متاثر ہو سکتی ہے اسی وجہ سے اس کا حاصل کرنے میں رکھ کر اس دور کو عسموماً اسی منبع برقی دباؤ (یعنی برقی دباؤ کی منبع) کے طور استعمال کیا جاتا ہے جس کی حرارتی یا سخت برقی دباؤ کی قیمت V_Z کے برابر ہوتا ہے۔ اس پر جیسا شکل ب میں دکھایا گیا ہے، برقی یوچہ کو مسماحت R_2 کی 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 ۲۰ کو استعمال کرتے ہوئے حل کرتے ہیں۔

- ۱۔ لائوگر قی دباؤ $V_S = 3V$ کو شکرے گا کہ زینترڈیلوڈ میں برقی روگزارے البتہ زینترڈیلوڈ کے خط کے مطابق زینترڈیلوڈ میں V_Z سے کم برقی دباؤ پر مفتعل رہتا ہے یعنی مساوات ۲.۸۱ کے تحت $I_Z = 0$ ہو گا۔ یوں اس دور میں مزاحمت R_1 پر اور ہم 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 ایوڈپیر V3 برقی دباؤ ہو گا جبکہ اس میں صفر بر قی رو ہو گا۔

- ۲۔ اس مرتبہ لاگو برقی دباؤ میں سر بریتی دباؤ سے زیادہ ہے لہذا زینٹر ڈالیوڈ برقی روگزارے گا۔ مساوات ۲.۸۲ کے تحت اس صورت زینٹر ڈالیوڈ پر V_Z ۵.۶ V کا برقی دباؤ ہو گا جبکہ مزاحمت پر اوہم کے فتاون 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۔ جو نکہ بھی بر قی روز یمن سرڈا بود سے بھی گزرتا ہے لہذا $I_7 = 2.4 \text{ mA}$ حاصل ہوتا ہے۔

- ۳۔ یہاں بھی لاگو بر قی دماوزی سرڈا بوڈ میں بر قی روگزارنے کی صلاحیت رکھتا ہے لہذا

$$\begin{aligned}V_1 &= V_S - V_Z = I_1 \times R_1 \\&= 20 - 5.6 = I_1 \times 1000 \\I_1 &= 14.4 \text{ mA}\end{aligned}$$

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 بے۔ اس صورتے $V_2 = V_Z = 5.6 \text{ V}$

$$I_1 = \frac{V_S - V_2}{R_1} = \frac{20 - 5.6}{1000} = 14.4 \text{ mA}$$

$$I_2 = \frac{V_2}{R_2} = \frac{5.6}{1000} = 5.6 \text{ mA}$$

حاصل ہوتے ہیں۔ کر خوف کے متanon برائے برقی روکے

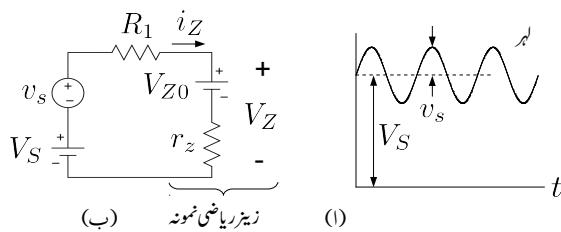
$$I_1 = I_2 + I_Z$$

$$14.4 \text{ mA} = 5.6 \text{ mA} + I_Z$$

$$I_Z = 8.8 \text{ mA}$$

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 زیادہ ہو اس صورت میں زینر ڈائیوڈ میں بے فتا برقی روگزرے گا جس کی قیمت $I_Z = I_1 - I_2$ ہو گی۔ اس کے علاوہ یہی ممکن ہے کہ $I_1 = I_2$ 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۔

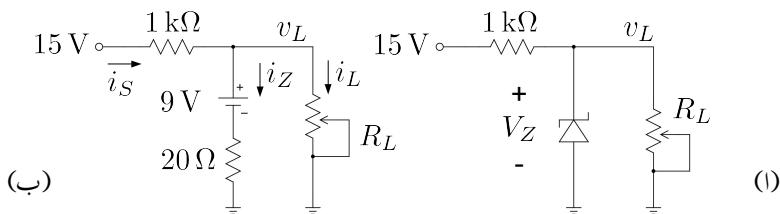
مثال ۲.۱۹: شکل ۲.۷۰ الف میں $R_1 = 1\text{ k}\Omega$ اور $v_s = 1.2 \sin \omega t$ ، $V_S = 15\text{ V}$ میں زینرڈ ایڈیٹے کے ریاضی نمونے کے حبزوں کی صورت میں حنارتی برقی دباؤ V_Z حاصل کریں۔
حل: شکل ۲.۷۰ الف میں زینرڈ ایڈیٹے کا ریاضی نمونہ استعمال کرتے ہوئے شکل ۲.۷ ب حاصل ہوتا ہے۔ حنارتی برقی دباؤ حاصل 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 تنخیل کائیں۔

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 V برقی دباؤ میں اکرتی ہے۔

برقی بوجھ $6 \text{ k}\Omega$ کرنے سے i_S پر کوئی اثر نہیں ہوتا۔ بقیا یامعلومات 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 V ہے۔ یعنی 9.03 V تبدیل ہوتا ہے۔ چونکہ ہم نوولٹ کی منع بنانے کے تھے لہذا نوولٹ کی نسبت میں تبدیلی کے بوجھ کے بوجھ کے برابر میں صرف

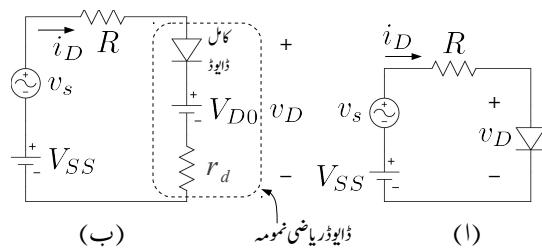
$$\frac{9.09 - 9.03}{9} \times 100 = 0.66 \%$$

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 کھایا 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 میں تبدیل کرنے سے 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 میکنیگی

بدلت اشارہ کے عدم موجودگی میں (یعنی جب v_d اور i_d کے قیمتیں صفر ہوں) اس مساوات کو پوں لکھا جائے گا۔

$$(2.82) \quad V_{SS} = V_{D0} + I_D R + I_D r_d$$

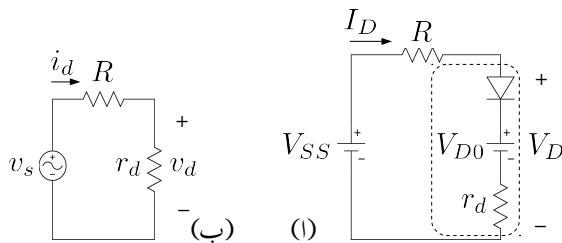
بدلے متغیرات کے موجودگی میں مساوات ۲.۸۵ کو پوں حل کر سکتے ہیں۔

$$(2.87) \quad \begin{aligned} \widehat{V_{SS}} + v_s &= \widehat{V_{D0} + I_D R + I_D r_d} + i_d R + i_d r_d \\ v_s &= i_d R + i_d r_d \end{aligned}$$

جہاں مساوات ۲.۸۶ کی مدد سے دائیں اور باعین بازو کے یک سمت مقداروں کی نشاندہی کرتے ہوئے انہیں کاٹ کر مساوات کا دوسرے جزو حاصل کیا گی۔ اور 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 درجے

$$(2.91) \quad \begin{aligned} i_d &= \frac{v_s}{R + r_d} \\ &= \frac{0.5 \sin \omega t}{5000 + 11} \\ &= 9.978 \times 10^{-5} \sin \omega t \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} v_d &= i_d r_d \\ &= (9.978 \times 10^{-5} \sin \omega t) \times 11 \\ &= 1.0976 \times 10^{-3} \sin \omega t \end{aligned}$$

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 فرہاہم کیا گیا ہے۔ دراصل جس بھی دور کو ریڈیو اسٹارڈ فرہاہم کیا جا رہا ہوا اس دور کے داخنی مزاحمت کو R_S کے ظاہر کیا جاتا ہے۔ ذرا لفظ ابلاغ^{۱۹۸} کے ادوار میں R_S کی قیمت عموماً $\Omega = 50$ ہوتی ہے۔ آپ جانتے ہیں کہ سائن نیابر قی دباؤ $V_p \cos \omega t$ کی موثر^{۱۹۹} قیمت کو $V_{rms} = \frac{V_p}{\sqrt{2}}$ کے برابر ہے۔ یوں مزاحمت R_S میں بر قی طاقت کے ضیاء کو

$$(2.92) \quad P = \frac{V_{rms}^2}{R_S} = \frac{V_p^2}{2R_S}$$

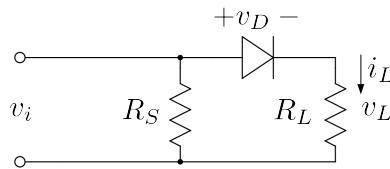
لکھا جب سکتا ہے۔ اس طاقت کو ناپنے کی عندرض سے R_S کے متوازن ڈایوڈ اور مزاحمت R_L نسب کے گئے ہیں جہاں سلسلہ وار جبڑے ڈایوڈ اور R_L کے کل مزاحمت کی قیمت R_S کے قیمت سے بہت زیادہ رکھ جاتی ہے تاکہ ان کی شمولیت داخنی اشارے پر بوجھنے والے اگرچہ ایسا تصور کرنا ضروری نہیں لیکن ہم اس حصے میں تصور کریں گے کہ ڈایوڈ کو معقولی یک سست بر قی دباؤ دے کر سیدھا مائل رکھا گیا ہے۔ شکل میں اس یک سست بر قی دباؤ کو نہیں دکھایا گیا ہے۔ آئیں اب تحلیلی تجزیے کریں۔

^{۲۰۰} کسی بھی خدا راقص عمل $(x)f$ کو سلسلہ طاقتی

$$f(x) = c_1 x + c_2 x^2 + c_3 x^3 + \dots$$

سے ظاہر کیا جا سکتا ہے۔ اسی طرح اس شکل میں ڈایوڈ اور مزاحمت R_L کے بر قی دباؤ داخنی بر قی دباؤ $v_i = V_p \cos \omega t$ کے سلسلہ طاقتی سے یوں ظاہر کیا جا سکتا 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 عسوماً 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^{۲۰۳} کہلاتا ہے۔ آپ سے گزارش کی جاتی ہے کہ سپاٹس^{۲۰۴} 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۔

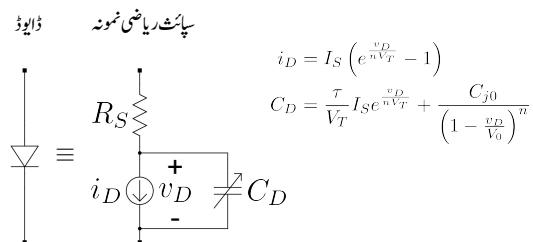
ڈائیڈ کے سائیلک سست رو حوال کو اس کے $v_D - i_D$ مساوات سے یہ حاصل کیا جاتا ہے جبکہ بدلت رو حوال میں ڈائیڈ کی تغیری پذیر کمیشن C_D بھی کردار ادا کرتا ہے۔ شکل میں $C_D - v_D - i_D$ کی مساواتیں دی گئی ہیں۔ باریک اشاراتی تخلیق کے وقت سپاٹس پروگرام ڈائیڈ کا باریک اشاراتی مزاجمت r_d اور اس کی باریک اشاراتی کمیشن C_d اور C_j استعمال کرتا ہے۔

جدول ۲.۳ ڈائیڈ کے سپاٹس ریاضی نمونے کے تمام اجزاء اور ان کے عسومی 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۔

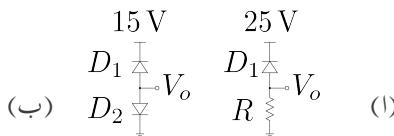
diode square law detector^{۲۰۴}
spice^{۲۰۵}
^{۲۰۴} پی اسپاٹس کپیوڑ پروگرام کیلئے فونی، برنسٹلے کے یونور سٹی میں تیار کیا گیا۔

جدول ۲.۲: سپاٹس ریاضی نمونے کے حصہ

ریاضی نمونے کے حصہ کا نام	علامت	سپاٹس کا حصہ	قیمت
10^{-14} A	IS	I_S	لبریزی بر قی رو
0Ω	RS	R_S	مسراحت
1	N	n	اخنر اگی حصہ
0 s	TT	τ_T	او سط دورانیہ عبور
0 F	CJ0	C_{j0}	صفہ بر قی دباؤ پر الٹی کپیشن
0.5	M	m	حصہ شدہ بندی
$\infty \text{ V}$	BV	V_{ZK}	ناتابل برداشت بر قی دباؤ
10^{-19} A	IBV	I_{ZK}	ناتابل 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 mA برقی روگزرتے وقت اس پر 0.61 V کا برقی دباؤ پایا جاتا ہے۔ اس ڈائوڈ پر جب 0.66 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 mA اور 8.167 mA پر چلاتے ہوئے اس پر 0.65 V اور 0.72 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°C پر شکل میں $V_0 = 0.2 \text{ V}$ نہیں ہے۔ 0°C پر 60 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 کلیکس ہیں جن کا $n = 1$ اور $I_D = 10 \text{ mA}$ اور $n = 2$ میں برقی دباؤ میں تبدیلی ہے۔ 25°C پر $V_0 = 0.11 \text{ V}$ نہیں ہے۔

۰. اثاراتا برقی رو حاصل کریں۔

۰. اثاراتا برقی رو لبریزی برقی رو I_S کے کتنے گنے ہے۔

$$\text{جوابات: } 81.45, 13.8 \text{ pA}$$

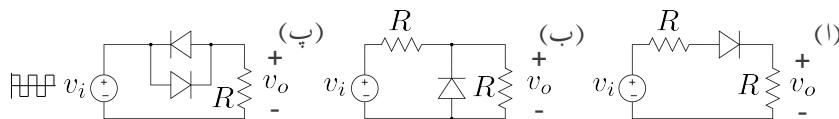
سوال ۵: ایک ڈائوڈ کی برقی رو g_{f} کی حدتی ہے۔ $1 = n$ اور $2 = n$ کی صورت میں برقی دباؤ میں تبدیلی حاصل کریں۔

$$\text{جوابات: } 34.657 \text{ mV}, 17.328 \text{ mV}$$

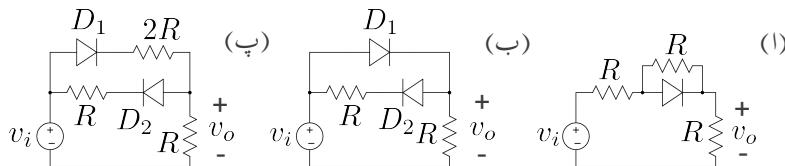
سوال ۶: ایک ڈائوڈ کی برقی رو g_{f} کی حدتی ہے۔ $1 = n$ اور $2 = n$ کی صورت میں برقی دباؤ میں تبدیلی حاصل کریں۔

$$\text{جوابات: } 115 \text{ mV}, 57.56 \text{ mV}$$

سوال ۷: ایک ڈائوڈ میں یہ 2 A کیم گزارنے سے اس پر شروع میں $V_D = 0.69 \text{ V}$ پائے جاتے ہیں جو کچھ دیر میں گھٹتے ہوئے 0.64 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°C کہتے ہیں۔
جو بابت: 1.28W 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 0.5V ہے۔ (ب) صرف بیت 0.5V 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 0.7V 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۔

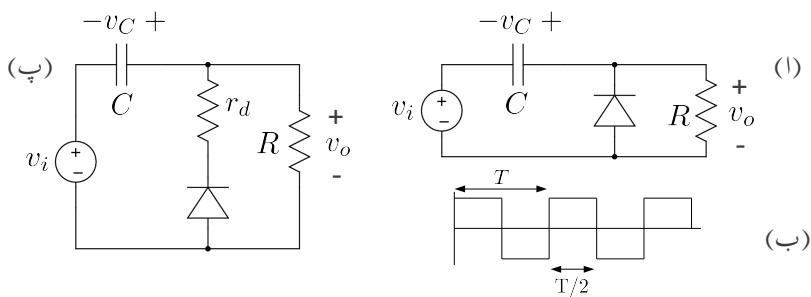
جو بابت: (الف) مستطیل اشارہ جس کا بیت جیٹ 0.15V جبکہ منقی جیٹ صفر ہے۔ (ب) مستطیل جس کا بیت جیٹ 0.5V جبکہ منقی جیٹ -0.7V ہے۔ (پ) مستطیل $0.3\text{V} \pm 1$ ہے۔

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 0.7V 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 جیسے $v_o = 5\text{V}$ ہو گا۔ منقی داخنی اشارے کے وقت ڈائیوڈ اسماں ہو گا جیسے $v_o = 7.5\text{V}$ ہو گا۔

حل: (ا) بیت داخنی اشارے کی صورت میں ڈائیوڈ سیدھا مائل ہو گا جیسے $v_o = 7.5\text{V}$ ہو گا۔ منقی داخنی اشارے کے وقت ڈائیوڈ اسماں ہو گا جیسے $v_o = 5\text{V}$ ہو گا۔ (ب) بیت v_i کے وقت D_1 سیدھا مائل ہو گا جیسے $v_o = 7.5\text{V}$ ہو گا۔



شکل ۲.۸۰: شکنجہ

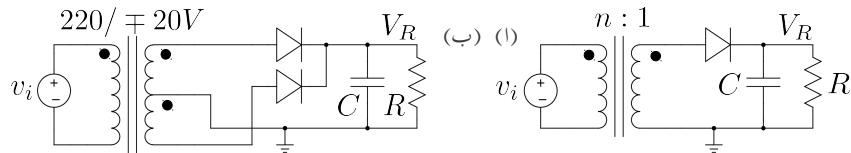
سوال ۲.۱۴: شکل ۲.۸۰ افے میں ٹنچ دکھایا گیا ہے۔ اسے شکل ب میں دکھایا گا تار مستطیلی دخنی اشارہ مہیا کیا جاتا ہے جس کا حیطہ $10V \pm 10V$ ہے۔ $\frac{T}{2} = RC$ کی صورت میں کامل ڈائیوڈ تصور کرتے ہوئے حناری اشارے کا خط کھینچیں۔

جواب: دخنی اشارہ متفق ہوتی ہی حناری اشارہ 0V ہو جاتا ہے جبکہ کپیٹر جلدی سے $v_C = 10V$ پہنچتا ہے۔ دخنی اشارہ بثت ہوتی ہی حناری 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 داخن دکھاتے 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 حناری اشارے کا خط کھینچیں۔

جواب: پہچلنے والی کی طرح دخنی اشارہ بثت ہونے کے لئے پر $10V = v_C$ اور حناری اشارہ $20V = v_o$ ہوتا ہے۔ $\frac{T}{2}$ سینکڑ بعد حناری اشارہ $7.36V$ جبکہ $-2.64V = v_C$ ہوتے ہیں۔ جیسی ہی دخنی اشارہ متفق ہوتا ہے اس کے لئے $r_d C \ll T$ ہو گا۔ $v_o = -12.64V$ کے ناطے یہ صورت زیادہ دیر نہیں پائی جائے گی اور جلدی کپیٹر r_d کے راستے $10V$ پر پہنچ جائے گا۔ یوں دخنی اشارہ متفق ہونے کے لحاظ پر حناری 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 $\sqrt{2} \times 220$ V ہے۔ جواب: ڈائیوڈ برقی دباؤ کے گھٹاؤ کو ظسل انداز کریں۔ $n = 23.93$ ، $100 \mu F$



شکل ۲.۸۱: بارہ وولٹ کے برقی دباؤ کی منع

سوال ۲.۱۶: شکل ۲.۸۱ ب میں تدریجی ڈیفیورمر استعمال کرتے ہوئے دیوڈ کی مدد سے مکمل سمتی کار حاصل کیا گی۔ ڈیفیورمر کے داخلی جناب گزشتہ سوال کی طرح واپس اکی بھلی فنر اہم کی گئی ہے۔ ڈیفیورمر کے داخلی جناب 220 V موثریت کا برقی دباؤ فنر اہم کیا جاتا ہے۔ خارجی جناب ڈیفیورمر کے درمیان پنیا کو برقی زمین صورت کرتے ہوئے باقی دو پینوں 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، 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 دس گستاخنے سے ڈیوڈ کے برقی دباؤ میں تبدیلی حاصل کریں۔ برقی روکنے کا کرنے سے ڈیوڈ کے برقی دباؤ میں تبدیلی حاصل کریں۔

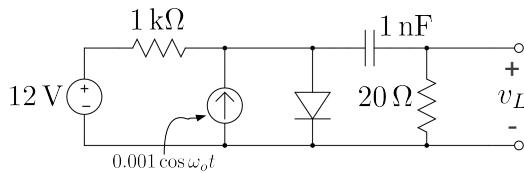
جواب: 115 mV، 57 mV:

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 کو 25 mV لیتے ہوئے ڈیوڈ میں یک سمت برقی دوہرانے کے طریقے ۲۹ میں حاصل کریں۔

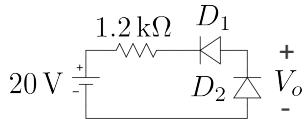
جواب: $V_D = 0.7 \text{ V}$ تصور کرتے ہوئے 11.3 mA حاصل ہوتا ہے جسے استعمال کرتے ہوئے V_D کی قیمت 0.69383 V حاصل ہوتا ہے۔ اسی طرح متوازن حل کرتے ہوئے 11.306 mA ، 0.69384 V ، 11.306 mA حاصل ہوتے ہیں۔ یوں اس آخری جواب کو یک سمت برقی روکیا جاتا ہے۔

سوال ۲.۲۲: مندرجہ بالامثال کے نتائج استعمال کرتے ہوئے $\omega_0 = 5 \times 10^6 \text{ rad/s}$ 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 سے $i_D = \alpha v_D^2$ 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۔

$$V_o = 10 - 600 I_o$$

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۔

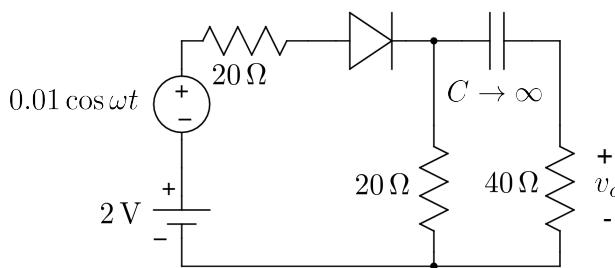
۲. نقطہ مائل پر ڈائیوڈ کی مسازاحت r_d حاصل کریں۔

۳. بدلتا برقی دباؤ v_o حاصل کریں۔

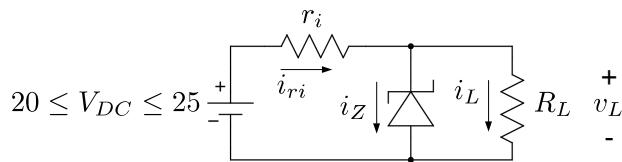
۴. نقطہ مائل پر بدلتا راو، خط پوچھ کھینچیں۔

جوابات: $0.0019 \cos \omega t$ ، 36.7Ω ، 0.68V ، 33mA

سوال ۲.۲۵: شکل ۲.۸۵ میں دکھائے زینتر ڈائیوڈ پر اس وقت تک 12V کا برقی دباؤ برقرار رہتا ہے جب تک اس میں 200mA اور 2mA کا برقی رو گزرا ہو۔ $R_L = 60\Omega$ ہے۔



شکل ۲.۸۳: خط بوجھ کا سوال

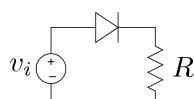


شکل ۲.۸۵: زینر ڈائیوڈ کا سوال

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 150Ω اور 1200Ω 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 ۰ A ہوتی ہے۔

سوال ۲.۲۸ میں آدھا سمت کارڈ کھایا گیا ہے جسے کم برقی دباؤ پر زینترڈائوڈ میں برقی رو ωt کی مکمل قیمت گیا ہے۔ استعمال شدہ ڈائوڈ زیادہ سے زیادہ $A = 1$ کی اوسط برقی رو برداشت کر سکتا ہے۔ مزاجت کی کم سے کم مکمل قیمت حاصل کریں۔

جواب: ڈائوڈ آدھے لہر کے لئے چاہو رہتا 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)

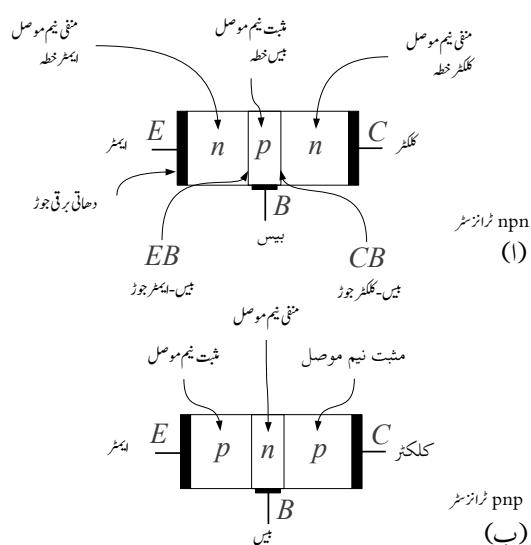
برقیات میں دو اقسام کے پڑھ جاتے ہیں۔ ان میں مزاحمت، کپیسٹر، امالہ اور ڈائیوڈ کو خیہر عاملہ اپر زہ جاتے پکار جاتا ہے جبکہ ٹرانزسٹر کے دیگر اقسام کو عاملہ آپر زہ جاتے پکار جاتا ہے۔ برقیات کی ترقی ٹرانزسٹر کی ایجاد کی وجہ سے ہے۔ اس باب میں دوجو ڈنگن پر غور کیا جائے گا۔ دوجو ڈنگن پر ٹرانزسٹر کو عموماً صرف 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 کہا جائے گا۔

۳.۱ ٹرانزسٹر کی ساخت اور اس کی بنیادی کارکردگی

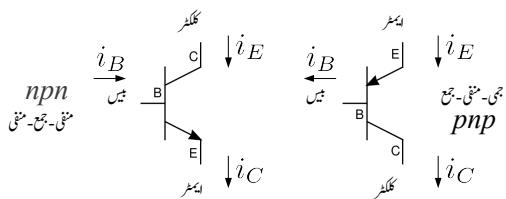
شکل ۳.۱ میں دو اقسام کے ٹرانزسٹروں کی بناءٹ دکھائی گئی ہے۔ شکل اف۔ میں دو منی نیم موصل خطوں کے مابین ایک ثابت نیم موصل خط سیٹاگیا ہے۔ اس قم کے ٹرانزسٹر کو منفی-ججھ-منفی ٹرانزسٹریا npn ٹرانزسٹر کہتے ہیں۔ ان تین نیم موصل خطوں کو ایمپٹ خط^۵، بیئر خط^۶ اور کلکٹر خط^۷ کہتے ہیں۔ شکل میں ان کی وضاحت کی گئی ہے۔ اس کے برکس شکل ب میں دو ثابت نیم موصل خطوں کے مابین ایک منی نیم موصل خط سیٹاگیا ہے۔ اس قم کے ٹرانزسٹر کو ججھ-منفی-ججھ ٹرانزسٹریا pnp ٹرانزسٹر کہتے ہیں۔ منی-ججھ-منی ٹرانزسٹر کے تین برقی سرے ہیں جنہیں ایمپٹ^۸ E، کلکٹر^۹ C اور بیئر^{۱۰} B کہتے ہیں۔ اس ٹرانزسٹر میں منی نیم موصل n اور ثابت نیم

passive^۱
transistor^۲
active^۳
field effect transistor^۴
emitter^۵
base^۶
collector^۷
emitter^۸
collector^۹
base^{۱۰}

باب ۳. ٹرانزسٹر (دیجیٹر ایز ٹرانزسٹر)



شکل ۳: منفی-جمع-منفی ٹرانزسٹر اور منفی-جمع ٹرانزسٹر کی بناء



شکل ۳.۲: ٹرانزسٹر کے علامات

جدول ۳.۲: ٹرانزسٹر کے تین مختلف انداز کارکردگی

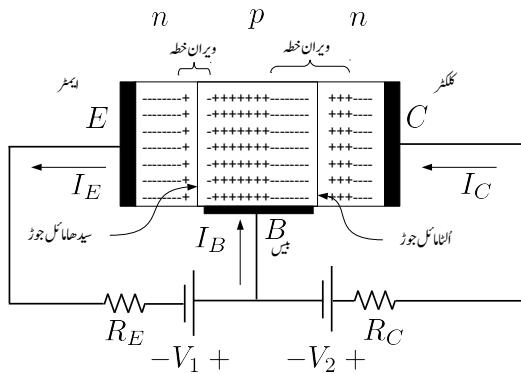
انداز کارکردگی	بیس-بیٹری جوڑ	بیس-گلکشن جوڑ
افزاں نہیں کارکردگی	سیدھا مائل	غیر سیدھا مائل
افزاں نہیں کارکردگی	سیدھا مائل	سیدھا مائل
متفقہ حالت	الٹامائل	الٹامائل

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 واقعہ کے علامات دکھائے گئے ہیں۔ بیس-بیٹری جوڑ پر تیر کا نشان ٹرانزسٹر میں اس جوڑ سے 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 ۳.۳ میں ٹرانزسٹر مائل کرنے کے تین ممکن طریقے دکھائے گئے ہیں۔ ٹرانزسٹر کو جزو ایک پیغام استعمال کرنے کی خاطر اسے افراہ نہیں کارکردگی کا اسال میں رکھا جاتا ہے۔ عددی ادوار ۱۳ میں ٹرانزسٹر کے غیر افراہ نہیں کارکردگی کا اسال اور متفقہ ۱۳ حالت دنوں استعمال ہوتے ہیں۔

۳.۲ افزاں نہیں کارکردگی مخفی-جمع-مخفی npn ٹرانزسٹر کی

شکل ۳.۳ میں مخفی-جمع-مخفی 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 بڑھ جائے گی۔ شکل میں مخفی-جمع-مخفی npn

active^{۱۱}
digital circuits^{۱۲}
saturation^{۱۳}
cutoff^{۱۴}



شکل ۳.۳: بیس-بیس-بیس-ٹرانزسٹر کی ساخت

ٹرانزسٹر کے بر قی روکی سمتیں دکھائی گئی ہیں۔ شکل میں بیس خط کے لمبائی کو بڑھ کر دکھایا گیا ہے۔ $n-p-n$ ٹرانزسٹر کی کارکردگی کا درود اور $n-p-n$ خطوں کا نتیجائی ترتیب ہونے پر ہے۔ یوں حقیقت میں بیس خط کی لمبائی چند مائیکرو میٹر μm ہوتی ہے۔ شکل ۳.۲ میں اس ٹرانزسٹر میں باروں کے حسرکت کی وضاحت کی گئی ہے۔ یہ میں ہمیشہ جوڑ بالکل ڈائیوڈ کی مانندہ عمل کرتا ہے۔ ہمیروفی بر قی دباؤ کی وجہ سے آزاد الیکٹرون ہمیشہ خطے سے بیس خطے میں داخل ہوتے ہیں۔ ان الیکٹرونوں کو شکل میں مدغاش الیکٹرون ^{۱۵} کہا گیا ہے۔ اسی طرح بیس خطے سے آزاد حسنلو ہمیشہ خطے میں داخل ہوتے ہیں۔ ان حسنلوں کو شکل میں مدغاش غلو ^{۱۶} کہا گیا ہے۔ مقنی ٹرانزسٹر کی کارکردگی مدد حسنل الیکٹرون پر مختصر ہوتی ہے جبکہ مدد حسنلو اس میں کوئی کردار ادا نہیں کرتے۔ چونکہ مدد حسنل الیکٹرونوں کی تعداد ہمیشہ خطے میں ملاؤنی ایشور کی تعداد کا ^{۱۷} کافیت ہے N_D پر مختصر ہے جبکہ مدد حسنلوں کی تعداد بیس خطے میں ملاؤنی ایشور کی تعداد کا ^{۱۸} کافیت ہے N_A پر مختصر ہے اپنے ٹرانزسٹر کے ہمیشہ خطے میں N_D کی قیمت میں بیس خطے میں N_A کی قیمت سے کوئی درجہ زیادہ رکھی جاتی ہے۔ شکل ۳.۵ میں مقنی-جمع-مقنی $n-p-n$ ٹرانزسٹر میں باروں کی حسرکت دکھائی گئی ہے۔ چونکہ رواںی بر قی روکی دباؤ الیکٹرون کے بیساو کی سمتیں آئیں میں الٹ ہوتی ہیں لہذا اس ٹرانزسٹر کے ہمیشہ سرے پر الیکٹرون کا یہاں واندر کی وجہ سے فراہم کریں کہ ہمیشہ سرے پر ہر سینٹ x الیکٹرون ٹرانزسٹر میں داخل ہوتے ہیں۔ الیکٹرون کا بر قی بار ^{۱۹} $-q$ ۔ لکھتے ہوئے یوں ہمیشہ سرے پر بر قی روکی دباؤ I_E کی قیمت ہو گی۔ ہمیروفی بر قی دباؤ بیس-بیس-بیس-ٹرانزسٹر کے تمام x الیکٹرون میں خطے میں پہنچ جائیں گے۔ ^{۲۰} اسیں خطے میں مدد حسنل الیکٹرون ہے

(۳.۱)

$$I_E = xq$$

بر قی روکا گر ہو گا اور تمام کے تمام x الیکٹرون میں خطے میں پہنچ جائیں گے۔ ^{۲۱} اسیں خطے میں مدد حسنل الیکٹرون ہے

^{۱۵} injected electrons

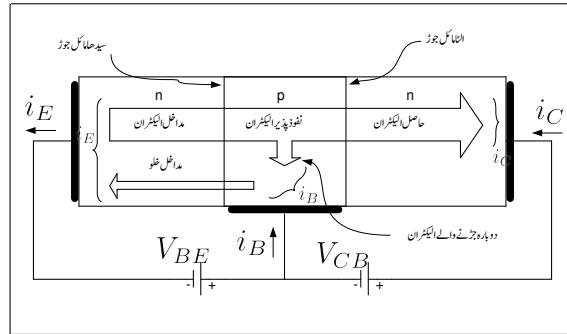
^{۱۶} injected holes

^{۱۷} number density

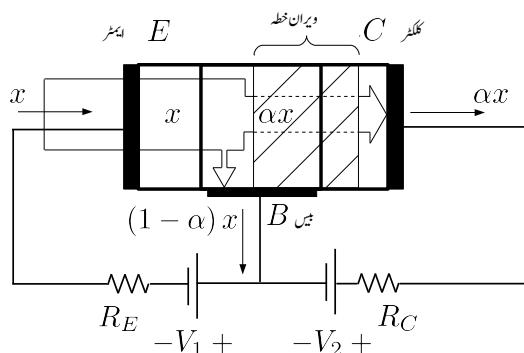
^{۱۸} charge

^{۱۹} یہاں حسنلو کے یہ اکٹھنے اور انداز کیا گیا ہے۔ اس کی بات آگے جبا کر ہو گی

۳.۲. افراستہ حال متفاہجع-متفی $n-p-n$ ٹرانزسٹر کی کارکردگی



شکل ۳.۲: npn ٹرانزسٹر میں باروں کی حرکت



شکل ۳.۵: npn ٹرانزسٹر میں اسیکٹرانوں 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 ٹکٹکر 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 ٹکٹکر خط میں تقتل ہو جاتے ہیں۔ یہ x ایکٹر انوں کا بیشتر حصہ ٹکٹکر خط میں پہنچ جاتا ہے اور یہاں سے ٹرانزسٹر کے بیرونی ٹکٹکر سرے پر پہنچ کر برقی رو I_C پیدا کرتا ہے۔ ٹکٹکر خط پہنچنے والے ایکٹر انوں کی تعداد کو αx لکھا جا سکتا ہے جہاں α کی قیمت عموماً ۰.۹۹ ہوتی ہے۔ یہ ٹکٹکر 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 ٹکٹکروں 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 β 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 β 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 α 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 β 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 β گناہ ہے۔ یوں اگر β 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 β 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 β 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۔

current gain^{rr}
gain^{rr}

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 مختصہ 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 مساوات 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°C بڑھانے سے تقریباً دو گنی ہوتی ہے۔ جب یہ ٹرانزسٹروں میں یہی I_{CB0} متاثر نہ ہوتا ہے بلکہ 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 0.5V سے کم رکھا جاتا ہے۔ سیدھے مائل یہیں۔ یہ جوڑ پر کسی بھی سیدھے مائل جمع۔ مفہی جوڑ کی طرح برقی دباؤ کو 0.7V تصور کیا جاتا ہے۔

اب تک کے بحث میں β کو مستقل تصور کیا گیا۔ درحقیقت میں β کی قیمت از خود i_n پر مختصہ ہوتی ہے۔ شکل ۳.۶ میں کسی ایک ٹرانزسٹر کو مثال بنتا ہے β 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 β کی قیمت بہت زیادہ تبدیل نہیں ہوتی اور یوں β میں تبدیلی کو نظر انداز کرتے ہوئے اس خطے میں اوسط β کے قیمت کو ٹرانزسٹر کا β تصور کیا جاتا ہے۔ اس کتاب میں i_n کے تبدیلی سے β کے تبدیلی کو نظر انداز کیا جائے گا۔

β دو یک سست برقی رو یعنی I_C اور I_B کی شرح بے ہے عوام h_{FE} بھی لکھا جاتا ہے یعنی

(۳.۱۴)

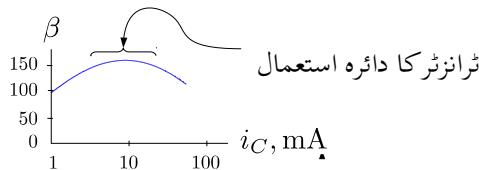
$$\beta = h_{FE} = \frac{I_C}{I_B}$$

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 β سے ظاہر کیا جائے گا۔



شکل ۳.۳: افناش بالقابل برقی رو

$$V_{BC} = V_B - V_C$$

$$V_{BE} = V_B - V_E$$

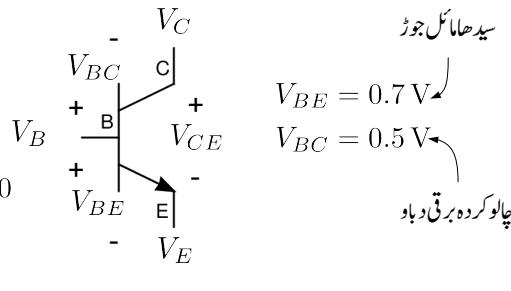
$$V_{CE} = V_C - V_E$$

$$V_{CE} + V_{BC} - V_{BE} = 0$$

$$V_{CE} = V_{BE} - V_{BC}$$

$$= 0.7 - 0.5$$

$$= 0.2 \text{ V}$$



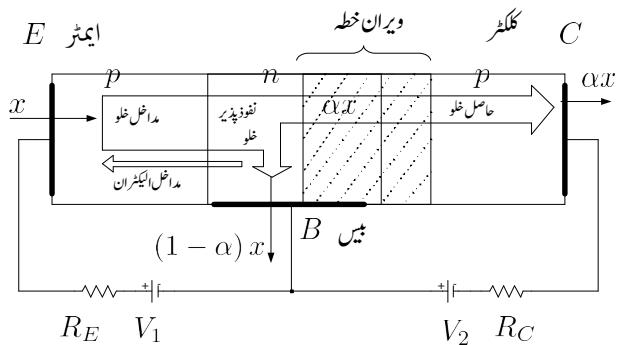
شکل ۳.۴: ٹرانزسٹر کی غیر افناشندہ کردہ برقی دباؤ

۳.۳ غیر افناشندہ کردہ برقی دباؤ

شکل ۳.۴ 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 V ہوتی ہے۔ اگر یہیں گلکسٹ جوڑ پر برقی دباؤ کو اس حد (یعنی پالو کرده برقی دباؤ) سے بڑھای جائے تو V_{CE} کی قیمت 0.2 V سے کم ہو جائے گی اور ٹرانزسٹر غیر افناشندہ صورت اختیار کر لے گا۔ لہذا افناشندہ حال ٹرانزسٹر پر برقی دباؤ V_{CE} کی قیمت 0.2 V سے زیادہ رہتی ہے۔ V_{CE} کے اس قیمت کو ٹرانزسٹر کا غیر افناشندہ برقی دباؤ غیر افناشندہ کہتے ہیں یعنی V_{CEsat}

$$(3.12) \quad V_{CEsat} = 0.2 \text{ V}$$

$$V_{CEsat}$$



شکل ۳.۸.۸ pnp ٹرانزسٹر میں خلو کا بیباو

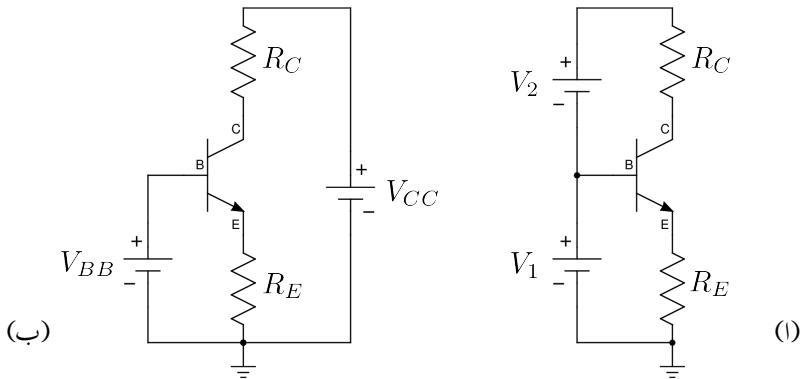
۳.۲.۲ افزاں نہدہ حال جمع-منفی- جمع pnp ٹرانزسٹر کی کارکردگی

شکل ۳.۲.۸ میں pnp ٹرانزسٹر کے بیساں-بیٹری جوڑ کو سیدھا مائل کرتے ہوئے اسے افزاں نہدہ خلط میں رکھا گیا ہے۔ pnp ٹرانزسٹر کی کارکردگی بالکل npn ٹرانزسٹر کی طرح ہے۔ منفر صرف اتنا ہے کہ npn ٹرانزسٹر میں برقی روکا و جو دو ٹرانزسٹر میں الیکٹرون کی حرکت سے ہوتا ہے جبکہ pnp ٹرانزسٹر میں برقی روکا و جو دو ٹرانزسٹر میں ٹلوفواڑ کی حرکت سے ہوتا ہے۔

جیسا شکل میں دکھایا گیا ہے، بیرونی لاگو برقی دباؤ V_1 بیٹری-بیس جوڑ کو سیدھا مائل کرتا ہے جس سے بیٹری سے بیس خلط میں خلو داخل ہوتے ہیں اور بیس خلط سے بیٹری خلط میں الیکٹران داخل ہوتے ہیں۔ چونکہ بیس خلط میں الیکٹران کی تعداد اسی کثافت بیٹری میں خلو کی تعداد اسی کثافت سے کمی درجے کم رکھی جاتی ہے لہذا بیٹری سے بیس خلط میں داخل ہونے والے خلووں کی تعداد بیس سے بیٹری خلط میں داخل ہونے والے الیکٹرانوں کی تعداد اسے کم درجے زیادہ ہوتی ہے۔ بیس خلط کی لمبائی نہایت کم ہوتی ہے اور یوں بیس خلط میں داخل ہونے والے خلووں کا بیشتر حصہ بیس۔ بیٹری جوڑ پر پائے جانے والے ان خلے تک پہنچتا ہے۔ ویران خلط میں خلو داخل ہوتے ہی بیس پائے جانے والے برقی میدان کی وجہ سے بیکارتا ہے۔ بیکارتا ہے اور بیس میں حنارج کے جانے والے خلووں کا بیشتر حصہ بیکارتا ہے۔ بیکارتا ہے اور بیس میں دھلیل دئے جاتے ہیں۔ یوں بیٹری سے بیس میں حنارج کے جانے والے خلووں کا بیشتر حصہ بیکارتا ہے۔ بیکارتا ہے اور بیس میں دھلیل دئے جاتے ہیں۔ یوں بیٹری دوسری میں برقی روکا ایمپ ان کے حرکت میں باہر سے آنے والے الیکٹران کے ساتھ مسل کر ختم ہوتا ہے۔ یوں بیرونی دوسری میں برقی روکا ایمپ ان کے حرکت سے جبکہ pnp کے اندر برقی روکوں کے حرکت سے پیدا ہوتا ہے۔

۳.۲.۳ V_{EC} اور V_{EB} کے pnp

n-p-n ٹرانزسٹر کے سیدھے مائل بیساں-بیٹری جوڑ پر $V_{BE} = 0.7\text{ V}$ پایا جاتا ہے اور $V_{CE} = 0.2\text{ V}$ غیر افزاں نہدہ میں پایا جاتا ہے اور $V_{EC} = 0.2\text{ V}$ غیر افزاں نہدہ ہو جاتا ہے۔ pnp ٹرانزسٹر میں بھی ایسا ہی ہوتا ہے پس جوڑ کے نام اسکے پڑتے ہیں لیکن pnp کے سیدھے مائل ایمپ-بیس جوڑ پر $V_{EB} = 0.7\text{ V}$ پایا جاتا ہے اور $V_{EC} = 0.2\text{ V}$ غیر افزاں نہدہ میں پایا 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

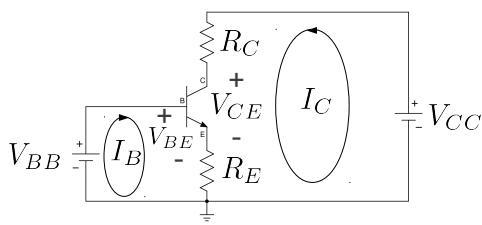
ٹرانزسٹر کے ساتھ مزاجت (مسازمیت) اور یک سمت منبع برقی دباؤ (برقی دباؤ) نسلک کر کے اسے تین مختلف طرز پر چالایا جاسکتا ہے۔ ان تین طرز یوں کو جو دل ۱۔ میں بیان کیا گیا ہے۔ ٹرانزسٹر کے قطبے کارکردگی (قطبیہ ماں) پر اس کے یک سمت برقی دباؤ، I_E اور یک سمت برقی دباؤ کو V_{BC} , V_{BE} , V_{CE} لکھتے ہیں۔ ڈائیڈ کے قطبے ماں کی طرز پر ان قیمتیوں کے لکھتے کا درست انداز I_{BQ} , I_{CQ} , I_{EQ} ، V_{CEQ} وغیرہ ہے۔ اس کتاب میں جہاں عنطی کی گنجائش سے ہو وہاں ان قیمتیوں کو پہلی طرز پر لکھا جائے گا جیسے I_{CQ} کو I_C لکھا جائے گا۔ اس حصے میں ٹرانزسٹر کے یک سمت اور حل کرنے پر غور کیا جائے گا جہاں ٹرانزسٹر کے مختلف حال یعنی افراستنده حال، غیر افراستنده حال اور منقطعے حال باری باری دیکھے جائیں گے۔

۳.۵ افسزائندہ ٹرانزسٹر کے کم سمتی ادوار کا حل

ٹرانزسٹر کی علامت استعمال کرتے ہوئے شکل ۳.۵ کو شکل ۳.۶ اف میں دوبارہ دکھایا گیا ہے۔ شکل ۳.۹ کو شکل ۳.۶ ب کے طرز پر بھی بنایا جا سکتا ہے جیسا V₁ کی جگہ V_{BB} لکھا گیا ہے اور (V₁ + V₂) کی جگہ V_{CC} لکھا گیا ہے۔ ٹرانزسٹر ادا کو عموماً شکل ب کی طرز برپا یا 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 α 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 کے بجائے ۰.۴۹۵ mA کے مترقبہ 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 برقی دباؤ V_{CE} میں ۰.۷۶ فن صدھا مندرجہ ہے یعنی

$$\left| \frac{6.55 - 6.5}{6.55} \right| \times 100 = 0.76 \%$$

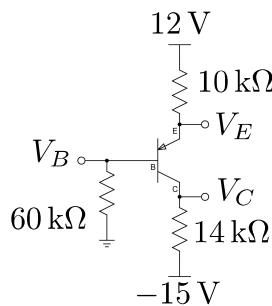
گزشتہ دو مثابوں سے ظاہر ہے کہ اثر انز سٹر کے ادوار حل کرتے ہوئے α کی قیمت ایک (۱) تصور کی جاسکتی ہے۔ اثر انز سٹر کے ادوار فیلم و گانڈی کی مدد سے حل کرتے ہوئے عسموماً ایسا ہی کیا جاتا ہے اور نتیجتاً I_E کی جگہ I_C کی قیمت استعمال کی جاتی ہے۔ $I_E \approx I_C$ لینے کا مطلب I_B کو ظفر انداز کرتا ہے۔

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 β حاصل کریں۔ مزید C_V 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 β 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

$$V_{CC} = 12 \text{ V}$$

$$V_{BB} = 1.2 \text{ V}$$

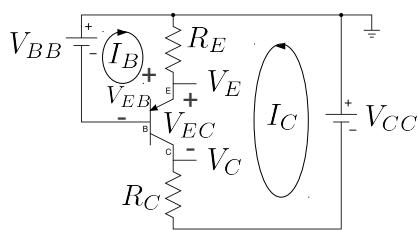
$$R_C = 10 \text{ k}\Omega$$

$$R_E = 1 \text{ k}\Omega$$

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



$$\begin{aligned}V_{BB} &= (I_B + I_C) R_E + V_{EB} \\&= I_E R_E + V_{EB}\end{aligned}$$

$$I_E = \frac{V_{BB} - V_{EB}}{R_E} \approx I_C$$

$$\begin{aligned}V_{CC} &= I_E R_E + V_{EC} + I_C R_C \\&\approx I_C R_E + V_{EC} + I_C R_C\end{aligned}$$

$$V_{EC} = V_{CC} - I_C (R_E + R_C)$$

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 اب جائز تباہ

$$\begin{aligned}V_{EC} &= V_{CC} - I_C (R_E + R_C) \\&= 12 - 0.5 \times 10^{-3} \times (1000 + 10000) \\&= 6.5 \text{ V}\end{aligned}$$

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۔

$$\begin{aligned}\alpha &= \frac{\beta}{\beta + 1} \\&= \frac{36}{36 + 1} \\&= 0.97297\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}I_C &= \alpha I_E \\&= 0.97297 \times 0.4444 \times 10^{-3} \\&= 0.432 \text{ mA}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}I_B &= \frac{I_E}{\beta + 1} \\&= \frac{0.4444 \times 10^{-3}}{36 + 1} \\&= 12.01 \mu\text{A}\end{aligned}$$

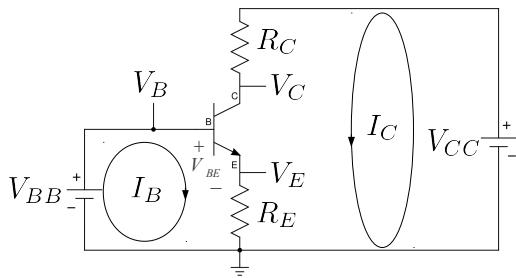
آپ دیکھ سکتے ہیں کہ β کی قیمت کم ہونے کی صورت میں I_C اور I_E کی قیتوں میں فرق بڑھ جاتا ہے اگرچہ انہیں پھر بھی، فسلم و کاغذ کی مدد سے حاصل کرتے ہوئے، برابری تصور کیا جاتا ہے۔
ٹرانزسٹر کے سروں پر بر قی دباؤ حاصل کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned}V_C &= V_{CC} - I_C R_C \\&= 15 - 0.432 \times 10^{-3} \times 5.6 \times 10^3 \\&= 12.581 \text{ V}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_E &= I_E R_E \\&= 0.4444 \times 10^{-3} \times 900 \\&\approx 0.4 \text{ V}\end{aligned}$$

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۔

$$\begin{aligned} \alpha &= \frac{\beta}{\beta + 1} \\ &= \frac{36}{36 + 1} \\ &= 0.97297 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_C &= \alpha I_E \\ &= 0.97297 \times 0.4444 \times 10^{-3} \\ &= 0.432 \text{ mA} \end{aligned}$$

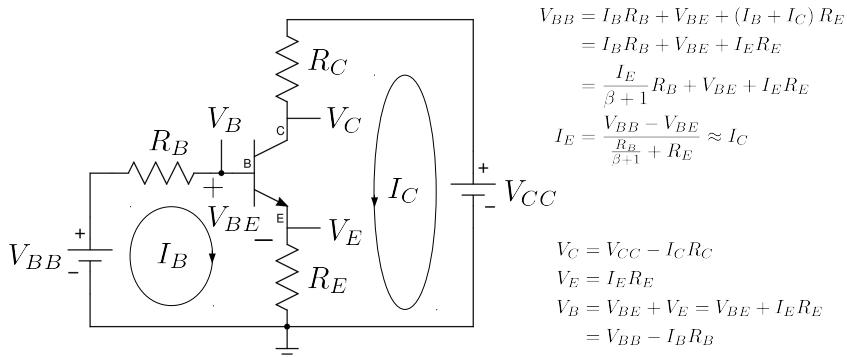
$$\begin{aligned} I_B &= \frac{I_E}{\beta + 1} \\ &= \frac{0.4444 \times 10^{-3}}{36 + 1} \\ &= 12.01 \mu\text{A} \end{aligned}$$

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: مزاحم سڑک در جہاں تینوں سروں کے ساتھ مزاحمت منلکے ہیں

$$\begin{aligned}
 V_{EC} &= V_E - V_C \\
 &= -0.4 + 12.581 \\
 &= 12.181 \text{ V}
 \end{aligned}$$

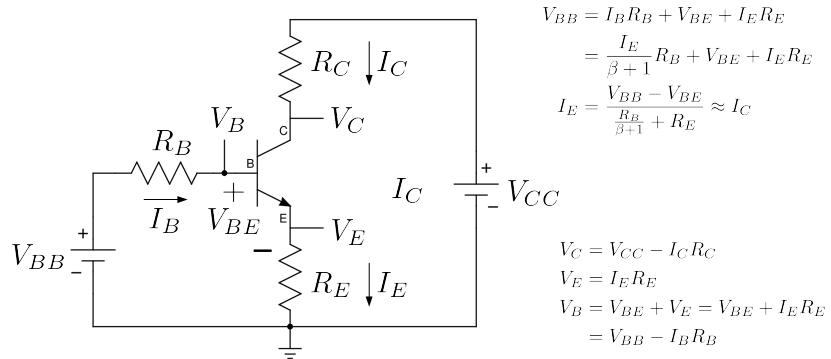
چونکہ تیس پر بر قی دباؤ $V = 1.1 \text{ V}$ لگ کر بھی حاصل کیا جاسکتا ہے یعنی

$$V_E = V_B + V_{EB} = -1.1 + 0.7 = -0.4 \text{ V}$$

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 یہ 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 جاتا 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

$$V_{CC} = 12 \text{ V}$$

$$V_{BB} = 1.2 \text{ V}$$

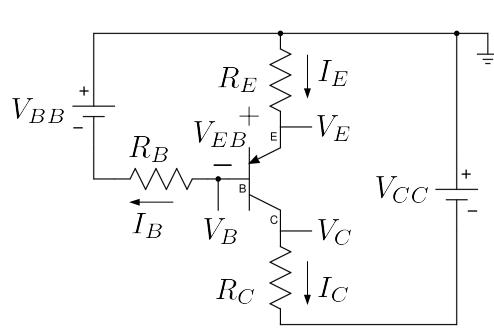
$$R_C = 4.7 \text{ k}\Omega$$

$$R_E = 1.2 \text{ k}\Omega$$

$$R_B = 2.8 \text{ k}\Omega$$

$$\beta = 27$$

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

صلیح جا ب

$$\begin{aligned}V_{BB} &= I_E R_E + V_{EB} + I_B R_B \\&= I_E R_E + V_{EB} + \left(\frac{I_E}{\beta+1} \right) R_B \\&= V_{EB} + \left(R_E + \frac{R_B}{\beta+1} \right) I_E\end{aligned}$$

←

$$\begin{aligned}I_E &= \frac{V_{BB} - V_{EB}}{R_E + \frac{R_B}{\beta+1}} \\&= \frac{1.2 - 0.7}{1200 + \frac{2800}{27+1}} \\&= 0.385 \text{ mA}\end{aligned}$$

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 V سے زیاد ہے لہذا انزسٹر انفائزندہ ہی ہے اور یہی درست جوابات ہیں۔

انزسٹر کو انفائزندہ حال رکھنے کی حافظہ 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 حافظہ 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۔

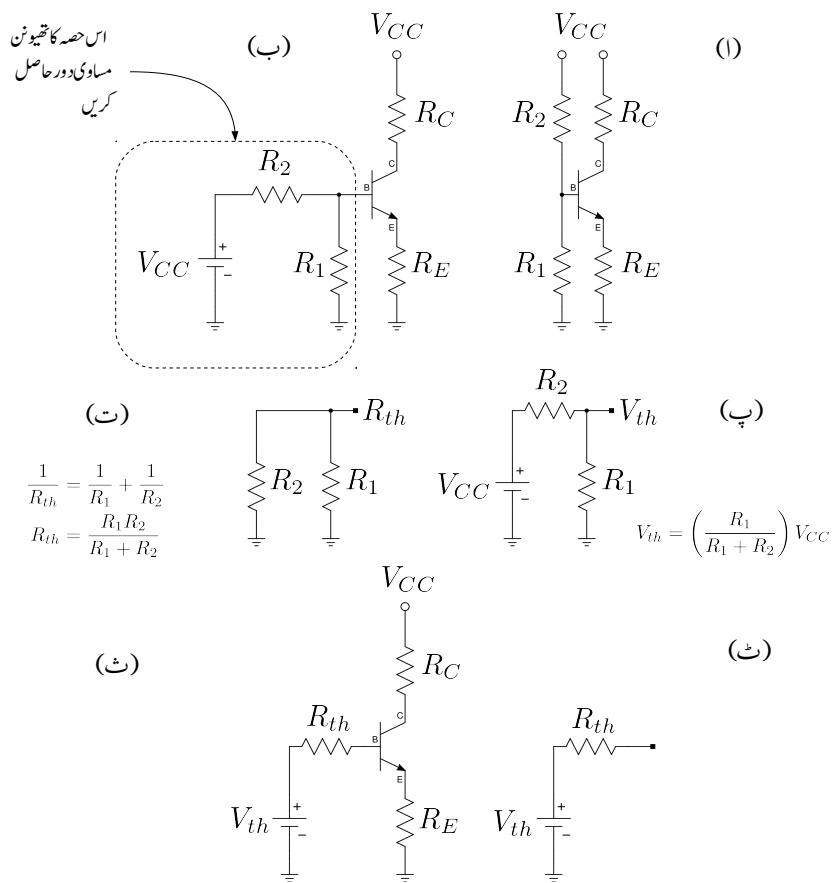
مسئلہ تھون کے مطابق کسی بھی دور کا مساوی تھون دوڑ حاصل کیا جاسکتا ہے جو ایک عدد تھون مسماحت R_{th} اور ایک عدد تھون برقی دباؤ V_{th} پر مشتمل ہوتا ہے۔

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 حافظہ دور کے اندر ونی 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

$$\begin{aligned} V_{th} &= \frac{R_1 V_{CC}}{R_1 + R_2} \\ \frac{1}{R_{th}} &= \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \\ R_{th} &= \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \end{aligned} \quad (3.27)$$

یوں نقطے دار لکسیر میں گھیرے حصے کا مساوی 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_{th} کو R_B کو لکھا 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۔

^{۳۳} اندر ونی 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

$$V_{CC} = 12 \text{ V}$$

$$R_C = 5.6 \text{ k}\Omega$$

$$R_E = 820 \Omega$$

$$R_1 = 8.9 \text{ k}\Omega$$

$$R_2 = 99 \text{ k}\Omega$$

$$\beta = 100$$

بیں۔ 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 امنزاسد، V_{CE} سے زیادہ ہے لہذا ٹرانزسٹر امنزاسد حال ہے اور یہ حاصل کردہ جوابات درست ہیں۔

مثال ۳.۱۹: شکل ۳.۱۹ میں

$$V_{CC} = 20 \text{ V}, \quad R_C = 10 \text{ k}\Omega, \quad R_B = 200 \text{ k}\Omega$$

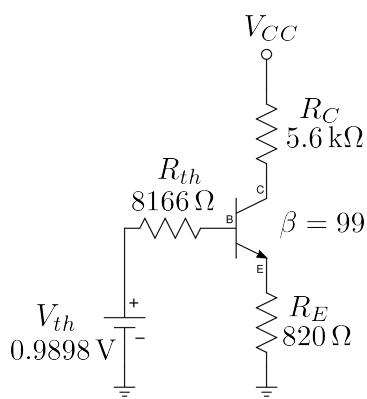
$$R_E = 100 \Omega, \quad \beta = 99$$

بیں۔ نقطے کارکردگی حاصل کریں۔
حل: ٹرانزسٹر کے گلکش پر کرخونے کے مت نون برائے برقی رو کی مدد سے

$$I_{RC} = I_B + I_C$$

لکھ جائیں۔ چونکہ $I_E = I_B + I_C$ ہوتا ہے لہذا $I_E = I_E R_C + I_B R_B + V_{BE} + I_E R_E$

$$V_{CC} = I_E R_C + I_B R_B + V_{BE} + I_E R_E$$



$$\begin{aligned}V_{th} &= I_B R_{th} + V_{BE} + (I_B + I_C) R_E \\&= \frac{I_E}{\beta+1} R_{th} + V_{BE} + I_E R_E \\I_E &= \frac{V_{th} - V_{BE}}{\frac{R_{th}}{\beta+1} + R_E} \\&= \frac{0.9898 - 0.7}{\frac{8166}{99+1} + 820} = 0.3214 \text{ mA}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_{CC} &= I_C R_C + V_{CE} + (I_B + I_C) R_E \\&= I_C R_C + V_{CE} + I_E R_E \\&\approx I_C R_C + V_{CE} + I_C R_E \\V_{CE} &\approx V_{CC} - I_C (R_C + R_E) \\&= 12 - 0.3214 \times 10^{-3} \times (5600 + 820) \\&= 9.9366 \text{ V}\end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}I_E &= \frac{20 - 0.7}{10000 + \frac{200000}{99+1} + 100} \\&= 1.595 \text{ mA}\end{aligned}$$

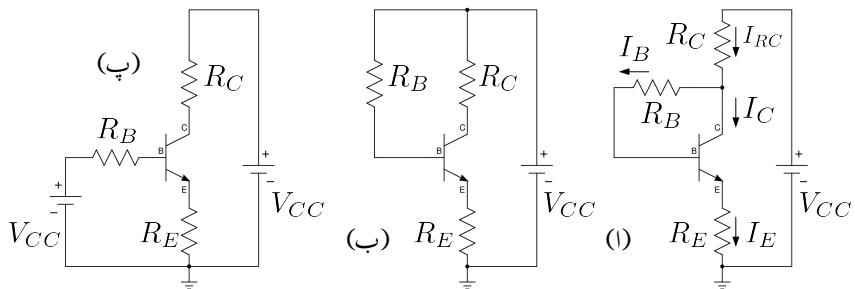
حاصل ہوتا ہے۔ کر خوف کے وسائل برائے برقی دباؤ کو حناری جواب یوں لکھا جاتا ہے

$$V_{CC} = I_E R_C + V_{CE} + I_E R_E$$

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

$$V_{CC} = 20 \text{ V}, \quad R_C = 1 \text{ k}\Omega, \quad R_B = 500 \text{ k}\Omega \\ R_E = 1 \text{ k}\Omega, \quad \beta = 99$$

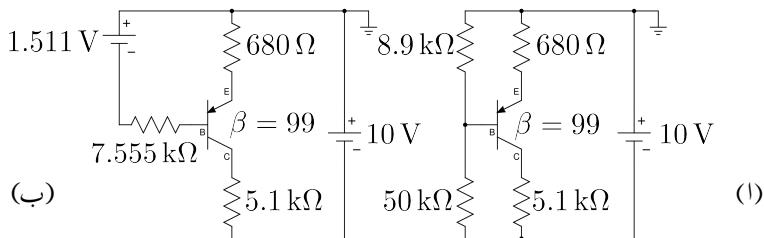
بیں۔ نقطہ کار کردگی حاصل کریں۔

حل: شکل پے میں اسی کو دوبارہ بنایا گیا ہے جہاں داخلی اور خارجی حبابے بالکل علیحدہ و اخچ نظر آتے ہیں۔ داخلی حبابے کر غونے 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

$$V_{th} = \frac{-10 \times 8900}{8900 + 50000} = -1.511 \text{ V}$$

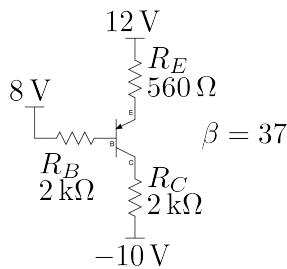
$$R_{th} = \frac{8900 \times 50000}{8900 + 50000} = 7.555 \text{ k}\Omega$$

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 V سے زیاد ہے لہذا ٹرانزسٹر افنسائزندہ 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 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 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 $W = 0.3214 \text{ mA} = 2.97 \text{ mW}$ ہو گا۔ بیمس $V_B = 0.7 \text{ V}$ لیتے ہوئے اس جوڑ پر طاقت کا ضیاء $W = 0.3214 \text{ mA} = 0.225 \text{ mW}$ ہو گا۔

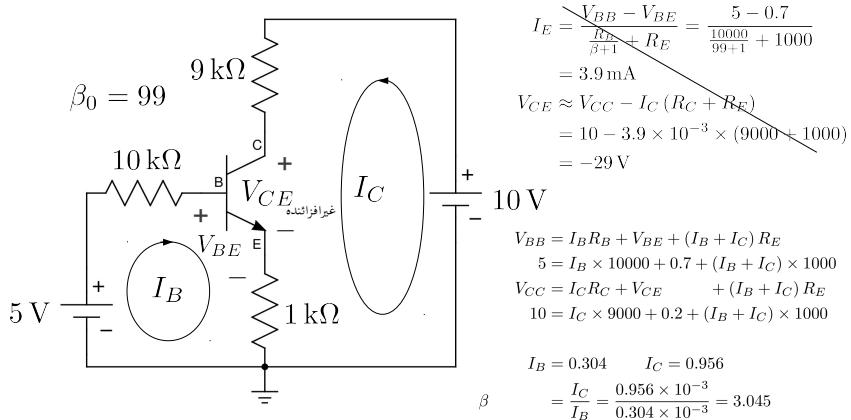
مندرجہ بالا مثال سے یہ حقیقت سامنے آتی ہے کہ عمومی استعمال میں طاقت کے ضیاء کا بیشتر حصہ ہے۔ گلکش جوڑ پر پایا جاتا ہے، کم طاقت کے ٹرانزسٹر عموماً پلاٹک ڈبیا میں بند ہمیا کے جہاتے ہیں۔ پلاٹک ڈبیا سے ٹرانزسٹر کے تینوں سرے باہر لکھ پائے جاتے ہیں۔ زیادہ طاقت کے ٹرانزسٹر کو عموماً دھاتی ڈبے میں بند ہمیا کیا جاتا ہے۔ ایسے ٹرانزسٹر کے ڈبے۔ گلکش جوڑ کو ٹھنڈار کنے کی حراطر گلکش کو دھاتی ڈبے کے ساتھ جوڑا جاتا ہے۔ جوڑے دھات میں گری کے منتقلی سے جوڑ ٹھنڈا ہوتا ہے۔ ہوائی سے دھاتی ڈبے ٹھنڈا رہتا ہے۔ اگر ضرورت دریش آئے تو دھاتی ڈبے کو از خود زیادہ بڑی جسامت کے سردد کار ۲۵ 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 حراطر یا تو ڈینا اون کوتبدیل 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 دوں میں اگر ٹرانزسٹر کو افنسائزدہ حال تصویر کرتے ہوئے حل کیا جائے تو V_{CE} کی قیمت منقی اسیست ولٹ $V = 29$ ۔ حاصل ہوتی ہے 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 دیا گیا ہے۔

ٹرانزسٹر ادار حاصل کرتے ہوئے اسی طرح پہلے ٹرانزسٹر کو افنسائزدہ حال تصویر کرتے ہوئے دور کو حل کیا جاتا ہے۔ اگر حاصل V_{CE} کی قیمت غیر افنسائزدہ V_{CE} 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 مائل ٹرانزسٹر پر پائے جانے والے برقی دباد V_{CE} کی قیمت غیر افزاں نہ مایہ ۰.۲ V ہوتی ہے۔ مسزیدیہ کے مصادمات ۳.۸ اور مصادمات ۳.۲ میں ورنہ 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 β_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۔ β 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 β 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 چاپ 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

$$V_{CC} = 10 \text{ V}$$

$$R_C = 9 \text{ k}\Omega$$

$$R_B = 10 \text{ k}\Omega$$

$$R_E = 1 \text{ k}\Omega$$

$$\beta_0 = 99$$

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 β_0 متابل استعمال ہوتی ہے یعنی مساوات ۳.۸ اور مساوات ۳.۹ متابل استعمال ہیں۔ مزیدیہ کہ اس لمحے پر $V_{CE} = 0.2 \text{ V}$

$$\alpha = \frac{\beta_0}{\beta_0 + 1} = \frac{99}{99 + 1} = 0.99$$

$$\begin{aligned} V_{BB} &= I_B R_B + V_{BE} + (I_B + I_C) R_E \\ &= V_{BE} + I_E \left(\frac{R_B}{\beta_0 + 1} + R_E \right) \\ &= 0.7 + I_E \times 1100 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{CC} &= I_C R_C + V_{CE} + (I_B + I_C) R_E \\ &= V_{CE} + I_E (\alpha R_C + R_E) \\ &= 0.2 + I_E \times 99100 \end{aligned}$$

نچلی مساوات میں پونکہ $I_E = 0.9889 \text{ mA}$ ہے لہذا اس سے $V_{CC} = 10 \text{ V}$ محاصلہ ہوتا ہے۔ استعمال کرتے ہوئے دوسری مساوات سے $V_{BB} = 1.78779 \text{ V}$ محاصلہ ہوتا ہے۔

مثال ۳.۲۰ میں شکل

$$V_{CC} = 10 \text{ V}$$

$$V_{BB} = 5 \text{ V}$$

$$R_C = 9 \text{ k}\Omega$$

$$R_E = 1 \text{ k}\Omega$$

$$\beta_0 = 90$$

۳.۵ نقطہ کار کردگی اور یک سمت ادوار کا تحلیلی تجزیہ

۲۱۳

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 β کی قیمت β_0 سے تین گن کم ہو۔
حل: یہاں غیر افزاں دہ β 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

$$V_{BB} = I_B R_B + V_{BE} + I_E R_E$$

$$V_{BB} = V_{BE} + I_E \left(\frac{R_B}{\beta + 1} + R_E \right)$$

$$5 = 0.7 + 1.009 \times 10^{-3} \times \left(\frac{R_B}{30 + 1} + 1000 \right)$$

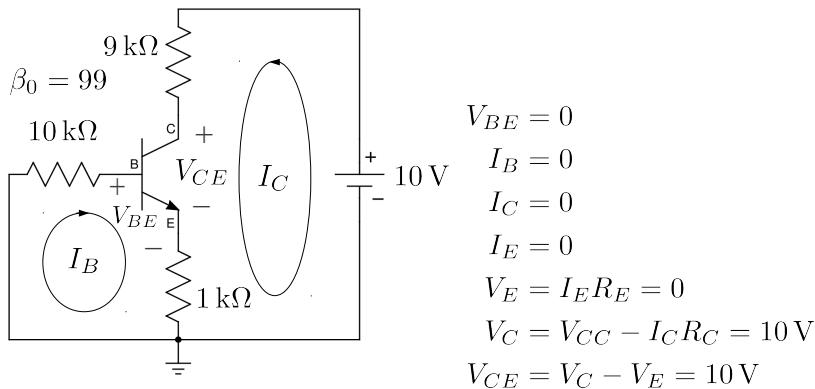
$$R_B = 101.1 \text{ k}\Omega$$

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۔



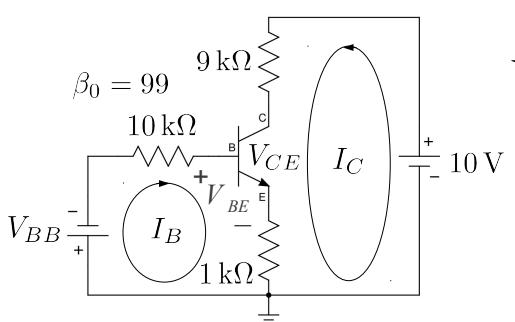
شکل ۳.۲۳: منقطع حال ٹرانزسٹر۔ یہ سیمیٹر جوڑ سیدھا مائل نہیں ہے

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

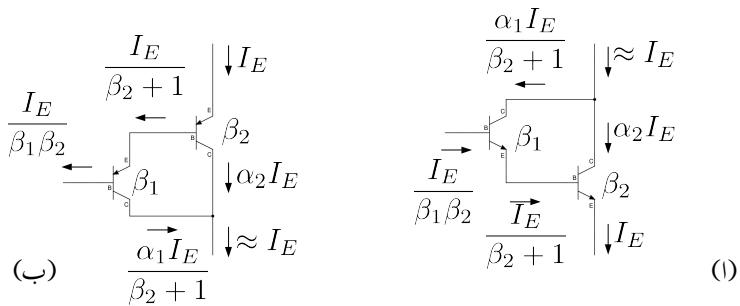
شکل ۳.۲۵ الف میں دو عدد npn ٹرانزسٹر کو مخصوص طرز پر جوڑا گیا ہے جسے npn ڈارلینگٹن جوڑی^{۱۶} یا ڈارلینگٹن ٹرانزستر^{۱۷} کہتے ہیں۔ شکل ب میں pnp ڈارلینگٹن جوڑی دکھائی گئی ہے۔

شکل الف میں اگر Q_2 کے بیٹری پر I_E برقی روپیا جائے تو اس کے گلکش پر $\alpha_2 I_E$ اور اس کے بیس پر $\frac{I_E}{\beta_2+1}$ برقی روپیا جائے گا۔ Q_2 کے بیس پر برقی دباؤ Q_1 کے بیٹری پر برقی دباؤ ہے لہذا Q_1 کے بیٹری پر $\frac{I_E}{\beta_2+1}$ ہی پیا جائے 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 جائے گا جو قدریہا کے رابرے۔ یہ تمام شکل پر بھی دکھائے گئے ہیں۔ یوں اس جوڑی کو اخود ٹرانزسٹر تصور کیا جاتا 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 β حاصل کرنا ممکن ہے۔

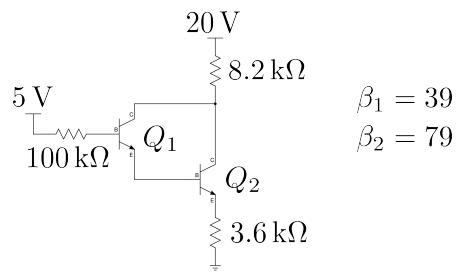
مثال ۳.۲۶: شکل ۳.۲۶ کو حل کریں۔
حل: یہیں جواب کر خون کے فتنوں برائے برقی دباؤ سے

$$5 = I_{B1} \times 100000 + V_{BE1} + V_{BE2} + I_{E2} \times 3600$$

^{۱۶} جناب سٹنی ڈارلینگٹن نے اس شکل کو دریافت کیا۔
^{۱۷} 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 β سے لاحق مسائل استوار نے کا شرط

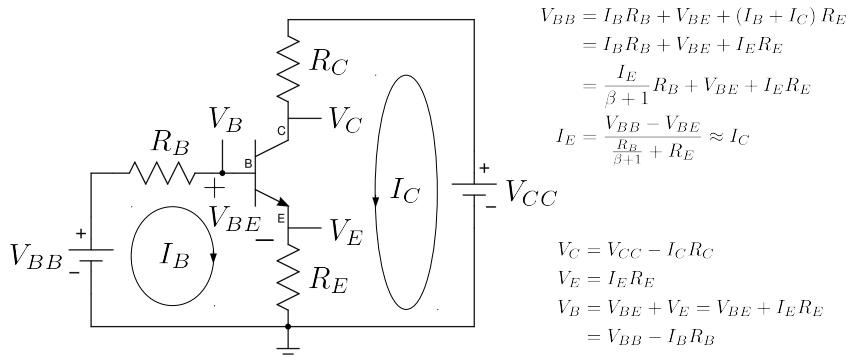
مثال ۷.۱ سے ظاہر ہے کہ α کی قیمت میں ذرا سی تبدیلی سے β کی قیمت میں نیاں تبدیلی پیدا ہوتی ہے۔ ٹرانزسٹر بننے والوں کی کوشش ہوتی ہے کہ ان کے کسی ایک قسم کے تمام ٹرانزسٹروں کے β کی قیمت یکساں ہو۔ ان کے تمام تر کوششوں کے باوجود ایسا ممکن ہو سکا ہے اور کسی بھی ایک قسم کے ٹرانزسٹروں کے عسوی β_0 کی قیمت دو حصوں کے مابین رہتی ہے لیکن

$$(7.28) \quad \text{کمتر } \beta \times \text{بندہ } \beta \approx 3$$

سزا دیے کہ بندہ β کی قیمت کمتر β 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 β_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 β اور بند تر β 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

$$I_{EQ} \approx I_{CQ} = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{\frac{R_B}{\beta_0 + 1} + R_E}$$

$$= \frac{2.7 - 0.7}{\frac{100000}{100+1} + 1000}$$

$$= 1.004975 \text{ mA}$$

$$V_{CEQ} \approx V_{CC} - I_{CQ} (R_C + R_E)$$

$$12 - 1.004975 \times 10^{-3} \times (9000 + 1000)$$

$$= 1.95 \text{ V}$$

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 β 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

$$I_{EQ} \approx I_{CQ} = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{\frac{R_B}{\beta_{کرت} + 1} + R_E}$$

$$= \frac{2.7 - 0.7}{\frac{100000}{50+1} + 1000}$$

$$= 0.6755 \text{ mA}$$

یہ قیمت عسموی قیمت سے 32.78% کم ہے یعنی

$$\frac{1.004975 - 0.6755}{1.004975} \times 100 = 32.78 \%$$

اور

$$V_{CEQ} \approx V_{CC} - I_{CQ} (R_C + R_E)$$

$$= 12 - 0.6755 \times 10^{-3} \times (9000 + 1000)$$

$$= 5.245 \text{ V}$$

آپ دیکھ سکتے ہیں کہ سخت β 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۔
 $150 = \text{بندڑم} \beta \text{ کی قیمت اس استعمال کرتے ہوئے حاصل ہوتا ہے۔}$

$$\begin{aligned} I_{EQ} \approx I_{CQ} &= \frac{V_{BB} - V_{BE}}{\frac{R_B}{\beta+1} + R_E} \\ &= \frac{2.7 - 0.7}{\frac{100000}{150+1} + 1000} \\ &= 1.2032 \text{ mA} \end{aligned}$$

اور

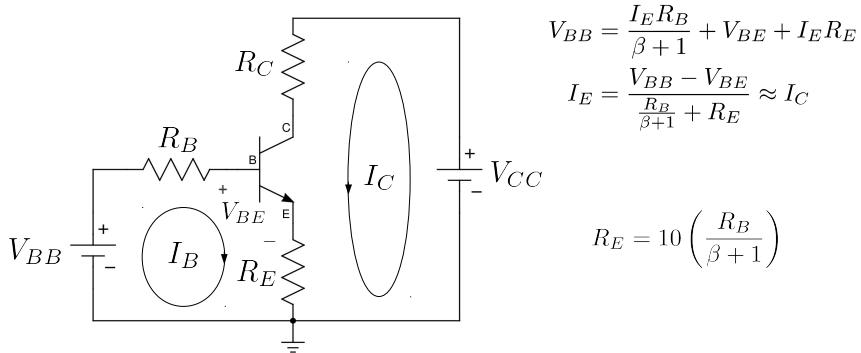
$$\begin{aligned} V_{CE} &\approx V_{CC} - I_{CQ} (R_C + R_E) \\ &= 12 - 1.203 \times 10^{-3} \times (9000 + 1000) \\ &= -0.03 \text{ V} \quad \text{اس ناممکن جواب کو رد کیا جاتا ہے} \\ &= 0.2 \text{ V} \quad \text{لہذا درست جواب یہ ہے} \end{aligned}$$

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 β کی قیمتیں اس کے عمومی قیمت β_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 β 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 β 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 β 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 تبدیلہ β 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 β_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 β ہیں۔

۱۔ β_0 پر برقی رو اور برقی دباؤ حاصل کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned}I_{EQ} \approx I_{CQ} &= \frac{V_{BB} - V_{BE}}{\frac{R_B}{\beta_0 + 1} + R_E} \\&= \frac{1.8 - 0.7}{\frac{10100}{100 + 1} + 1000} \\&= 1 \text{ mA}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_{CE} &\approx V_{CC} - I_{CQ} (R_C + R_E) \\&= 12 - 1 \times 10^{-3} \times (9000 + 1000) \\&= 2 \text{ V}\end{aligned}$$

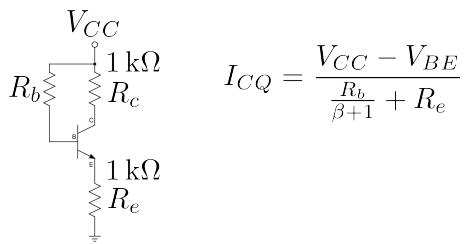
۲۔ کمترافزارش 50 پر ان کی قیمتیں

$$I_{EQ} \approx I_{CQ} = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{\frac{R_B}{\beta + 1} + R_E} = \frac{1.8 - 0.7}{\frac{10100}{50 + 1} + 1000} = 0.918 \text{ mA}$$

$$\begin{aligned}V_{CE} &\approx V_{CC} - I_{CQ} (R_C + R_E) \\&= 12 - 0.918 \times 10^{-3} \times (9000 + 1000) \\&= 2.82 \text{ V}\end{aligned}$$

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 β 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 بیکاری 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 β نلا جاتا ہے۔ ایسی صورت میں چونکہ β کی قیمت تھیک تھیک معلوم ہوتی ہے لہذا مساوات ۳.۳۳ کے تحت دور تخلیق دین لازم نہیں ہوتا۔ آئیں 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 β 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۔ آئین 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 ΔV_{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 β, V_{BE} وغیرہ کے تابع ہو، کی قیمت ان آزاد متغیرات پر منحصر ہو گی۔ یوں اگر ان آزاد متغیرات میں $\beta, \Delta\beta, \dots$ 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^{r^8} ابھا جائے 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 β میں تبدیلی کو کم تصور نہیں کیا جاتا بلکہ S_β حاصل کرتے وقت دو مختلف β پر I_C حاصل کرتے ہوئے برقی رو میں کل تبدیلی ΔI_C حاصل کی جاتی ہے میں کل تبدیلی $\Delta \beta$ سے تقسیم کرتے ہوئے کیا S_β حاصل کرنے کی خاطر مساوات ۳.۳۰ کو دوبارہ دیکھتے ہیں۔ β_1 اور β_2 پر ہم برقی روپیں لکھ سکتے ہیں۔

$$(3.33) \quad I_{C1} = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{\frac{R_B}{\beta_1+1} + R_E} \approx \frac{\beta_1 (V_{BB} - V_{BE})}{R_B + (\beta_1 + 1) R_E}$$

$$(3.34) \quad I_{C2} = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{\frac{R_B}{\beta_2+1} + R_E} \approx \frac{\beta_2 (V_{BB} - V_{BE})}{R_B + (\beta_2 + 1) R_E}$$

مندرجہ بالا مساوات میں دوسری مساوات سے پہلی مساوات منفی کرنے سے ΔI_C حاصل ہوتا ہے۔ البتہ اس مساوات کی بہتر شکل بھی حاصل کی جا سکتی ہے۔ ایسا کرنے کی خاطر دوسری مساوات کو پہلی مساوات سے تقسیم کرتے ہوئے حاصل مساوات 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 ۳.۴ استعمال کرتے ہوئے اسے یوں لکھا جا سکتا ہے۔

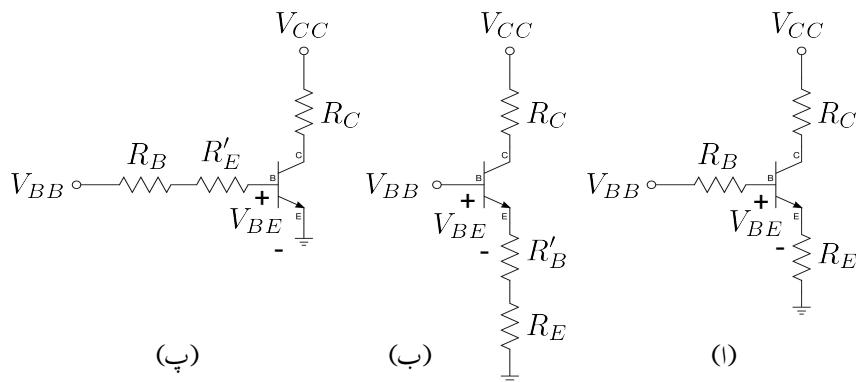
$$(3.36) \quad \Delta I_C = \frac{I_{C1}}{\beta_1} \left[\frac{R_B + R_E}{R_B + (\beta_2 + 1)R_E} \right] \Delta \beta - \frac{1}{R_E} \Delta V_{BE} + \dots$$

تم نقطہ کار کر دیگی 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 کر دیگی 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 برابر ہو تو I_{Ca} کے برابر ہو تو I_{Cb} برابر ہوں گے یعنی اگر

$$(3.39) \quad R'_B = \frac{R_B}{\beta + 1}$$

ہوتے

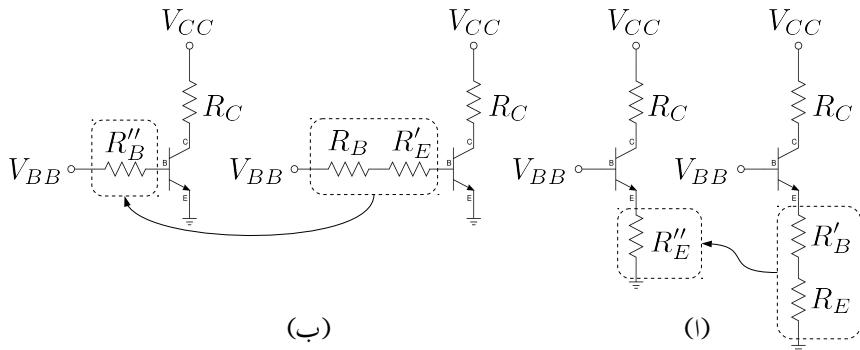
$$(3.40) \quad I_{Ca} = I_{Cb}$$

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 کھلایا 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، لہنی 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

$$I_{Cb} = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R'_B + R_E} = \frac{6.2 - 0.7}{500 + 5000} = 1 \text{ mA}$$

ہی 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۔

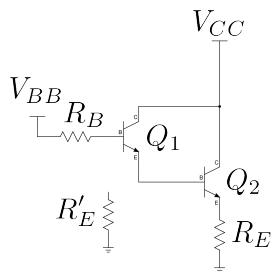
ماداٹ ۳.۴۹ اور ماداٹ ۳.۵۳ نے تائجیں۔ ٹرانزسٹر کے یہیں سرے پر دیکھتے ہوئے R_E کا کردار بالکل ایسا ہوتا ہے جیسے یہیں سرے کے ساتھ مزاحمت R'_E جبڑا ہو۔ اس تمام کو یوں بھی کہا جا سکتا ہے کہ یہاں پر جبڑے مزاحمت R_E ، ٹرانزسٹر کے یہیں سرے سے بالکل R'_E معلوم ہوتا ہے۔ اسی لئے R'_E کو کا عکس کہا جاتا ہے۔

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

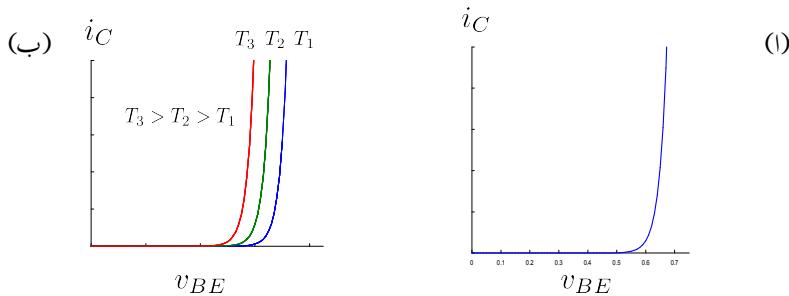
$$\text{لکھا جا سکتا ہے جس میں مزاحمت لکھتے ہوئے} I_{E2} = \frac{I_{B1}}{\beta_1 \beta_2}$$

$$\begin{aligned} V_{BB} &= I_{B1}R_B + V_{BE1} + V_{BE2} + \frac{I_{B1}}{\beta_1 \beta_2} R_E \\ &= I_{B1}R_B + V_{BE1} + V_{BE2} + \frac{R_E}{\beta_1 \beta_2} I_{B1} \\ &= I_{B1}R_B + V_{BE1} + V_{BE2} + I_{B1}R'_E \end{aligned}$$

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 خط

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 مساوات 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

$$(3.57) \quad i_C \approx I_S e^{\frac{v_{BE}}{V_T}}$$

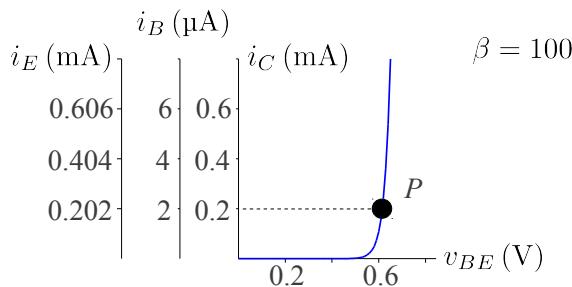
$$(3.58) \quad i_C \approx I_S e^{\frac{v_{EB}}{V_T}}$$

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 تخلیقیں 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 μA میں دی گئی ہے۔ $\beta =$



شکل ۳.۳۷: سببیتی روابط مابین برقی دباؤ

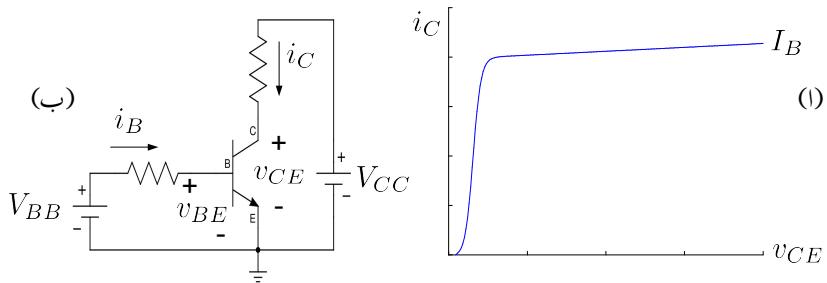
100 تصور کرتے ہوئے نقطہ P پر $i_B = 2 \mu\text{A}$ ، $i_C = 0.2 \text{ mA}$ جبکہ $v_{BE} = 0.61 \text{ V}$ اور $i_E = 0.202 \text{ mA}$ ہیں۔ بالکل ڈائیڈ کی طرح، جہاں اشدار سمجھی درکار نہ ہو وہاں، ٹرانزسٹر کے ادوار کے یک سمت حل مصل کرتے وقت سیدھے مائل نیس۔ ہمچوڑ پر برقی دباؤ v_{BE} کو 0.7V ہی لیا جاتا 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 0.5V ہے۔ بالکل ڈائیڈ کی طرح i_C برفتار رکھتے ہوئے، ایک ڈگری منٹ گریڈ درجہ حرارت بڑھانے سے v_{BE} کی قیمت 2mV گھستی ہے یعنی

$$(3.91) \quad \frac{\Delta v_{BE}}{\Delta T} = -2 \text{ mV/}^{\circ}\text{C}$$

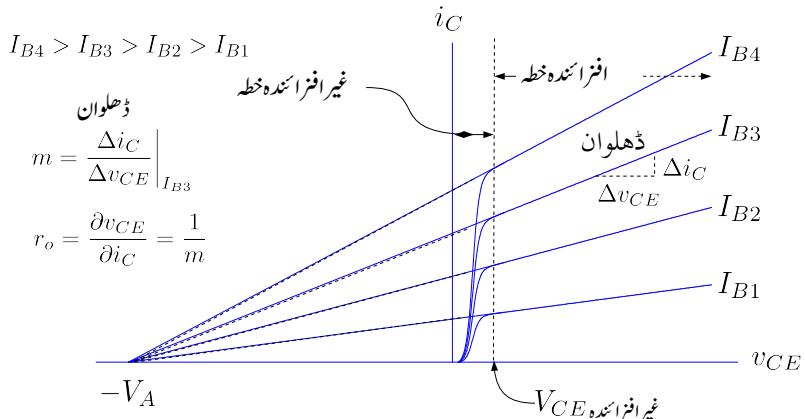
ٹرانزسٹر کا v_{EB} بھی اسی شرح سے حرارت کے ساتھ گھستتا ہے۔

$$3.9.2 \quad i_C - v_{CE}$$

شکل ۳.۳۵ میں $n-p-n$ ٹرانزسٹر کے i_C مابین 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 تبدیل مضمون و بولٹ 0V سے بڑھایا جاتا ہے اور ہر فتدم پر ٹرانزسٹر کی برقی دباؤ v_{CE} اور برقی دباؤ v_{CB} ناپے جاتے ہیں۔ یوں ناپے شدہ i_C اور v_{CE} کا گراف شکل ۳.۳۶ میں دکھایا گیا ہے جہاں گراف کے اوپر I_B لکھ کر اس بات کی یاد ہانی 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 $v_{CE} - i_C$ 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 گھنٹے



شکل ۳.۳۵ npn ۶ $i_C - v_{CE}$



شکل ۳.۳۶ npn کے خطوط اور ارلی برقی دیاو

شروع ہوتی ہے۔ اس مقام سے کم v_{CE} کے خط کو غیر افراہنہ خط^{۲۹} جبکہ اس سے زیادہ v_{CE} کے خط کو افراہنہ خط^{۳۰} 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^{۳۱} کہتے ہیں۔ دیجیٹل 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^{۳۰} 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

$$(3.42) \quad r_o = \frac{V_A + V_{CE}}{I_C}$$

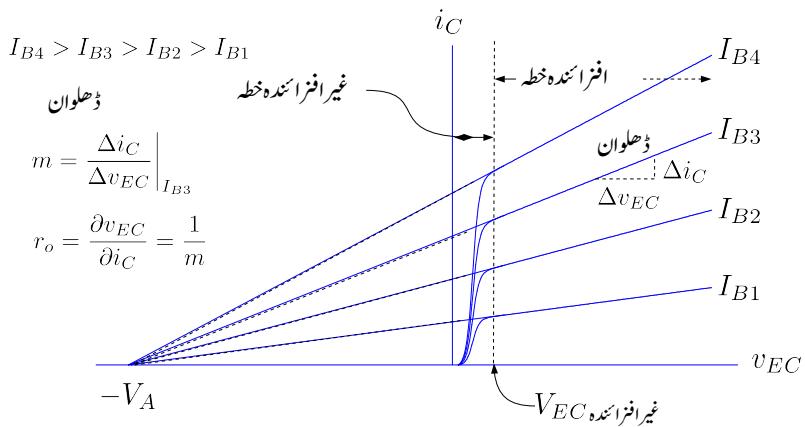
حقیقت میں افراہنہ خط کے خپل حد پر (یعنی غیر افراہنہ خط کے بالکل فتریب) کی قیمت استعمال کرتے ہوئے اس مساوات کو یوں لکھا جاسکتا ہے

$$(3.43) \quad r_o \approx \frac{V_A}{I_C}$$

اگرچہ افراہنہ خط میں v_{CE} کے تبدیلی سے I_C کی قیمت تبدیل ہوتی ہے مگر اس تبدیلی کو یک سرت مطابق کے دراں نظر انداز کیا جاتا ہے۔ البتہ بدلتے رو مطابق میں r_o ایمیت 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^{۳۴}
active region^{۳۵}
Early voltage^{۳۶}
^{۳۷}یہ مطابق 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 mA ، 10 mA کی برقی روپر حاصل کریں۔
حل:

۱.

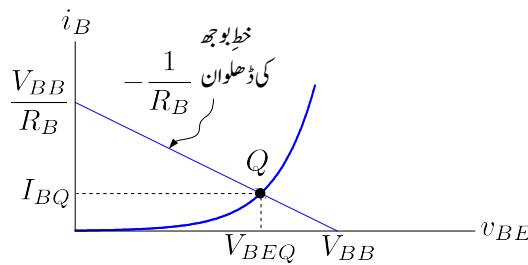
$$r_o \approx \frac{V_A}{I_C} = \frac{50}{100 \times 10^{-6}} = 500\text{ k}\Omega$$

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 نظر بوجہ

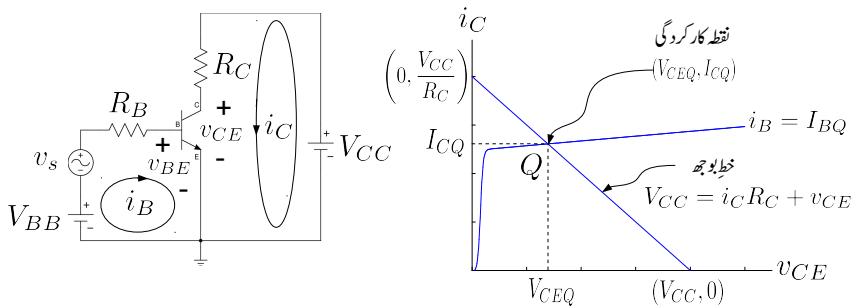
شکل ۳.۳۹ میں، بدلتے اشارہ v_S کو نظر انداز کرتے ہوئے، ٹرانزسٹر دور کے داخلي جانب ہم لکھ سکتے ہیں۔

$$(3.42) \quad V_{BB} = i_B R_B + v_{BE}$$

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 بوجہ 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۔ بوجہ 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 بوجہ 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 بوجہ 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 اسے 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 سکتی ہے جہاں

$$(3.22) \quad v_s = V_p \sin \omega t$$

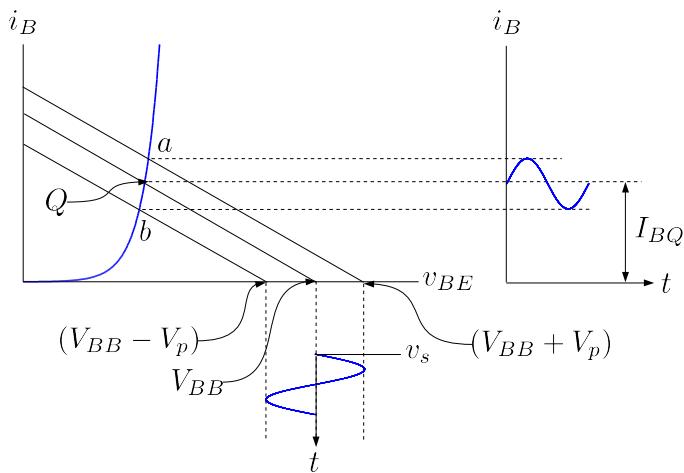
تصور کیا گیا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ خط بوجھکی $i_B - v_{BE}$ سے ملتا ہے جس کی وجہ سے نقطہ کارکردگی $i_B - v_{BE}$ پر Q کے قدریب قدریب رہتے ہوئے اور a کے درمیان چال متادی کرتا ہے جس سے i_B کی قیمت بھی i_{BQ} کے انحراف کرتی ہے۔ i_B کو یوں لکھا جاسکتا ہے۔

$$(3.23) \quad i_B = I_{BQ} + I_p \sin \omega t$$

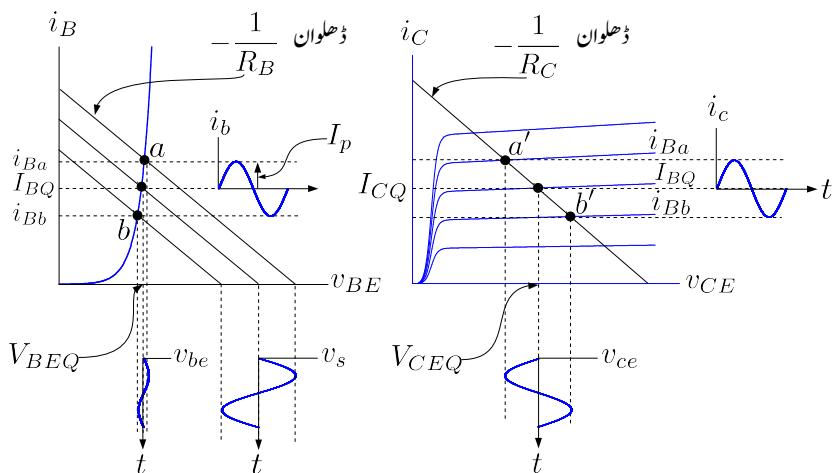
جہاں نقطہ کارکردگی کے قدریب $i_B - v_{BE}$ کے خط کو سیدھا تصویر کیا گیا ہے۔ شکل ۳.۳۹ میں باریکے اشارہ v_s اور اس کے پیڈ اکرڈ v_{be}, i_b, v_{ce}, i_c اور v_{be} اشارات دکھائے گئے ہیں۔ v_s اور i_b ان سب سے 180° کے زاویے پر ہے۔ یاد رہے کہ تمام اشارات کا دوری عرصہ یکساں ہے چونکہ ایک پلینیٹر اشارے کے تعداد کو تبدیل نہیں کرتا۔

۳.۱۰.۳ برقی دباؤ V_{CC} اور مزاحمت R_C کے نقطہ کارکردگی پر اثرات

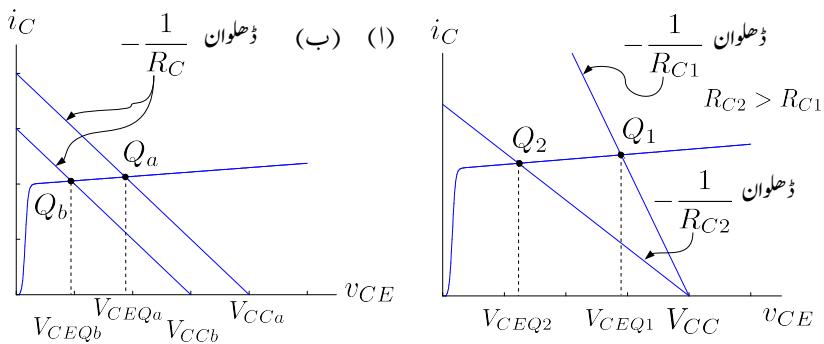
شکل ۳.۳۹ میں ایک سرتے R_{C1} کی قیمت R_{C1} رکھی گئی اور دوسری سرتے اسے R_{C2} رکھا گیا جبکہ بقا یا دور میں کوئی تبدیلی نہیں کی گئی۔ R_{C1} کی قیمت R_{C1} سے زیادہ ہے۔ ان دونوں صورتوں کو شکل ۳.۳۲ میں



شکل ۳.۳. باریکت اشارات بزریت گراف



شکل ۳.۴. باریکت اشارات



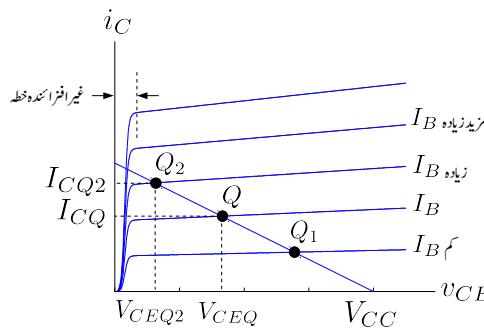
شکل ۳.۲۲: نقطہ کار کردگی پر منبع برقی دباؤ اور مزاحمت کے اثرات

دھمکیا گیا ہے۔ R_{C1} کی صورت میں خط بوجھ ٹرانزسٹر کے $i_C - v_{CE}$ خط کو Q_1 پر لکھ راتا 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 لکھ راتا 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 لکھ راتے ہیں۔ شکل ۳.۲۲ ب میں صرف برقی دباؤ V_{CC} کے تبدیل ہونے کے اثرات کو دھمکیا گیا ہے جہاں V_{CCa} کی قیمت V_{CCb} سے زیاد رکھی گئی ہے۔ V_{CC} کو V_{CCa} سے بڑھا کر V_{CCa} کرنے سے نقطہ کار کردگی Q_a سے Q_b کی منتقل ہو جاتا ہے جبکہ خط بوجھ کی ڈھلوان تبدیل نہیں ہوتی۔

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 وجہ کر I_{CQ2} سے بڑھ کر i_C کی وجہ کر V_{CEQ2} سے کم ہو کر V_{CEQ} کی وجہ کے گا۔ اگر I_B کو مزید بڑھا کر I_{BQ1} کی وجہ کر i_C کی وجہ کے تو نقطہ کار کردگی غیر امنزانتہ خط میں داخنی ہو جاتا ہے جہاں v_{CE} کی قیمت غیر امنزانتہ V_{CE} یعنی 0.2V سے بھی کم ہو جاتی ہے۔ I_B کو مزید بڑھانے سے نئے تو i_C اور نئی v_{CE} کی قیمت میں حافظہ خواہ تبدیلی رو نہ ہوتی 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 ہو جاتا ہے جہاں اس میں برقی رو I_{CQ} کی قیمت تقریباً $\frac{V_{CC}}{R_C}$ ہی رہتی ہے۔ غیر امنزانتہ خط میں داخنی ہونے 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 دھمکیا گیا ہے۔

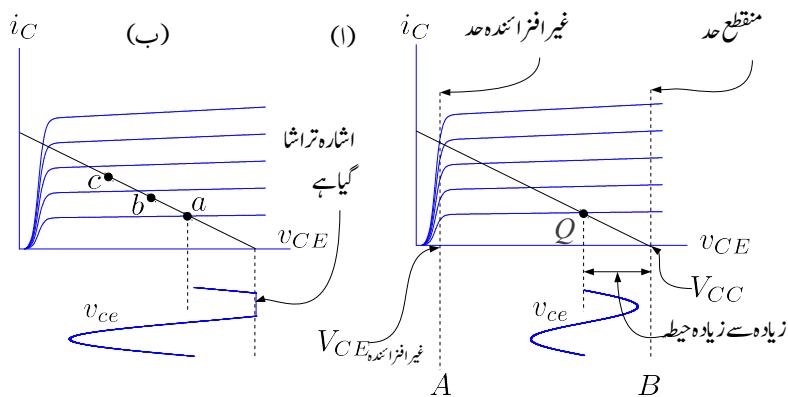


شکل ۳.۳۳: نقطہ کار کردگی بال مقابل داخلي برقي رو

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 $I_{CQ} = 0A$ ہو گا۔ اس نقطے پر ٹرانزسٹر کا مغل منقطع صورت اختیار کئے ہوتا ہے اور یہ ایک منقطع برقی سوچ کا کردار ادا کرتا ہے۔

۳.۱۰.۵ حنارجي اشاره کے حدود

مندرجہ بالا ہے میں ہم نے دیکھا کہ I_B کو بڑھ کر ٹرانزسٹر کو غیر افڑا اندہ کیا جاتا ہے جبکہ اسے گھٹ کر ٹرانزسٹر کو منقطع کیا جاتا ہے۔ ٹرانزسٹر کو بطور ایکلینیٹر استعمال کرتے ہوئے اس بات کو تینیں رکھنا ضروری ہے کہ ٹرانزسٹر افڑا اندہ خطے میں ہی رہے۔ نقطہ کار کردگی تعین کرنے کے پیچھے کئی وجہات ہو سکتے ہیں۔ شکل ۳.۲۷ 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 اہم حصہ بڑھ 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 جبکے تو v_{ce} کا دوسرا اہم تراشنا شروع ہو جائے گا جیسے شکل الف میں دکھایا گیا ہے کہ افڑا اندہ ٹرانزسٹر کے v_{ce} کی کم سے کم ممکنہ قیمت غیر افڑا اندہ 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

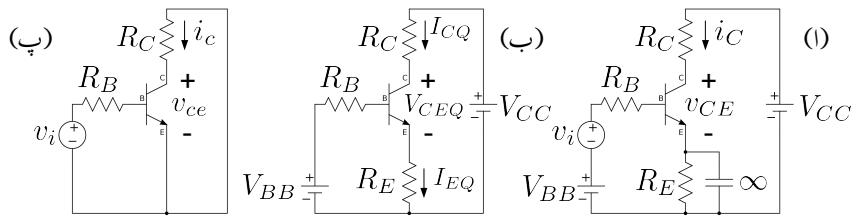
ٹرانزسٹر ادوار میں β اور V_{BE} کے تبدیلی سے نقطہ کار کر دگی کے تبدیلی کو روکتے کی حناظر R_E استعمال کیا جاتا ہے۔ البتہ چیز آپ پر صفحہ ۳۰۳ میں دیکھیں گے، R_E کے استعمال سے ٹرانزسٹر ایکلینیاٹر کی اندازائش کم ہو جانی ہے۔ نقطہ کار کر دگی یک سمت رو سے تعین کیا جاتا ہے جبکہ اندازائش کا تعلق بدلتے اشارات کے ساتھ ہے۔ یوں اگر کسی طرح یک سمت رو کے نقطہ نظر سے R_E دور میں پایا جائے جبکہ بدلتے اشارے کے نقطہ 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۔ یہ سمت رو کمیٹر سے نہیں گرتی، بلکہ اسے کار کر دگی حاصل کرتے وقت کمیٹر کو نقطہ انداز کیا جائے گا۔ لامدد کمیٹر کی بر قی کا واثق ضرر 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۔ محمد 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

$$(3.69) \quad \begin{aligned} V_{CC} &= i_C R_C + v_{CE} + i_E R_E \\ &\approx v_{CE} + i_C (R_C + R_E) \end{aligned}$$

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 رو، خط بوجھ کہتے ہیں۔ شکل ۳.۲۶ الف میں i_E کو یک سمت



شکل۔۳.۲۵: کپیسٹر اور بدلتا رو، خط لو جھ۔

i_e اور بدلتے i_e حصول 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۔ یوں ٹرانزسٹر کے بیٹر پر $V_{EQ} = I_{EQ}R_E$ ہو گا۔ کپیسٹر پر بھی یہی یہ سمت برقی دباؤ پیا جائے گا۔

چیز شکل ۳.۲۶ پ میں دکھایا گیا ہے، بدلتے اشارے کے لئے لامہ دو کپیسٹر کی برقی رکاوٹ $\frac{1}{j\omega C_E} = 0$ ہو گی اور یوں i_e کپیسٹر کے راستے گزرے گا۔ اس طرح ٹرانزسٹر کے بیٹر پر برقی دباؤ پیدا کرنے میں i_e کوئی کردار ادا نہیں کرے گا۔ مرف I_E کے بدلتے بیٹر پر برقی دباؤ $V_{EQ} = I_{EQ}R_E$ پیدا ہو گا۔ ان حقائق کو استعمال کرتے ہوئے مندرجہ بالامساوات میں متغیرات کو یہ سمت اور بدلتے حصول میں لکھتے ہیں

$$(3.70) \quad V_{CC} = (I_{CQ} + i_c) R_C + (V_{CEQ} + v_{ce}) + I_{EQ}R_E$$

بدلتے اشارات کے عدم موجودگی میں مساوات ۳.۷۰ کو یوں لکھا جاسکتا ہے

$$(3.71) \quad V_{CC} \approx V_{CEQ} + I_{CQ} (R_C + R_E) \quad \text{یہ سمت رو، خط لو جھ}$$

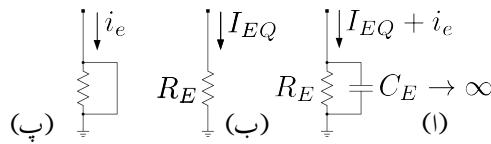
جہاں $I_{CQ} \approx I_{EQ}$ لیا گیا ہے۔ آپ تسلی کر لیں کہ بدلتے اشارے کے عدم موجودگی میں مندرجہ بالامساوات اور مساوات ۳.۲۹ ایک ہی خط کو ظاہر کرتے ہیں لہذا مساوات ۳.۷۱ بھی یہ سمت رو، خط لو جھ کی مساوات ہے۔

شکل ۳.۲۵ بے سے بھی مساوات ۳.۷۰ حاصل ہوتا ہے لہذا شکل ۳.۲۵ ب درحقیقت شکل ۳.۲۵ الف کا مساوی یہ سمت دور ہے۔ آپ دکھے سکتے ہیں کہ یہ سمت دور حاصل کرنے کی حراظر کپیسٹر کو کھلے سرے اور بدلتے اشارہ v_{ce} کو صفر کرتے ہوئے بقایا دور لیا جاتا ہے۔

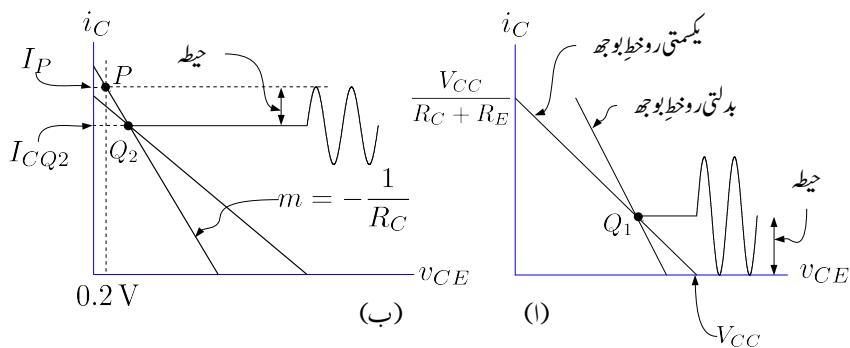
بدلتے اشارے کے موجودگی میں مساوات ۳.۷۰ کے یہ سمت اجزاء کو مساوات کے ایک جانب جسکے بدلتے اجزاء کو دوسرے جانب لکھتے ہیں۔

$$(3.72) \quad i_c R_C + v_{ce} = \underbrace{V_{CC} - I_{CQ} R_C - V_{CEQ}}_0 - I_{EQ} R_E$$

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 بوچہ پر چھل وتدی

ساوات میں مساوی نثان کے دائیں جانب صفر لکھا جاتا ہے لہذا اس سے

$$(3.73) \quad i_c R_C + v_{ce} = 0 \quad \text{بدلستارو، خط بوچہ}$$

ساوات ہوتا ہے جو بدلتا رہے، خط بوچہ ہے جسے عموماً بدلتا رہے خط بوچہ پر کارا جاتا ہے۔ شکل ۳.۲۵ پر 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 ۳.۲۸ میں کم خطر بوچہ کی مزاجت $R = R_C + R_E$ یکمیتی R جبکہ سوات ۳.۷۳ سے بدلنا رو خطر بوچہ کی مزاجت $R_E = \text{بدلتارو } R$ حاصل ہوتے ہیں۔ یہ ایک دلپٹ صورت ہے۔ بدلنے اشارے کے عدم موجودگی میں دور کا نقطہ کار کر دی گی کیمکت رو خطر بوچہ پر کھینچا جائے گا جبکہ بدلنے اشارے کے موجودگی میں دور بدلتا رو خطر بوچہ پر چھل وتدی کرے گا۔

شکل ۳.۲۹ میں یکمکت رو خطر بوچہ پر Q_1 نقطے کار کر دی گی ہے۔ بدلنے اشارے کے عدم موجودگی میں ڈرانز سڑائی نقطے پر رہے گا۔ بدلتا رہے، خط بوچہ اسی نقطے پر کھینچا جاتا ہے۔ یک سمت رو، خط بوچہ کی ڈھلوان $\frac{1}{R}$ ہے۔ اسی

ٹرانزستار، خط بوجھ کی ڈھلوان $\frac{1}{R_c}$ پر $m = -$ ہے۔

بدلتے اشارے کے موجودگی میں ٹرانزسٹر بدلتا رہے، خط بوجھ پر چھل مت دی 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 منقی 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 بوجھ پر نقطہ کار کردگی ہے۔ سائنس بدلے اشارے کے موجودگی میں i_C دکھایا گیا ہے۔ غیر افراطی V_{CE} میں 0.2 V پر نقطے دار عمودی لکسیر لگائی گئی ہے جسے بدلتا رہے، خط بوجھ پر نکلا گیا ہے۔ چونکہ ٹرانزسٹر غیر افراطی V_{CE} سے کم بر قی دبا پر قوت افسزاں کو خود دیتا ہے لہذا i_C کی بثت چھوٹی شکل میں دکھائے I_P پر تراش جائے گی۔ اس طرح i_C کا زیادہ سے زیادہ ممکن جیٹ $I_P - I_{CQ2}$ کو برآبر ہو گا۔ آئین بدلے اور خط بوجھ کے خط کی مساوات حاصل کریں۔ $y - x = m$ محدود پر نقطے (x', y') سے گزرنے والے مساوات $(x' - x') = m(x - x')$ ہوتے ہے۔ موجودہ مسئلہ میں $v_{CE} - v_{CEQ}$ محدود پر نقطے i_C پر بدلے اور خط بوجھ کی مساوات درکار ہے۔ بدلے اور خط بوجھ 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 نقطے کار کردگی کو Q_1 اور Q_2 کے درمیان یوں رکھا جائے گا کہ i_C کا جیٹ دونوں جانب برابر تراشاحبائے اس طرح زیادہ سے زیادہ ممکن جیٹ کا i_C حاصل کیا جائے گا۔ مساوات ۳.۲۷ کو استعمال کرتے ہوئے اس نقطے کو حاصل کرئے گیں۔ شکل ۳.۲۸ میں یک سست رو، خط بوجھ اور بدلے اور، خط بوجھ دکھائے گئے ہیں۔ غیر افراطی V_{CE} کو نظر انداز کرتے ہوئے ہم دیکھتے ہیں کہ اگر بدلے اور، خط بوجھ 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

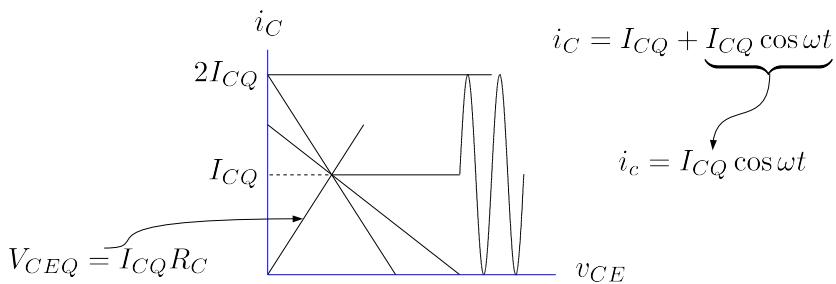
$$(3.75) \quad V_{CEQ} = I_{CQ} R_c$$

حاصل ہوتا ہے۔ اس مساوات کو بھی شکل میں دکھایا گیا ہے۔ جہاں یہ مساوات اور یک سست رو خط بوجھ آپس میں ملتے ہیں وہ درکار نقطے 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 جیٹ حاصل کرنے کے لئے درکار نقطے 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 $R_c + R_E$ پر 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 جیٹھ حاصل کرنے کے لئے درکار نقطہ کارکردگی

اس مساوات کو مساوات ۳.۷۵ کے ساتھ ملاتے ہوئے

$$(3.77) \quad V_{CEQ} = \frac{R_{بلا} V_{CC}}{R_{بلا} + R_{کیمی}}$$

حاصل ہوتا ہے۔ مساوات ۳.۷۶ اور مساوات ۳.۷۷ زیادہ سے زیادہ ممکن جیٹھ 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 جیٹھ حاصل کرنے کے لئے درکار نقطہ کارکردگی حاصل کریں۔

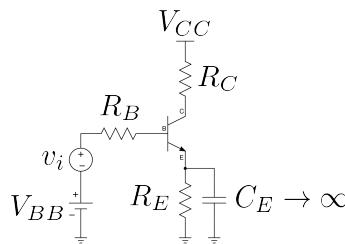
حل: مساوات ۳.۳ اور مساوات ۳.۷۷ میں $R_{کیمی} = 1000 + 200 = 1200$ اور $R_{بلا} = 1000$ استعمال کرتے ہوئے

$$I_{CQ} = \frac{12}{1200 + 1000} = 5.45 \text{ mA}$$

$$V_{CEQ} = \frac{12 \times 1000}{1200 + 1000} = 5.45 \text{ V}$$

نقطہ کارکردگی حاصل ہوتا ہے۔ یوں حنارجی برقرار کا زیادہ سے زیادہ ممکن جیٹھ 5.45 mA ہے۔

مثال ۳.۳۰: مندرجہ بالامثال میں $\beta = 37$ لیتے ہوئے R_B اور V_{BB} حاصل کریں۔



شکل ۳.۳۹۔ بدلستارو، خطبوچکی مثال

حل: شکل ۳.۳۹ میں $R_B = 760\Omega$ ماسمل ہوتا ہے۔ کرخونے کے متافون برائے برقی دباؤ کے استعمال سے

$$\begin{aligned} V_{BB} &= V_{BE} + I_E \left(\frac{R_B}{\beta+1} + R_E \right) \\ &= 0.7 + 5.45 \times 10^{-3} \left(\frac{760}{37+1} + 200 \right) = 1.899 \text{ V} \end{aligned}$$

ماسمل ہوتا ہے۔

مثال ۳.۳۹: شکل ۳.۳۹ میں $V_{CC} = 17 \text{ V}$ جبکہ کپیسٹر کی قیمت لامددو ہے۔ ٹرانزسٹر کے β کی قیمت ۵۰ تا ۱۵۰ جبکہ V_{BE} کی قیمت ۰.۶ تا ۰.۸ ممکن ہے۔ غیر امنزانت V_{CE} کو ۰.۲ V لیتے ہوئے R_E اور R_B ، V_{BB} اور i_C کے مکالمہ $\mp 4 \text{ mA}$ تک ممکن ہو۔

حل: شکل ۳.۴۰ میں صورت حال دکھانی گئی ہے۔ یہ سخت رو، خطبوچکی مصalonan $\frac{V_{CC}}{R_C + R_E}$ پر چوتا ہے۔ بدلتا رو، خطبوچکی مصalonan $\frac{1}{R_C}$ ہے۔ جب تک بدلتا رو، خطبوچکی Q_1 اور Q_2 کے درمیان یہ سمت رو، خطبوچکی اس وقت تک i_C کا جیٹ $\mp 4 \text{ mA}$ ممکن ہے۔ Q_1 اور Q_2 کے درمیان کسی اور معتمد پر بدلتا رو، خطبوچکی جانے کی صورت میں i_C کا جیٹ $\mp 4 \text{ mA}$ یا اس سے زیادہ ممکن ہوگا۔

Q_1 پر پائے جانے والا بدلتا رو، خطبوچکی صورت میں i_C کا جیٹ I_{CQ1} کے برابر ہوگا۔ اگر I_{CQ1} کی قیمت i_C کا جیٹ 4 mA ہوتی ہے ممکن ہوگا۔ یہ

$$(3.48) \quad I_{CQ1} = 4 \text{ mA}$$

Q_2 پر پائے جانے والا بدلتا رو، خطبوچکی V_{CE} پر عسمودی کھیچے خط کو نقطے P پر لگراتا ہے۔ چونکہ غیر امنزانت V_{CE} سے کم برقی دباؤ پر ٹرانزسٹر قوت افسزاں کو دیتا ہے لہذا i_C کا جیٹ $I_P - I_{CQ2} = I_{CQ1} + 4 \text{ mA}$ کے برابر ہوگا۔ اس طرح اگر Q_2 پر برقی دباؤ $I_{CQ2} + 4 \text{ mA}$ پر i_C کا جیٹ $\mp 4 \text{ mA}$ ہوگا۔

کسی بھی سیدھے خط کی مساوات $m = \frac{\Delta y}{\Delta x} = y - y' = m(x - x')$ میں حاصل ہوتا ہے جہاں Δy اور Δx 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)

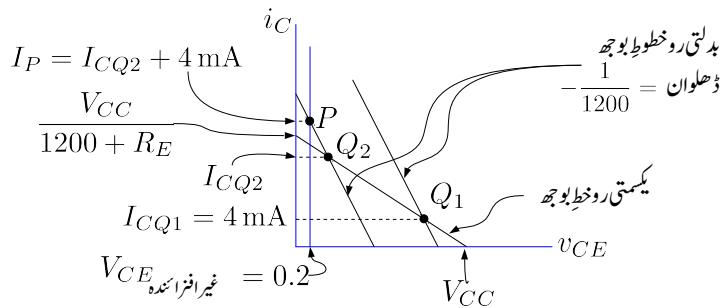
$$\begin{aligned} I_{CQ1} &< I_{CQ} < I_{CQ2} \\ 4 \text{ mA} &< I_{CQ} < \frac{12}{1200 + R_E} \end{aligned}$$

جس سے $R_E < 1.8 \text{ k}\Omega$ حاصل ہوتا ہے۔

آنئے اب β 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 قرداں 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۔

$$I_{CQ} = \frac{5.2 - 0.6}{\frac{5100}{150+1} + 1000} = 4.45 \text{ mA}$$

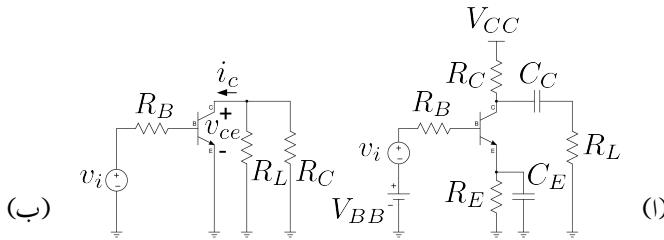
حاصل ہوتا ہے۔ $I_{CQ2} = 5.45 \text{ mA}$ پر مادا۔ ۳.۸۲ میں $R_E = 1 \text{ k}\Omega$ ہے زیادہ ہے۔ یوں

$$R_E = 1 \text{ k}\Omega$$

$$R_B = 5.1 \text{ k}\Omega$$

$$V_{BB} = 5.2 \text{ V}$$

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 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 حناظر V_{BB} ، V_{CC} اور کپیٹر وں کو قصر دو رکیا گیا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ بدلتے اشارے کے نقطے نظر سے R_L اور R_C 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 $i_C = V_{CEQ} + v_{ce}$ ہوتے ہیں لہذا مندرجہ بالا مساوات کو یوں لکھا جاسکتا 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 ۳.۸۷ اور

$$(3.90) \quad V_{CEQ} = I_{CQ} R_{\text{بُل}} = I_{CQ} \frac{R_C R_L}{R_C + R_L}$$

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

$$(3.91) \quad I_{CQ} = \frac{V_{CC}}{\frac{R_C R_L}{R_C + R_L} + R_C + R_E} = \frac{V_{CC}}{R_{\text{بُل}} + R_{\text{یکمی}}}$$

$$(3.92) \quad V_{CEQ} = I_{CQ} R_{\text{بُل}} = \frac{V_{CC}}{1 + \frac{R_{\text{یکمی}}}{R_{\text{بُل}}}}$$

حاصل ہوتا ہے جو کہ زیادہ سے زیادہ ممکن جیٹھا حاصل کرنے کے لئے درکار نقطہ کار کردگی ہے۔ جیسے شکل ۳.۸۸ میں دکھایا گیا ہے یہاں i_C کا زیادہ سے زیادہ ناتراش اچیط مندرجہ بالا مساوات میں دئے گئے I_{CQ} کے برابر 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۔ سائنس اشارے 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 $R_C = R_L = 2 \text{ k}\Omega$ ، $R_E = 400 \text{ }\Omega$ اور i_C کا زیادہ سے زیادہ جیٹھے کا حاصل کرنے کے لئے درکار نقطہ کار کردگی حاصل کریں۔

حل: چونکہ $R_E = 1 \text{ k}\Omega$ جبکہ $R_C = 2.4 \text{ k}\Omega$ 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^{۱۳} 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۔

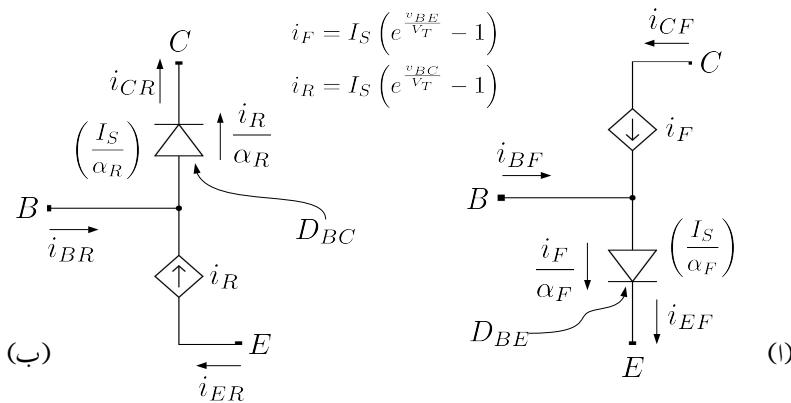
$$(3.96) \quad i_{BF} = I_S \left(\frac{1}{\alpha_F} - 1 \right) \left(e^{\frac{V_{BE}}{V_T}} - 1 \right) = \frac{I_S}{\beta_F} \left(e^{\frac{V_{BE}}{V_T}} - 1 \right)$$

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 ایک-میں 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 ہیں
تین مساوات حاصل ہوں کو ٹرانزسٹر کاریاضی نمونے قصور کیا جاتا ہے۔
شکل ۳.۵۲ میں تالیخ منبع رو ۳۶ 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 ۳.۶ میں ڈائیوڈ کے لبریزی 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 لبریزی 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 میں بن لکھا گیا ہے۔
آنکے شکل ۳.۵۲ 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 جاتا 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 α_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} میں i_R ہے لہذا

$$(3.109) \quad i_{ER} = I_S \left(e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right)$$

یہی سے پر کر خوف کے وباون برائے برقی روے سے i_{BR} یہی حاصل ہوتا ہے۔

$$(3.110) \quad i_{BR} = i_{CR} - i_{ER} = \frac{I_S}{\alpha_R} \left(e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right) - I_S \left(e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right)$$

اس آخیری مساوات کو حاصل کرتے وقت مساوات ۱۰۸ اور ۱۰۹ مساوات ۱۰۹ استعمال کئے گے۔ اس آخیری مساوات کو سزا دی حل کر کے یہی لکھا جا سکتا ہے۔

$$(3.111) \quad i_{BR} = I_S \left(\frac{1}{\alpha_R} - 1 \right) \left(e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right) = \frac{I_S}{\beta_R} \left(e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right)$$

جبکہ

$$(3.112) \quad \left(\frac{1}{\alpha_R} - 1 \right) = \left(\frac{1 - \alpha_R}{\alpha_R} \right) = \frac{1}{\beta_R}$$

کا استعمال کیا گیا۔

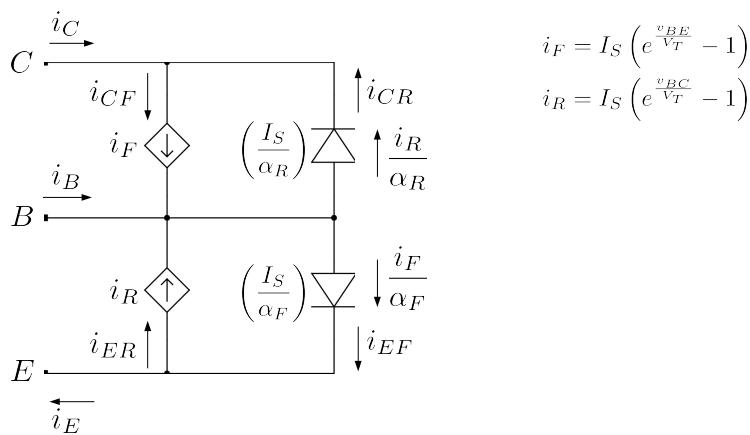
npn ٹرانزسٹر کی کارکردگی کو افزاں کرنا، غیر افزاں کرنا اور منقطع تیسیوں خطوں میں بیان کرنے کی حالت شکل ۳.۵۲ اور شکل بے کے دروازے آپس میں متوازی جوڑ کر شکل ۳.۵۳ حاصل کیا جاتا ہے جو npn ٹرانزسٹر کا ایم-مال ریاضی نمونہ ہے۔ عمومی طرز پر مائل ٹرانزسٹر کا یہیں۔ یہیں جوڑ سیدھا مائل (یعنی $v_{BC} \geq 0$) ہوتا ہے جبکہ یہیں۔ گلشن جوڑ غیر چالا (یعنی $0.5V \leq v_{BC} \leq 0V$) ہوتا ہے۔ یہیں مشلانگر i_R اور i_F میں $v_{BE} = 0.65V$ اور $v_{BC} = -0.5V$ ہوں تو $I_S = 10^{-14} A$ اور $i_F = 1.957 mA$ لیتے ہوئے ہیں۔ اس پر مخفسر جبڑو نظر انداز کے حوالے میں شکل ۳.۵۲ اور شکل ۳.۵۳ میں حاصل ہوتے ہیں۔ اس طرح i_R اور اس پر مخفسر جبڑو نظر انداز کے حوالے میں یہیں جو عمومی طرز پر مائل npn ٹرانزسٹر کی کارکردگی دیتے ہیں۔ ریاضی نمونے کے پیشایا حصوں پر کالا کیا گیا ہے نظر انداز کیا گیا ہے۔ اسی طرح شکل بے میں غیر عمومی طرز پر مائل ٹرانزسٹر کی کارکردگی دینے والے حصے دکھائے گئے ہیں جبکہ پیشایا حصوں پر کالا کیا گیا ہے۔

کارکردگی یہاں ہوگی۔ حقیقت میں ایسا نہیں۔ فرض کریں کہ $\alpha_F = 0.99$ اور $\alpha_R = 0.01$ اور $I_S = 10^{-14} A$ ہیں۔ اس ٹرانزسٹر کو عمومی طرز پر

$$V_{BE} = 0.65 V$$

پر مائل کیا جاتا ہے۔ یہی

$$I_F = 1.9573 mA$$



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

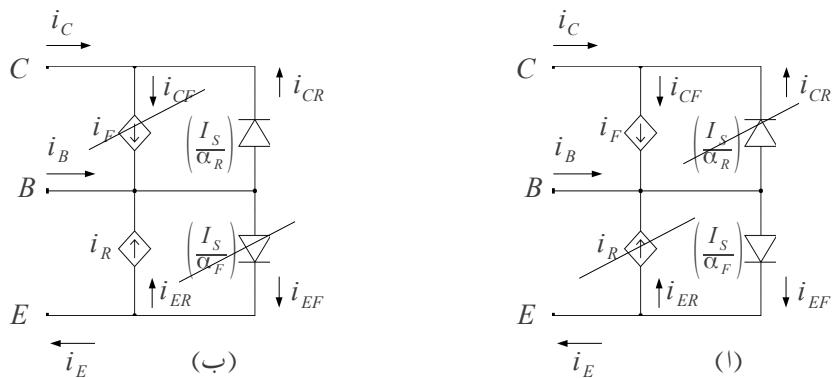
$$I_E = -1.9573 \text{ mA}$$

$$I_C = -195.73 \text{ mA}$$

$$I_B = 197.76 \text{ mA}$$

حصہ ہوتے ہیں۔ مندرجہ صاف ظاہر ہے۔

غیر افزاں نہ خطے میں یہیں۔ یہیں جوڑ اور یہیں۔ گلکشہر 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

سچے میں

(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) $i_C = I_S \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right) - \frac{I_S}{\alpha_R} \left(e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right)$

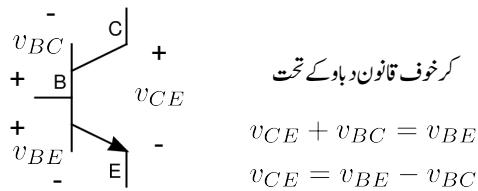
(۳.۱۱۷) $\approx I_S e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - \frac{I_S}{\alpha_R} e^{\frac{v_{BC}}{V_T}}$

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

$$(3.122) \quad i_C = I_S e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} \left(e^{\frac{v_{CE}}{V_T}} - \frac{1}{\alpha_R} \right)$$

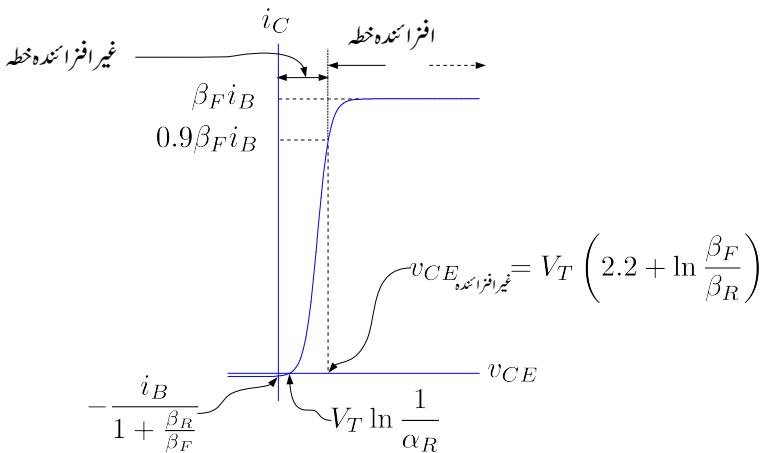
یہ طریق سادات ۱۱۶ پر استعمال کرتے ہیں یعنی

$$(3.123) \quad i_B = I_S e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} \left(\frac{e^{\frac{v_{BE}-v_{BC}}{V_T}}}{\beta_R} + \frac{1}{\beta_R} \right)$$

$$(3.124) \quad = I_S e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} \left(\frac{e^{\frac{v_{CE}}{V_T}}}{\beta_F} + \frac{1}{\beta_R} \right)$$

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 جا سکتا ہے۔ حقیقت میں ٹرانزسٹر یوں بنائے جاتے ہیں کہ عووماً $1 \approx \alpha_F \approx 0.01$ اور $\alpha_R \approx \beta_F$ کے برابر ہوتے ہیں۔ یوں α_R کی قیمت β_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 تریقیت کے نوے فی صد ہو (یعنی جہاں $i_C = 0.9\beta_F i_B$ ہو) یہی ان دو خطوں کے مابین حد ہے۔ مساوات ۳.۱۲۶ سے اس حد پر برابر دباؤ 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 V_{CE} لکھتے ہیں۔ عووماً β_F کی قیمت β_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 یہاں 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 بیٹر-بیس ($E - B$) جوڑ سیدھا مائل کیا جاتا ہے لہذا pnp ٹرانزسٹر کے مساوات لکھتے وقت v_{EB} کا استعمال کیا جاتا ہے لہذا

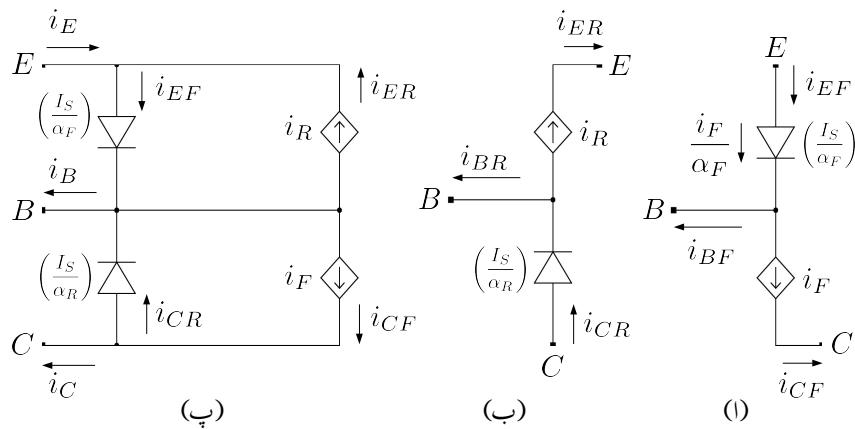
$$i_F = I_S \left(e^{\frac{v_{FB}}{V_T}} - 1 \right)$$

$$i_R = I_S \left(e^{\frac{v_{CB}}{V_T}} - 1 \right)$$

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-بیٹر جوڑ سیدھا مائل جبکہ اس کا نیس-گلکسٹر جوڑ غیر چالاک کا جاتا ہے۔ اس شکل میں تابع منع رو i_F استعمال کیا گیا ہے۔ i_F 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 ہانی کے حاطر لکھ گیا ہے۔ اس طرح ڈائیوڈ D_{BE} کے مساوات کو پوں لکھا جاتا ہے۔

$$(3.130) \quad i_{DF} = \frac{I_S}{\beta_F} \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right)$$

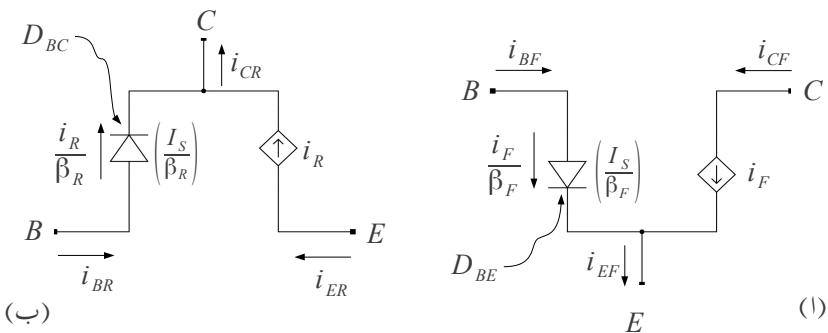
شکل انف کو دیکھتے ہم لکھ سکتے ہیں

$$(3.131) \quad i_{CF} = i_F = I_S \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right)$$

$$(3.132) \quad i_{BF} = i_{DF} = \frac{i_F}{\beta_F} = \frac{I_S}{\beta_F} \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right)$$

$$(3.133) \quad i_{EF} = i_{BF} + i_{CF} = \frac{i_{CF}}{\alpha_F} = \frac{I_S}{\alpha_F} \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right)$$

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 بولمنج برقی رو i استعمال کیا گیا ہے جو گلکسٹر خطوں کے مابین، یہ میں خطے کے ذریعہ، باروں کے مال برداری سے پیدا ہرقی رو کو ظاہر کرتا ہے۔ استعمال ہونے والے i_R کا ات بوساوات مندرجہ ذیل ہے۔

$$(3.135) \quad i_R = I_S \left(e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right)$$

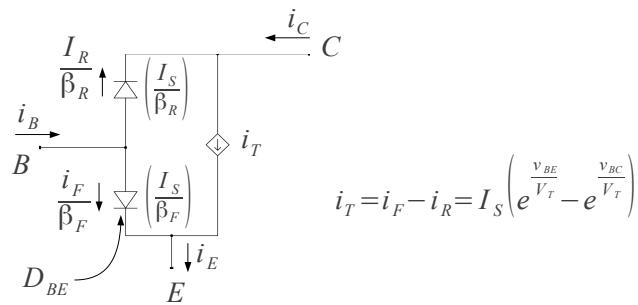
شکل ب کو دیکھتے ہوئے برقی رو کے مساوات لکھتے ہیں۔

$$(3.136) \quad i_{ER} = i_R = I_S \left(e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right)$$

$$(3.137) \quad i_{BR} = \frac{i_R}{\beta_R} = \frac{I_S}{\beta_R} \left(e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right)$$

$$(3.138) \quad i_{CR} = i_{BR} + i_{ER} = \frac{i_R}{\alpha_R} = \frac{I_S}{\alpha_R} \left(e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right)$$

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 اف ۳.۵۹ ٹرانزسٹر کو افسزاں، غیر افسزاں اور منقطع تیسروں خطوں میں ظاہر کرنے کی حاضر شکل 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 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۔

$$(3.135) \quad i_B = \frac{I_S}{\beta_F} \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right) + \frac{I_S}{\beta_R} \left(e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right)$$

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۔

$$(3.151) \quad i_C = i_T - i_{D_{BC}} = I_S \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} \right) - \frac{I_S}{\beta_R} \left(e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right)$$

$$(3.152) \quad i_E = i_T + i_{D_{BE}} = I_S \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} \right) - \frac{I_S}{\beta_F} \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right)$$

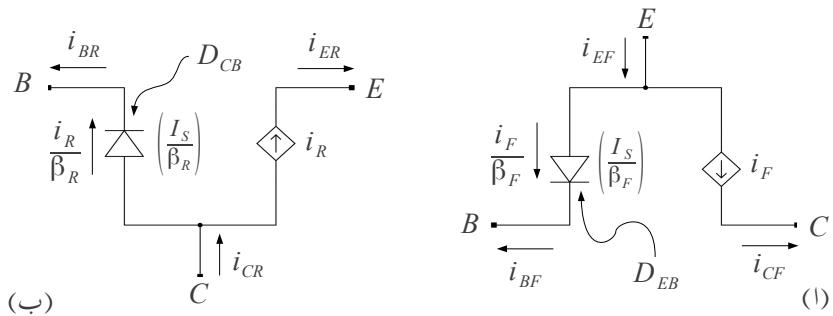
یہ بالکل مساوات ۳.۱۴۳ اور مساوات ۳.۱۴۴ کے جواب ہی ہیں۔

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 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۔

$$(3.153) \quad i_F = I_S \left(e^{\frac{v_{EB}}{V_T}} - 1 \right)$$

$$(3.154) \quad i_R = I_S \left(e^{\frac{v_{CB}}{V_T}} - 1 \right)$$

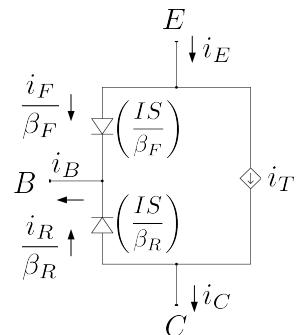


شکل ۱۱.۳: ٹرانزسٹر کے مال برداری ریاضی موسنے کا حصول

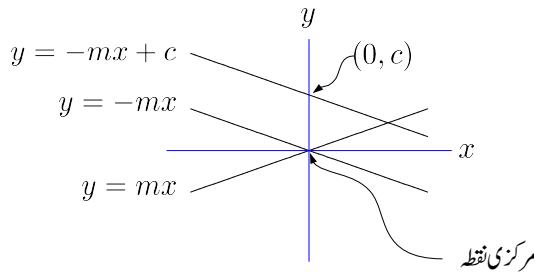
ڈائیوڈ کے لبریزی برتنی رو
مندرجہ ذیل ہیں

$$I_{SD_{EB}} = \frac{I_S}{\beta_F}$$

$$I_{SD_{CB}} = \frac{I_S}{\beta_R}$$



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 کارتی محدود 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 $y = -mx$ کو $(0, 0)$ سے $(0, c)$ کو مقتول کیا جائے تو $y = mx$ حاصل ہوتا ہے۔ اسی طرح $-mx = y$ کو $(0, 0)$ سے $(0, c)$ کو مقتول کرنے سے $y = -mx + c$ حاصل ہوتا ہے۔

ای طرح $f(y) = x$ کا y محور میں ٹکس $-f(y) = x$ ہو گا اور خط کو بیشتر x جانب c کا مکمل منتقل کرنے سے $c + f(y) = x$ حاصل ہوتا ہے۔ ان حقائق لویں بیان کیا جاتا ہے۔

$$\bullet \quad y \text{ محور میں } x = f(y) \text{ کا ٹکس ایسے ہے } -f(y) = x \text{ حاصل ہوتا ہے۔}$$

$$\bullet \quad x = f(y) \text{ کو } x \text{ محور پر بیشتر } x \text{ جانب } c \text{ کا مکمل منتقل کرنے سے } c + f(y) = x \text{ حاصل ہوتا ہے۔}$$

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 منتقل کرتے ہوئے ہے۔ $x = c - f(y)$ حاصل کیا گیا ہے۔

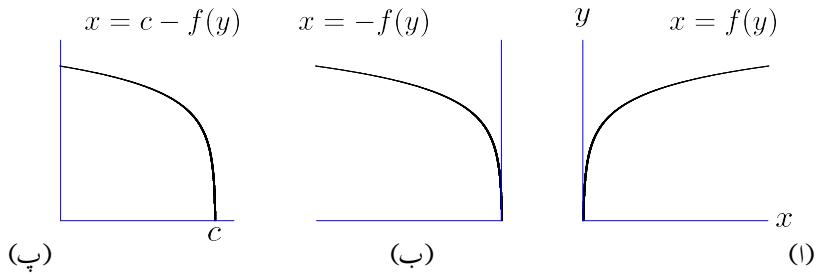
ان معلومات کو مدد نظر رکھتے ہوئے آگے بڑھتے ہیں۔ شکل ۳.۲۴ اف میں ٹرانزسٹر کا سادہ دور دکھایا گیا ہے۔ اس دور پر ہم تفصیل ابھشت کر چکے ہیں۔ ائم اس کے خطوط بوجھ کھینچیں۔ اس دور کے لئے لکھا جاتا ہے۔

$$v_{CE} = V_{CC} - v_R$$

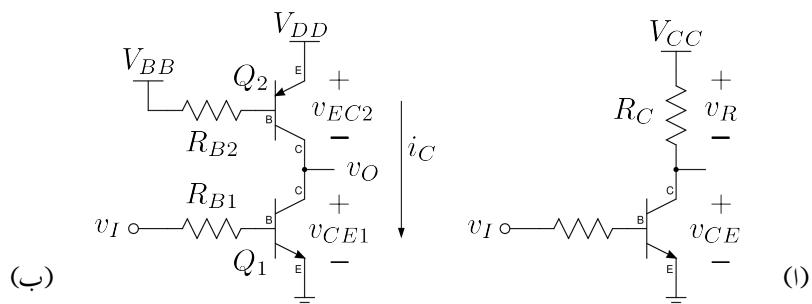
$$\text{یہاں } v_R = i_C R_C \text{ کے برابر ہے لہذا اسی مساوات کو یوں لکھا جاتا ہے}$$

$$v_{CE} = V_{CC} - i_C R_C$$

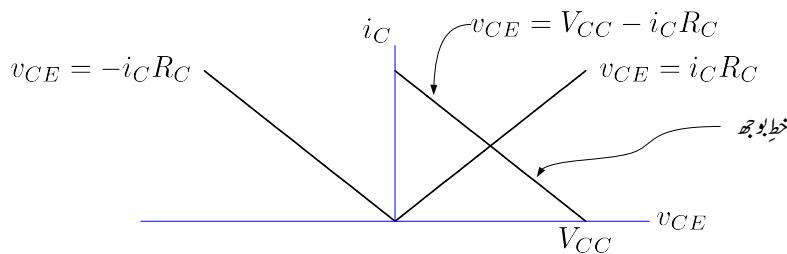
$$v_{CE} \text{ کو افی محور اور } i_C \text{ کو عمودی محور پر رکھتے ہوئے } v_{CE} = f(i_C) \text{ کو لکھ کر شکل ۳.۲۲ کے طرز پر کھینچیں}$$



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 ٹکس لینے سے اکیاں فتحی محور پر دائیں مقابل کرتے ہوئے خط بوجھ کا حاصل ہوتا۔ شکل ۳.۲۵ میں وتم باتمد ایسا کرناد کھایا گیا ہے۔

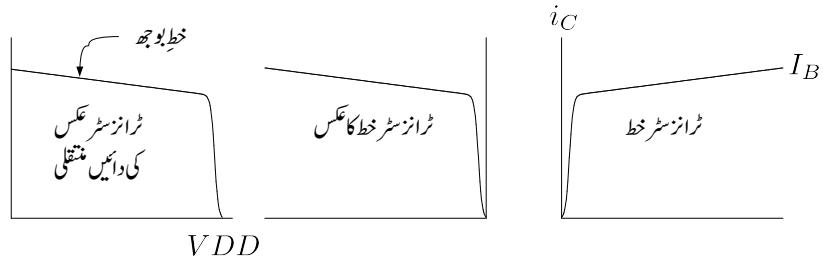
آئیں اب اصل موضوع پر غور کریں۔ شکل ۳.۲۶ ب میں نغمہ کار ۳۰ دکھایا گیا ہے جو عددی ادوار ۱۰ کا اہم ترین دور ہے۔ عددی ادوار میں ثابت منبع کو عموماً V_{DD} لکھا جاتا ہے۔ اسی لئے شکل میں V_{CC} یا V_{EE} کی جگہ V_{DD} لکھا گیا ہے۔ یہاں Q_2 بطور بر قی بوجھ کردار ادا کرتا ہے۔ شکل کو دیکھتے ہوئے

$$v_{CE1} = V_{DD} - v_{EC2}$$

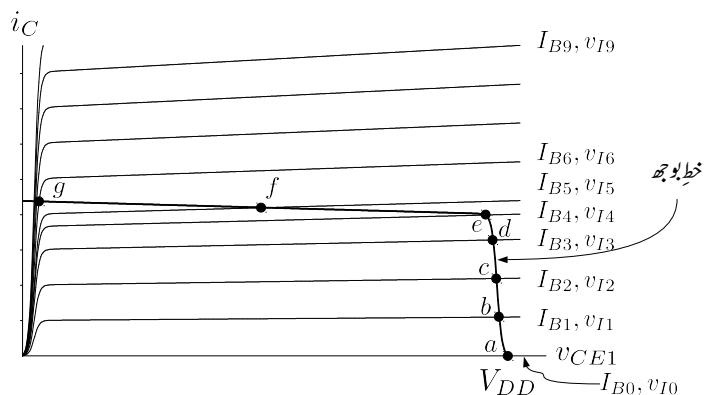
لکھا جا سکتا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ یہی خط بوجھ کی مساوات ہے۔ عمودی محور میں (i_C) کے خط کے ٹکس کو فتحی محور پر دائیں جانے کا مقابل V_{DD} کرنے سے مندرجہ بالامساوات کھینچ جا سکتا ہے۔ اس عمل کو شکل ۳.۲۶ میں وتم باتمد دکھایا گیا ہے۔ ٹرانزسٹر Q_2 کے پیٹ اور ٹیس پر یک سمت بر قی داہمیا کئے گئے ہیں لہذا اس کے ٹیس پر بر قی روکی I_B یک سمت ہو گی جسے شکل سے یوں حاصل کیا جاسکتا ہے۔

$$I_B = \frac{V_{DD} - V_{EB} - V_{BB}}{R_{B2}}$$

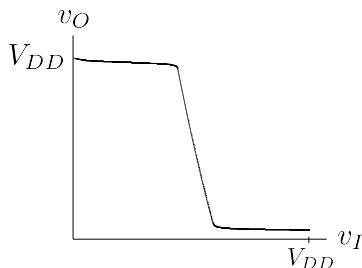
ٹرانزسٹر کے $v_{EC2} = f(i_C)$ خطوط سے مراد pnp ٹرانزسٹر کے i_C بالقابل v_{EC2} خطوط میں جنہیں صفحہ ۲۳ پر شکل ۳.۳۷ میں دکھایا گیا ہے۔ چونکہ موجودہ صورت میں Q_2 کے ٹیس پر بر قی رو تبدیل نہیں ہوتی لہذا ان خطوط میں سے صرف اس خط کو چنانچہ گاؤنچ حاصل کر رہا ہے I_B پر بیا جائے۔ شکل ۳.۲۷ میں Q_1 کے خطوط پر 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 ٹیس پر I_{B5} بر قی رو در کار ہو گی۔ شکل ۳.۲۷ کو دیکھتے ہوئے Q_2 کے ٹیس پر بر قی رو کی



شکل ۲۶: ٹرانزسٹر کے خط کی عمودی محور میں لکس اور افقی سمت میں منتقلی۔



شکل ۲۷: ٹرانزسٹر خطوپر خط 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 طبق v_I کی درکاری قیمت v_{I_1} 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 $V_{DD} = 5\text{V}$ ہوتا ہے جبکہ v_I کی دو ہی ممکن تیزمیں ہیں۔ یہ یا تو 0V اور یا پھر 5V 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۔

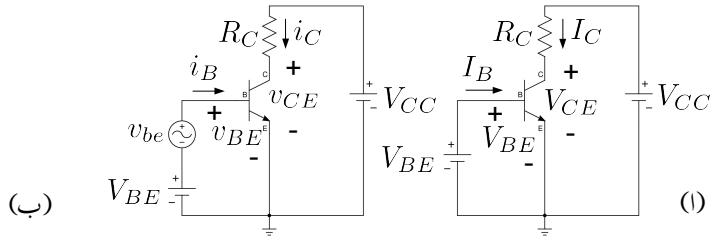
$I_{B0} = 0\text{A}$ پر $v_{I_0} = 0\text{V}$ ہو گا اور Q_1 نظرے a پر ہو گا جہاں سے $v_O = V_{DD}$ یعنی 5V حاصل ہوتا ہے۔ اسی طرح مختلف نقاط پر v_O بالقابل v_I حاصل کرتے ہوئے شکل ۳.۲۸ میں دکھایا گیا v_O بالقابل v_I کا خط کھینچ پا جاتا ہے۔ صفحہ ۳۳۳ پر حصہ ۳.۱۲ میں بہتر ثغہ کارا پر غور کیا جائے گا۔

۳.۱۳ باریک اشاراتی تجزیہ

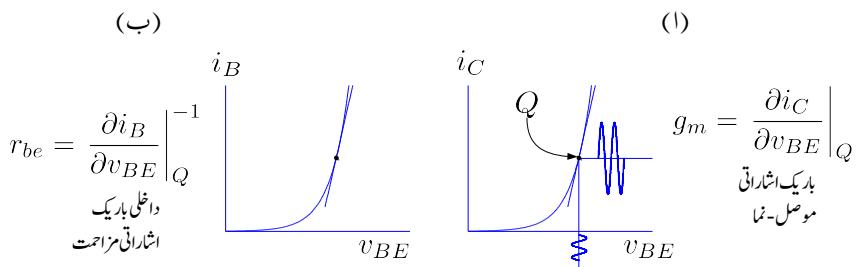
اس حصے میں کم تعداد پر ٹرانزسٹر کے باریک اشاراتی کارکردگی پر غور کیا جائے گا جس کی مدد سے اگلے حصے میں ٹرانزسٹر کا پست تعدادی باریک اشاراتی ریاضی نمونہ حاصل کیا جائے گا۔ اسی ریاضی نمونے میں ٹرانزسٹر کے اندر ونی پیٹروں کی شمولیت سے بلند تعدادی باریک اشاراتی ریاضی نمونہ حاصل ہوتا ہے جسے حصہ ۳.۱۱ میں حاصل 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 امنز ایش موصل-نما اور باریکے اشاراتی داخنی مسازہت

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 گنے 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 یہاں 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^{۱۱}
transconductance gain^{۱۲}
transconductance^{۱۳}
Siemens^{۱۴}

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_{π} 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 ظفر 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 اے یوں لکھ سکتے ہیں۔

$$(3.167) \quad i_C = I_C e^{\frac{v_{be}}{V_T}}$$

اگر $v_{be} \ll V_T$ ہو تو سلسلہ مکاران 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 V پر (یعنی اس ملنی والے) سے بہت کم ہو۔ حقیقت میں اگر v_{be} کی قیمت 10 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۔ نمایا صرف موصیت۔ نما^۱ کہا جاتا ہے اور اس کی پیمائش سیمنز^۲ 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۔ نمایا 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 دیکھنے ہو جائے گی۔

مثال ۳.۳۶: افزاش موصیت۔ نمایا کی قیمت ۰.۱ mA اور ۱ mA کے یک سمت برقی رو پر حاصل کریں۔

^۱ transconductance
^۲ siemens

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

$$g_m = \frac{I_C}{V_T} = \frac{1 \times 10^{-3}}{25 \times 10^{-3}} = 40 \text{ mS}$$

$I_C = 10 \text{ mA}$

$$g_m = \frac{I_C}{V_T} = \frac{10 \times 10^{-3}}{25 \times 10^{-3}} = 0.4 \text{ S}$$

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 Δv_{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 $v_{BE} = V_{BE}$, $i_C = I_C$ 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 سہارائیت 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 β 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۔

$$(3.190) \quad i_E = \frac{I_S}{\alpha} e^{\frac{v_{BE}}{V_T}}$$

$$\frac{\partial i_E}{\partial v_{BE}} = \frac{I_S}{\alpha V_T} e^{\frac{v_{BE}}{V_T}}$$

$$\left. \frac{\partial i_E}{\partial v_{BE}} \right|_Q = \frac{I_S}{\alpha V_T} e^{\frac{v_{BE}}{V_T}}$$

$$= \frac{I_C}{\alpha V_T}$$

یوں

$$(3.191) \quad r_e = \frac{\alpha V_T}{I_C}$$

حاصل ہوتا ہے جسے یوں بھی لکھا جا سکتا ہے۔

$$(3.192) \quad r_e = \frac{\alpha}{g_m} \approx \frac{1}{g_m}$$

مساوات ۳.۱۹۱ میں $\alpha = \frac{\beta}{\beta+1}$ ہے اس کا مساوات ۳.۱۸۷ کے ساتھ موازن کرنے سے حاصل ہوتا ہے۔

$$(3.193) \quad r_e = \frac{r_{be}}{\beta+1}$$

اس کو یوں بھی لکھا جا سکتا ہے۔

$$(3.193) \quad r_{be} = (\beta+1) r_e$$

r_e اور r_{be} دراصل ایک ہی مزاحمت کے دو ٹکلیں ہیں۔ آئیں اس حقیقت پر غور کریں۔ آپ نے حصہ میں دیکھا کہ ٹرانزسٹر کے بغیر پر جبڑے مزاحمت R_E کا عکس یہ س جناب R_E کا عکس یہ س جناب $(\beta+1) R_E$ نظر آتا ہے۔ اسی طرح اس کے یہ س جناب مزاحمت R_B کا عکس یہ س جناب $\frac{R_B}{(\beta+1)}$ نظر آتا ہے۔ ان نتائج کو یہاں استعمال کرتے ہیں۔

وہ مزاحمت ہے جو ٹرانزسٹر کے یہ س جناب سے دیکھتے ہوئے نظر آتا ہے جبکہ r_e وہ مزاحمت ہے جو ٹرانزسٹر کے یہ س جناب سے دیکھتے ہوئے نظر آتا ہے۔ اگر r_{be} کو ٹرانزسٹر کا باریکے اشاراتی مزاحمت 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 ۳.۱۹۳ میں کچھ کہتا ہے۔ اسی طرح اگر r_e کو ٹرانزسٹر کا باریکے اشاراتی مزاحمت 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 ۳.۱۹۳ میں کہتا ہے۔ شکل ۱۷۔۱۳ 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 ڈالنے سے ہم دیکھتے ہیں کہ اس دورے

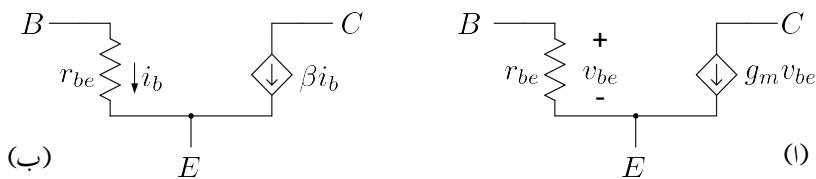
$$v_{be} = i_b r_{be}$$

$$i_c = g_m v_{be}$$

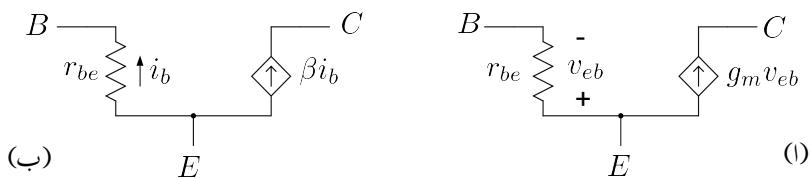
مساوات حاصل ہوتے ہیں جو کہ مساوات ۳.۲۰۱ اور مساوات ۳.۲۰۲ ہی ہیں۔ یوں یہ دور ٹرانزسٹر کی باریکے اشاراتی کار کردگی ہی بیان کرتا ہے، لہذا یہ دور ٹرانزسٹر کا باریکے اشاراتی ریاضی نمونہ ہی ہے۔ اس کا عسمی نام ٹرانزسٹر کا پتھر تعدادی باریکے اشاراتی پائے (π) ریاضی نمونہ ہے جسے چوناکر کے صرف π ریاضی نمونہ پاپے ریاضی نمونہ پکارا جاتا ہے۔

شکل ۳.۷۲ ب میں π ریاضی نمونہ کا فردر مختلف 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 ۳.۷۲۔ پست تعدادی باریکے اشاراتی پائے ریاضی نمونہ



شکل ۳.۷۳۔ pnp کا باریکے اشاراتی π ریاضی نمونہ

لکھتے ہوئے ہم دیکھتے ہیں کہ دونوں اسٹکال سے حاصل جوابات یکساں ہیں۔ شکل ۳.۷۲ الف اور شکل ب اس کتاب میں باریکہ استعمال کے جای میں گے۔

شکل ۳.۷۳ میں pnp ٹرانزسٹر کے پائے ریاضی نمونے دکھائے گئے ہیں جہاں بر قی روکی سمتیں شکل ۳.۷۲ کے الٹے ہیں۔ اسی طرح یہاں v_{be} کی جگہ v_{eb} استعمال کیا گیا ہے۔ اگر pnp v_{eb} کے ان ریاضی نمونوں میں v_{eb} کی جگہ v_{be} لکھا جائے تو تابع منفی روکی سمت الٹے ہو جائے گی اور یہاں شکل ۳.۷۲ ہی حاصل ہو گا۔ اس طرح ہم دیکھتے ہیں کہ pnp کے لئے بھی شکل ۳.۷۲ کے ریاضی نمونے کی استعمال کے جا سکتے ہیں۔ اس کتاب میں ایسا ہی کیا جائے گا شکل ۳.۷۳ میں پائے ریاضی نمونے کی ایک اور نہایت مقبول شکل دکھائی گئی ہیں جہاں تمام اجزاء کے نام h_i سے شروع ہوتے ہیں۔ ان اجزاء کو h اجزاء ہی پکارا جاتا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ دراصل

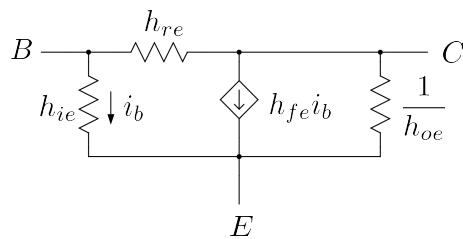
$$h_{ie} = r_{be}$$

$$h_{fe} = \beta$$

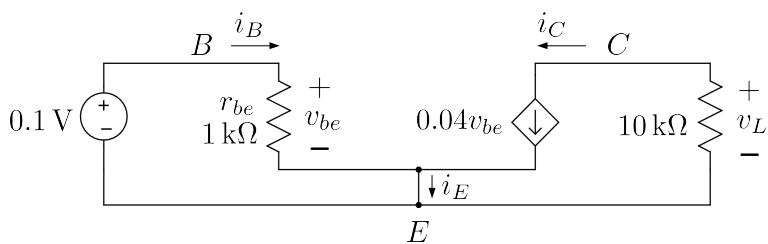
$$h_{oe} = \frac{1}{r_o}$$

$$h_{re} = \infty$$

ہیں۔ صنعت کاری علوم اور ٹرانزسٹر کے h اجزاء فناہم کرتے ہیں۔ h ریاضی نمونے پر مسزید کوئی بات نہیں کی جائے گی۔



شکل ۷.۳.۳: پائے ریاضی نمونے کی ایک اور مقبول شکل



شکل ۷.۳.۴

مثال ۷.۳.۸: شکل ۷.۳.۲ میں B اور E کے درمیان 0.1 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 ۷.۳.۳ کی جگہ شکل ۷.۳.۱۳ استعمال کرتے ہوئے دوبارہ حل کریں۔
حل: شکل ۷.۳.۵ میں دو دھمکیا گیا ہے جس کو دیکھ کر

$$i_B = \frac{0.1}{1000} = 0.1 \text{ mA}$$

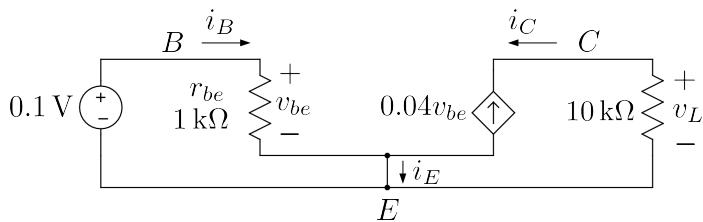
$$v_{BE} = 0.1 \text{ V}$$

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۔
آنکیں 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

$$i_C = -0.04 \times (-0.1) = 4 \text{ mA}$$

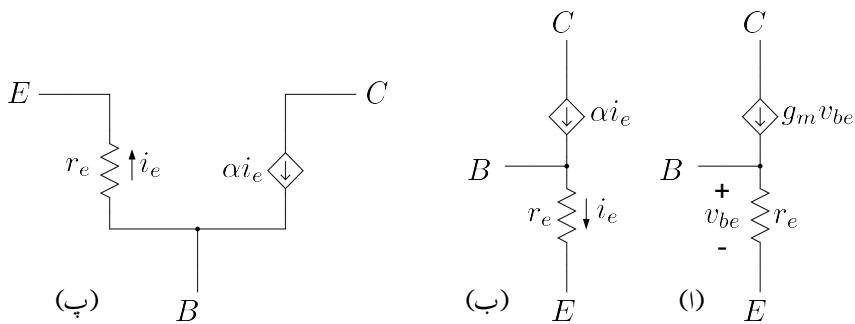
حاصل ہوتا ہے جسے استعمال کرتے ہوئے

$$v_L = -i_C \times 10000 = -0.004 \times 10000 = -40 \text{ V}$$

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: ٹR ریاضی نمونہ

۳.۱۳.۱ ٹR 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 ٹR ریاضی نمونہ^{۹۹} خاص مقبول ہے۔ ایمپر مشترک^{۱۰۰} اور کلکٹر مشترک^{۱۰۱} ادوار حل کرتے ہوئے عموماً پائے ریاضی نمونے ہی استعمال کیا جاتا ہے جبکہ بیئر مشترک^{۱۰۲} ادوار کو ٹR ریاضی نمونے کی مدد سے زیادہ آسانی سے حل کرنا نہیں ہوتا ہے۔ r_o کو ظفر انداز کرتے ہوئے کے npn تکمیل کے مقابلے میں r_o کو شکل ۳.۷۷ میں دکھایا گیا ہے۔ انہیں ریاضی نمونے میں E_C اور V_T کے مابین r_o نسب کرتے ہوئے r_o کے اثر کو بھی شامل کیا جاتا ہے۔

شکل ۳.۱۳.۱ف 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

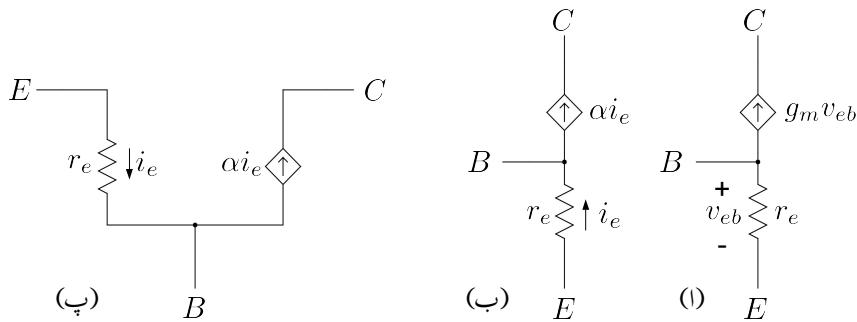
$$r_{be} = \frac{\beta V_T}{I_C}$$

$$r_e = \frac{r_{be}}{\beta + 1} = \frac{\alpha V_T}{I_C}$$

$$g_m = \frac{I_C}{V_T}$$

^{۹۹} ٹR ریاضی نمونے کی شکل انگریزی کے حروفے ٹیکی A کی مانند ہے۔ اسی لئے اس کو ٹR ریاضی نمونے کہتے ہیں۔

^{۱۰۰} مشترک بیئر، مشترک کلکٹر اور مشترک بیس کی پہلی حصے میں کی گئی ہے۔



شکل ۳.۷۸ T ریاضی نمونہ

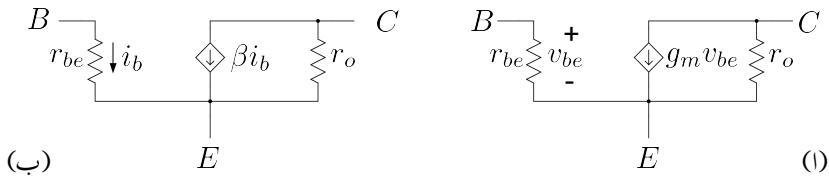
بین الہذا

$$\begin{aligned}
 i_b &= i_e - i_c \\
 &= \frac{v_{be}}{r_e} - g_m v_{be} \\
 &= v_{be} \left(\frac{I_C}{\alpha V_T} - \frac{I_C}{V_T} \right) \\
 &= \frac{I_C}{V_T} v_{be} \left(\frac{1 - \alpha}{\alpha} \right) \\
 &= \frac{I_C}{V_T} v_{be} \frac{1}{\beta} \\
 &= \frac{v_{be}}{r_{be}}
 \end{aligned}$$

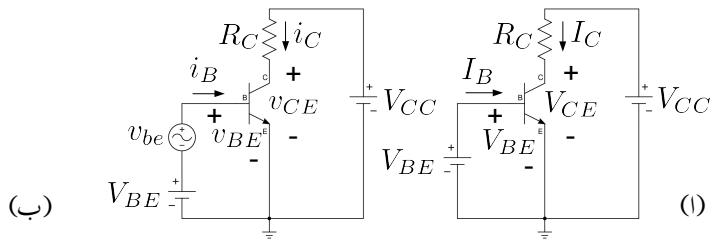
پس ٹی T ریاضی نمونے سے بھی ٹرانزسٹر کے باریکے اشاراتی مساوات حاصل ہوتے ہیں اور یوں اسے بطور ٹرانزسٹر ریاضی نمونہ استعمال کیا جاتا ہے۔ شکل بے میں تی۔ ریاضی نمونے کی دوسری ممکن صورت دکھانی گئی ہے جہاں $i_c = \alpha i_e$ کا استعمال کیا گیا ہے۔ شکل پے میں تی۔ ریاضی نمونے کی پائے π طرز پر بنایا گیا ہے۔ شکل میں ۳.۷۸ کا pnp 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 کی حاصل ہو گا۔ اس کا مطلب ہے کہ pnp کے لئے بھی شکل ۳.۷۷ 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 نمونہ 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 ماکل کے قدریہ ب۔ قدریہ ب۔ $i_C - v_{BE}$ خطر 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)

$$i_c = g_m v_{be}$$

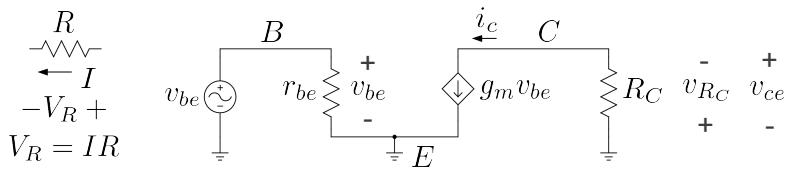
ای طرح شکل ۳.۸۰ ب کے خارجی جواب

$$\begin{aligned} v_{CE} &= V_{CC} - i_C R_C \\ V_{CE} + v_{ce} &= V_{CC} - (I_C + i_c) R_C \\ V_{CE} + v_{ce} &= V_{CC} - I_C R_C - i_c R_C \\ \underbrace{V_{CE} - V_{CC} + I_C R_C}_{=0} + v_{ce} &= -i_c R_C \end{aligned}$$

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 مساواتی دور

جس سے باریکے اشاراتی افزاں بر قی دباؤ A_v حاصل کی جاسکتے ہے۔

$$(3.207) \quad A_v = \frac{v_{ce}}{v_{be}} = -g_m R_C$$

مساوات ۳.۲۰۳ اور مساوات ۳.۲۰۴ میں یک سمت متغیرات I_C اور V_{CE} حاصل ہوتے ہیں جبکہ مساوات ۳.۲۰۵ اور مساوات 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 مساوات 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 بیٹھ طرف مزاجت کا وہ سرالیا جاتا ہے جہاں سے مزاجت میں بر قی رو دا حخل ہو۔ یوں اوہم کے قانون سے

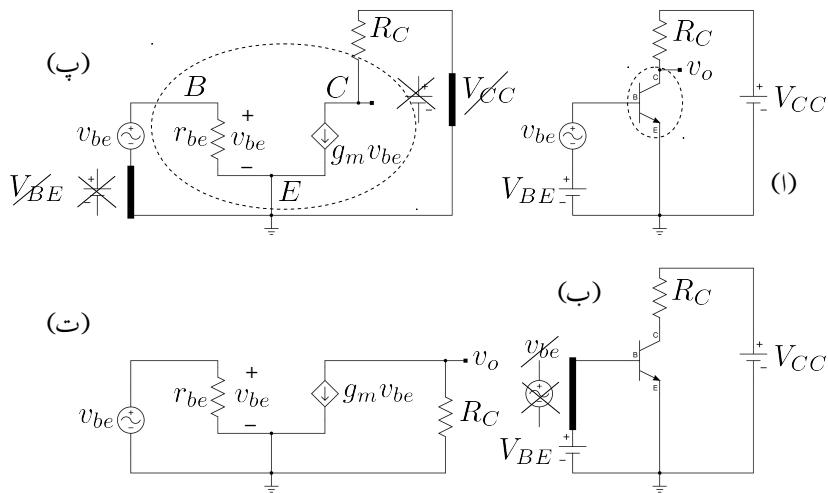
$$(3.209) \quad \begin{aligned} v_{R_C} &= i_c R_C \\ &= g_m R_C v_{be} \end{aligned}$$

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 مساوات ۳.۲۰۴ سے جسے اصل ٹرانزستر کا دور حل کرتے حاصل کیا گیا تھا۔ مندرجہ بالا مساوات 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 مفہوم کو قصر دور کر دیا گیا ہے (یعنی جن دو بر قی تاروں کے ساتھ v_{be} جبراً اختلاط ان تاروں کو آپس میں جوڑ دیا گیا ہے جبکہ یہاں سے v_{be} کو نکال دیا گیا ہے۔ جوڑ کو وضع احتلاط 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 π 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 ایمپلیفیٹر کو پائے (π) ریاضی نمونے استعمال کرتے ہوئے ایک منظم طریقے سے حل کیا جاتا ہے۔ اس طریقے کا کے افتدام مندرجہ ذیل ہیں۔

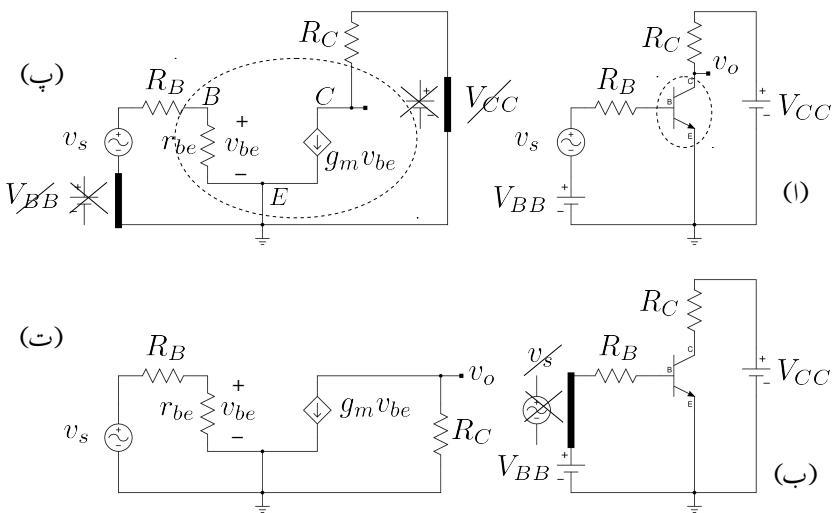
۱۔ اصل ٹرانزسٹر دور کا مساوی یک سمت دور حاصل کر کے اسے حل کرتے ہوئے I_C اور V_{CE} حاصل کریں۔ یہ نقطہ کار کر دیگی پر ٹرانزسٹر کے متغیرات ہیں۔

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: (ا) اصل دور، (ب) مساوی باریکے اشاراتی، (ت) مساوی باریکے سمت، (ڈ) 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 (جسے v_o لکھا جائے گا) کے جیطے کے مثبت اور منفی چوڑیوں پر بھی ٹرانزسٹر افناز اش نہ ہی رہے۔ (یعنی کہ خارجی اشارہ v_o کے چوڑیاں تراشی نہیں جاتیں)

اس عمل کے پہلے تین اوتدام آپ دیکھ پکے ہیں۔ آئیں 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 β_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 افزاش بر قی 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۔

$$\begin{aligned}I_C &= \beta_0 \left(\frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B} \right) = 100 \times \left(\frac{2.5 - 0.7}{180000} \right) = 1 \text{ mA} \\ V_{CE} &= V_{CC} - I_C R_C = 15 - 10^{-3} \times 7.5 \times 10^3 = 7.5 \text{ V}\end{aligned}$$

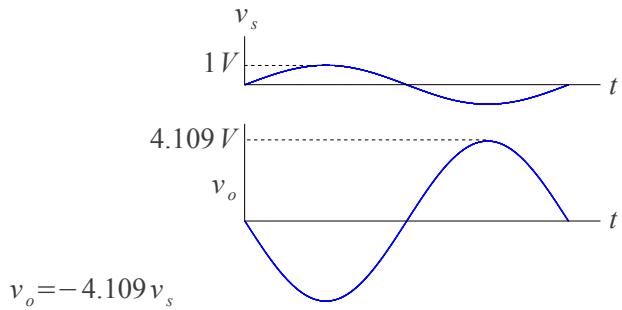
چونکہ حاصل V_{CE} کی قیمت $V_{CE, \text{ذین}} = 0.2 \text{ V}$ (ذین ۰.۲ V) سے زیاد ہے لہذا ٹرانزسٹر افزاش سدھے اور یہ داخلی اشارے کو بڑھ سکتا ہے۔ آئین ریاضی نوٹس کے جزو حاصل کریں۔

$$\begin{aligned}g_m &= \frac{I_C}{V_T} = \frac{1 \times 10^{-3}}{25 \times 10^{-3}} = 40 \text{ mS} \\ r_{be} &= \frac{\beta_0}{g_m} = \frac{100}{40 \times 10^{-3}} = 2.5 \text{ k}\Omega \\ r_e &\approx \frac{1}{g_m} = \frac{1}{40 \times 10^{-3}} = 25 \Omega\end{aligned}$$

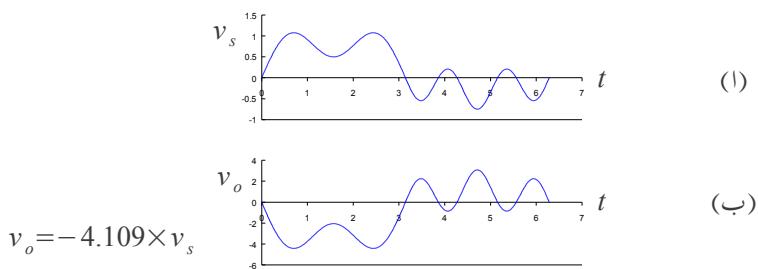
اور انہیں استعمال کرتے ہوئے باریکے اشاراتی افزاش بر قی دباؤ A_v حاصل کریں۔

$$A_v = \frac{v_o}{v_s} = -\frac{g_m r_{be} R_C}{R_B + r_{be}} = -\frac{0.04 \times 2500 \times 7.5 \times 10^3}{180 \times 10^3 + 2500} = -4.109 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

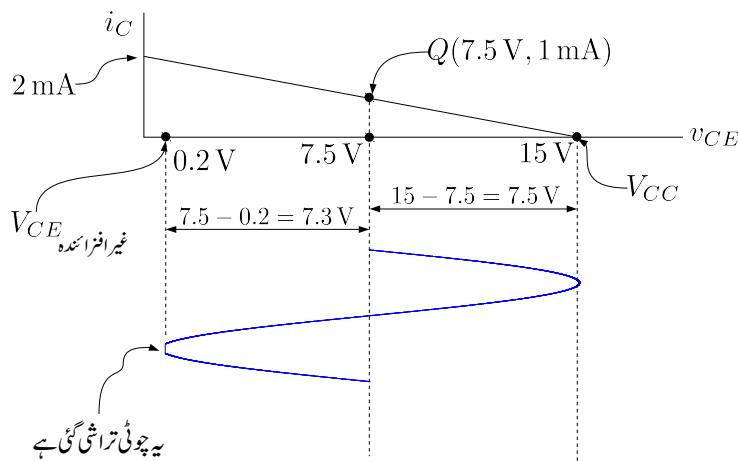
اس مساوات کے مطابق یہ ٹرانزسٹر ایک پلیگارڈ داخلی اشارہ v_s کے حیطے کو 4.109 گناہ بڑھائے گا۔ A_v کی قیمت منفی ہونے کا مطلب یہ ہے کہ جس لمحے داخلی اشارہ مثبت ہو گا اس لمحے حنارتی اشارہ منفی ہو گا۔ شکل میں داخلی اشارہ کو سائیں نہ تصور کرتے ہوئے اس حقیقت کی وضاحت کی گئی ہے۔ سائیں نہ اشارہ کی صورت میں یہ کہا جا سکتا ہے کہ داخلی اور حنارتی اشارات آپس میں 180° 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 بر قی دباؤ کے مدد



شکل ۱۶.۸۳: سائن-نما اشارات



شکل ۱۶.۸۴: غیر سائن-نما اشارہ

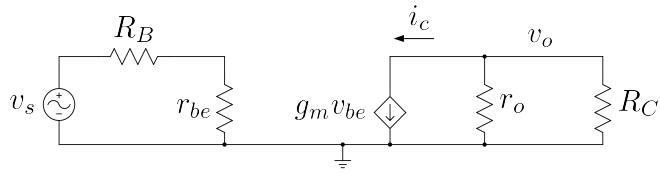


شکل ۳.۸۶: حنارجی اشارے کی زیادہ سے زیادہ ناتراسیدہ چوتھی

کی پیمائش مختلف ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ جب داخلی اشارہ ثابت ہوتا ہے اس وقت حنارجی اشارہ مغلی ہوتا ہے اور جب داخلی اشارہ مغلی ہوتا ہے اس دوران حنارجی اشارہ مثبت ہوتا ہے۔ یہ جانتے کے لئے کہ اس ایمپلیفیائر کے کتنے چیلے کا زیادہ سے زیادہ حنارجی اشارہ v_o حاصل کیا جاتا ہے، ہم خط یو جھ 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 برازنسٹر کا اعلیٰ برقی دباؤ $V_A = 200 \text{ V}$ ہے۔ شکل ۳.۷۶ کا ریاضی نوٹس 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 $\frac{r_o R_C}{r_o + R_C}$ لکھا جاتا ہے۔ یہ اس شکل کو دیکھتے ہوئے

$$v_o = -i_c \left(\frac{r_o R_C}{r_o + R_C} \right) = -i_c \left(\frac{200000 \times 7500}{200000 + 7500} \right) = -7229 i_c$$

$$i_c = g_m v_{be} = 40 \times 10^{-3} v_{be}$$

$$v_{be} = \left(\frac{r_{be}}{R_B + r_{be}} \right) v_s = \left(\frac{2500}{180000 + 2500} \right) v_s = 0.0137 v_s$$

لکھا جاسکتا ہے۔ اس طرح

$$v_o = -7229 \times 40 \times 10^{-3} \times 0.0137 v_s = -3.96 v_s$$

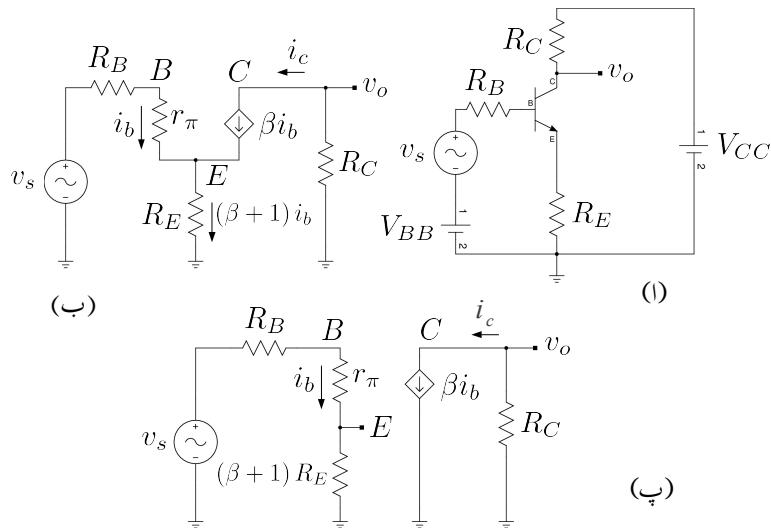
حاصل ہوتا ہے یعنی

$$A_v = \frac{v_o}{v_s} = -3.96 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

مثال ۳.۴۹ میں $A_v = -4.109 \frac{\text{V}}{\text{V}}$ میں A_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 اور r_i 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 جوڈا کر دیا گیا ہے۔

جوڑ E پر شکل ۳.۸۸ ب میں $v_E = (\beta + 1) i_b \times R_E$ بر قی دبا پیا جاتا ہے۔ شکل ۳.۸۸ پ میں یہاں $i_b \times (\beta + 1) R_E$ پیا جاتا ہے۔ یہ دونوں مقدار 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 بر قی دبا دا 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 اثراتی 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 سے 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 ایکتے کا حاصل ہے جو آپ کو زبانی یاد ہونا چاہیے۔ اس مساوات کو استعمال کرتے ہوئے عومنا α 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 میں کی گئی ہے

جبکے گاہ مسافت ۳۲۷ کی سچ استعمال کے لئے ضروری ہے کہ اپلیناٹر کے یہ سب جانب ہے کام ساوی دور اسی طرز پر ہو۔

یہ دیکھنے کی حرمت کے مندرجہ بالا مساوات واقعی عمومی مساوات ہے ہم مساوات ۲۱۳ کو بھی اسی صورت میں بدلتے ہیں۔

$$\begin{aligned}
A_v &= -\frac{g_{mr}r_{be}R_C}{R_B + r_{be}} \\
&= -\frac{\beta R_C}{R_B + r_{be}} \\
&= -\frac{\beta R_C}{(\beta + 1) \left(\frac{R_B}{\beta + 1} + \frac{r_{be}}{\beta + 1} \right)} \\
&= -\frac{\alpha R_C}{\frac{R_B}{\beta + 1} + r_e} \\
&= -\alpha \left(\frac{\sum R_C}{\sum R_E} \right)
\end{aligned}$$

مثال ۳.۴۲: شکل ۳.۸۸ اف میں

$$\begin{aligned}V_{CC} &= 12 \text{ V} \\V_{BB} &= 2.35 \text{ V} \\\beta &= 99 \\R_B &= 150 \text{ k}\Omega \\R_C &= 75 \text{ k}\Omega \\R_E &= 15 \text{ k}\Omega\end{aligned}$$

لیتے ہوئے باریک اشاراتی دا خنل مزاحمت $r_i = \frac{v_s}{t_b}$ اور افسرا کش A_v حاصل کریں۔
حل: پسلے کے سمت متغیرات حاصل کرتے ہیں۔

$$I_C = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{\frac{R_B}{\beta+1} + R_E} = \frac{2.35 - 0.7}{\frac{150000}{99+1} + 15000} = 0.1 \text{ mA}$$

$$V_{CE} \approx V_{CC} - I_C (R_C + R_E) \\ = 12 - 0.1 \times 10^{-3} \times (75000 + 15000) = 3 \text{ V}$$

چونکہ حاصل V_{CE} کی قیمت غیر امنزینٹ V_{CE} یعنی 0.2 V سے زیادہ ہے لہذا اثر اندر امنزینٹ ہے اور اشارات کو بڑھانے کی صلاحیت رکھتا ہے۔ خط بوچ کھنچ کر آئیں دیکھ سکتے ہیں کہ خارجی 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 زیادتی سے زیادہ ناتراشیدہ چوٹی 2.8 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۔

$$\begin{aligned} A_v &= \frac{v_o}{v_s} = -\frac{\beta R_C}{R_B + r_{be} + (\beta + 1) R_E} \\ &= -\frac{99 \times 75000}{150000 + 24750 + (99 + 1) \times 15000} \\ &= -4.4335 \frac{\text{V}}{\text{V}} \end{aligned}$$

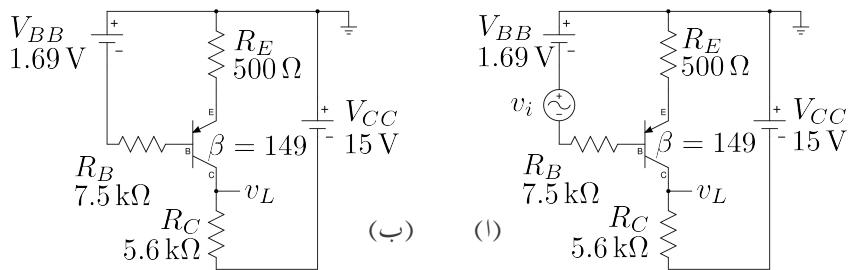
مساویات ۲۱۔۳ کی مدد سے یہی جواب سیدھو سیدھا حاصل کیا جاسکتا ہے جس اور

$$\sum R_C = R_C = 75 \text{ k}\Omega$$

$$\begin{aligned} \sum R_E &= \frac{R_B}{\beta + 1} + r_e + R_E \\ &= \frac{150000}{99 + 1} + 247.5 + 15000 \\ &= 16747.5 \text{ }\Omega \end{aligned}$$

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-جمع ایپلیکیشن

صال ہوتا ہے۔

مثال ۳.۳۳: شکل ۳.۸۹ میں $v_L = 0.001 \sin \omega t$ ہو تو $A_v = \frac{v_L}{v_i}$ حاصل کریں۔ اگر $v_i = 0.001 \sin \omega t$ 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

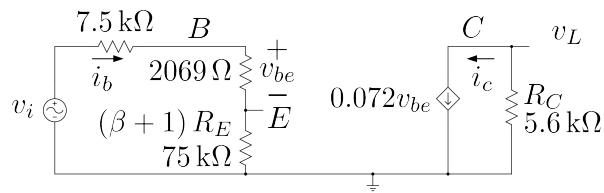
$$I_C \approx I_E = \frac{1.69 - 0.7}{500 + \frac{7500}{149+1}} = 1.8 \text{ mA}$$

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-جج ایکلینیگر مساوی باریکے اشاراتی دور

حاصل ہوتا ہے جو کہ عین امنڑا، V_{EC} سے زیاد ہے لہذا اثر ان سفر امنڑا 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 $v_i = 0.001 \sin \omega t$

$$v_L = -9.864 \times 0.001 \sin \omega t = -0.009864 \sin \omega t$$

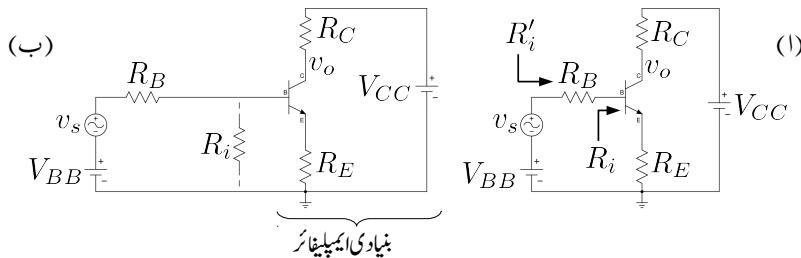
ہو گا

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

$$(3.219)$$

$$v_b = \left(\frac{R_i}{R_B + R_i} \right) v_s$$

$$= \left(\frac{(\beta + 1)(r_e + R_E)}{R_B + (\beta + 1)(r_e + R_E)} \right) v_s$$

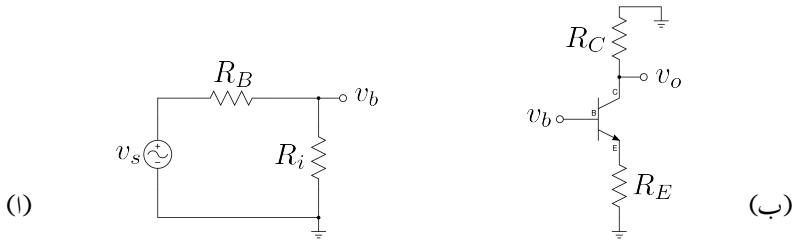
جہاں مساوات ۳.۲۱ کی قیمت پر کی گئی۔ شکل ۳.۹۲ کو دیکھتے ہوئے ہم

$$(3.220)$$

$$\sum R_C = R_C$$

$$\sum R_E = r_e + R_E$$

$$A'_v = \frac{v_o}{v_b} = - \frac{\sum R_C}{\sum R_E} = - \frac{R_C}{r_e + R_E}$$



شکل ۳.۹۲

لکھ سکتے ہیں جس سے

$$(r.121) \quad v_o = - \left(\frac{R_C}{r_e + R_E} \right) v_b$$

حاصل ہوتا ہے۔ اس ساوات میں v_b کی قیمت ساوات ۳۔۲۱۹ سے پُر کرتے ہوئے

$$(r.rrr) \quad v_o = - \left(\frac{R_C}{r_e + R_E} \right) \left(\frac{(\beta + 1)(r_e + R_E)}{R_B + (\beta + 1)(r_e + R_E)} \right) v_s$$

یعنی

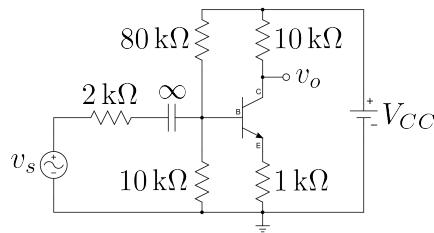
$$(r,rrr) \qquad A_v = \frac{v_o}{v_s} = \frac{-R_C}{\frac{R_B}{\beta+1} + r_e + R_E}$$

حاصل ہوتا ہے۔ یہ مساوات ہو بہو مساوات ۲۱۶۔۳۲ ہی ہے۔

ساوات ۲۰۲۳ میں کرکے خپلے ھے میں R_E + دراصل $\sum R_E r_e$ ہے جو از خود اخلي مزاجمت کا بھر جانب عکس ہے یعنی $\frac{R_i}{\beta+1} = \sum R_E$ یوں اگردا خلي مزاجمت بڑھائی جائے تو امنڈا ش A_v گھٹے گی یہ ایک اہم تجھبے ہے ایک پلیائز تحقیق دیتے وقت اس حقیقت کو سامنہ رکھا جاتا ہے عموماً یہ میں زیادہ داخلي مزاجمت اور زیادہ امنڈا ش 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 چکلوں کہ ایک سے زیادہ ایک پلیائز استعمال کرتے ہوئے کسی بھی حقیقت کے داخلي مزاجمت اور امنڈا ش حاصل کئے جاسکتے ہیں۔ اس طرح کے ایک پلیائز آیے آگے جب کرو بھیں گے۔

ایک پیغام حصل کرنے کا یہ طریقہ نہیں اہم ہے۔ اس طریقہ کو آگے باؤں میں بار بار استعمال کیا جائے گا۔ آپ سے لگزارش کی جباتی ہے کہ اس طریقہ کو سمجھے بغیر آگے مت بڑھیں۔ اس طریقہ کو تدبیح باقتم دوبارہ پیش کرتے ہیں۔

۰ طرز سڑکے بیس پر دیکھتے ہوئے ایک پلٹا فر کا دا حنلی مزاجمت R_i حاصل کریں۔



شکل ۳.۹۳

- دور میں بنیادی ٹرانزسٹر ایپلیناٹر 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 ایپلیناٹر 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 ایپلیناٹر کا $\sum R_E$ ہے۔
- گل امنڑا شش $A_v = \frac{v_o}{v_b} = A'_v + 1$ اور v_b کی مدد سے حاصل کریں۔

مثال ۳.۹۳: شکل ۳.۹۳ میں بنیادی ایپلیناٹر کا داخلی مزاحمت حاصل کرتے ہوئے امنڑا شش $A_v = \frac{v_o}{v_b}$ 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 میں کپیٹر کو قصر دور تصور کریں۔ 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

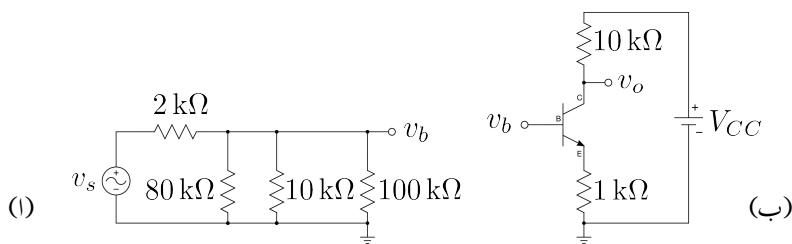
$$v_b = \left(\frac{8186}{2000 + 8186} \right) v_s = 0.8036 v_s$$

حاصل ہوتا ہے۔ شکل ب سے

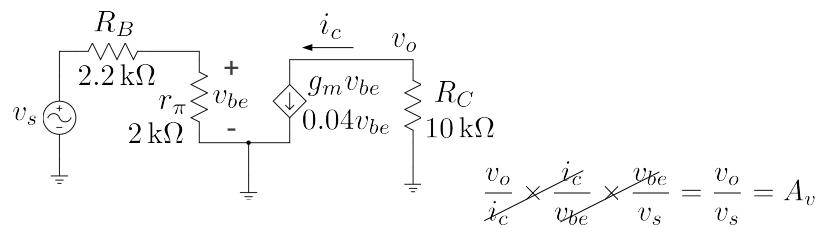
$$A'_v = \frac{v_o}{v_b} = -\alpha \frac{\sum R_C}{\sum R_E} \approx -\frac{\sum R_C}{\sum R_E} = -\frac{10000}{25 + 1000} = -9.756 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

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 π داخلی اشارہ ہونے کے ناطے ہمیں قبل از حل معلوم ہے لیکن یاد رہے کہ ایسی صورت بھی پیدا ہو سکتے ہیں جہاں π بھی معلوم نہ ہو۔)

۲. اس کے بعد اس دور کے تمام مزاحمت کے قیمت اور ریاضی مونے کے تمام جزو (مسئلہ g_m ، 2π اور β) 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 مزاحمت یا ریاضی مونے کے جزو پائے جائیں گے۔

۴. زنجیری ضرب لکھتے ہوئے ایپلینائز کے حفاری نقطے سے شروع کرتے ہوئے داخلی جانب پلتے 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

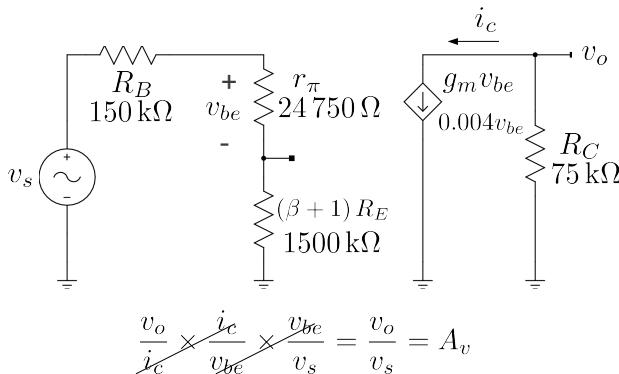
$$\frac{v_o}{i_c} = -R_C = -10000$$

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

$$\begin{aligned}
 A_v &= \left(\frac{v_o}{i_c} \right) \times \left(\frac{i_c}{v_{be}} \right) \times \left(\frac{v_{be}}{v_s} \right) \\
 (3.230) \quad &= (-75000) \times (0.004) \times (0.014778325) \\
 &= -4.433 \frac{\text{V}}{\text{V}}
 \end{aligned}$$

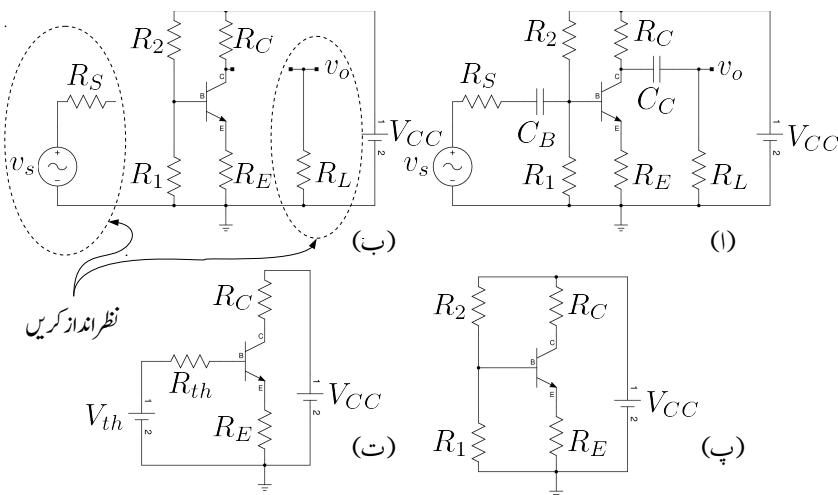
مندرجہ بالامساوات کو یوں لکھا جاسکتا ہے۔ حتیٰ جی سرے سے شروع کرتے ہم دیکھتے ہیں کہ $v_o = -i_c R_C$ ہے اور یوں v_o کو i_c کی مدد سے لکھا جاسکتا ہے۔ اگلے قدم پر ہم نے یہ دیکھنا ہے کہ i_c کو کیسے لکھا جاسکتا ہے۔ ہم دیکھتے ہیں کہ v_{be} کی مدد سے لکھا جاسکتا ہے۔ تیسرا قدم پر ہم دیکھتے ہیں کہ v_{be} کو v_s 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: سیکی سست اور بدلتے متغیرات کے عیندگی کی مثال

سے گزر سکتے ہیں۔ چونکہ کپیسٹر کی سست متغیرات کے لئے کھلے دور کے طور کام کرتا ہے لہذا بدلتے اشارات کے ساتھ مثلاً دور کے حصہ ٹرانزسٹر کے نقطے کار کردگی کو متاثر نہیں کر سکتے چونکہ ان تک یک سست متغیرات کی رسانی نہیں ہوتی۔ ہم ایک پیغام از ادوار میں تصور کریں گے کہ بدلتے اشارات کے لئے کپیسٹر قصر دور کے طور کام کرتے ہیں اور یک سست متغیرات کے لئے یہ کھلے دور کے طور کام کرتے ہیں۔ جہاں ایسا تصور نہ کرتا ہو وہاں بتلایا جائے گا۔

مساوی یک سست 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 سست 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 کے ساتھ موازنے 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 سست 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 سست متغیرات حاصل کریں۔

$$\begin{aligned} I_C &= \frac{V_{th} - V_{BE}}{\frac{R_{th}}{\beta+1} + R_E} \\ &= \frac{2.37624 - 0.7}{\frac{269.3 \times 10^3}{179+1} + 15 \times 10^3} \\ &= 0.1016 \text{ mA} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{CE} &\approx V_{CC} - I_C (R_C + R_E) \\ &= 15 - 0.1016 \times 10^{-3} \times (75 \times 10^3 + 15 \times 10^3) \\ &= 5.856 \text{ V} \end{aligned}$$

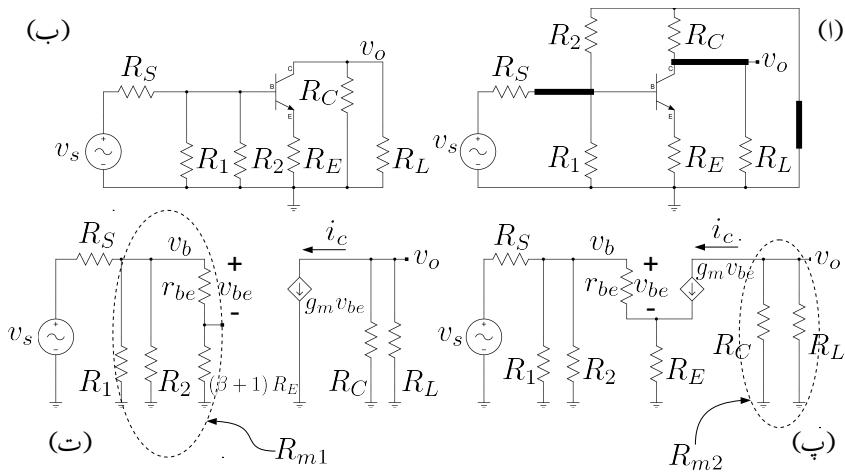
چوکہ حاصل $V_{CE} > 0.2 \text{ V}$ لہذا ٹرانزسٹر منزانتہ ہے۔ ٹرانزسٹر کے π ریاضی نمونے کے جزو حاصل کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned} g_m &= \frac{I_C}{V_T} = \frac{0.1016 \times 10^{-3}}{25 \times 10^{-3}} = 4.046 \text{ mS} \\ r_{be} &= \frac{\beta}{g_m} = \frac{179}{4.064 \times 10^{-3}} = 44.045 \text{ k}\Omega \\ r_e &\approx \frac{1}{g_m} = 246 \Omega \end{aligned}$$

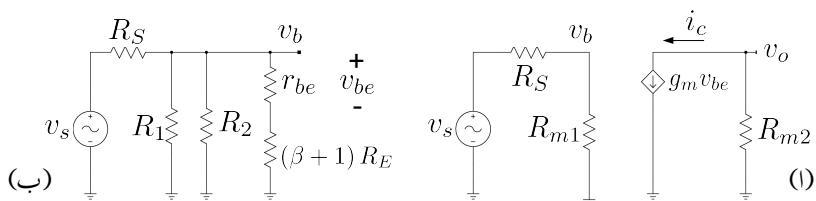
جیسے پہلے ذکر ہوا کہ ایک پیغام میں کپیٹر کی قیمت اتنی رکھتی ہے کہ باریکے اشارہ کے تعداد پر ان کی برقی رکاوٹ (X_C) فتاہی نظر انداز ہو۔ یوں مساوی بدلاتا دور بنتے وقت تم کپیٹر کو قصر دور کر دیا جاتا ہے۔ شکل ۳.۹۸ الف میں یوں منع بر قی دباؤ V_{CC} کے علاوہ کپیٹر C_B اور C_C کو بھی قصر دور کیا گیا ہے۔ ان قصر 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 π 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



شکل ۳.۹۸: یک اثربانی دور

شکل ۳.۹۹: v_{be} و v_b کا حصول

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 مسماحت 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 مسماحت 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 مسماحت کو R'_i اور حاصل برتنی دباؤ کے اشارے کو v'_i 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

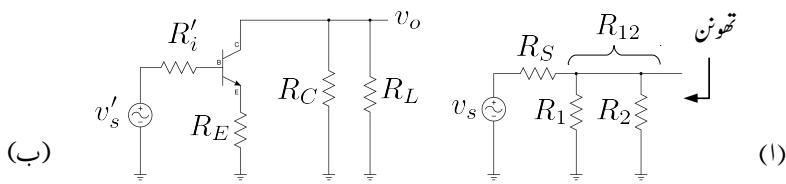
$$\begin{aligned}A_v &= \frac{v_o}{v'_i} \times \frac{v'_i}{v_s} \\ &= -4.0693 \times 0.98177 \\ &= -3.995 \frac{\text{V}}{\text{V}}\end{aligned}$$

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 گھٹاتا ہے۔ اس ایمپلیفائر 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 سیستم 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

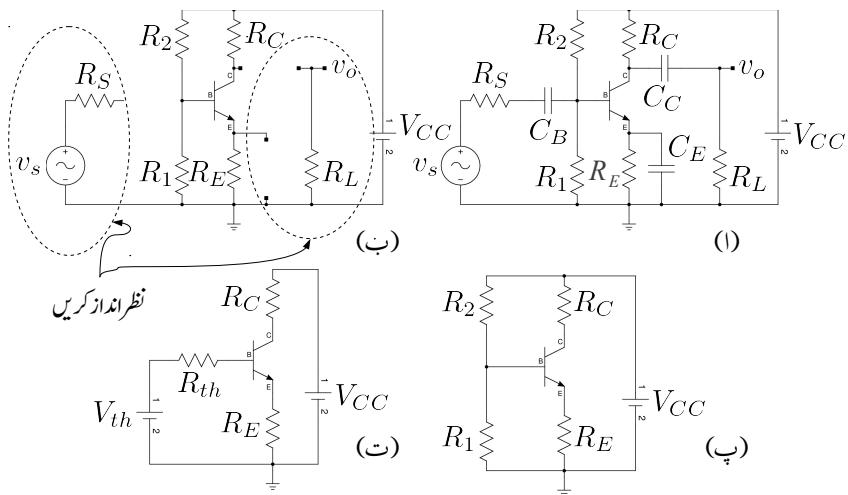
$$\begin{aligned} g_m &= 4.064 \text{ mS} \\ r_{be} &= 44.045 \text{ k}\Omega \\ r_e &\approx 246 \text{ }\Omega \end{aligned}$$

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

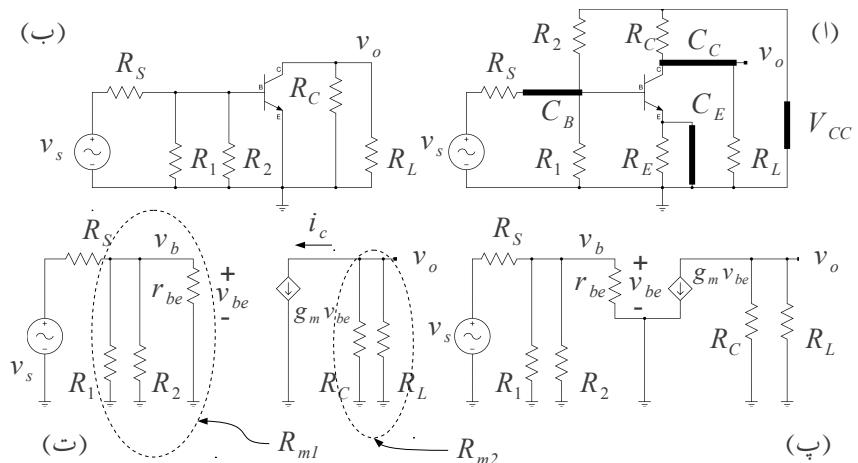
$$\begin{aligned} \frac{1}{R_{m1}} &= \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{r_{be}} \\ \frac{1}{R_{m2}} &= \frac{1}{R_L} + \frac{1}{R_C} \end{aligned}$$

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

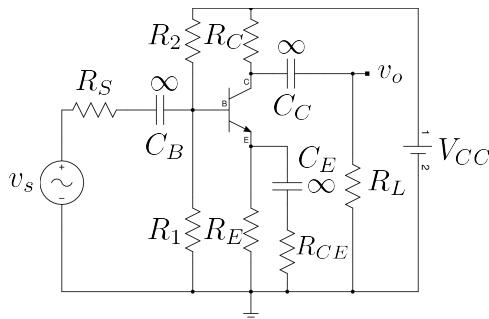
$$A_v = -\alpha \frac{\sum R_C}{\sum R_E}$$

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 ۱۰۳: پک سمت اور پارکی اشارات کے علیحدگی کی اپک اور مثال

ہی ہے۔ R_E کم ہونے کی وجہ سے افسزاً اش میں اضافہ پیدا ہوا ہے۔ اس حقیقت کو سمجھ کر یاد رکھیں۔
شکل سے براپک اشاراتی دا خلی مزاجت حاصل کرتے ہیں۔

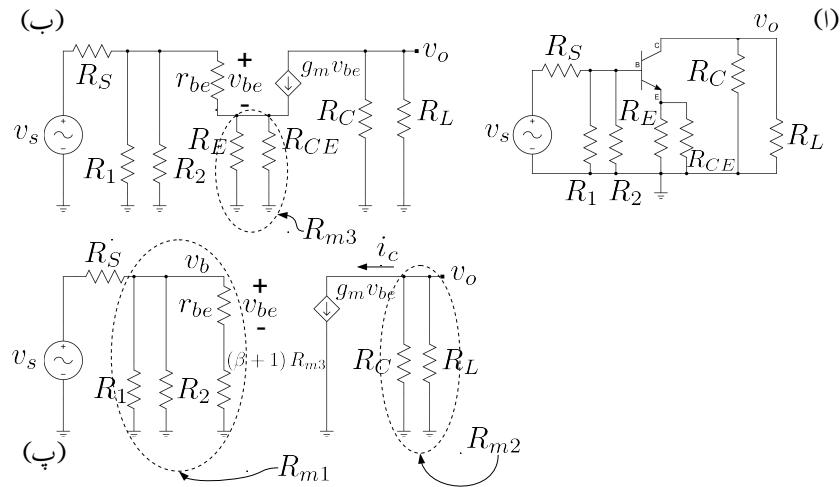
$$r_i = R_{m1} = 37.854 \text{ k}\Omega$$

جہاں R_S کو ایک پلینگ اسٹرکچر کے ساتھ موازنے کرنے سے ہم دیکھتے ہیں کہ داخلی مسازحت بہت کم ہو گئی ہے۔ باریک اشارات کے لئے کپیسٹ C_E بطور قصر دور کام کرتا ہے اور یوں ٹرانزیستر کے پیس سرپر پر دیکھتے ہوئے ہم صرف r_{be} نظر آتا ہے۔ داخلی مسازحت متوازی جبڑے R_1 ، R_2 اور r_{be} پر پیدا کرتے ہیں اور یوں اسکی تینت کم ہو گئی ہے۔

مندرجہ بالا دماثا لوں سے ہم دیکھتے ہیں کہ R_E اور C_E کے استعمال سے باریک اشاراتی داخلی مسازحت i_v اور افزاں A_v متاثر ہوتے ہیں۔ ان میں ایک بڑھانے سے دوسری گھنٹتے ہے۔

مثال ۳.۲۸: کپیٹر C_E اور مزاحمت R_{CE} سلسلہ وار جوڑتے ہوئے انہیں شکل ۳.۹۷ میں کے متوازی نسب کریں۔ حاصل آئی پیغام کی داخلی مزاحمت r_i اور امنڑا اش A_v حاصل کریں۔ R_{CE} کی قیمت Ω ۱۰۰ رکھیں۔ حل: شکل ۳.۱۰۳ میں دور کھایا گیا ہے۔ کپیٹر کی برقی رکاوٹ $\frac{1}{j\omega C} = Z_C$ ہوتی ہے۔ کسی بھی تعدد پر کپیٹر کی قیمت بڑھا کر اس کی برقی رکاوٹ کی قیمت کم کی جا سکتی ہے۔ جیسا پہلے بتایا گیا کہ باریک اشارات کو بغیر گھٹائے مقتول کرنے کی حرث میں کپیٹر کی قیمت زیادہ سے زیادہ رکھی جاتی ہے۔ شکل میں کپیٹر پر لامب دو کانٹاشن (۰۰) اسی حقیقت کو بیان کرتا ہے جہاں اس کا مطلب یوں لی جاتا ہے کہ باریک اشارات کے تعدد پر $|Z_C|$ کی قیمت صفری جائے۔

اس دور کا بھی یک سمت مساوی دور پہلی مثالوں کی طرح ہے گا اور یوں وہاں کے منتراج یہیں استعمال ہیں۔ باریک اشاراتی دور کا حصول شکل ۳.۱۰۳ میں دکھایا گیا ہے۔ باریک اشاراتی دور میں R_{CE} اور R_E متوازی



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

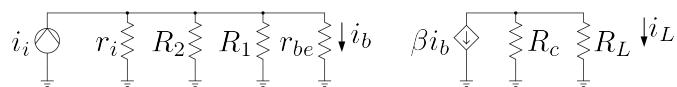
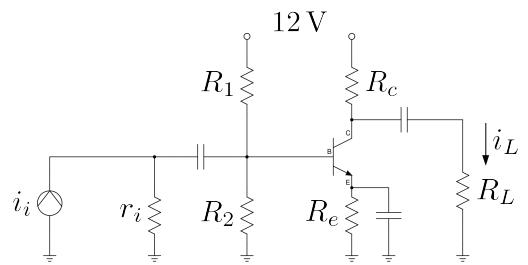
$$A_i = \frac{i_L}{i_i} = -30 = -120 \left(\frac{R_c}{R_c + R_L} \right) \left(\frac{r_{be}}{r_{be} + r_i \| R_1 \| R_2} \right)$$

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 قیمتیں برابر کر دیکھیں۔ ایسا کرنے سے عموماً اس متابول جواب سے حاصل ہوتے ہیں۔ یوں

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} &= \left(\frac{R_c}{R_c + 1000} \right) \\ \frac{1}{2} &= \left(\frac{r_{be}}{r_{be} + 5000 \| R_1 \| R_2} \right) \end{aligned}$$



شکل ۱۰۵: ایک پلینگز کا تحلیل

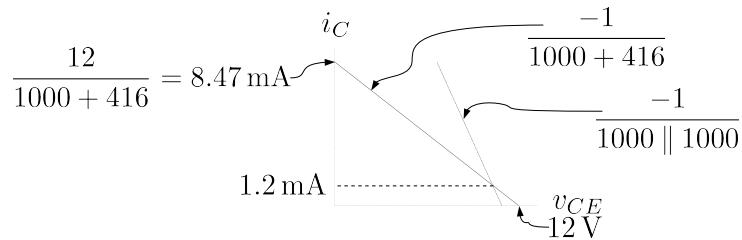
لیتے ہیں۔ یوں پہلی مساوات سے $R_1 \parallel R_2$ حاصل ہوتا ہے۔ دوسرے مساوات میں $R_1 = 1\text{k}\Omega$ حاصل ہوتا ہے۔ لیکن R_b کو لکھتے ہیں۔

$$\frac{1}{2} = \left(\frac{r_{be}}{r_{be} + 5000 \parallel R_b} \right)$$

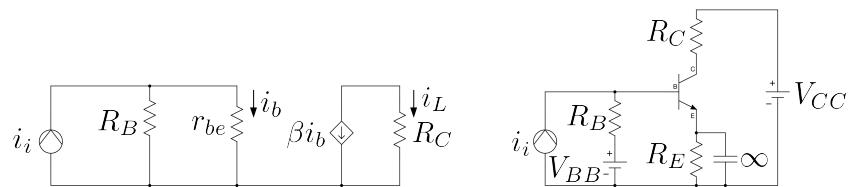
اس مساوات میں دونا معلوم متغیرات ہیں لہذا کسی ایک کی قیمت خود چنی ہو گی۔ اگر $R_b = 5\text{k}\Omega$ رکھی جائے تب $r_{be} = 2.5\text{k}\Omega$ حاصل ہوتا ہے۔ اگر $R_b \rightarrow \infty$ تو $r_{be} = 5\text{k}\Omega$ تصور کی جائے تب r_{be} کی قیمت پر حساس اثر نہیں ہوتا۔ یوں ہم $R_b = 5\text{k}\Omega$ 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۔ $I_{CQ} = \frac{\beta V_T}{I_{CQ}}$ 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 1.2mA ہے۔ یوں i_L کے حیطے کی حد 0.6mA 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 $I_{CQ} = 1.2492\text{V}$ اور $V_{BB} = 1.2492\text{V}$ اور R_e حاصل ہوتے ہیں۔



شکل ۳.۱۰۶: خطوط بوچه



شکل ۳.۱۰۷: ایپلیگاٹر اور اس کا باریکے اشاراتی مساوی دوڑ

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۔

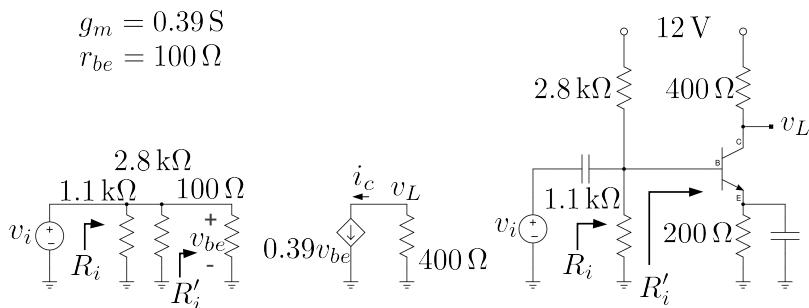
$$(3.238) \quad r_{be} = \frac{\beta V_T}{I_{CQ}} \ll R_B \ll (\beta + 1) R_E$$

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 β 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 β 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 لامحدود 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

$$(3.229) \quad A_{v2} = \frac{v_L}{v_i} = \frac{v_L}{i_c} \times \frac{i_c}{v_{be}} \times \frac{v_{be}}{v_i}$$

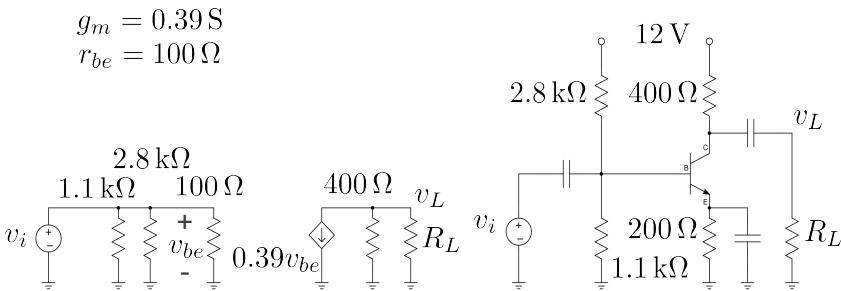
$$= - \left(\frac{400 \times 200}{400 + 200} \right) \times 0.39 \times 1 = -52 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

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۔ سادہ بوجھے لد ایکلپلیناٹر

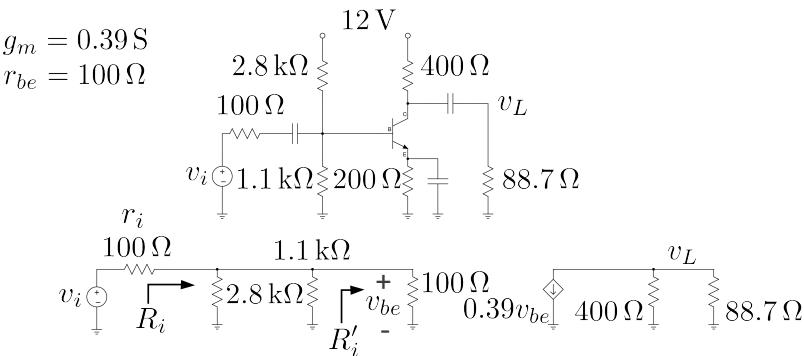
کسر لینی کا کوئی کردار نہیں۔ آئین داخلی اشارے کی مساز احمدت کا اثر دیکھیں۔ شکل ۷۔۱۰ میں اس عذر خسے کے داخلی اشارے کا مساز احمدت بھی شامل کیا گیا ہے۔ اس ایکلپلیناٹر کے لئے ہم لکھ سکتے ہیں

$$\begin{aligned}
 A_{v4} &= \frac{v_L}{v_i} = \frac{v_L}{i_c} \times \frac{i_c}{v_{be}} \times \frac{v_{be}}{v_i} \\
 &= -\left(\frac{400 \times 88.76}{400 + 88.76}\right) \times 0.39 \times \left(\frac{R_i}{r_i + R_i}\right) \\
 &= -\left(\frac{400 \times 88.76}{400 + 88.76}\right) \times 0.39 \times \left(\frac{88.76}{100 + 88.76}\right) \\
 &= -28 \times 0.47 \\
 &= -13 \frac{\text{V}}{\text{V}}
 \end{aligned}$$

جہاں r_i اور R_i کے کردار کی وجہ سے افسنزاش گزشتہ قیمت کے ۰.۴۷ گناہ گئی ہے۔ یاد رہے کہ حقیقت میں r_i ہر صورت میں موجود ہوتا ہے۔ $A_{v4} = 0.47 A_{v4}$ لکھتے ہوئے ہم دیکھتے ہیں کہ ٹرانزسٹر کے یہیں تالکٹر کی افسنزاش A_v میں کوئی تبدیلی روند نہیں ہوئی۔ لکھتے ہوئے ہم دیکھتے ہیں کہ افسنزاش $\frac{v_L}{v_i}$ میں 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

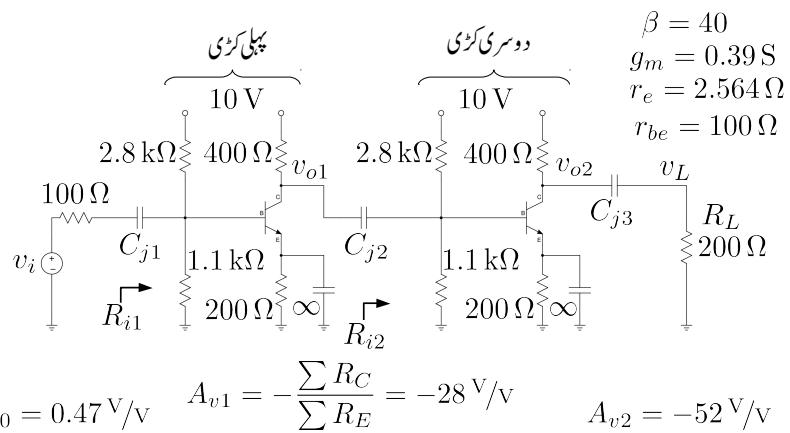
شکل ۱۱.۳ میں دو کڑی زنجیری ایمپلیفیاٹر^{۵۲} دکھایا گیا ہے جس میں دو بالکل یکساں ایمپلیفیاٹر کو جھنٹی کپیسٹر C_{j2} کی مدد سے آپس میں جوڑا گیا ہے۔ ایسا کرنے سے ٹرانزسٹر کا نقطہ کار کردگی متاثر نہیں ہوتا۔ دادھنی جناب 100Ω مزاحمت والا دادھنی اشارہ v_i جھنٹی کپیسٹر C_{j1} کی مدد سے ایمپلیفیاٹر کی پہلی کڑی کے ساتھ جوڑا گیا ہے جبکہ حنابی جناب برقی بوجھ R_L تک C_{j3} کی مدد سے حنابی 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۔

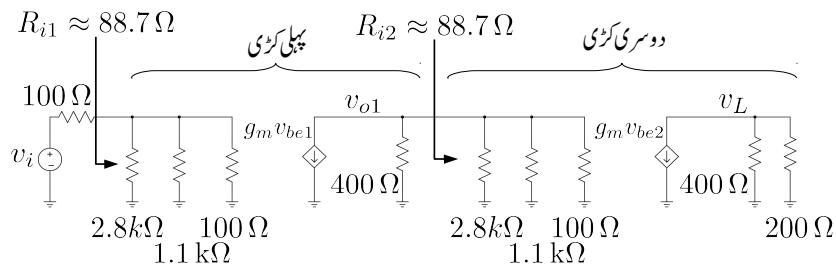
شکل ۱۱.۳ میں شکل ۱۱.۳ کا باریکے اشاراتی مساوی دور دکھایا گیا ہے۔ متوالی مزاحمتوں کا مجموعہ یعنی

$$\begin{aligned} 2800 \parallel 1100 \parallel 100 &= 88.7 \Omega \\ 400 \parallel 2800 \parallel 1100 \parallel 100 &= 72.6 \Omega \\ 400 \parallel 200 &= 133.33 \Omega \end{aligned}$$

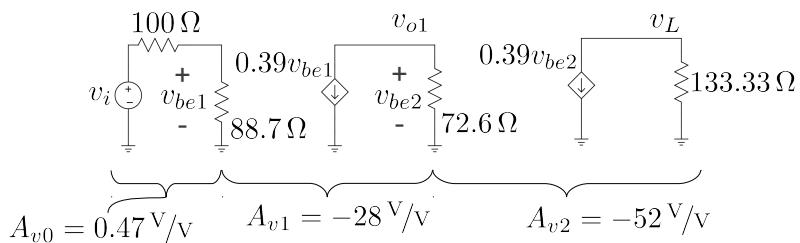
لیتے ہوئے شکل ۱۱.۳ حاصل ہوتا ہے۔



شکل ۱۸.۳: دوکوئی زنجیری ایمپلینفائز



شکل ۱۸.۴: دوکوئی زنجیری ایمپلینفائز کا باریکے اشاراتی مساوی دور



شکل ۱۸.۵: دوکوئی زنجیری ایمپلینفائز کا باریکے اشاراتی سادہ 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۔

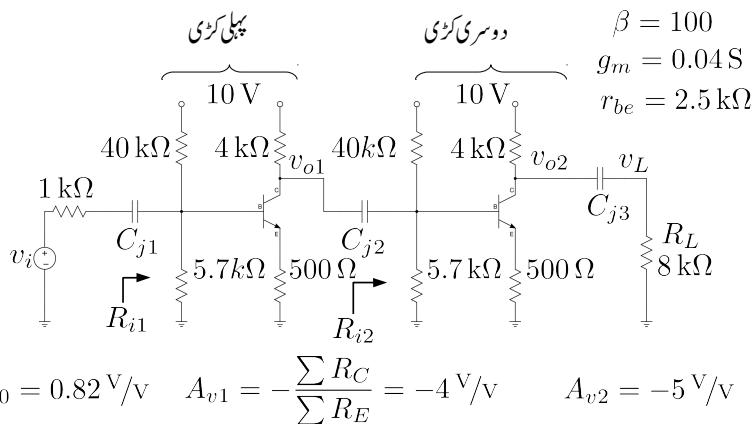
یہاں رک کر دوبارہ غور کریں۔ شکل ۳.۱۱۳ سے سیدھا شکل ۳.۱۱۲ میں اس فرم کی بھی کوئی ضرورت نہیں۔ جیسا کہ شکل ۳.۱۱۳ پر ہی دکھایا گیا ہے، آپ اسی شکل پر ہر کڑی کی افزاش $\frac{\sum R_C}{\sum R_E}$ حاصل کر سکتے ہیں۔ کیلکولیٹر کی مدد سے شکل کو دیکھتے ہوئے اور $\sum R_E$ اور $\sum R_C$ کا حاصل کرتے ہوئے افزاش حاصل 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 ۳.۱۱۲: دو کڑی زنجیری ایکلینیاٹر کا باریک اشاراتی سادہ مساوی دور

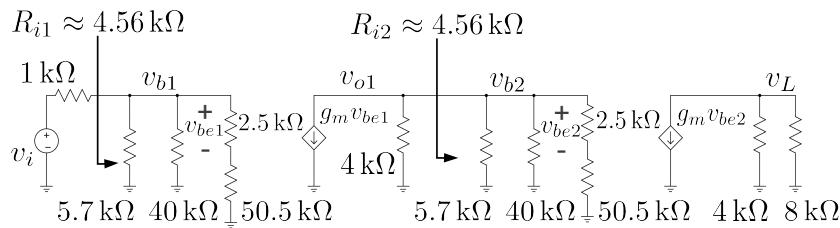
قیمت میں کی ایکلینیاٹر کے داخلی مسازامت R_{i1} کی بدولت ہے۔ v_i کے نقطہ نظر سے ایکلینیاٹر 88.7Ω کا مسازامت ہے۔ اسی طرح پہلی کڑی کے ایکلینیاٹر کو دوسری ایکلینیاٹر بطور مسازامت R_{i2} نظر آتا ہے۔

یہاں ایک مرتبہ دوبارہ مساوات ۳.۲۳۹ اور ۳.۲۴۰ پر نظر ڈالیں جہاں ایک کڑی کے ایکلینیاٹر پر تجزیہ کرتے ہوئے حنارتی جواب برقرار کرنے کے اثرات پر غور کیا گی۔ شکل ۳.۱۱۳ کے دوسری کڑی کے افسزاں پر 200Ω بوجھ کا اثر بالکل ایسا ہی ہے جیسے شکل ۳.۱۰۹ میں 200Ω کے بوجھ کا ہے۔ اسی طرح شکل ۳.۱۱۳ میں پہلی کڑی پر دوسری کڑی کے 88.76Ω کے داخلی مسازامت کا اثر شکل ۳.۱۰۹ میں 88.76Ω 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 β کے ٹرانزسٹر استعمال کرنے سے دوسری کڑی کی افسزاں نہیں بڑھتی بلکہ ایک مرتبہ دوسری کڑی کا داخلی مسازامت ضرور بڑھتا ہے جس سے پہلی کڑی کی افسزاں بڑھتی ہے۔

مثال ۳.۵۰: شکل ۳.۱۱۳ میں $A_v = \frac{v_L}{v_i}$ حاصل کریں۔

حل: شکل ۳.۱۱۵ میں اس کام ساوی 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۔

$$A_{v0} = \frac{v_{b1}}{v_i} = \frac{4560}{4560 + 1000} = 0.82 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

$$A_{v1} = \frac{v_{o1}}{v_{b1}} = -0.04 \times \frac{4000 \times 4560}{4000 + 4560} \times \frac{2500}{2500 + 50500} = -4 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

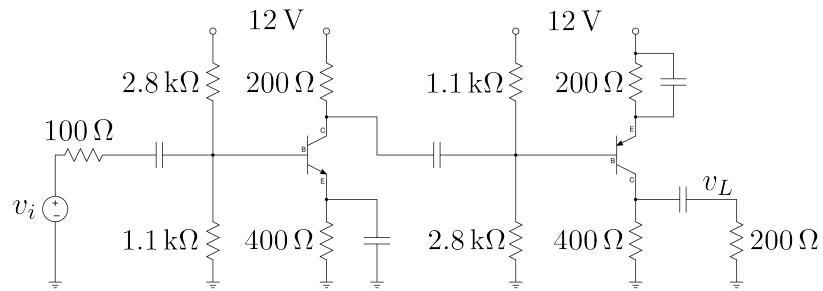
$$A_{v2} = \frac{v_L}{v_{b2}} = -0.04 \times \frac{4000 \times 8000}{4000 + 8000} \times \frac{2500}{2500 + 50500} = -5 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

لہذا

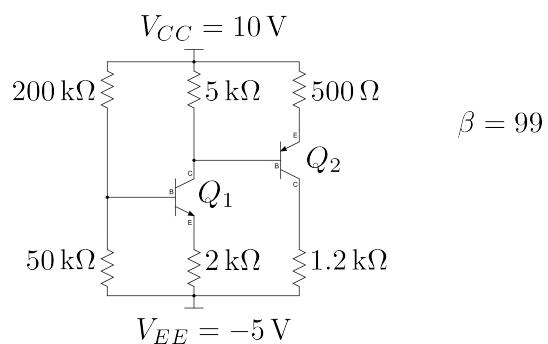
$$\begin{aligned} A_v &= \frac{v_L}{v_i} = \frac{v_L}{v_{b2}} \frac{v_{o1}}{v_{b1}} \frac{v_{b1}}{v_i} \\ &= (-5) (-4) (0.82) = 16.4 \frac{\text{V}}{\text{V}} \end{aligned}$$

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 بجٹ کی گئی اور اس کے تمام مساوات موجودہ دور پر لاگو ہوتے ہیں۔

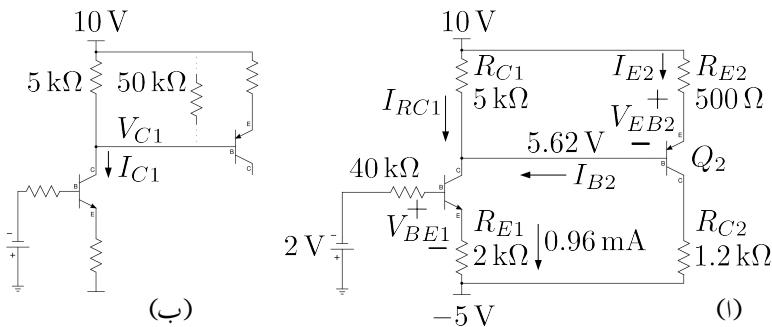
مثال ۳.۵۲: شکل ۷ میں دو کڑی زنجیری یکے سمت رو ایمپلیفایزر کھایا گیا ہے۔ اس کے تمام یکے سمت متغیرات ٹھیک ٹھیک حاصل کریں۔ دونوں ٹرانزسٹر کا $\beta = 99$ ہے۔



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

$$V_{E2} = V_{B2} + V_{EB2} = 5.644 + 0.7 = 6.344 \text{ V}$$

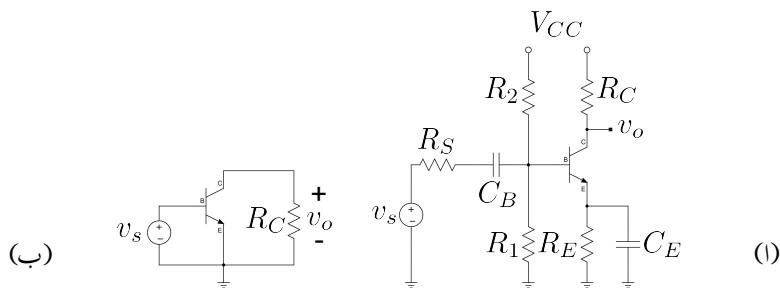
$$I_{E2} = \frac{V_{CC} - V_{E2}}{R_{E2}} = \frac{10 - 6.344}{500} = 7.312 \text{ mA}$$

$$V_{C2} = -5 + I_{E2} R_{C2} = -5 + 7.312 \times 10^{-3} \times 1200 = 3.774 \text{ V}$$

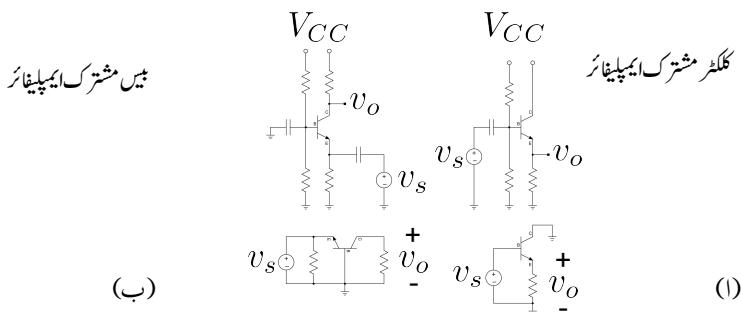
$$V_{EC2} = V_{E2} - V_{C2} = 6.344 - 3.774 = 2.57 \text{ V}$$

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 مشرک 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 مین 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



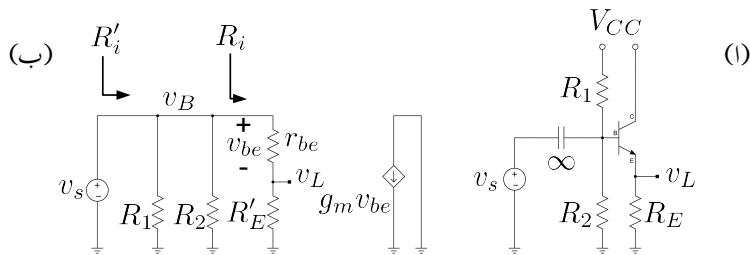
شکل ۲۰. ۳: نیس مشترک اور گلشن مشترک ایپلیفائر

شکل ۲۰. ۳. الف میں گلشن مشترک^{۵۵} اور اس کے نیچے اس کا مساوی باریک اشاراتی دور جبکہ شکل ب میں بیٹھ مشترک^{۵۶} ایپلیفائر اور اس کے نیچے اس کا باریک 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^{۵۵}
common base^{۵۶}



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

$$R_i = r_{be} + R'_E = 1000 + 100000 = 101 \text{ k}\Omega$$

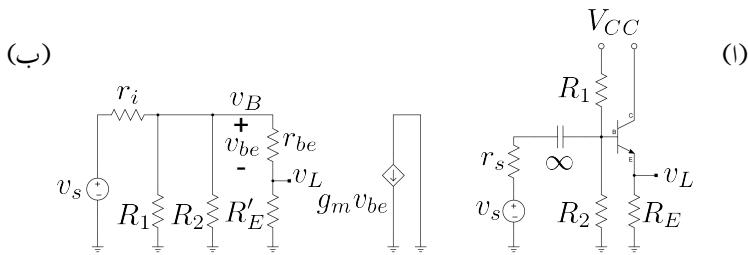
اور

$$\begin{aligned} R'_i &= R_1 \parallel R_2 \parallel R_i \\ &= R_1 \parallel R_2 \parallel (\beta + 1) R_E \end{aligned}$$

میں

$$\begin{aligned} \frac{1}{R'_i} &= \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_i} \\ &= \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{r_{be} + (\beta + 1) R_E} \end{aligned}$$

$$R'_i = 8.34 \text{ k}\Omega$$



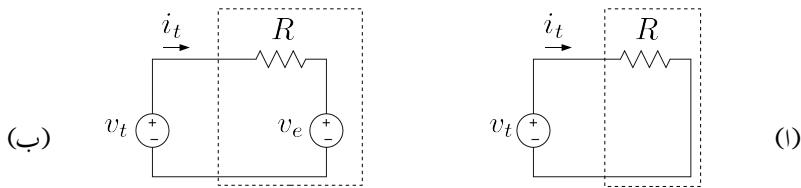
شکل ۳.۱۲۲: مکٹر مشترک کی دوسری مثال

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 ۴۷ پہنچ پکارا جاتا ہے۔ ہم نے یہ بھی دیکھا کہ R_1 اور R_2 کی وجہ سے داخلی مزاحمت ۱۰۱ $\text{k}\Omega$ سے کم ہو کر صرف ۸.۳۴ $\text{k}\Omega$ 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

$$i_t = \frac{v_t - 0.9v_t}{R} = \frac{0.1v_t}{R}$$

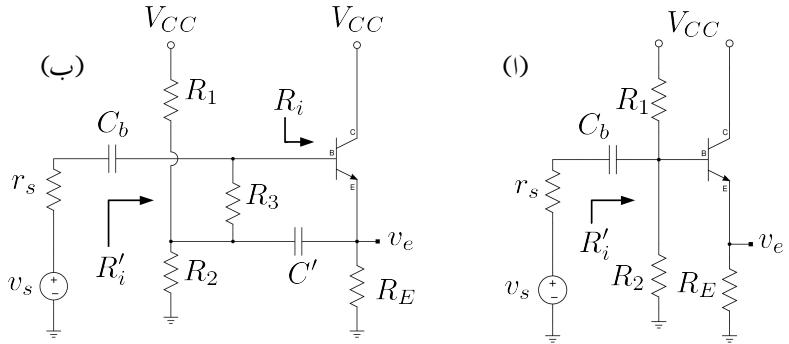
ناپی جائے گی جس سے دادا خلی مزاحمت

$$\frac{v_t}{i_t} = \frac{R}{0.1} = 10R$$

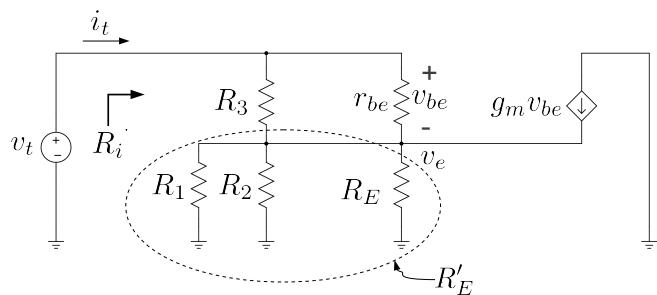
حاصل ہوتا ہے۔ آپ نے دیکھ کر نقطہ دار لکسیر میں پائے جانے والے بر قی دباؤ v_e کی وجہ سے دادا خلی مزاحمت دس آگنیا بڑھ گئی ہے۔ اگر $v_t = 0.99v_e$ ہوتا ہے تو $\frac{v_t}{i_t} = 10R$ سو گت بڑھ جاتی۔ ہم جانتے ہیں کہ گلکشہ مشترک ایپلیفائر کی افسزا اُش تقدیریبا ایک کے برابر ہے یوں اس کے لئے پر v_e تقدیریبا اس 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 ' بڑھ 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: مکلٹر 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 900Ω 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۔

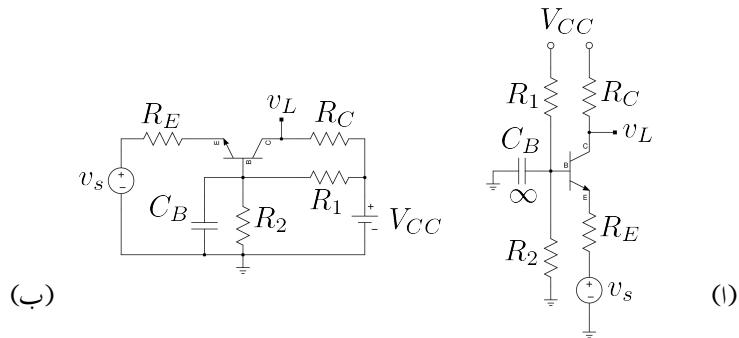
مثال ۳.۵۶: شکل ۳.۱۲۶ اف میں تیس مثتر کے ایپلیناٹر کھایا گیا ہے۔ اسے عموماً شکل ب کے طرز پر بنایا جاتا ہے جہاں داخلی جبانب کو باقی ہاتھ اور حنارتی جبانب کو دائیں ہاتھ پر رکھا گیا ہے۔ اس کا اشاراتی مساوی دور $A_i = \frac{i_L}{i_s}$ اور $A_v = \frac{v_L}{v_s}$ حاصل کریں۔

حل: شکل ۳.۱۲۷ میں ٹرانزسٹر کا لٹھ-ریاضٹ نمونہ استعمال کرتے ہوئے اس کا باریک اشاراتی مساوی دور دکھایا گیا ہے۔ صفحہ ۲۸۷ پر شکل ۲.۷ میں لٹھ-ریاضٹ نمونہ دکھایا گیا ہے۔ تیس مثتر کے ایپلیناٹر کو لٹھ-ریاضٹ نمونہ سے حل کرنا زیادہ آسان ثابت ہوتا ہے۔ اس شکل میں

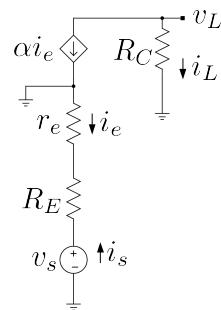
$$i_s = \frac{v_s}{R_E + r_e}$$

ہے۔ یوں

$$i_e = -i_s = -\frac{v_s}{R_E + r_e}$$



شکل ۱۲۶: ہیس مشترک ایپلیناٹر



شکل 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 افزاں کر پاتا ہے جبکہ اس کی برقی روکی افزاں 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

$$R_1 = 20 \text{ k}\Omega, \quad R_2 = 160 \text{ k}\Omega, \quad R_{E1} = 1 \text{ k}\Omega$$

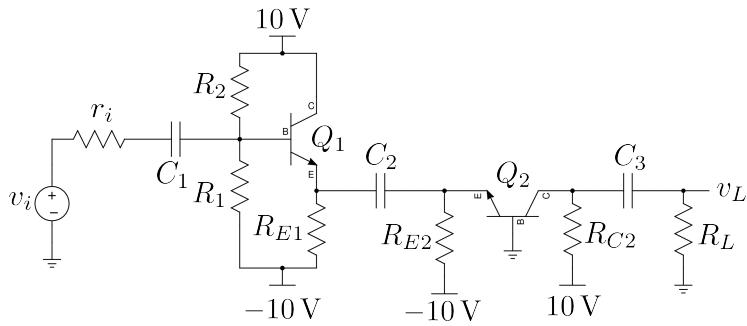
$$R_{E2} = 9.3 \text{ k}\Omega, \quad R_{C2} = 5 \text{ k}\Omega, \quad R_L = 5 \text{ k}\Omega$$

$$r_i = 1 \text{ k}\Omega$$

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 کیا 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۔

$$I_C \approx I_{E2} = \frac{V_B - V_{BE} - V_{EE}}{R_E} = \frac{0 - 0.7 + 10}{9300} = 1 \text{ mA}$$

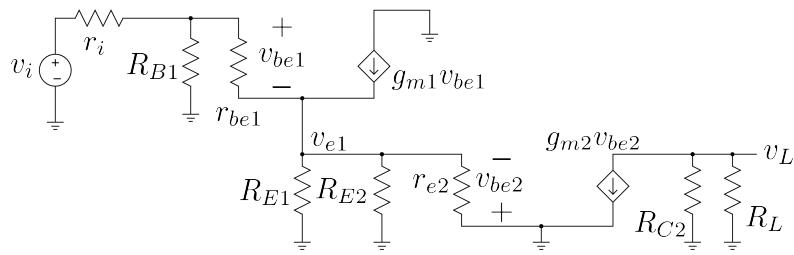
اور یوں

$$g_{m2} = \frac{1 \times 10^{-3}}{25 \times 10^{-3}} = 40 \text{ mS}$$

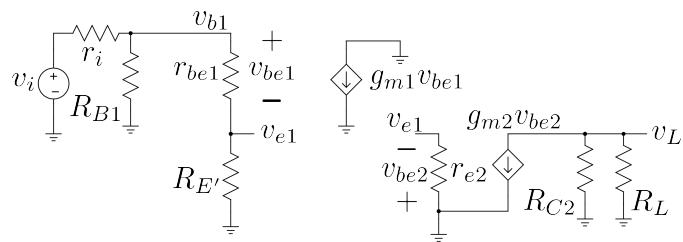
$$r_{e2} \approx \frac{1}{g_{m2}} = \frac{1}{0.04} = 25 \Omega$$

حاصل ہوتے ہیں۔

بھر مشترک کے لئے پائے ریاضی نوونے جبکہ بیس مشترک کے لئے لٹھ 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 کام خوبی ایجاد کرنے 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

$$A_v = (-100)(-1) \times 0.553 \times 0.777 = 43 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

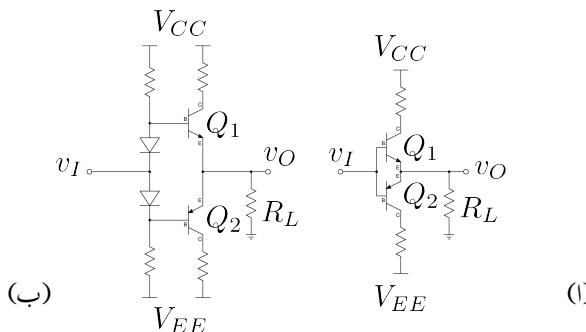
حاصل ہوتا ہے۔

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° زاویے کے اشارے کو بڑھانے کی صلاحیت رکھتا ہے درجہ الف^{۵۸} 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۔^{۵۹}

^{۵۸} آپ کبھی نہیں چاہیں گے کہ آپ کے موبائل کی بیئری بغیر استعمال کے ختم ہو جائے۔

class A^{۵۹}



شکل ۱۳۱.۳: درجہ بے ایکلینیٹر

ٹرانزسٹر کے نقطہ کار کردگی کو پہلو درجہ V_{CE} سے فتدر نیچے رکھنے سے $I_{CQ} \approx 0$ ٹرانزسٹر کی صورت میں، مشتبہ اشارے کی موجودگی میں ٹرانزسٹر چالا ہوتا ہے اور ایکلینیٹر کام کرننا شروع کر دیتا ہے جبکہ منقی اشارے کی صورت میں ٹرانزسٹر منقطع رہتا ہے اور یوں ایسا ایکلینیٹر منقی اشارہ بڑھانے کی صلاحیت نہیں رکھتا۔ pnp ٹرانزسٹر کی صورت میں ایسا ایکلینیٹر صرف منقی اشارے کو بڑھانے کی صلاحیت رکھتا ہے۔ ایسا ایکلینیٹر جو 180° زاویے پر اشارہ بڑھانے کے درجہ پر 180° ایکلینیٹر کہلاتا ہے۔

شکل ۱۳۱.۴ الف میں وعدہ درجہ بے ایکلینیٹر جوڑتے ہوئے ایک ایسا ایکلینیٹر تخلیق دیا گیا ہے جو 360° 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 چالا ہوتا ہے جبکہ منقی اشارے کی صورت میں Q_2 چالا ہوتا ہے۔ یوں $v_O \approx 0.7V$ حاصل ہوتا ہے۔ اگر داخنی اشارہ کم $0.7V$ کم ہوتے تو ٹرانزسٹر چالنے کا 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 چالا ہو جائے گا۔ اسی طرح معمولی منقی جیٹ پر Q_2 چالا ہو جائے گا۔

درجہ بے ایکلینیٹر کے حنارتی اشارے کی شکل بگری ہوتی ہے۔ اس کی شکل درست کرنے کی حناطر درجہ الف اور درجہ بے کی درمیانی صورت اختیار کی جاتی ہے جہاں ایکلینیٹر 180° سے فتدر زیادہ زاویے تک کام کرے۔ ایسے ایکلینیٹر کو درجہ الف-بے ایکلینیٹر کہا جاتا ہے۔

درجہ پر ایکلینیٹر سے مراد ایسا ایکلینیٹر ہے جو 180° سے کم زاویے پر کام کرتا ہو۔ ایسے ایکلینیٹر انتہائی بلند تعداد 3° پر استعمال کئے جاتے ہیں جہاں ٹرانزسٹر کے حنارتی جبانب LC کی مدد سے درکار حنارتی اشارہ پیدا کیا جاتا ہے۔ درجہ تھے ایکلینیٹر سے مراد ایسا ایکلینیٹر ہے جس میں ٹرانزسٹر بطور سوچ کام کرتا ہو۔ ٹرانزسٹر یا مکمل چالا اور یا

class B ^{۱۰}
class AB ^{۱۱}
class C ^{۱۲}
RF ^{۱۳}
class D ^{۱۴}

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

$$i_t = \frac{v_t}{r_{be}} + g_m v_t$$

$$= \left(\frac{1 + g_m r_{be}}{r_{be}} \right) v_t$$

$$= \left(\frac{1 + \beta}{r_{be}} \right) v_t$$

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 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 ۳.۱۳۲: 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۔

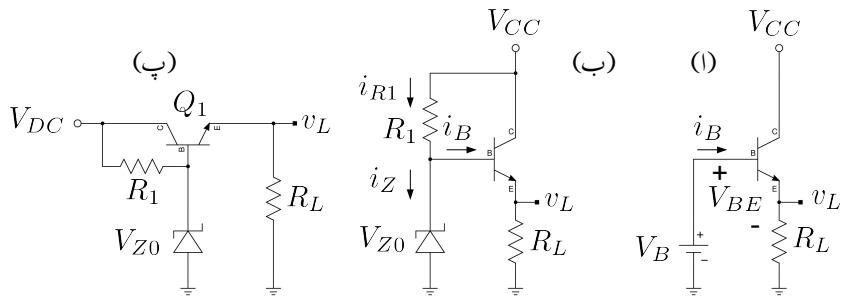
۳.۲۲ منبع برقی دباؤ

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 ۳.۱۳۳ افے مشترکہ بیسٹر ایپلیکیشن ہے جس کے داخلی جواب بیسٹری سے V_B برقی دباؤ ہمیا کی گئی ہے۔ یوں خارجی جواب $v_L = V_B - V_{BE}$ ہو گا۔ برقی بوجھ R_L میں برقی روکی قیمت $i_L = \frac{v_L}{R_L}$ ہو گی اور بیسٹری سے برقی روک صلکی جائے گی۔

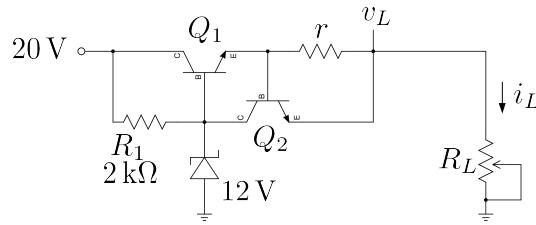
شکل ب میں بیسٹری کی جگہ مزاجمت R_1 اور زینتر ڈائوڈ استعمال کیا گیا ہے۔ زینتر ڈائوڈ کو غیر میں تصور کرتے ہوئے ٹرانزسٹر کے بیس پر V_{Z0} برقی دباؤ پایا جائے گا اور یوں $v_L = V_{Z0} - V_{BE}$ ہو گا۔ اسی طرح کی صورت میں $i_B = \frac{i_L}{\beta+1} = 0 A$ اور $i_L = 0 A$ ہو گا۔

$$(3.239) \quad i_{R1} = \frac{V_{CC} - V_{Z0}}{R_1}$$

ہو گا۔ $i_B = 0 A$ کی صورت میں کرخوف کے مت نون برائے برقی روکے میں $i_Z = i_{R1} < i_{R1} = i_B + i_Z$ ہے۔ اب حاصل $i_{R1} > R_L > 0 \Omega$ سے زیادہ نہیں ہے۔ اب یہی تصور کریں کہ R_L کی قیمت محدود اور 0Ω سے زیادہ نہیں ہے۔



شکل ۱۳۳. سه: مشترک که این پسر بطور منفع بر قی دباد



شکل ۱۳۲۔ سہ طرازیں سڑ سے حاصل منج برقی دباؤ

من درجہ بالا مساوات سے ہی حاصل ہو گی۔ البتہ $i_B = \frac{i_L}{\beta+1}$ اور $\frac{v_L}{R_L} = i_L$ ہوں گے۔ یوں

$$i_Z = i_{R1} - i_B$$

$$= \frac{V_{CC} - V_{Z0}}{R_1} - \frac{i_L}{\beta + 1}$$

ہو گا۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ L_7 کی قیمت کا دار و مدار صرف زینٹر ڈائیوڈ کے برقی دباؤ پر ہے۔ یوں اس دور کو بطور منبع برقی دباؤ^{۱۵} استعمال کیا جاتا ہے۔ اس دور کو بطور منبع برقی دباؤ استعمال کرتے ہوئے شکل پ کے طرز پر بنایا جاتا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ L_n میں Δi_L تبدیلی سے B_n میں صرف $\frac{\Delta i_L}{\beta+1}$ تبدیلی رونما ہو گی۔ $\beta = 99$ کی صورت میں i_n کے تبدیلی کو سوگن کم کر دیا گیا ہے۔ یوں زینٹر ڈائیوڈ کے برقی رو میں بھی سوگن کم تبدیلی پیدا ہو گی جبکہ سوچنے والے اس نے اس کا تبدیلی میں تباہی پیدا کر دیا ہے۔

شکل ۳.۱۳۳ پ میں اگر R کی مزاجمت نہیں کم کردی جائے یا منع کے حصارجی جواب کو برقرار رکھیں کے ساتھ قصر دور کر دیا جائے تو ایسی صورت میں فراز نسٹر کے جلوے کامکان، ہو گا۔ ایسی صورت سے بچنے کی حاضر

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 0.5V 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 $= 200\text{mA}$ $\frac{0.5}{2.5} = 0.2\text{mA}$ ہو گی۔ اتنی برقی روپر بھی Q_1 کا i_B صرف 2mA ہے۔ چاہو Q_2 جیسے ہی 4mA سے زیاد برقی روگزارے گا اسی وقت زینترڈیپلیٹر یا حالت سے نکل آئے گا اور اس پر برقی دباؤ 12V سے گھٹ جائیں گے۔ بری 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 200mA 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 200mA 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 ختم کیا جاسکتا ہے۔

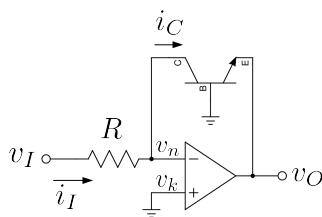
۳.۲۳ ٹرانزسٹر لوگاریتمی ایمپلیفیائر

شکل۔ ۳.۱۳۵ میں ٹرانزسٹر لوگاریتمی ایمپلیفیائر 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 ایپلیفائر

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

$$(3.250) \quad v_O = -V_T \ln \frac{v_I}{I_S R}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اس مساوات کے تحت حناری برقی دباؤ v_O داخلی برقی دباؤ کے وتدرتی لوگاریتمی^{۲۷} 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^{۲۸} کپیسٹر کافی زیادہ ہوتا ہے۔ یوں اگر ٹرانزسٹر کو امنزائندہ خطے میں لانا ہو تو پہلے ان کپیسٹروں میں خیرہ برقی^{۲۹} بارے کہاں 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^{۳۰} وجود میں آتا ہے جس کی علامت شکل ب میں دکھائی گئی ہے۔ شاکلی ٹرانزسٹر کی کارکردگی شکل ۳.۱۳۷ میں دے ایپلیفائر کی مدد سے دیکھتے ہیں۔ چپ لوگاریتمی^{۲۷} کا $V_{BE} = 0.7\text{V}$ ہوتا ہے۔ اگر ٹرانزسٹر امنزائندہ حال

^{۲۷} $\ln \frac{v_{BE}}{\text{charge}}$
^{۲۸} Schottky transistor^{۲۹}

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

$$I_C = I_{RB} - I_B + I_{RC}$$

$$= I_{RB} - \frac{I_C}{\beta} + I_{RC}$$

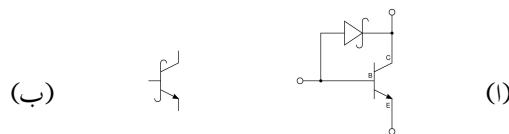
یعنی

$$I_C = 8.316 \text{ mA}$$

حاصل ہوتا ہے۔ یوں

$$I_D = I_C - I_{RC} = 0.816 \text{ mA}$$

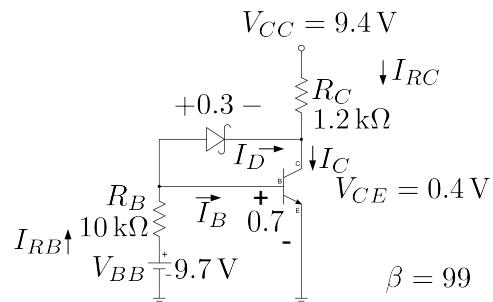
ہوں گے۔



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 ایپلیفائر

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۔

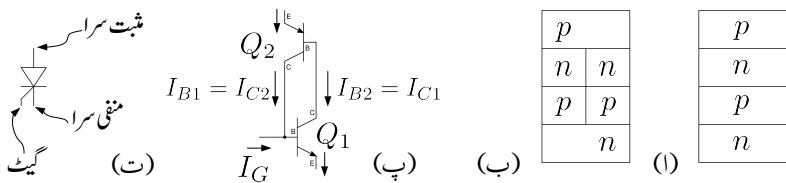
برقی طاقت کا ضمیع قوی ٹرانزسٹر کو گرم کرتے ہوئے اس کا درجہ حرارت بڑھاتا ہے۔ ٹرانزسٹر کا درجہ حرارت بڑھنے سے اس کا V_{BE} گھٹتا ہے۔ یوں متوازنی حبڑے ٹرانزسٹر میں اگر کسی وجب سے ایک ٹرانزسٹر زیادہ گرم ہو تو اس کا V_{BE} گھٹ جائے گا۔ متوازنی حبڑے ٹرانزسٹر میں جس ٹرانزسٹر کا V_{BE} کم سے کم ہو، اس کا i_B 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^{۲۴} 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^{۲۵} 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^{۲۶}، منفی سرا^{۲۷} اور گیٹ^{۲۸} 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 گزرہ ہی ہو۔ اس برقی رو کو ہم برقی رو چالو

power transistor ^{۲۹}
inverter ^{۳۰}
heat sink ^{۳۱}
scr, thyristor ^{۳۲}
anode ^{۳۳}
cathode ^{۳۴}
gate ^{۳۵}



شکل ۳.۳۸. ڈاٹ ایوریکٹنیفار

رکھنے کے حد^{۴۷} کہیں گے۔

پا لو یا تو 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 روکوایک 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 روکوچہ کرنے کے حد^{۴۸} کہیں گے۔

چاہو ہونے کے بعد قابو ریکٹنیفار بالکل ایک سادہ ڈائیڈ کی طرح کام کرتے ہوئے گزرتی برقی روکو کرنے کی صلاحیت کھو دیتا ہے۔

وت ایوریکٹنیفار بغیر I_G کے بھی کئی طریقوں سے چاہو کیا جاسکتا ہے۔ اگر اس پر لالگ برقی دباؤ قابل برداشتہ حدے تجاوز کر جبے تو یہ چاہو ہو جاتا ہے۔ اسی طرح درجہ حرارت بڑھانے سے ٹرانزسٹر کی الٹی جانب رستابر قی روکوچہ ہے جس سے یہ چاہو ہو سکتا ہے۔

جہاں تو 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^{۴۹} 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^{۴۷}
holding current^{۴۸}
inverter^{۴۹}

امتحانات

$$i_C = I_S \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right) \approx I_S e^{\frac{v_{BE}}{V_T}}$$

$$V_T = \frac{kT}{q} \approx 25 \text{ mV}$$

$$I_C = \alpha I_E$$

$$I_E = I_B + I_C$$

$$i_c = \beta i_b$$

$$i_e = (\beta + 1) i_b$$

$$\beta = \frac{\alpha}{1 - \alpha}$$

$$\alpha = \frac{\beta}{\beta + 1}$$

$$V_{BE} = 0.7 \text{ V}$$

$$V_{CE,\text{ذئب}} = 0.2 \text{ V}$$

$$\frac{\Delta v_{BE}}{\Delta T} = -2 \text{ mV/}^\circ\text{C}$$

$$g_m = \left. \frac{\partial i_C}{\partial v_{BE}} \right|_Q = \frac{I_C}{V_T}$$

$$r_{be} = \left. \frac{\partial v_{BE}}{\partial i_B} \right|_Q = \frac{\beta}{g_m}$$

$$r_e = \left. \frac{\partial v_{BE}}{\partial i_E} \right|_Q = \frac{r_{be}}{\beta + 1} = \frac{\alpha}{g_m} \approx \frac{1}{g_m}$$

$$r_o = \left. \frac{\partial v_{CE}}{\partial i_C} \right|_Q = \frac{V_A + V_{CE}}{I_C} \approx \frac{V_A}{I_C}$$

$$R_E = \frac{10R_B}{\beta + 1}$$

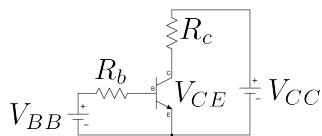
$$r_{be} = \frac{\beta V_T}{I_{CQ}} \ll R_B \ll (\beta + 1) R_E$$

$$S_{V_{BE}} \approx -\frac{1}{R_E}$$

$$S_\beta = \frac{I_{C1}}{\beta_1} \left[\frac{R_B + R_E}{R_B + (\beta_2 + 1) R_E} \right]$$

$$I_{CQ} = \frac{V_{CC}}{R_{کمتر} + R_{بیشتر}}$$

$$A_v = -\alpha \frac{\sum R_C}{\sum R_E} = -\alpha \left(\frac{\frac{\text{مجموع کل مزایت}}{\text{مجموع کل مزایت}}}{\frac{\text{مجموع کل نقص}}{\text{مجموع کل نقص}}} \right)$$



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۔

جوابات: $V_{CE} = 5.1\text{ V}$ اور $I_B = 12.245\text{ }\mu\text{A}$ ، $I_C = 1.2245\text{ mA}$ ۔

سوال ۱.۳: سوال ۱.۳ میں $R_C = 8\text{ k}\Omega$ کرتے ہوئے اسے دوبارہ حل کریں۔

جوابات: $V_{CE} = 0.2\text{ V}$ اور $I_B = 12.245\text{ }\mu\text{A}$ ، $I_C = 1.2245\text{ mA}$ ۔

سوال ۱.۳: سوال ۱.۳ میں $R_C = 12\text{ k}\Omega$ کرتے ہوئے اسے دوبارہ حل کریں۔

جوابات: $V_{CE} = 0.2\text{ V}$ اور $I_B = 12.245\text{ }\mu\text{A}$ ، $I_C = 0.8166\text{ mA}$ ۔

سوال ۱.۳: شکل ۳.۱۳۹ میں

$$V_{CC} = 20\text{ V} \quad \beta = 99 \\ R_b = 100\text{ k}\Omega \quad R_c = 9\text{ k}\Omega$$

یہ۔ V_{BB} کی وہ قیمت حاصل کریں جس پر ٹرانزسٹر غیر امنز اندہ 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 ۱.۴: سوال ۱.۴ میں V_{BB} کی وہ قیمت حاصل کریں جس پر ۶ وگا۔

جواب: $V_{BB} = 1.811\text{ V}$ ، $I_B = 11.11\text{ }\mu\text{A}$ ، $I_C = 1.111\text{ mA}$ ۔

سوال ۱.۴: شکل ۳.۱۴۰ میں

$$V_{CC} = 15\text{ V} \quad V_{BB} = 3.5\text{ V} \quad \beta = 99 \\ R_b = 14.7\text{ k}\Omega \quad R_c = 4\text{ k}\Omega \quad R_e = 1.47\text{ k}\Omega$$

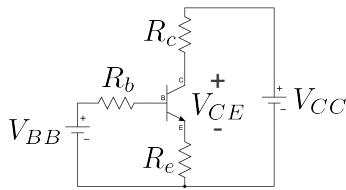
لیتے ہوئے V_{CE} ، I_C اور I_B حاصل کریں۔

جوابات: $V_{CE} = 5.528\text{ V}$ اور $I_B = 17.49\text{ }\mu\text{A}$ ، $I_C = 1.73\text{ mA}$ ۔

سوال ۱.۵: سوال ۱.۵ میں $V_{BB} = 6\text{ V}$ کرتے ہوئے اسے دوبارہ حل کریں۔

جوابات: ٹرانزسٹر غیر امنز اندہ ہے۔

سوال ۱.۵: سوال ۱.۵ میں ٹرانزسٹر غیر امنز اندہ ہے۔ اس صورت میں ٹرانزسٹر کا β کیا ہے۔



شکل ۳.۱۳۰

$$\text{جواب: } \beta = \frac{I_C}{I_B} = 31.9$$

سوال ۹۔ شکل ۳.۱۳۹ میں $V_{CE} = 6\text{V}$ ، $\beta = 37$ ، $V_{CC} = 12\text{V}$ اور $R_C = 3.3\text{k}\Omega$ رکھے کی حفاظت درکار R_B اور حاصل کریں۔

جوابات: شکل ۳.۱۳۹ میں $V_{BB} = V_{BE} + I_B R_B$ اور $I_B = 49.14\mu\text{A}$ ، $I_C = 1.8182\text{mA}$ ۔ R_B کو $R_B = V_{BB} - V_{BE} / I_B = 107.86\text{k}\Omega$ حاصل کیا جاتا ہے۔ البت اس مسافت میں دونا معلوم جزو میں۔ دونا معلوم اجزاء حاصل کرنے کی حفاظت دو مسافت میں۔ 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 مسافت 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 $V_{CE} = 6\text{V}$ ، $\beta = 37$ ، $V_{CC} = 12\text{V}$ اور $R_C = 3.3\text{k}\Omega$ اور $I_C = 1\text{mA}$ رکھنے کی حفاظت بقایاتم اجزاء حاصل کریں۔

$$\text{جوابات: } V_{BB} = 3.67\text{V}, R_E = 2.7\text{k}\Omega, R_B = 10.26\text{k}\Omega$$

سوال ۱۱۔ شکل ۳.۱۳۰ میں $\beta = 37$ اور $V_{CC} = 12\text{V}$ ۔ حفاری اشارے کا حیطہ زیادہ سے زیادہ رکھنے کی حفاظت خط بوجہ کھینچیں اور اس سے V_{CEQ} حاصل کریں۔ بقایاتم اجزاء بھی حاصل کریں۔ ایسا کرتے ہوئے $I_C = 1\text{mA}$ اور $R_C = 10R_E$ ۔

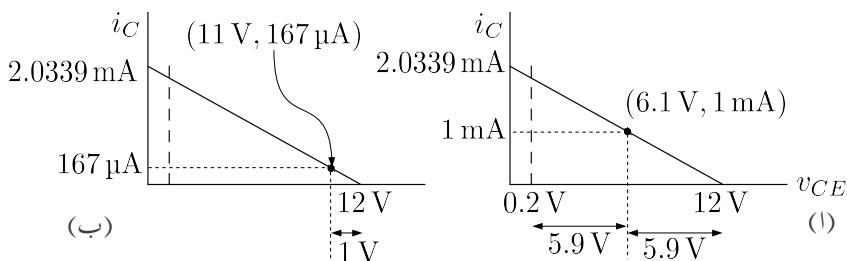
جوابات: خط بوجہ کو شکل ۳.۱۳۰ الف میں دکھایا گیا ہے جس سے $V_{CEQ} = 6.1\text{V}$ حاصل ہوتا ہے۔ $V_{BB} = 1.29\text{V}$ ، $R_B = 2.04\text{k}\Omega$ ، $R_C = 5.36\text{k}\Omega$ ، $R_E = 536\Omega$

سوال ۱۲۔ شکل ۳.۱۳۰ میں حفاری اشارے کا حیطہ $\pm 1\text{V}$ متوقع ہے۔ دو کونو ولٹ کے بیشتری سے V_{CC} ہیا کی جاتا ہے۔ بیشتری کو زیادہ دیر کار آمد رکھنے کی حفاظت اس سے حاصل یک سمت بر قی روکم سے کمر کھا جاتا ہے۔ سوال ۱۳. میں حاصل کئے گئے R_E اور R_C استعمال کرتے ہوئے خط بوجہ سے V_{CEQ} اور I_{CQ} کا تعین کر کے V_{BB} حاصل کریں۔

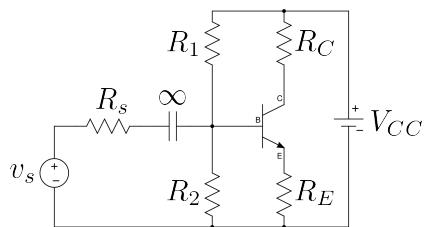
جوابات: خط بوجہ کو شکل ۳.۱۳۰ ب میں دکھایا گیا ہے جس سے $I_C = 167\mu\text{A}$ اور $V_{CEQ} = 11\text{V}$ حاصل ہوتے ہیں۔ یوں $V_{BB} = 0.798\text{V}$ حاصل ہوتا ہے۔

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۔ دیکھتے ہیں 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 0.65V ہوتے تو I_C کیا ہوگی۔

جواب: آپ دیکھ سکتے ہیں کہ V_{BE} میں ذہی تبدیلی سے بر قی روپ پاس نی 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۔

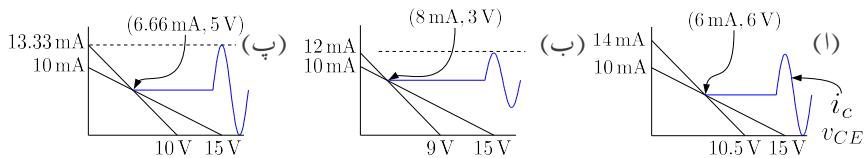
سوال ۳.۱۳۰: شکل ۳.۱۳۰ میں $V_{CE} = 5\text{ V}$ اور $I_C = 1\text{ mA}$ ، $V_{CC} = 21\text{ V}$ حاصل کرنی ہے۔ اور R_E کو برابر کرتے ہوئے R_B کی وہ قیمت حاصل کریں جس سے β کی قیمت 49 تا 149 تبدیل ہونے کے باوجود v_s میں کل دس فنی صد سے زیادہ تبدیلی رونما ہو۔ V_{BB} بھی حاصل کریں۔

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 mA حاصل ہوتے ہیں۔ $R_B = 66.66\text{ k}\Omega$ ، $R_B = 9.566\text{ k}\Omega$ ، $V_{BB} = 1.05\text{ mA}$ 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: $R_2 = 328\text{ k}\Omega$ ، $R_1 = 83\text{ k}\Omega$ ، $R_E = 100\text{ }\Omega$ ، $R_C = 500\text{ }\Omega$ ، $V_{CC} = 10\text{ V}$

جبکہ $\beta = 100$ ہیں۔ نقطہ کار کردگی حاصل کریں۔ اس دور میں کم β 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 میں β کی قیمت حاصل کریں۔



شکل ۳.۱۳۳

جوابات: $\beta = 68$, 3.57 V , 10.7 mA

سوال ۳.۱۶: سوال ۳.۱۶ کے تمام مزاحمت اور ثابت کیس۔ 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 پیسٹ 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} کی حفاظت R_1 اور R_2 حاصل کریں۔

• یک سمت اور بدلتارو خط یوچ کیجیئیں 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 یوچ دکھائے گئے ہیں۔ بدلتارو، خط یوچ کی ڈھانوان $\frac{1}{750}$ ہے اور یہ یک سمتارو، خط یوچ کو نقطہ کار کر دیگی پر لکراتا ہے۔

• شکل سے i_c کا حیطہ 6 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 یوچ دکھائے گئے ہیں جہاں سے i_c کا زیادہ سے زیادہ حیطہ 4 mA تک ممکن ہے۔ i_c کی مشتمل چوٹی پہلے تراشی جائے گی۔

سوال ۳.۲۱: سوال ۳.۱۸ میں نقطہ کار کر دیگی کس معتمام 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 دیگی ہے۔ جیسے شکل ۳.۱۳۳ پ میں دکھایا گیا ہے i_c کا زیادہ سے زیادہ حیطہ 6.66 mA ہوگا۔ i_c کا حیطہ مزید بڑھانے سے دونوں جناب تراش جائے گا۔

باب ۳

میدانی ٹرانزسٹر

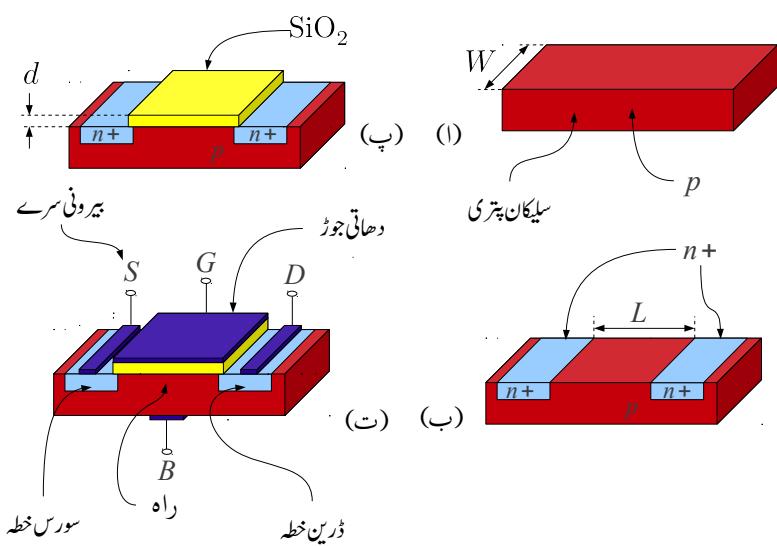
دوجو ٹرانزسٹر کی طرح میدانی ٹرانزسٹر فائیٹ FET بھی اپنے دو سروں کے مابین برقی روکا گزروت اپ کرنے کی صلاحیت رکھتا ہے۔ یوں انہیں بطور ایک پیٹنائزیری برقی سوچ کی استعمال کیا جاسکتا ہے۔ میدانی ٹرانزسٹر کے دو سروں کے مابین برقہ میدانی کو شدختا اس سیں برقی روکے گزر کوت بود کرتا ہے۔ اسی سے اس کا نام میدانی 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 بنانا 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^۱ اور عاقدہ^۲ 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۔

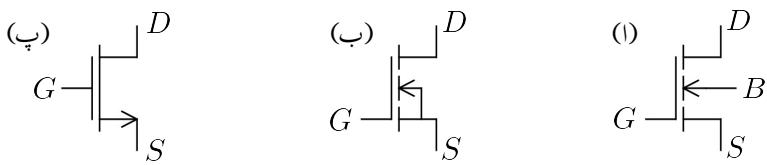
۳.۱ n ماسفیٹ کی ساخت (بڑھاتا n ماسفیٹ)

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

^۱ electric field intensity
^۲ charge
^۳ digital integrated circuits
^۴ microprocessor
^۵ 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 SiO_2 اگایا جاتا ہے۔ SiO_2 انتہائی بہتر غیر موصل ہے۔ اگائے گئے SiO_2 کی موٹائی d ہے۔ شکل ت میں n+ خطوں کے علاوہ 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^۱
periodic table^۲
gate^۳
body^۴ ہے۔ وجود کا پستری کی سیکان سردار سے بدن
MOSFET^۵ کے نام کے پہلے تین مختلف یعنی MOS اس کی ساخت یعنی Metal Oxide Semiconductor میں شامل کئے گئے ہیں جبکہ بقیا مختلف یعنی FET بر قی دباؤ کی شدت سے پہلے کے عمل یعنی Field Effect Transistor سے لئے گئے ہیں۔

channel^۶

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 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 جاسکتا 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 ڈائیڈو تصور کیا جاسکتا 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 جہا جاتا 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 بڑھا 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^۳
inversion layer^۴

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^{۱۵} 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

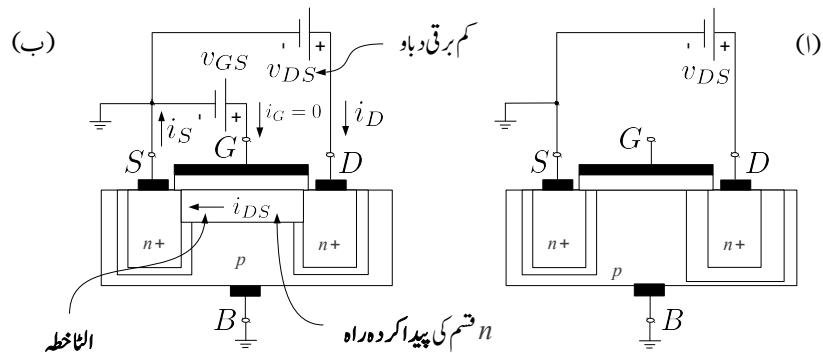
$$(2.1) \quad \begin{array}{ll} v_{GS} \leq V_t & \text{مفتیع} \\ v_{GS} > V_t & \text{پالیا غیر مفتیع} \end{array}$$

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^{۱۶} 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

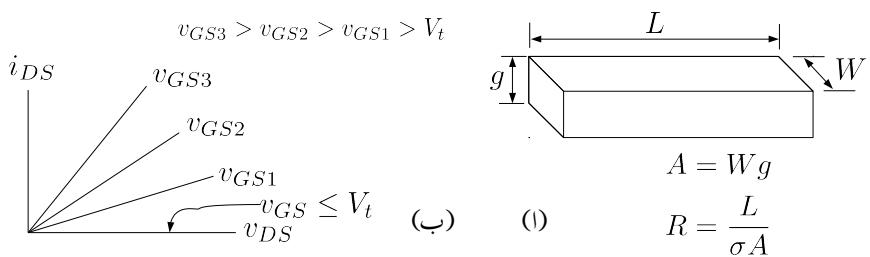
$$(2.2) \quad \begin{array}{l} i_G = 0 \\ i_D = i_S = i_{DS} \end{array}$$

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^{۱۷} اور ڈرین^{۱۸} 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^{۱۹} 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^{۲۰} کہتے ہیں۔ شکل الف میکرون کو دکھائی دیتے ہیں R دکھائی R گئی ہے جہاں n قدم کے راہ کے موصیت کا مفتیع^{۲۱} 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

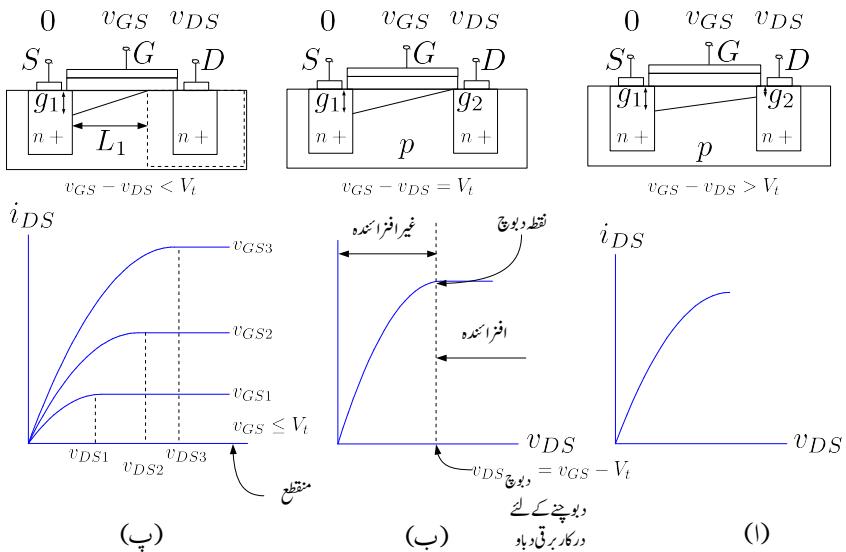
^{۱۵} threshold voltage^{۱۶} source^{۱۷} drain^{۱۸} جس مختام سے کوئی چیز حفارج ہو، اس کو انگریزی میں سورس کہتے ہیں اور جہاں سے نکالی ہو اس کو ذرین کہتے ہیں۔^{۱۹} enhancement nMOSFET^{۲۰} conductivity



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

دباؤ v_{DS} لاگو کرنے سے اس میں بر قی رو i_{DS} گزرتے گی۔ شکل ۳.۳ ب میں انہیں گراف کیا گیا ہے جہاں خط کے فتحیب لکھ کر اس بات کی وہانی کرانی گئی ہے کہ راہ کو V_{GS1} بر قی دباو سے حاصل کیا گیا ہے۔ گیٹ پر بر قی دباو V_{GS} بڑھانے سے پیدا کردہ راہ کی گہرائی g بڑھتی ہے جس سے اس کی مزاجمت 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 بر قی دباو یعنی v_{GS2} لاگو کرتے ہوئے $v_{DS} - i_{DS}$ کا خط گراف کیا گیا ہے۔ اسی طرح گیٹ پر بر قی دباو کو مزید بڑھا کر کرتے ہوئے بھی $v_{DS} - i_{DS}$ کا خط گراف کیا گیا ہے۔ سورس خط کو بر قی زمین پر رکھتے ہوئے گیٹ پر لاگو کر قی دباو 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 بر قی 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 حفاظت یہ ضروری ہے کہ اس نقطے پر گیٹ اور سیلیکان کی پتسری کے مابین کم از کم V_t بر قی دباو پایا جائے۔ اگر گیٹ اور سیلیکان پتسری کے مابین V_t بر قی 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 بر قی دباو پر مختصر ہے۔

شکل ۳.۵ الف میں سورس خط بر قی زمین یعنی صفر ولٹ پر ہے جبکہ گیٹ پر v_{GS} بر قی دباو ہے۔ یوں بیساں گیٹ اور سیلیکان پتسری کے مابین ($v_{GS} - 0 = v_{GS}$) بر قی دباو پایا جاتا ہے اور پیدا کردہ راہ کی گہرائی v_{DS} اضافی بر قی 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 بر فترار ہے۔ اگر $v_{DS} - v_{GS}$ کی قیمت V_t سے کم ہو تب ڈرین کے فتریب را کا بننا 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 لا محدود 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 ب راہ وجود 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

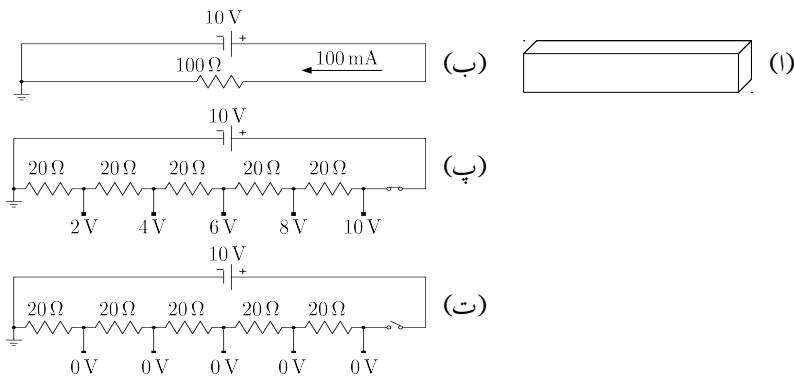
(۳.۹)

$v_{GS} \leq V_t$	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 (100Ω) 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

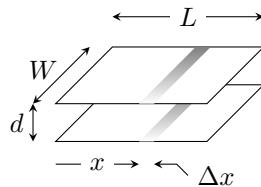
$$v_{DS} = v_{GS} - V_t$$

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 چپار کی پیٹر کردار ادا کرتے ہیں۔

دباو کوہم (x) v لکھتے ہیں۔ گیٹ اور پیڈ اکردارہ (یعنی n قلم کاموصل) بطور دو چپار کے کیپیٹر کا کردار ادا کریں گے۔ پیڈ اکردارہ میں لمبائی کے زخ نقل x پر ذرہ سی لمبائی Δx پر غور کرتے ہیں۔ یہ لمبائی بطور کیپیٹنس ΔC کردار ادا کرے گا جس کا

$$(3.11) \quad \Delta C = \frac{\epsilon \times \text{رقبہ}}{d} = \frac{\epsilon W \Delta x}{d}$$

ہوگا۔ اس کیپیٹر کو شکل ۷. ۲ میں دکھایا گیا ہے۔ آپ کیپیٹر کی مساوات $C = C \times V$ سے بخوبی آگاہ ہوں گے۔ اس مساوات کے مطابق کیپیٹر کے ثابت چپار پر بار Q کی مقدار کیپیٹر کے دو چپاروں کے مابین برقی دباو V پر مختص ہوتا ہے۔ کیپیٹر کے منقی چپار پر ($-Q$) بار پایا جاتا ہے۔ ماسفیٹ کے کیپیٹر ΔC پر بھی اسی طرح بار پایا جائے گا مگر اس کا تخمینہ لگانے کی حنا طراس 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 پیڈ اہوتا 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 ایسی صورت میں پیدا کردارہ میں وسائل نظر انداز (اقریباً صفر) مقدار میں n قلم کا بار یعنی آزاد الیکٹران جمع ہوتے ہیں۔ یوں $(v_t - v(x) = 0)$ ہونے کی صورت میں آزاد الیکٹرانوں کی تعداد بھی (اقریباً) صفر ہوتی ہے۔ جیسے گیٹ اور سلیکان پستری کے مابین برقی دباو مزید بڑھا جائے یہاں آزاد الیکٹرانوں کی تعداد بڑھتی ہے۔ یوں آزاد الیکٹرانوں کی تعداد کا دارو مدار برقی دباو ($v_{GS} - V_t - v(x)$) پر ہوتا ہے اور ہم ماسفیٹ کے گیٹ کے لئے کیپیٹر 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 کردارہ میں اس نقطے پر بار کی مقدار اتنی ہی مسکنی قلم کی ہوگی۔ اس مساوات کو پیدا کردارہ 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 دھکیے 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 μ_n سیلان پتسری میں الکٹرون کی حرکت پذیری^{۲۳} کے لالاتا ہے جبکہ μ_p سیلان پتسری میں غلوکر حرکت پذیری^{۲۴} کے لالاتا ہے۔ یہاں حرکت پذیری^{۲۴} سے مراد اٹا نظر میں حرکت پذیری^{۲۳} 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 Δ 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 لئے حساب رواں ہے یعنی درین 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 تیں۔
 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 رہا دباؤ بر قی 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 رہا دباؤ بر قی 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۔

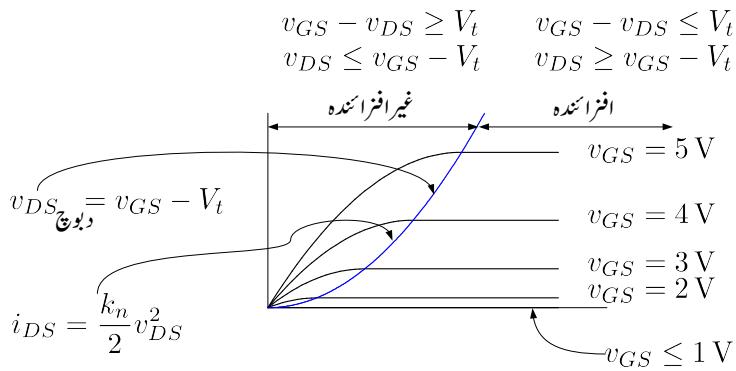
$$i_{DS} = k'_n \left[\frac{W}{L} \right] \left[(v_{GS} - V_t) v_{DS} - \frac{v_{DS}^2}{2} \right] \approx k'_n \left[\frac{W}{L} \right] [(v_{GS} - V_t) v_{DS}]$$

اس مساوات سے باریکے v_{DS} کی صورت میں ماسفیٹ کی مزاجمت حاصل کی جا سکتی ہے لیکن

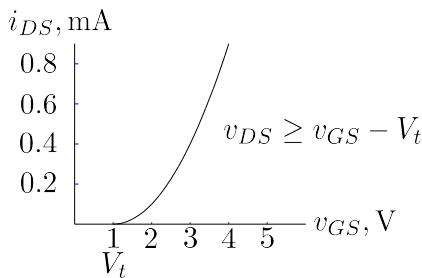
$$(2.33) \quad R = \frac{v_{DS}}{i_{DS}} = \frac{1}{k'_n \left[\frac{W}{L} \right] [v_{GS} - V_t]}$$

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 ٹرانزسٹر کے غیر افراستہ اور افراستہ خطے دکھائے گئے ہیں۔ ان کا ماسفیٹ کے خطوں کے ساتھ موازنے کریں۔ ٹرانزسٹر تقریباً 0.2 V سے کم v_{CE} پر غیر افراستہ جبکہ اس سے زیادہ برقی دباؤ پر افراستہ ہوتا ہے۔ ماسفیٹ دبوچ v_{DS} کے کم برقی دباؤ پر غیر افراستہ جبکہ اس سے زیادہ برقی دباؤ پر افراستہ ہوتا ہے جسas دبوچ 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۔

ٹرانزسٹر کے β 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 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 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 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 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

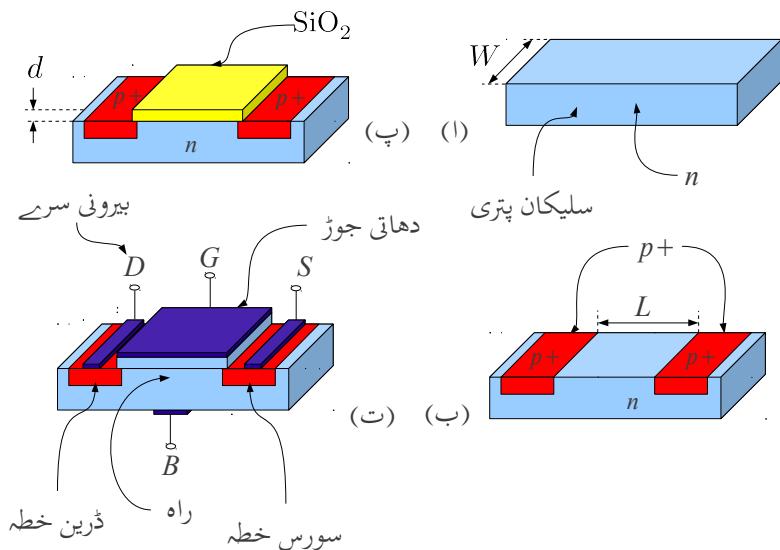
V_t اور k'_n دونوں پر درجہ حرارت کا اثر پایا جاتا ہے۔ دجوز ٹرانزسٹر کے V_{BE} کی طرح V_t بھی حرارت بڑھنے سے کم ہوتا ہے لیکن

$$(4.35) \quad \frac{dV_t}{dT} = -2 \frac{mV}{^{\circ}\text{C}}$$

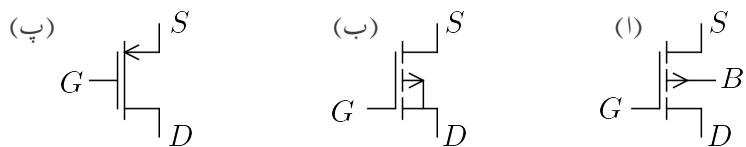
البتہ k'_n کی قیمت درجہ حرارت بڑھنے سے بڑھتی ہے اور k'_n بڑھنے کا اثر V_t گھٹنے کے اثر سے زیادہ ہوتا ہے لہذا ماسفیٹ کی مسماحت درجہ حرارت بڑھنے سے بڑھتی ہے۔ قوی ماسفیٹ کو آپس میں متوازی جوڑتے وقت اس حقیقت کو زیر استعمال لایا جاتا ہے۔

۴.۳.۳ بڑھاتا pMOSFET ماسفیٹ

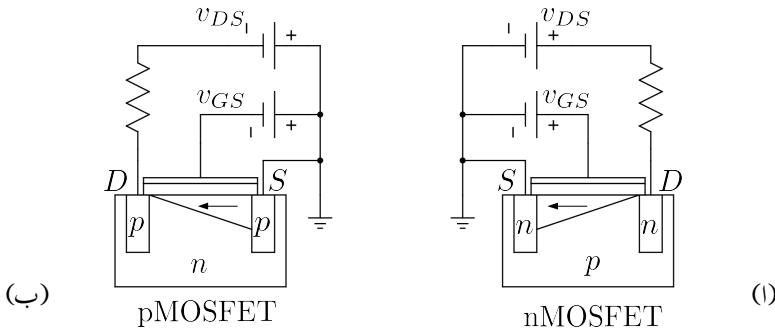
p ماسفیٹ، جسے ہم اس کتاب میں بیٹ ماسفیٹ بھی کہیں گے، کو n قم کی سیلیکان پستری پر بنایا جاتا ہے جس میں دو عدد p+ قم کے خطے بنائے جاتے ہیں۔ pMOSFET کی کارکردگی بالکل nMOSFET کی طرح ہے البتہ اس میں V_{DS} ، V_{GS} اور V_t کی قیمتیں منفی ہوتی ہیں۔ اسی طرح برقی دباؤ i_{DS} کی سمت بھی الٹی ہوتی ہے لیکن برقی 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 حصار کت کی بدولت ہے۔ سورس سے غلوہ میں حصار ہو کر ڈریز نہ تک سفر کرنے میں 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 بھاتما ماسفیٹ کی علامتیں



شکل ۲.۱۲: بڑھاتے nMOSFET اور pMOSFET نقطہ دبوچ پر

nMOSFET کی جامست کم ہونے کی بدولت سلیکان پستری پر انہیں زیادہ تعداد میں بنایا جاسکتا ہے۔ یوں اگرچہ مختلط ادوار میں nMOSFET کو pMOSFET پر ترجیح دی جاتی ہے مگر پھر بھی ان کی اپنی اہمیت ہے جس کی بناء پر انہیں بھی مختلط ادوار میں استعمال کیا جاتا ہے۔ بالخصوص جبڑو ایمیسٹ (CMOS) ادوار جو کہ اہم ترین ادوار تصور کئے جاتے ہیں ان دونوں اقماں کو استعمال کرتے ہی بنائے جاتے ہیں۔

شکل ۴.۱۲ میں موائزے کے لئے بڑھاتے nMOSFET اور pMOSFET کو نقطے دبوچ پر مائل کرتے دکھائے گئے ہیں۔ nMOSFET میں سورس S کو برقی رزمین پر رکھا گیا ہے۔ پسیدا کردہ راه میں برقی روکو تیسرے کے نشانے دکھایا گیا ہے۔ یوں اگر راہ کا بیان سر اصفروولٹ پر ہو تو اس کا دایاں سراشبت برقی دباؤ پر ہو گا جیوں گیٹ اور بائیں سرے کے مابین بن رہے ہو گا جبکہ یہ اور دائیں سرے کے مابین برقی دباؤ نسبتاً کم ہو گا جس سے راہ ترقی شکل کا پسیدا ہو گا۔ جہاں کیتھی اور سلیکان کے مابین برقی دباؤ زیادہ ہو وہاں راہ کی گھبرائی زیادہ ہو گی۔ pMOSFET میں بھی سورس S کو برقی رزمین پر رکھا گیا ہے۔ پسیدا کردہ راه میں برقی روکو تیسرے کے نشانے دکھایا گیا ہے۔ یوں اگر راہ کا بیان سر اصفروولٹ پر ہو تو اس کا دایاں سر انتی برقی دباؤ پر ہو گا جیوں گیٹ اور دائیں سرے کے مابین برقی دباؤ زیادہ ہو گا جبکہ گیٹ اور بائیں سرے کے مابین برقی دباؤ نسبتاً کم ہو گا۔ جہاں گیٹ اور سلیکان کے مابین برقی دباؤ زیادہ ہو وہاں راہ کی گھبرائی زیادہ ہو گی۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ دونوں اقسام کے ماسفینیٹ میں پسیدا کردہ راہ ڈرین پر دبوچ پر صباتا 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

$$(3.38) \quad \begin{aligned} v_{SG} &> -V_t \\ v_{DG} &\leq -V_t \\ i_{SD} &= \frac{k'_p}{2} \left[\frac{W}{L} \right] [v_{SG} + V_t]^2 \end{aligned}$$

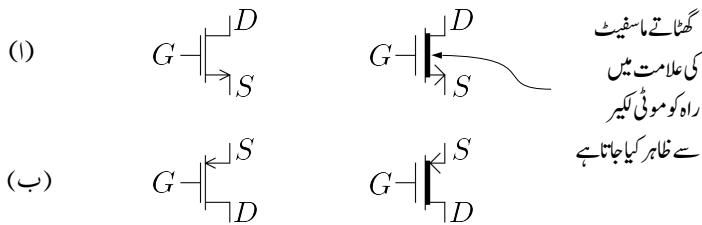
منقطع

$$(3.39) \quad \begin{aligned} v_{SG} &\leq -V_t \\ i_{SD} &= 0 \end{aligned}$$

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^{۲۵} 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^{۲۱} 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 کردہ راہ

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 $V_t = -3.5\text{V}$ اور $v_{GS} = 5.3\text{V}$ کی صورت میں جب $v_{DS} > 8.8\text{V}$ دیوچ ماسفیٹ انسانہ نظر میں ہو گا۔

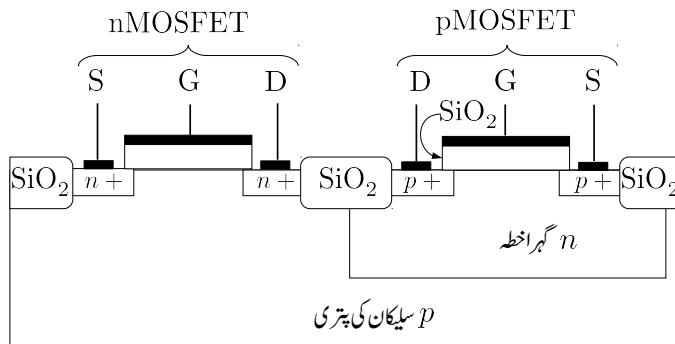
یہاں تسلی کر لیں کہ گھناتا ماسفیٹ کے مختلف خطوں کی مساواتیں بالکل وہی ہیں جو عام ماسفیٹ کی ہیں۔ فرق صرف اتنا ہے کہ گھناتا ماسفیٹ کے V_t کی قیمت منفی ہوتی ہے۔

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۔

۳. چڑوا ماسفیٹ CMOS

چڑوا 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 چڑوا ماسفیٹ کی ساخت دکھائی گئی ہے۔ چڑوا ماسفیٹ کو عام قم میں یا 2^{-2} کہتے ہیں۔ شکل میں ماسفیٹ کے دونوں جانب 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 اسٹرکچر کی ساخت

کہ SiO_2 نہایت عمدہ غیر موصل ہے۔ سیاسی کو p سیلکان پر بھی بنایا جاسکتا ہے۔ پس اس میں p MOSFET کو گہرے n خطے میں بنانا ہو گا جبکہ n توبتائی p سیلکان 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 ظاہر کئے 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 دیکھا 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 سفیٹ جس کا $k_n = 0.1 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2}$ اور $V_t = -3.2 \text{ V}$ ، $v_{DS} = 1 \text{ V}$ ہے میں کا برقی 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. کرہ راہ و جود میں آئے گا مگر اس کی گہرائی 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 انسان سندھ 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)

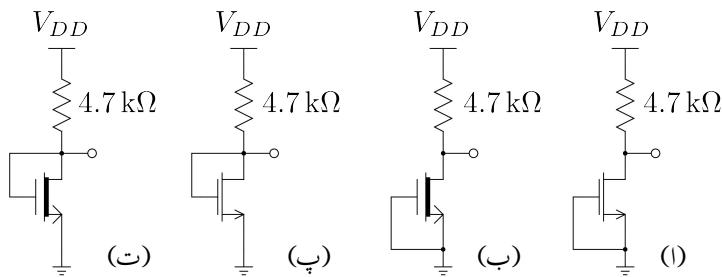
$$v_{GS} - v_{DS} = (-2.2) - (1) = -3.2 \text{ V}$$

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 پرچم کہ $V_t = -3.2 \text{ V}$ اور $v_{GS} = 1.5 \text{ V}$ ہے اور یوں گھٹاتا ہے اور ڈین کے مابین برقی دباؤ $V_{DS} = 1 \text{ V}$ پر گیٹ اور ڈین کے مابین برقی دباؤ $v_{GS} - v_{DS} = +1.5 - 1 = 0.5 \text{ V}$

$$v_{GS} - v_{DS} > V_t$$

ہے 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 قیمت $V_t = 3 \text{ V}$ 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 ہو گی۔

اس طرح کے سوالات حل کرتے وقت آپ تصور کریں گے کہ ماسفیٹ افسزائندہ (یا غیر افسزائندہ) خطے میں ہے^{۲۸} 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۔

^{۲۸} 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 ہوا 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 منقی بڑھاتا ماسفیٹ کے ڈرین اور گیٹ جوڑ کر یک سمت دور ہتا یا 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۔

$$I_{DS} = \frac{k_n}{2} (V_{GS} - V_t)^2$$

$$0.6 \times 10^{-3} = \frac{0.15 \times 10^{-3}}{2} (V_{GS} - 3)^2$$

$$\frac{2 \times 0.6 \times 10^{-3}}{0.15 \times 10^{-3}} = (V_{GS} - 3)^2$$

$$8 = (V_{GS} - 3)^2$$

$$V_{GS} = \pm\sqrt{8} + 3$$

$$V_{GS} = 0.172 \text{ V}, 5.828 \text{ V}$$

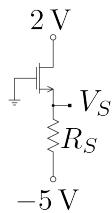
V_{GS} کے جواب کو درکرتبے میں پونکہ اس طرح $V_t < V_{GS}$ ہو گا اور ماسفینٹ مقتطع ہو
گا۔ $V_{GS} = 5.828 \text{ V}$ کو تسلیم کرتے ہوئے دور کے حناری جناب کرخونے کے فتوں برائے بر قی دباد میں V_{DS} کی
قیمت کو حاصل شدہ V_{GS} کی قیمت کے برابر ہے۔

$$V_{DD} = I_{DS} R_D + V_{DS}$$

$$10 = 0.6 \times 10^{-3} \times R_D + 5.828$$

$$R_D = 6.95 \text{ k}\Omega$$

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 چاہو 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۔

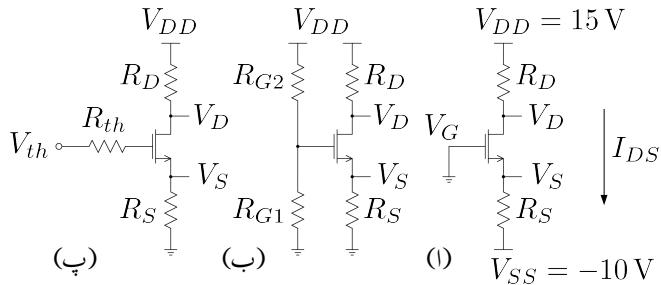
$$V_{GS} = 5 - I_{DS}R_S = 5 - 0.8 \times 10^{-3} \times 5.625 \times 10^3 = 0.5 \text{ V}$$

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 افزاںدہ 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 ب میں گیٹ کو کھلے سے تصور کرتے ہوئے R_1 اور R_2 کے جو زپری یعنی 6 V پائے جائیں گے۔ یوں ماسفینٹ کے ادوار حل کرتے ہوئے تھونن مساوی دور بنتا لازم نہیں اور شکل ب پر گیٹ پر 6 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 درکیا 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 برقرارے

$$V_{GD} = -6 + 0.237 \times 10^{-3} \times 6.8 \times 10^3 = -4.39 \text{ V}$$

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 ۱۱.۳ ب میں

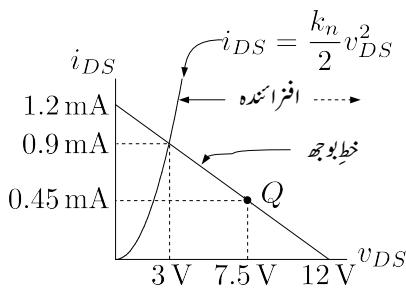
$$V_{DD} = 12 \text{ V}$$

$$R_D = 8 \text{ k}\Omega$$

$$R_S = 2 \text{ k}\Omega$$

$$V_t = 2.5 \text{ V}$$

$$k_n = 0.2 \text{ mA V}^2$$



شکل ۳.۱۸: خط بوجھ 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 بوجھ 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 بوجھ کے گراف کی مدد سے افزائندہ خط کی نشاندہی بھی کی گئی ہے۔ نقطہ بوجھ 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 $v_{DS} = 3\text{V}$ ، بوجھ 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 بوجھ میں ممکن نہیں۔ حاصل بوجھ، $v_{DS} = 0.9\text{mA}$ میں ہوتا ہے۔

ماسفینٹ ایکلپیٹائز خط بوجھ پر چھل وتدی کرتا ہے۔ جیسے شکل میں دکھایا گیا ہے، ماسفینٹ اس وقت تک افزائندہ رہتا ہے جب تک v_{DS} کی قیمت بوجھ 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 $I_{SD} = 0.2\text{ mA}$

$$V_D = I_{SD} R_D$$

$$4 = 0.2 \times 10^{-3} R_D$$

$$R_D = 20\text{ k}\Omega$$

حاصل ہوتا ہے۔
امنزاںدہ ماسفیٹ کی ساداتے سے

$$I_{SD} = \frac{k_p}{2} (V_{SG} + V_t)^2$$

$$0.2 \times 10^{-3} = \frac{0.1 \times 10^{-3}}{2} (V_{SG} - 2)^2$$

$$V_{SG} = 0\text{ V}, 4\text{ V}$$

حاصل ہوتے ہیں۔ امنزاںدہ p بُصاتاً ماسفیٹ کے لئے ضروری ہے کہ $-V_t > -V_{SG}$ 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 $V_S = 5\text{ V}$

$$V_{SG} = V_S - V_G$$

$$4 = 5 - V_G$$

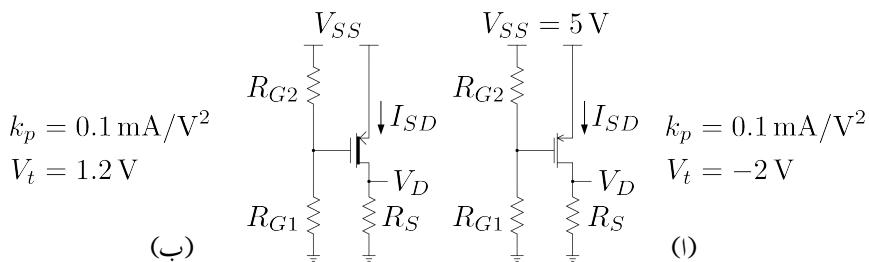
$$V_G = 1\text{ V}$$

$R_{G1} = 1\text{ M}\Omega$ اور R_{G2} کے قیمتیں چن کر $V_G = 1\text{ V}$ حاصل کیا جاتا ہے۔ مثلاً اگر R_{G1} چنانچہ تو

$$V_G = \frac{R_{G1} V_{SS}}{R_{G1} + R_{G2}}$$

$$R_{G2} = R_{G1} \left(\frac{V_{SS}}{V_G} - 1 \right)$$

$$R_{G2} = 4\text{ M}\Omega$$



شکل ۱۹: p ماسیفیٹ کے پک سمت ادوار

حاصل ہوتا ہے۔

مثال ۳.۱۳: شکل ۳.۱۹ ب میں p قم کا گھلتا ماسفیٹ استعمال کرتے دور بنایا گیا ہے جس میں ماسفیٹ کو امنز اسندہ رکھتے ہوئے $V_D = 1\text{ V}$ اور $I_{SD} = 0.2\text{ mA}$ درکار ہیں۔ اس دور کو حل کریں۔
 حل: اوہم کے قانون کے تحت

$$V_D = I_{SD} R_D$$

$$1 = 0.2 \times 10^{-3} R_D$$

$$R_D = 5 \text{ k}\Omega$$

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 کیا جاتا ہے۔ یوں $V_{SG} = 0.8 \text{ V}$ کو درست جواب تیم کیا جاتا ہے اور p قلم کے گھاتاما سفیٹ کے لئے

$$V_{SG} = V_S - V_G$$

$$0.8 = 5 - V_G$$

$$V_G = 4.2 \text{ V}$$

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 افزاں نہ ہے۔ اس طرح

$$I_{DS} = \frac{k_n}{2} (V_{GS} - V_t)^2$$

$$I_{DS} = \frac{0.1 \times 10^{-3}}{2} [(-2000 I_{DS}) - (-1)]^2$$

$$I_{DS} = 5.958 \text{ mA}, 0.042 \text{ mA}$$

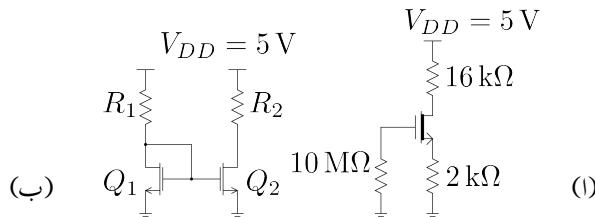
5.958 mA کے برقی روے سے $V_{GS} = -5.958 \times 10^{-3} \times 2000 = -11.9 \text{ V}$ حاصل ہوتا ہے جو کہ مقطوع ماسفینٹ کی نشانی ہے لہذا اس جواب کو رد کیا جاتا ہے۔ 0.042 mA کے برقی روے سے $V_{GS} = -0.042 \times 10^{-3} \times 2000 = -0.084 \text{ V}$ حاصل ہوتا ہے جو کہ حپا لو ماسفینٹ کی نشانی ہے۔ یہی 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

$$V_{DD} = I_{DS1}R_1 + V_{DS1}$$

$$V_{DS1} = V_{DD} - I_{DS1}R_1$$

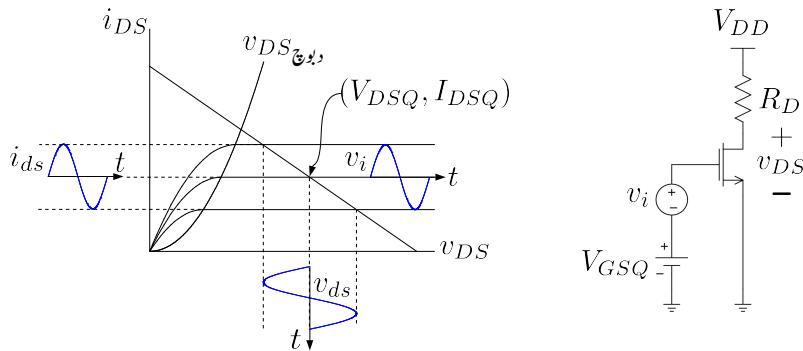
ہے۔ چونکہ V_{GS1} اور V_{DS1} برابر ہیں لہذا

$$V_{GS1} = V_{DS1} = V_{DD} - I_{DS1}R_1$$

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 کیا 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 $I_{DS1} = I_{DS2}$ ہے۔ یوں R_1 کی مدد سے Q_1 میں درکار برقی رو حاصل کی جاتی ہے۔ چونکہ V_{GS1} اور V_{GS2} 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} ، بوجھ کی مزاجمت R_D اور برقی دباؤ کی منع V_{DD} قصین 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 مخفی 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 ایمپلیفیاٹر کا تخلیلی تجزیہ

شکل ۳.۲۲ میں بڑھاتا ماسفیٹ کو استعمال کرتے ہوئے ایمپلیفیاٹر 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 درحال اس دور میں ایمپلیفیاٹر 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

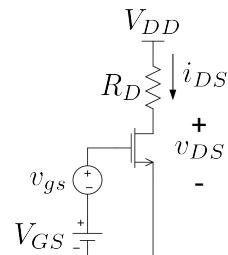
$$(3.34) \quad v_{GS} = V_{GS} + v_{gs}$$

حاصل ہوتا ہے جس کو استعمال کرتے ہوئے

$$(3.37) \quad i_{DS} = \frac{k_n}{2} (v_{GS} - V_t)^2$$

$$\begin{aligned}
 i_{DS} &= \frac{k_n}{2} (V_{GS} - V_t)^2 = \frac{k_n}{2} (V_{GS} + v_{gs} - V_t)^2 \\
 &= \underbrace{\frac{k_n}{2} (V_{GS} - V_t)^2}_{I_{DS}} + k_n (V_{GS} - V_t) v_{gs} + \underbrace{\frac{k_n}{2} v_{gs}^2}_{\text{ناؤار جزو}}
 \end{aligned}$$

یک سنتی جزو اشاراتی جزو



$$v_{GS} = V_{GS} + v_{gs}$$

شکل ۳.۲۲: ماسیفٹ اینپلیفیاٹر 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_{DS} کے برابر ہے اور یوں اسے I_{DS} لکھا جاتا ہے۔ مساوات کا دوسرا جزو $v_{gs} (V_{GS} - V_t)$ بدلتا رو جزو ہے۔ یہ جزو داخلي اشاره کا $(V_{GS} - V_t) k_n$ گاٹا ہے اسی جزو ہے اور یوں اسے i_{ds} 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۔

$$(3.54) \quad g_m = \sqrt{2I_{DS}k_n} \\ = \frac{2I_{DS}}{V_{GS} - V_t}$$

g_m کے باضابطہ تعریف کے مطابق یہ ماسفیٹ کے v_{GS} - i_{DS} خط کے نقطے مائل پر ماس کی ڈھالوان ہے یعنی

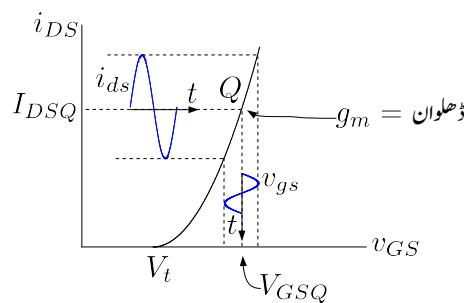
$$(3.55) \quad g_m = \left. \frac{\partial i_{DS}}{\partial v_{GS}} \right|_{v_{GS}=V_{GSQ}}$$

اسکے اشارہ v_{gs} کی موجودگی 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

$$(3.57) \quad v_{DS} = V_{DD} - (I_{DS} + i_{ds}) R_D \\ = V_{DD} - I_{DS} R_D - i_{ds} R_D$$



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

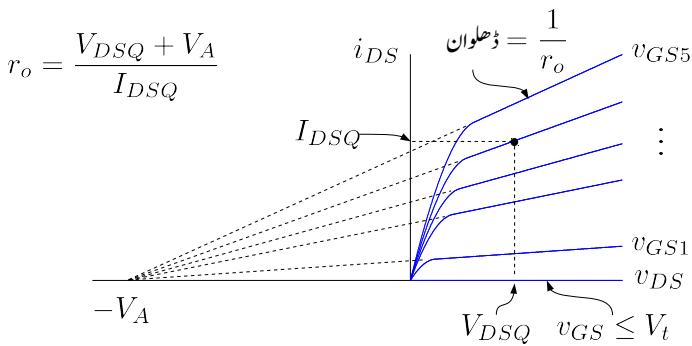
$$(3.60) \quad v_{ds} = -g_m R_D v_{gs}$$

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° 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۔

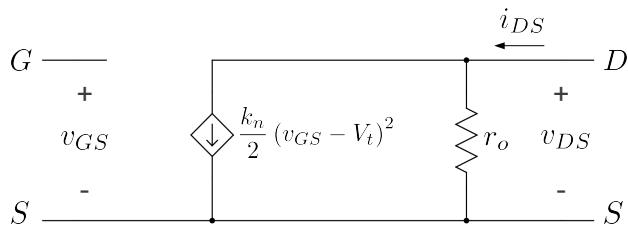
۴.۱۱.۲ و سچ اشاراتی ماسفیٹ ریاضی نمونہ

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۔

$$(3.27) \quad g_m = k_n [V_{GS} - V_t] = k_n \sqrt{\frac{2I_{DS}}{k_n}} = \sqrt{2k_n I_{DS}}$$

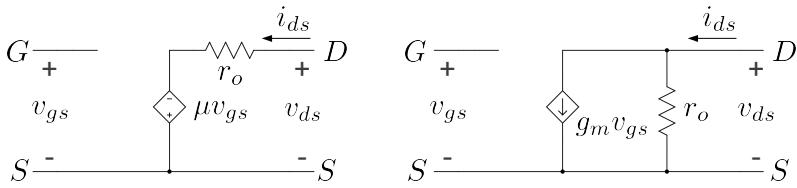
مساوات ۳.۲۷ سے حاصل r_o اور مساوات ۳.۲۷ سے حاصل g_m استعمال کرتے ہوئے ماسفیٹ کا پہتھنہ تعدادی باریکے اشاراتی ماسفیٹ پائے ریاضی نمونہ حاصل ہوتا ہے جسے شکل ۳.۲۶ میں دیکھ دکھایا گیا ہے۔ اس ریاضی نمونے کا عسومی نام π ریاضی نمونے ہے۔ دوجو ٹرانزسٹر کے باریکے اشاراتی ریاضی نمونے کے ساتھ موازنے کرتے ہوئے صاف 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 نارੜن مساوی کی جگہ تھونن مساوی استعمال کیا گیا ہے۔ یوں تھونن برقی دباء $v_{gs}r_o$ کے برابر لیتے ہوئے

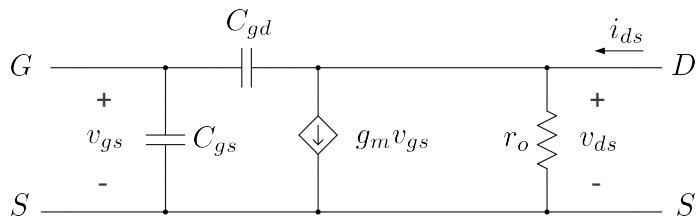
$$\mu = g_m r_o$$

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 کے پائے ریاضی نمونہ حاصل ہوتا ہے جسے شکل ۳.۲۷ میں دکھایا گیا ہے۔ v_{DS} کی صورت میں غیر امنزائلڈ ماسفیٹ کے گیٹ کے بیچ الٹا خطہ سورس سے ڈرین تک قسیر یا کیس 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

$$(3.28) \quad C_{gs} \approx C_{gd} \approx \left(\frac{1}{2} \right) \frac{\epsilon WL}{d}$$

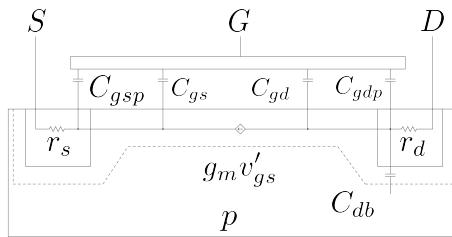
جہاں W گیٹ کی چوڑائی، L گیٹ کی لمبائی، d گیٹ اور سیکان کے درمیان فاصلہ ہے۔ $\epsilon = \epsilon_r \epsilon_0 = 3.9 \times 10^{-12} \frac{\text{F}}{\text{m}}$

امنزاںڈڈ ماسفیٹ کے ڈرین جانب راہ دبوچ گیا ہوتا ہے۔ یوں گیٹ کے بیچ پسیدا کردا 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} پسیدا ہوتا ہے۔ ڈرین اور



شکل ۱۱.۳.۲۸: ماسفیٹ ریاضی نمونے کے اجزاء

سیکان پستری 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 ۱۱.۳.۲۸ میں ان تمام قسم کے کپیسٹروں کو دکھایا گیا ہے۔ ساتھ ہی ساتھ مزاجمت r_s اور r_d بھی دکھائے گئے ہیں۔ بسیروں کی سورس سرے اور اندروں کی سورس کے درمیان r_s ، مزاجمت 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۔

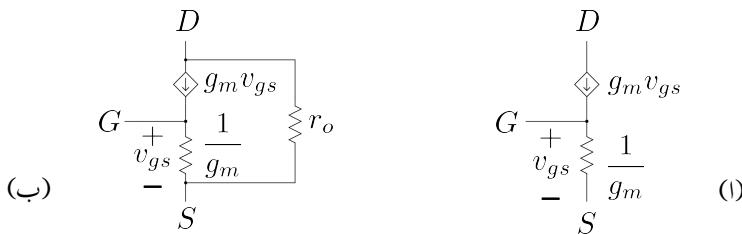
۱۱.۳.۲۹: باریکے اشاراتی ماسفیٹ ٹی ریاضی نمونے

شکل ۱۱.۳.۲۹ میں کو ظاہر انداز کرتے ہوئے ماسفیٹ کاٹھ ریاضی نمونہ دکھایا گیا ہے۔ اس ریاضی نمونے میں گیٹ اور سورس کے مابین مزاجمت نسبت 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

$$(۱۱.۴۰) \quad i_g = 0 \\ i_d = i_s = i_{ds} = g_m v_{gs}$$

پائے جاتے ہیں جہاں i_d اور i_s ذرین اور سورس کے برقی رو ہیں۔ داخلی مزاجمت لامحمد ود ہے۔ آئیں اب ٹی ریاضی نمونے پر نظر رڈالیں۔ ٹی ریاضی نمونے میں $i_d = g_m v_{gs}$ ہے۔ گیٹ اور سورس کے مابین مزاجمت نسبت ہے جس پر برقی دباؤ v_{gs} ہے۔ یوں اونہم کے فتاون سے اس مزاجمت میں برقی رو کی مقدار

$$\frac{\text{برقی دباؤ}}{\text{برقی رو}} = \frac{v_{gs}}{\frac{1}{g_m}} = g_m v_{gs}$$



شکل ۲۹: باریک اشاراتی ماسیفیٹی ریاضی نمونہ

ہو گی۔ یہی برقی رو سو سل 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 مزاحمت سے گزرتے ہوئے S روں ہے۔ یوں کر خوف کے قانون برائے برقی رو کی مدد سے گیٹ پر برقی رو i_g حاصل ہوتی ہے۔ داخلی مزاحمت i_g کی تیسیت g_{ds} کے مقابلے میں برابر لامحہ دو حاصل ہوتی ہے۔ ہم دیکھتے ہیں کہ تین ریاضی نمونے سے بھی بالکل وہی جوابات حاصل ہوتے ہیں جو پارے ریاضی نمونے سے حاصل ہوتے ہیں لہذا ماشین کے ادوار حل کرتے وقت میں یا پیش نمونے کو بھی استعمال کیا جاتا ہے۔ میں ۲۰ کی شمولیت شکل ۳.۲۹ ب میں دکھایا گیا ہے۔

دو جوڑ ترازوں ستر کے ریاضی نمونے کی طرح شکل ۳.۲۹ میں دکھائے گئے ماشین کے ریاضی نمونے دونوں اقسام کے ماشینیں یعنی nMOSFET اور pMOSFET کے لئے تابع استعمال ہیں۔

۳.۱۱.۵ کے سمت اور بدلتے متغیرات کی علیحدگی

من در جب بالا تذکرہ سے ہم دیکھتے ہیں کہ بر قی دباؤ اور بر قی رو کے وہ حصے (یعنی یک سمت حصہ اور بدلتا حصہ) ہوتے ہیں۔ مانعین کے اداروں حل کرتے وقت ان دو حصوں کو علیحدہ علیحدہ حل کیا جاتا ہے۔ پہلے بدلتے تغیرات کی تعمیقیں صدر کرتے ہوئے یک سمت حصہ حل کر کے نقطہ مائن حاصل کیا جاتا ہے اور پھر بدلتے 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 داخلي اشارہ $v_{gs} = V_p \cos \omega t$ ہو تو بنا پسندیدہ جزو میں $\frac{k_n V_p^2}{4} [1 + \cos(2\omega t)]$ استعمال کرتے ہوئے لکھا جاسکتا ہے جو داخلي اشارے کے دو تعداد کا جبڑہ ہے۔ یہی اصل اشارے کی شکل بگاتا ہے۔ دخلي اشارے میں اگر تعدد اور اصل تعداد کے اجزاء کے جیوں کی نسبت حاصل کریں۔ اگر $V_{GS} = 4 \text{ V}$ اور $V_t = 1.4 \text{ V}$ ہوں تب داخلي اشارے کی چوٹی کی وہ حد حاصل کریں جس پر حاصل کردہ نسبت ۱% ہو۔ حاصل کردہ تعداد کا حصہ $\frac{k_n V_p^2}{4} \cos(2\omega t)$ ہے۔ یوں

$$\frac{\text{مجموع جزء}}{\text{اصل جزء}} = \frac{V_p}{4(V_{CS} - V_t)}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اس طرح

$$\frac{V_p \times 100}{4(4 - 1.4)} = 1$$

$$V_p \leq 104 \text{ mV} \leftarrow$$

مثال ۷.۲: ایک دور بند شکل ۷.۱ 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 دباو کی افسزاں $A_v = -6.8 \frac{\text{V}}{\text{V}}$ 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

$$V_{GS} = V_G - V_S = 6 - 0.81 = 5.19 \text{ V}$$

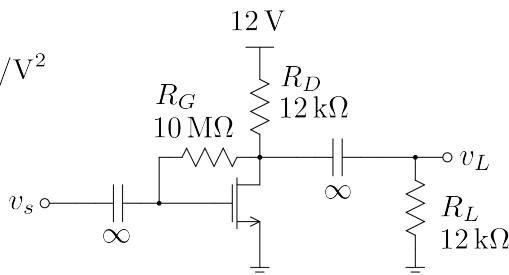
ہے۔ مساوات ۷.۲ کی مدد سے $g_m = 1 \text{ mA/volt}$ میں پر کرتے ملتے ہے۔

$$10^{-3} = k_n (5.19 - V_t)$$

تصور کرتے ہیں کہ ماسفیٹ افسزاں دھنے میں ہے یوں افسزاں دھنے 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 کا 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

$$V_D = V_{DD} - I_{DS}R_D = 12 - 1.4464 \times 10^{-3} \times 6800 = 2.16 \text{ V}$$

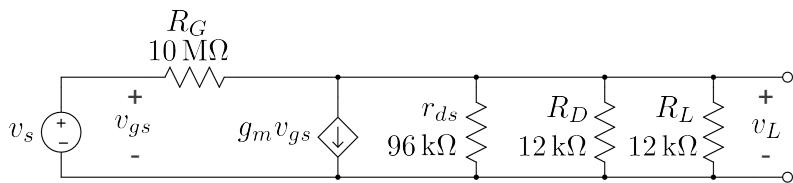
لکھا جا سکتا ہے۔ یوں

$$V_{GD} = V_G - V_D = 6 - 5.16 = 0.835 \text{ V}$$

حاصل ہوتا ہے جو V_t سے کم ہے لہذا ماسیف افنسائزد خطے 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 افنسائز اش $A_v = \frac{v_L}{v_s}$ کا حاصل کریں۔

حل: چونکہ گیٹ پر برقی رو ضمیر 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

$$\begin{aligned} I_{DS} &= \frac{0.2 \times 10^{-3}}{2} (V_{GS} - 2)^2 \\ &= \frac{0.2 \times 10^{-3}}{2} (V_{DS} - 2)^2 \end{aligned}$$

لکھا جا سکتا ہے۔ اور ہم کے فتنوں سے

$$I_{DS} = \frac{12 - V_{DS}}{R_D} = \frac{12 - V_{DS}}{12000}$$

حصہ میں 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 میں 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 مسازحت r_o کی قیمت

$$r_o = \frac{V_A}{I_{DS}} = \frac{60}{0.625 \times 10^{-3}} = 96 \text{ k}\Omega$$

حصہ میں ہوتے ہیں۔ شکل ۱۱.۳ میں ان قیمتیں کو استعمال کرتے ہوئے مساوی پست تعدادی باریکے اسٹار آنی دور کھایا 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

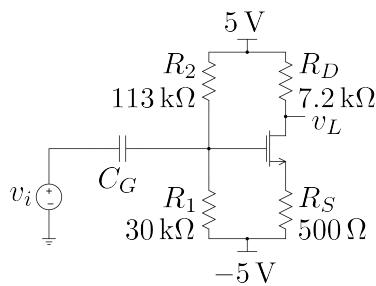
$$g_m = \sqrt{2k_n I_{DS}} = \sqrt{2 \times 1.2 \times 10^{-3} \times 0.6 \times 10^{-3}} = 1.2 \text{ mS}$$

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

$$A_v = \frac{v_L}{v_i} = -5.4 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

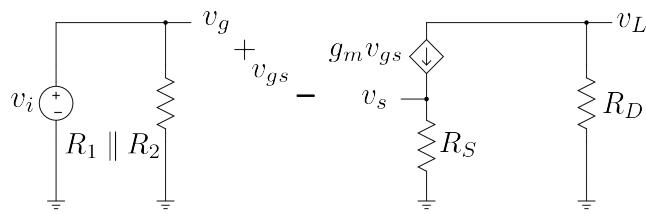
مثال ۳.۲۰: مثال ۳.۱۹ میں R_S کے متوازی لامدد قیت کا کمیٹر نسب کرتے ہوئے A_v دوبارہ حاصل کریں۔

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

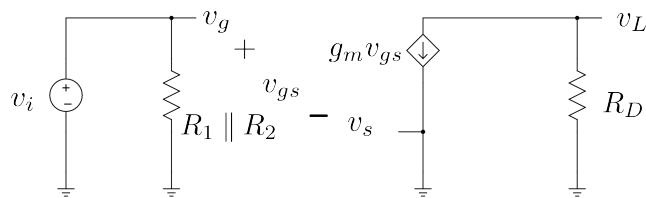
$$v_L = -g_m v_{gs} R_D = -8.64 v_{gs}$$

$$v_g = v_i$$

$$v_s = 0$$



شکل ۳.۳۲: مشترک گیٹ میڈیم مزاحمت کا بدیک اشاراتی مساوی دور



شکل ۳.۳۳

یعنی

$$\begin{aligned}v_{gs} &= v_i \\v_L &= -8.64v_i\end{aligned}$$

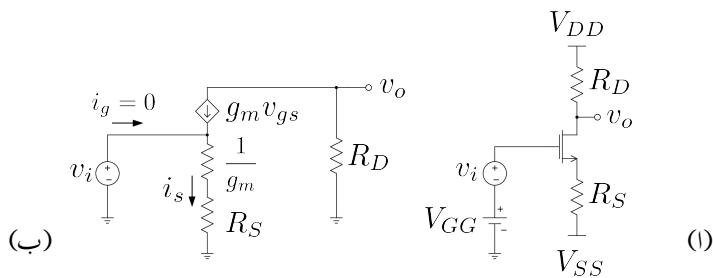
اور

$$A_v = -8.64 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

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 مسکھا ہوتا ہے لہذا R_S کا استعمال کیا جاتا ہے۔ R_S کے موازنی لامحدود کیسٹر نسبت کرنے سے A_v پر R_S کے بڑے اثر کو حتم کیا جاتا ہے۔

مثال ۳.۲۱: شکل ۳.۳۵ الگ کے ایک پلینائز کوئی ریاضی نمونے 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

$$v_o = - \left(\frac{v_i}{\frac{1}{g_m} + R_S} \right) R_D$$

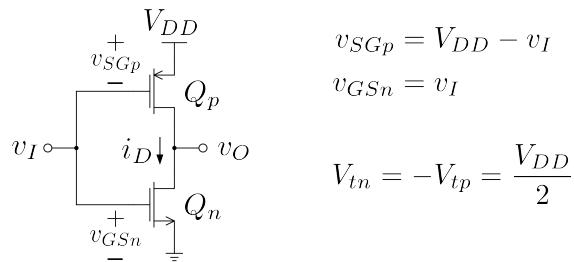
ہو گا جس سے

$$(2.71) \quad A_v = \frac{v_o}{v_i} = - \left(\frac{R_D}{\frac{1}{g_m} + R_S} \right)$$

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 مساوات ۲۱۷ میں $A_v = \frac{1}{\alpha}$ لیتے ہوئے مساوات ۲۱۸ میں 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 میں نفی کار کا گلے کیا گیا، سیاس بینالوجی 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 اور ایک عد nMOSFET کا استعمال کرتے ہوئے نفی کار بنایا گیا ہے۔ عد دی اشارات صرف دو یقینیں 0V یعنی پست صورت یا 5V یعنی بلند صورت اختیار کر سکتے ہیں۔ آئین 7V_I کو ان قیمتیں پر رکھتے ہوئے حنارتی اشارہ O_H حاصل کریں۔ شکل کو دیکھتے ہوئے

$$(3.73) \quad \begin{aligned} v_{SGp} &= V_{DD} - v_I \\ v_{GSn} &= v_I \end{aligned}$$

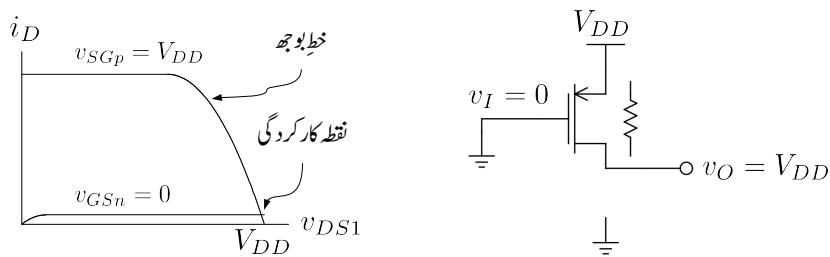
لکھا جا سکتا ہے۔ مزید تصور کریں کہ

$$(3.74) \quad V_{tn} = -V_{tp} = V_t$$

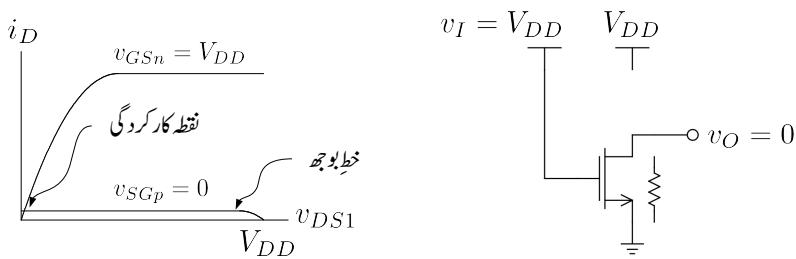
کے برابر ہے۔

داخلی اشارہ 0V_I کی صورت میں مساوات ۳.۷۴ میں $v_{GSn} = 0V$ حاصل ہوتا ہے۔ چونکہ $V_{tn} = v_{SGp}$ کے بعد اس عکس کے مطابق $v_{GSn} < V_{tn}$ 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 ۳.۷۴ کے مطابق $v_{SGp} = V_{DD}$ ہے۔ یہاں $v_{SGp} > -V_{tp}$ ہے لہذا $v_{SGp} > V_{tn}$ ہے۔ Q_p چلا ہو گا۔ شکل ۳.۳۷ میں مفتوح Q_n کے خط کو بطور چپا لو Q_p کے خط کو بطور جھوٹا جھوٹا کھایا گیا ہے۔ Q_p کے خط کا عسدوی محور میں عکس لینے کے بعد اس عکس کو اپنی محور پر دائیں V_{DD} اکیاں منتقل کرنے سے خط بوجھ ۳.۷۵ 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 دیگی کے مطابق $V_{DSQ} \approx V_{DD}$ کے برابر ہے۔ اس طرح $v_O = V_{DD}$ کی صورت میں $v_I = 0V$ حاصل ہوتا ہے۔

۳.۱۲ کے شروع میں ٹرانزسٹر خط بوجھ کیچت دکھایا گیا۔ اس طریقے پر ایک سرتبا دوبارہ نقطہ کار دیں۔



شکل ۳.۳۷: داخلی اشارہ پست ہونے کی صورت میں خارجی اشارہ بند حاصل ہوتا ہے۔



شکل ۳.۳۸: داخلی اشارہ بند ہونے کی صورت میں خارجی اشارہ پست حاصل ہوتا ہے۔

یہی جواب خطوط کھینچے بغیر یوں حاصل کیا جاتا ہے۔ منقطع Q_n کو کھلے دور جبکہ چپا لو Q_p کو بطور مزاحمت تصور کریں۔ ایسا کرنے سے شکل ۳.۳۷ میں دکھایا در حاصل ہوتا ہے جس کو دیکھ کر $v_O = V_{DD}$ لکھا جاتا ہے۔ داخلی اشارہ پست میں مساوات ۳.۴۳ سے $v_{GSn} = V_{DD}$ کی صورت میں مساوات $v_{SGp} = 0$ ہوتا ہے لہذا $v_I = V_{DD}$ ہے۔ اس طرح Q_n چپا ہو گا۔ اس کے بر عکس Q_p کے مساوات ۳.۴۳ کے مطابق $v_{GSn} > V_{tn}$ ہے۔ یہاں $v_{SGp} = 0$ ہے لہذا $v_{SGp} < -V_{tp}$ ہے لہذا $v_{SGp} = 0$ ہے۔ یہاں $v_{DSQ} \approx 0$ ہے لہذا $v_{DSQ} \approx 0$ ہے۔ v_{DSQ} کے خط کو بطور خط بو جھ دکھایا گیا ہے۔ خط بو جھ کو فتحی خورے فتڑا پر کر کے دکھایا گیا ہے تاکہ یہ خورے عیحدہ نظر آئے۔ ان دو خطوں سے حاصل نقطہ کار کر دگی 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۔ چپا لو Q_n کو مزاحمت جبکہ منقطع Q_p کو کھلے دور تصور کریں۔ ایسا کرنے سے شکل ۳.۳۸ 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 $v_{DS} \approx 0$ ہے لہذا $V_{SD} \approx 0$ ہے لہذا $v_{SD} \approx 0$ ہے۔ Q_n میں بر قی طاقت کا ضمیع اوت ہیں نظر انداز ہو گا۔ چونکہ اس صورت میں $0 \approx v_{SD}$ ہے لہذا Q_p میں طاقت کا ضمیع 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 ضمیع جوں کا توں رہتا ہے۔ حقیقت میں ماسفیٹ سے بنائے نئی 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 لئے $Q_n = v_{DS}$ کے لئے v_O اور $v_{GS} = v_I$ کے لئے v_O کو یوں لکھا جاتا ہے۔ یوں 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

$$(2.28) \quad i_{SD} = \frac{k_p}{2} [V_{DD} - v_I + V_{tp}]^2 \quad \text{جب } v_O \leq v_I - V_{tp}$$

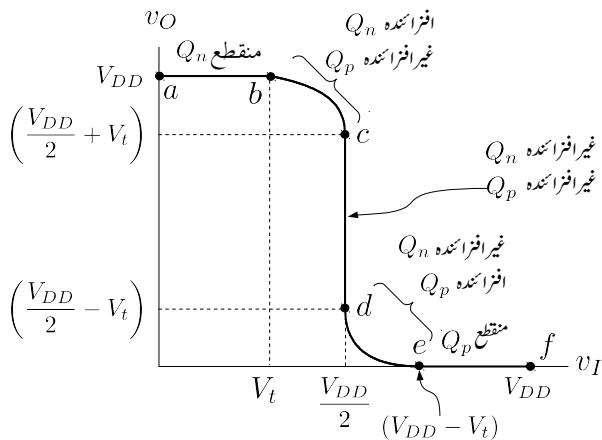
لکھا جاتا ہے۔ ٹنگی کارکو عسمومایوں تخلیق دیا جاتا ہے کہ

$$(2.29) \quad V_{tn} = |V_{tp}| = V_t$$

$$(2.30) \quad k_n = k_p$$

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 کاریکاری 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 پیا 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۔



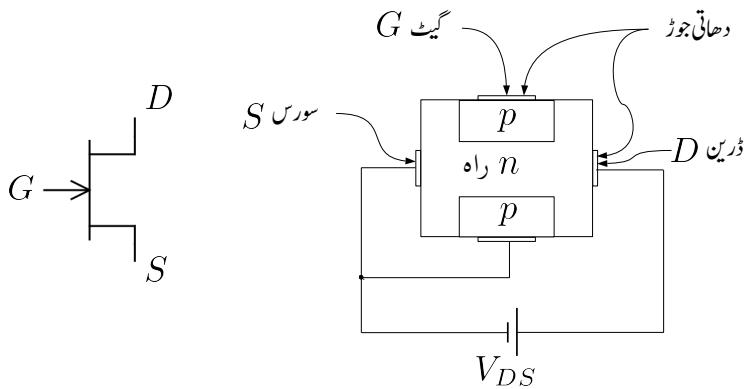
شکل ۲.۳۹: منفی کارکرد

اس طرز Q_p پا لو ہے۔ مزید $V_D = 5\text{V}$ ہے 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 نہ 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 نہ ہے جبکہ مثبت ماسفیٹ غیر افزاں نہ 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 ہنئے جاتے ہیں جنہیں گیٹ ہے۔ کہتے ہیں۔ ان دو خطوں کو ہیرونی دھانقی ہار سے جوڑ کر بطور گیٹ (G) استعمال کیا جاتا ہے۔ شکل میں اس ہیرونی دھانقی ہار کو نہیں دکھایا گیا ہے۔ دو گیٹوں کے درمیان راہ میں آزاد اسیکٹران پائے جاتے ہیں۔ اس راہ پر ہیرونی 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 روا 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



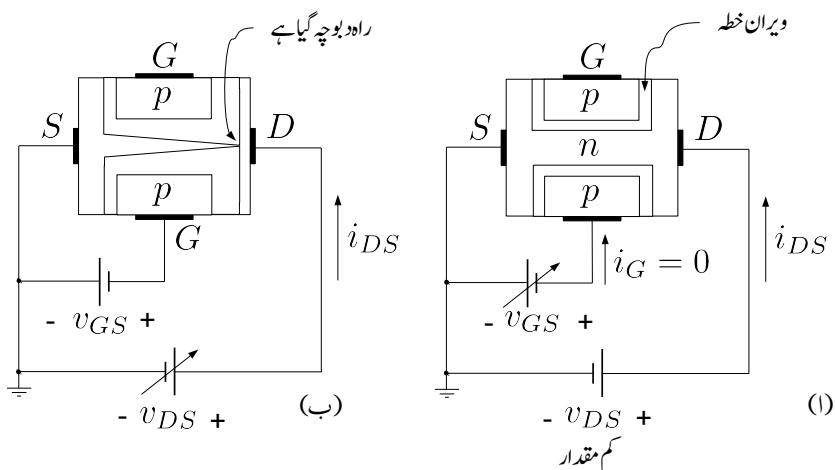
شکل ۳۰: جوڑدار منفی فیٹ کی ساخت

اسک راہ کے ایک سرے کو سورس (S) جبکہ دوسرے سرے کوڈین (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 ای کو ظاہر کرتا ہے۔

آئیں شکل ۲.۷ 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 و بودج میں آتا ہے اور جیسا کہ آپ جانتے ہیں، اس ویران خطے کی چوڑائی کا درمداد اس جوڑ پر بارے جائزہ والے برقی دباؤ پر ہے۔ شکل الف میں سورس S کو برقی زمین پر رکھتے ہوئے گیٹ G پر منفی برقی دباؤ لگو کیا گیا ہے۔ گیٹ پر لگو منفی برقی دباؤ کو جتنا زیادہ منفی کیا جائے ویران خط اتنا ہی زیادہ چوڑا ہو گا اور n رہا کی چوڑائی اتنی ہی کم ہوگی۔ V_{GS} کو اگر بدتر پختی حاصل بڑھایا جائے تو ویران خط بڑھتے بڑھتے آخیر کارست n رہا کو تحریر لے گا۔ جس V_{GS} پر ایسا ہو، اس کو nJFET کے دبوچے کا برقی دباؤ کہتے ہیں اور وہ ایسی طور سے V_p سے ظاہر کیا جاتا ہے۔ یہ nJFET کی V_p کی قیمت منفی ہوگی۔ اس سے معلوم ہے کہ رہا کی گھرسائی کو گیٹ پر برقی دباؤ سے فتاوی کیا جاتا ہے۔ مزید یہ کہ گیٹ اور رہا pn جوڑ ہنتے ہیں۔ اگر گیٹ اور رہا کے درمیان بہت برقی دباؤ دی جائے تو رہا کی گھرسائی 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۔ یہ 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 رکھا جاتا ہے۔

D اور S کے مابین راہ بالکل موصل سالخ کی مانند مزاحمت کا کردار ادا کرے گا جیوں اگر راہ کی لمبائی L ، گہرائی g ، چوڑائی W اور اس کے موصليت کا مستقل σ ہو تو اس کا مزاحمت $R = \frac{L}{\sigma W g}$ ہو گا۔

اب تصور کریں کہ ڈرین D پر معینوں مثبت برقی دباء v_{DS} لاگو کیا جاتا ہے۔ n راہ میں برقی رو i_{DS} گزرنے کی جس کی قیمت اوبم کے قانون سے حاصل کی جا سکتی ہے۔ v_{DS} کو کم یا زیادہ کرتے ہوئے i_{DS} کو کم یا زیادہ کرنا ممکن ہے۔ کم v_{DS} پر، کسی بھی مزاجمت کی طرح، برقی دباء 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۔ یہ 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، یہ 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 ترچھاپن کی وجہ سے n راہ کی مسازامت بڑھے گی جس سے راہ کا مسازامت بھی بڑھے گا۔ یہ اگرچہ 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 یہ $i_{DS} - v_{DS}$ 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 جانا والے برقی رو کے قیمت پر ہی رہتی ہے۔

مندرجہ بالاتر کے نتیجے میں ظاہر ہے کہ JFET بالکل گھٹاتا ماسفیٹ کی مانند کام کرتا ہے۔ البتہ جہاں ماسفیٹ کے گیٹ پر ثابت یا مفہیم برقی دباؤ دینا ممکن ہے، JFET کے گیٹ پر صرف مفہیم برقی دباؤ ہی دینا ممکن ہے۔ اگر اس کے گیٹ پر ثابت برقی دباؤ دی جائے تو گیٹ اور راہ کے مابین pn جوڑ یعنی یہاں کا ڈیاٹا سیدھا مائل ہو جائے گا اور گیٹ کو قتا بول کرنے کی صلاحیت کھو دے گا۔ چونکہ JFET کے گیٹ پر ڈیاٹا کو اسٹا مائل رکھا جاتا ہے لہذا اس کے گیٹ پر نہیاں کم (الٹے مائل ڈیاٹا کے برابر) برقی روپائی جباتی ہے جسے عموماً صفت ایمپیٹر تصور کیا جاتا ہے۔ یہ برقی رو اگرچہ نہیاں کم ہے لیکن ماسفیٹ کے گیٹ پر اس سے بھی کئی گستاخ برقی روپائی جباتی 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 مختلف 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 الٹا مائل رکھتے ہوئے v_{GS} کو V_p سے زیادہ رکھا جاتا ہے۔ مزید یہ کہ v_{DS} کو نقطہ دبوچ سے کم رکھا جاتا ہے۔ اس خطے میں ماسفیٹ کی مساوات کو ۳.۲۳ JFET کے لئے یہاں لکھتے ہیں۔ ایسا کرتے ہوئے V_t کی جگہ V_p لکھا جائے گا۔

$$\begin{aligned} i_{DS} &= k_n \left[(v_{GS} - V_p)v_{DS} - \frac{v_{DS}^2}{2} \right] \\ &= \frac{k_n V_p^2}{2} \left[2 \left(\frac{v_{GS}}{V_p} - 1 \right) \frac{v_{DS}}{V_p} - \left(\frac{v_{DS}}{V_p} \right)^2 \right] \end{aligned}$$

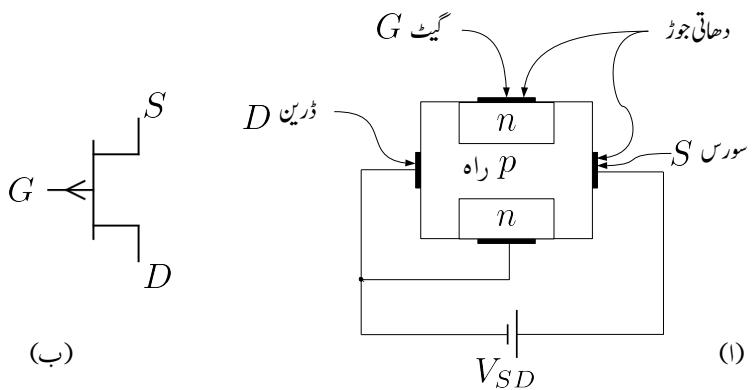
اس مساوات میں I_{DSS} کو $\frac{k_n V_p^2}{2}$ کے لئے JFET کے لکھا جاتا ہے۔ یہ

$$(3.82) \quad \begin{aligned} V_p \leq v_{GS} \leq 0, \quad v_{DS} &\leq v_{GS} - V_p \\ i_{DS} &= I_{DSS} \left[2 \left(\frac{v_{GS}}{V_p} - 1 \right) \frac{v_{DS}}{V_p} - \left(\frac{v_{DS}}{V_p} \right)^2 \right] \end{aligned}$$

۳.۱۳.۱.۳ امنزانتہ خط

مسفیٹ کی مساوات کو ۳.۲۸ کو یہ لکھا جاتا ہے۔

$$(3.83) \quad \begin{aligned} V_p \leq v_{GS} \leq 0, \quad v_{DS} &\geq v_{GS} - V_p \\ i_{DS} &= I_{DSS} \left(1 - \frac{v_{GS}}{V_p} \right)^2 \left(1 + \frac{v_{DS}}{V_A} \right) \end{aligned}$$



شکل ۳.۳۲: جوڈارفیٹ 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 مسادت 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 بالامسادت میں ($v_{DS} \geq v_{GS} - V_p$) کو $(v_{GS} - v_{DS}) \leq (V_p)$ یا $(V_{GD} \leq V_p)$ بھی لکھا جا سکتا ہے۔

۳.۳۲.۲ pJFET

جیسا شکل ۳.۳۲ اف میں دکھایا گیا ہے، مشت جوڈارفیٹ بنانے کی حناظر p قم سیکان گھوے کے دونوں اطراف n گیٹ بنائے جاتے ہیں۔ ان دو خطوں کو بیرونی دھاتی 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 مشت 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 مشت سرا (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 غیرpn اور کھا جائے یعنی اس جوڑ پر ڈالیوں کے سیدھے رخ 0.5 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 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

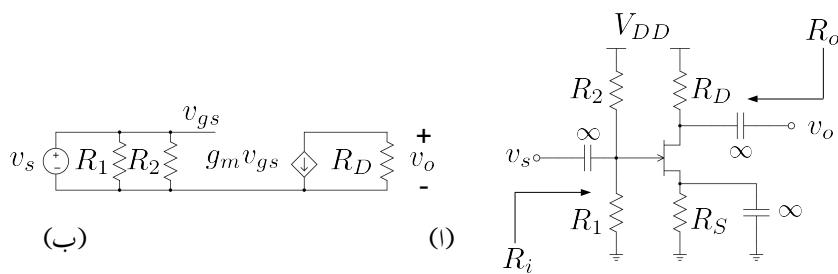
$$r_o = \frac{75}{0.001} = 75 \text{ k}\Omega$$

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 منفی 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

$$R_i = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = 293 \text{ k}\Omega$$

$$R_o = R_D = 1.2 \text{ k}\Omega$$

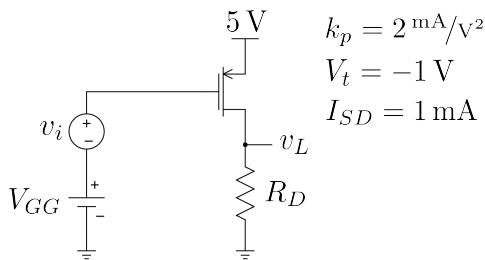
حاصل ہوتے ہیں۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ R_i کا دارو مدار گیٹ پر نسب مسازتوں پر ہے۔ یوں دھنی مزاحمت بڑھانے کی خاطر ان مسازتوں کو زیادہ سے زیادہ رکھا جاتا ہے جس کا مطلب ہے کہ ان میں گزرتے یک سست روکوم کے کم رکھا جاتا ہے۔ اس مثال میں اس برتنی روکو $A = 10 \mu\text{A}$ رکھا گیا ہے۔
مساویات ۲.۸۳ کی مدد سے

$$g_m = \frac{-2 \times 8 \times 10^{-3}}{-3} \sqrt{\frac{5 \times 10^3}{8 \times 10^{-3}}} = 4.216 \frac{\text{mA}}{\text{V}}$$

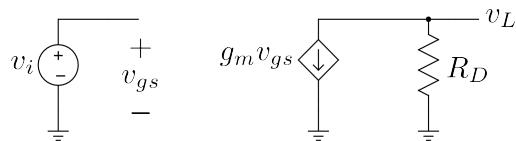
اور یوں

$$A_v = \frac{v_o}{v_s} = -g_m R_D = -4.216 \times 10^{-3} \times 1.2 \times 10^3 = -5.059 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

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 $V_{SG} < V_t$ کی شرط سے $V_{SG} = 2 \text{ V}$ کو درست جواب تسلیم کیا جاتا ہے۔ یوں

$$\begin{aligned} V_{SG} &= V_S - V_G \\ 2 &= 5 - V_G \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے۔ شکل ۲.۲۵ میں باریک اشارتی مساوی دور کھلایا گیا ہے 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 پتھری 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۔

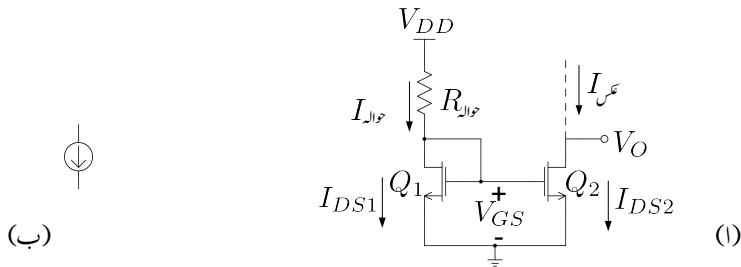
۳.۱۳ منع مستقل برقراری

شکل ۳.۲۶ الی ۳.۲۸ میں منع مستقل برقراری رو ۳.۲ 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 برقراری رو $I_{DS1} = V_{GS1} = V_{DS1}$ اور برقراری دباد V_{GS} حاصل ہوں گے۔ Q_1 اور Q_2 کے سورس آپس میں جبٹے ہیں اور اسی طرح ان کے گیٹ بھی آپس میں جبٹے ہیں لہذا ان دونوں کے V_{GS} برقراری ہوں گے یعنی

$$V_{GS1} = V_{GS2} = V_{GS}$$

ہوگا Q_1 کا گیٹ اور ڈرین آپس میں جبٹے ہیں لہذا اس کا $V_t < V_{GD}$ ہے اور یہ اندازہ نظر میں ہے لہذا

$$(3.87) \quad I_{DS1} = \frac{k'_n}{2} \left(\frac{W}{L} \right)_1 (V_{GS} - V_t)^2$$



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

$$(2.89) \quad I_{DS2} = I_{\text{مس}} = \frac{k'_n}{2} \left(\frac{W}{L} \right)_2 (V_{GS} - V_t)^2$$

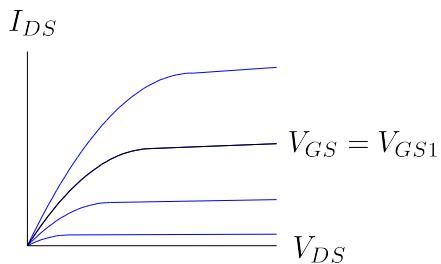
جہاں I_{DS1} کے برابر ہے۔ $V_{GS1} = V_{GS2} = V_{GS}$ تقسیم کرتے ہوئے ملتا ہے

$$(2.90) \quad \frac{I_{DS2}}{I_{DS1}} = \frac{I_{\text{مس}}}{I_{\text{حوالہ}}} = \frac{\left(\frac{W}{L} \right)_2}{\left(\frac{W}{L} \right)_1}$$

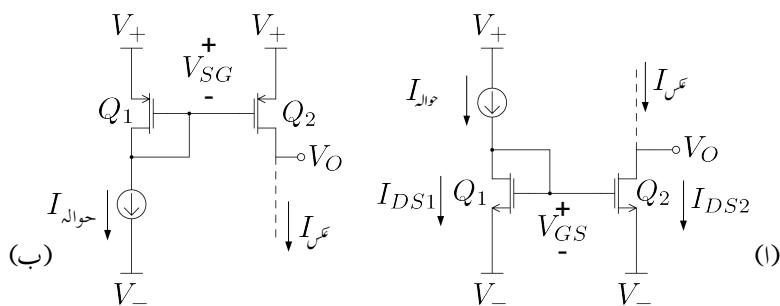
آپ دیکھ سکتے ہیں کہ I_{DS2} کی قیمت کا دار و مدار I_{DS1} کی قیمت کے حوالے سے ہے۔ اگر دونوں ماسنیفیٹ بالکل ایک ہی جامات کے ہوں تب

$$(2.91) \quad I_{\text{حوالہ}} = I_{\text{مس}}$$

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 ۳.۲۷: ماسفیٹ کا خط



شکل ۳.۲۸: 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_1 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 حوالہ I_0 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 ۳.۲۷ میں ماسفیٹ Q_2 کے خط دکھائے گئے ہیں۔ V_{GS1} کی قیمت V_{GS1} 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_0 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

$$2 \times 10^{-3} = \frac{0.12 \times 10^{-3}}{2} (V_{GS1} - 2.1)^2$$

→

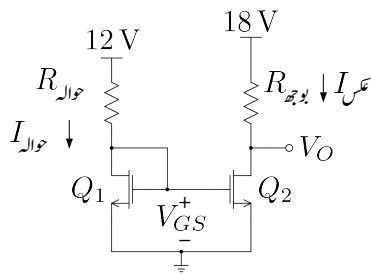
$$V_{GS1} = 7.8735 \text{ V}, \quad -3.67 \text{ V}$$

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 Ω 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 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 $V_{DS2} = 4.925 \text{ V}$ ہو۔ چونکہ V_t 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 نکلا 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 $V_{DS2} = 3.5 \text{ V}$ اور $V_{GD2} = 1.4 \text{ V}$ ہو۔ چونکہ V_t سے زیادہ ہے یعنی مافینیٹ امنزائندہ خطے میں نہیں ہے۔

مثال ۳.۳۰: مثال ۳.۲۸ میں $I_{DS1} = 1.04 \text{ mA}$ اور $V_{DS1} = 4.926 \text{ V}$ ، $V_{DS2} = 12.1 \text{ V}$ ، $V_A = 50 \text{ V}$ کی صورت میں I_{DS2} کی صورت میں حاصل کردہ قیمت سے کتنا انحراف کرے گا۔
حل: مافینیٹ 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 V ہوتا تب تو I_{DS2} بھی 1.04 mA ہوتا۔ البتہ

$$12.1 - 4.926 = 7.175 \text{ V}$$

زیادہ ہے لہذا مافینیٹ 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

$$i_{ds} = \frac{\mu v_{gs} + v_3 - v_2}{R_s + r_o + R_d}$$

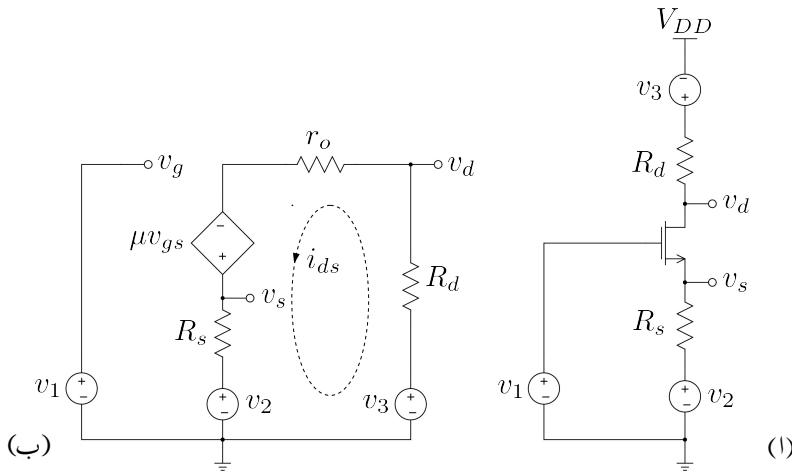
لکھا جاسکتا ہے جس اس

$$v_{gs} = v_1 - i_{ds} R_s - v_2$$

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



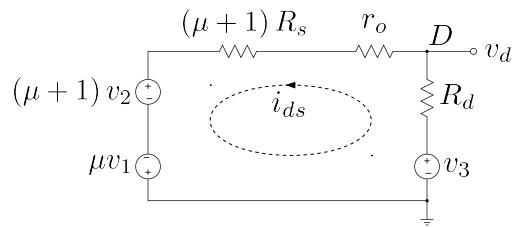
شکل ۲.۵۰: مزاحمت کے عکس

ضرب شدہ میں جبکہ گیٹ پر پائے جانے والا v_1 صرف μ 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 μ سے ضرب ہوتا نظر آئے گا۔

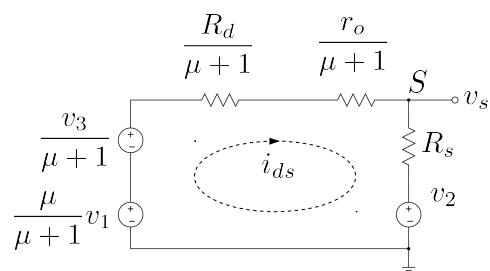
مساوات ۲.۹۲ کے کسر میں اپر خپلے دونوں حصوں کو $1 + \mu$ سے تقسیم کرتے ہوئے یوں لکھا جاتا ہے

$$(2.93) \quad i_{ds} = \frac{\frac{\mu v_1}{\mu+1} + \frac{v_3}{\mu+1} - v_2}{R_s + \frac{r_o}{\mu+1} + \frac{R_d}{\mu+1}}$$

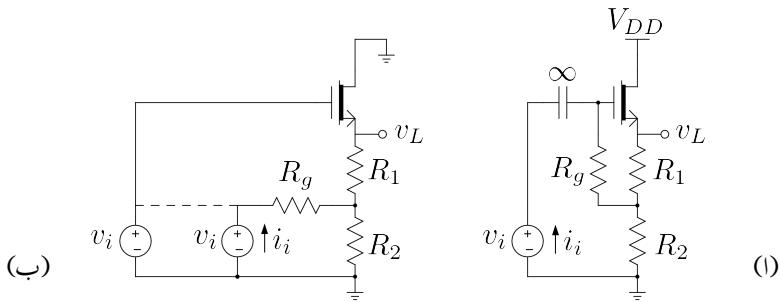
جس سے شکل ۲.۵۲ حاصل ہوتا ہے۔ یہاں آپ دیکھ سکتے ہیں کہ سورس کا مزاحمت R_s اور اشارہ v_2 جوں کے توں میں جبکہ ڈرین اور گیٹ کے اشارات اور مزاحمت کے عکس نظر آتے ہیں۔ اس طرح سورس سے دیکھتے ہوئے ڈرین کے اجزاء لیجی $r_o R_d v_3$ اور r_o تینوں $(\mu + 1)$ سے تقسیم ہوتے نظر آتے ہیں۔ جیسے گزشتہ شکل میں دیکھا گیا ہے کہ v_1 کا عکس ڈرین پر μ 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 ایمپلیفائر)

نقطہ مائل

شکل ۳.۵۴ اف میں گھانتا ماسفیٹ کے تابع سورس ایمپلیفائر دکھایا گیا ہے۔ یہاں nFET بھی استعمال کیا جاتا ہے۔ یہاں V_{DD} بھی استعمال کیا جاتا ہے۔ ایسا دور مقنی V_{GSQ} مہیا کرنے کی حاضر استعمال کیا جاتا ہے۔ یہ سخت و خطا بوجھ 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 انف ریکارڈ 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 $I_{DSQ} (R_1 + R_2)$

$$(3.95) \quad \begin{aligned} V_{GSQ} &= V_{GQ} - V_{SQ} \\ &= I_{DSQ} (R_2) - I_{DSQ} (R_1 + R_2) \\ &= -I_{DSQ} R_1 \end{aligned}$$

عسوماً V_{GSQ} چند ولٹ کے برابر ہو گا جبکہ V_{DD} قدریباً V_{DSQ} کے نصف کے برابر ہو گا۔ یوں کسی بھی حقیقی ایمپلیفائر 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 متراپلیا جاتا ہے یوں شکل ۳.۵۲ کے طرز پر باریک اشارتی مساوی دور بنتے ہوئے شکل ۳.۵۳ الگ حاصل ہوتا ہے۔ اس شکل میں تمام احیاء کو سورس منتقل کیا گیا ہے۔ R_2 ، 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

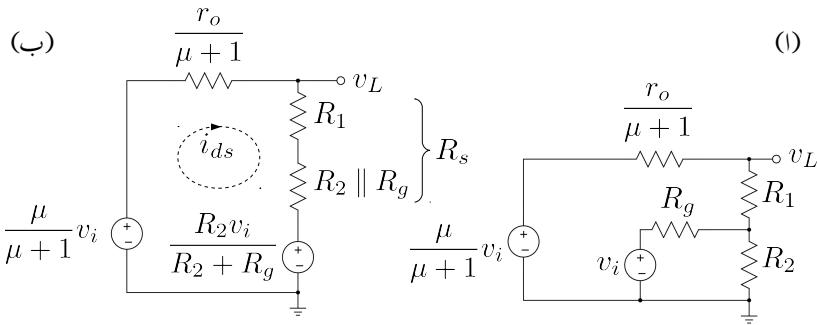
$$v_L = \left[\frac{\frac{\mu}{\mu+1} - \frac{R_2}{R_2+R_g}}{\frac{r_o}{\mu+1} + R_s} \right] R_s v_i + \frac{R_2}{R_2 + R_g} v_i$$

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

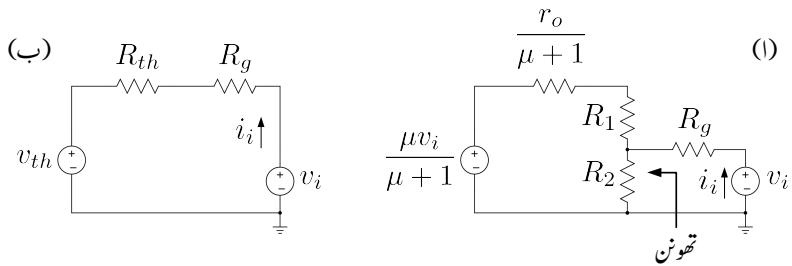
$$(3.100) \quad A_v \approx \frac{\mu}{\mu + 1} \approx 1$$

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 باینے جناب کا تھوڑا مساوی دوسری سطھ 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 مامنہ ہوتا 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 $V_{GSQ} = 15 \text{ V}$ ۔ 15 V کی منع استعمال کرتے ہوئے $R_i = 200 \text{ k}\Omega$ حاصل کرنے کی حاضر 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

$$A_v \approx \frac{0.4 \times 10^{-3} \left(\frac{36}{36+1} \right) 12.5 \times 10^3}{1 + 0.4 \times 10^{-3} \times 12.5 \times 10^3} = 0.81 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

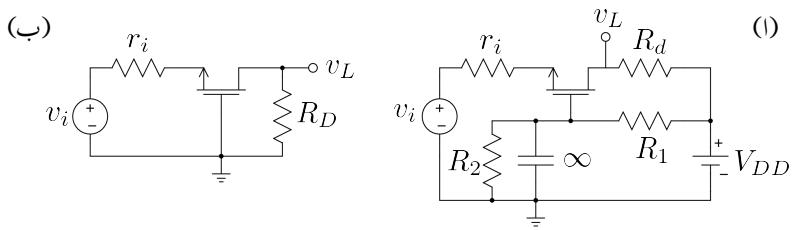
حاصل ہوتا ہے۔
مساوات ۲.۱۰۲ کی مدد سے $R_i = 200\text{k}\Omega$ حاصل کرنے کی حراطر

$$200000 = \frac{R_g}{1 - \frac{10000 \left(\frac{36}{36+1} \right)}{2500 + 10000}}$$

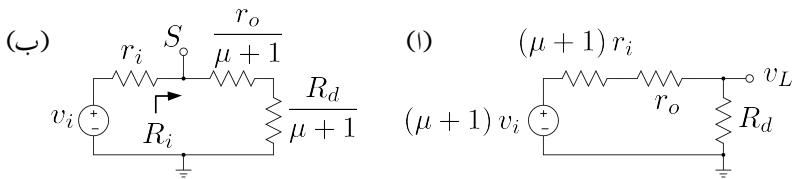
حاصل ہوتا ہے۔ $R_g = 44\text{k}\Omega$ سے

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 والے ہیں جبکہ v_2 کو v_i کہا گیا ہے۔ لہذا تمام اجزاء کو ذرین میں منتقل کرتے ہوئے شکل ۲.۵ کے طرز پر شکل ۲.۵۷ اف 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

$$v_L = \frac{R_d}{(\mu + 1) r_i + r_o + R_d} (\mu + 1) v_i$$

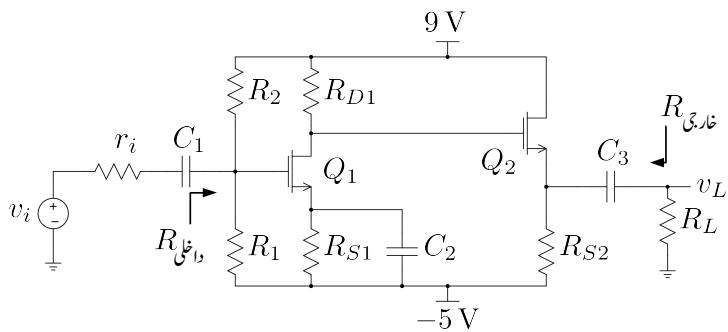
جس سے افزاش $A_v = \frac{v_L}{v_i}$ یوں کہی جا سکتی ہے

$$A_v = \frac{(\mu + 1) R_d}{(\mu + 1) r_i + r_o + R_d}$$

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 کری زنجیری ماسفیٹ ایمپلیفیائر

۱۸. زنجیری ایمپلیفیائر

ایک سے زیادہ ایمپلیفیائر کو زنجیری کی شکل میں جو زیادہ سے زیادہ افنسائز حاصل کرنا ممکن ہوتا ہے۔ ایسے زنجیری ایمپلیفیائر میں عموماً داخلی جانب پہلی کڑی، درکارِ داخلی مزاجت فراہم کرنے کی عذرخواہ تخلیق دیا جاتا ہے جبکہ آخوندی کڑی کو درکارِ خارجی مزاجت کے لئے تخلیق دیا جاتا ہے۔ درمیانی کڑیاں درکارِ افنسائز 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 $R_{D1} = 1\text{ M}\Omega$ 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 برقی دیا جائے۔

$$\begin{aligned} 9 + 5 &= V_{DS2} + I_{DS2}R_{S2} \\ &= 5 + 1.2 \times 10^{-3}R_{S2} \end{aligned}$$

$R_{S2} = 7.5\text{ k}\Omega$ ہاصل ہوتا ہے۔ افنسائز 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 $V_{GS1} = 1.632\text{ V}$

$$V_{G1} = V_{S1} + V_{GS1}$$

$$2 + 1.632 = 3.632\text{ V}$$

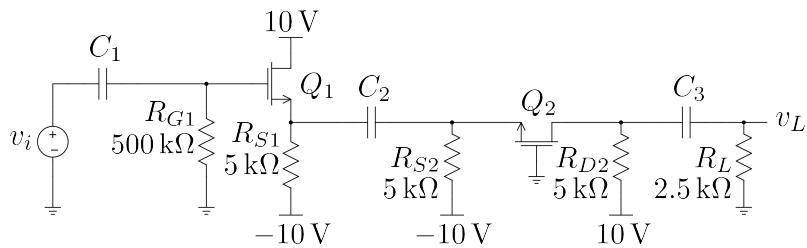
حاصل ہوتا ہے۔ V_{G1} کے لئے ہم لکھ سکتے ہیں

$$V_{G1} = 3.632 = \left[\frac{9 - (-5)}{R_1 + R_2} \right] R_1 - 5$$

چونکہ R_1 کے برابر ہے جس کی قیمت $150\text{ k}\Omega$ درکار ہے لہذا

$$150 \times 10^3 = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$$

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 ڈرین، مشترک گیٹ ایمپلیکیٹر

مثال ۵.۹: شکل ۵.۹ میں I_{DS1} کے لحیتے ہوئے $V_{t1} = V_{t2} = 2\text{ V}$ اور $k_{n1} = k_{n2} = 3 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2}$ میں حاصل کریں۔ ان قیتوں کو استعمال کرتے ہوئے کل افزائش $A_v = \frac{v_L}{v_i}$ حاصل کریں۔ I_{DS2} حل: ماسنیٹ کو افزائندہ 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 افزائندہ 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 جا سکتا ہے۔ v_s کی مساوات حاصل کرتے ہیں۔

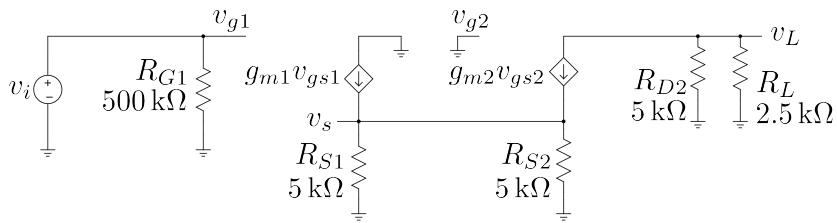
$$\begin{aligned} v_s &= \left(g_{m1}v_{gs1} + g_{m2}v_{gs2} \right) \left(\frac{R_{S1}R_{S2}}{R_{S1} + R_{S2}} \right) \\ &= g_m [(v_i - v_s) + (-v_s)] R_S \end{aligned}$$

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 جا سکتا 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 ایپلیکر اور ولٹ ٹکے کام کرنے والے ایسے قوی ماسفیٹ "زیادہ طاقت فتاہ کرنے میں کام آتے ہیں۔ اس طرح کے متعدد ماسفیٹ متوازن

جوڑ کر مسزید زیادہ برقی روکوٹا بکیا جاتا ہے۔ یک سمت سے بدلتا رو برقی دبادہ نتائے انورٹر^{۲۵} 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 مختلطف 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^{۲۶} 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^{۲۷}
heat sink^{۲۸}

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 ۱.۳: ایک nMOSFET کے v_{DS} کا $\frac{cm^2}{Vs}$ میں $\epsilon = 3.97\epsilon_0$ اور $d = 0.02 \mu m$ اور $\mu_n = 650$ ہے۔ نہایت کم $V_t = 0.8 V$ جبکہ $V_{GS} = 1.8 V$ اور $\frac{W}{L} = 20$ ہوں تب ماشین کی مسازحت کی مساوات کیا ہوگی۔ اگر $V_t = 0.8 V$ جبکہ $V_{GS} = 1.8 V$ اور $\frac{W}{L} = 20$ ہوں تب ماشین کی مسازحت نہایت کم v_{DS} پر کیا ہوگی۔ جوابات:

$$r = \frac{1}{k'_n \frac{W}{L} (v_{GS} - V_t)} = 445 \Omega$$

سوال ۱.۴: ایک pMOSFET کے $\mu_p \approx 0.4 \mu_n$ ہوتا ہے۔ سوال ۱.۳ میں بقیا معلومات تبدیل کے بغیر، نہایت کم V_{SD} پر pMOSFET کی مسازحت حاصل کریں۔ جواب:

سوال ۱.۵: بقیا ساخت مکمل طور پر ایک جیسے رکھنے ہوئے مقنی اور مقبت ماشین کے چوڑائی W کی ایسی شرح دریافت کریں جن پر دونوں ماشین کی مسازحت برابر ہو۔

$$\frac{W_n}{W_p} = 0.4$$

سوال ۱.۶: ایک مقنی ماشین جس کے mA کے $k_n = 0.02 \frac{mA}{V^2}$ اور $V_t = 1 V$ اور $i_{DS} = 4 V$ کو $v_{GS} = 4 V$ پر چلا جاتا ہے۔ $v_{DS} = 1 V$ اور $v_{DS} = 6 V$ اور $i_{DS} = i_{DS}$ کے v_{DS} پر حاصل کریں۔

$$90 \mu A, 90 \mu A, 50 \mu A$$

سوال ۱.۷: ایک مقنی ماشین جس کے

$$k_n = 0.08 \frac{mA}{V^2}, \quad V_t = 1 V$$

ہیں کو افسزاں دھنے میں $i_{DS} = 4 mA$ پر استعمال کرنے کی حراطر درکار v_{GS} اور کم سے کم v_{DS} حاصل کریں۔ اگر اس مقنی ماشین کی صورت میں $V_t = -1 V$ ہو تو جوابات کیا ہوں گے۔

جوابات: $V_t = 1 V$ کی صورت میں $v_{DS} = 11 V$ اور $v_{GS} = 10 V$ اور $v_{DS} \geq 10 V$ اور $v_{GS} = 9 V$ اور $v_{DS} \geq 10 V$ اور v_{DS} حاصل ہوتے ہیں۔

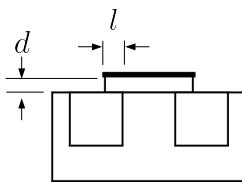
سوال ۱.۸: سوال ۱.۷ کو $i_{DS} = 0.4 mA$ کے لئے دوبارہ حل کریں۔ جوابات: $v_{DS} \geq 3.16 V$ اور $v_{GS} = 4.16 V$ اور $V_t = 1 V$ کی صورت میں $V_t = -1 V$ جبکہ $v_{DS} \geq 3.16 V$ اور $v_{GS} = 2.16 V$ اور $v_{DS} \geq 3.16 V$ اور $v_{GS} = 2.16 V$ حاصل ہوتے ہیں۔

سوال ۱.۹: مقنی بڑھاتا ماشین کے مساوات کے ظکا غنڈ پر قائم کھپیں۔ انہیں کو کسی پوری کی مدد سے کھپیں۔

سوال ۱.۱۰: شکل ۱.۳ 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 $\mu m \cdot d = 0.02 \mu m$ اور $W = 100 \mu m$ اور $l = 1 \mu m$ ہوں تب اس کپیٹر کی قیمت کیا ہوگی۔ $\epsilon = 3.97\epsilon_0$ میں جس $\frac{F}{m}$ میں $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \frac{F}{m}$ کے برابر ہے۔

$$\text{جوابات: } 176 fF, C_{gsp} = \frac{\epsilon_r \epsilon_0 W l}{d}$$

سوال ۱.۱۱: ایک مقنی بڑھاتا ماشین کے گیٹ اور ذین کو آپس میں جوڑ کر اس کے v_{DS} اور i_{DS} ناپے جاتے ہیں۔ $4 V$ پر $1 mA$ جبکہ $6 V$ پر $2.5 mA$ ناپا جاتا ہے۔ اس ماشین 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۔

$$V_t = 3.24 \text{ V}, k_n = 2.59 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2}$$

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۔
کرنے کے لئے درکار $L = 10 \mu\text{m}$ ہوتے W کیا ہوگا؟ $v_{GS} = 8 \text{ V}$ پر مزاجت کی قیمت کیا ہوگی؟

$$\text{جوابات: } 940.2 \mu\text{m}, 104.2 \Omega$$

سوال ۱۹.۲۴: ایک ماسفینٹ کو اندازہ نظر میں استعمال کرتے ہوئے اس کا v_{GS} برقرار رکھا جاتا ہے۔
اوہ اور ابی تقیدی دباؤ $V_A = 50 \text{ V}$ پر حاصل کریں۔

$$r_0 = \frac{\Delta v_{DS}}{\Delta i_{DS}} = 33.33 \text{k}\Omega, V_A = 50 \text{ V}$$

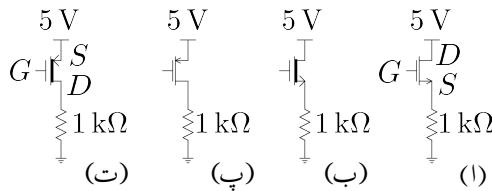
سوال ۱۹.۲۵: مندرجہ بالا سوال کے ماسفینٹ کے حنری مزاجت r_0 کی قیمت $i_{DS} = 100 \mu\text{A}$ اور 10 mAr پر حاصل کریں۔

$$\text{جوابات: } 5 \text{k}\Omega, r_0 = \frac{V_A}{I_{DSQ}} = 500 \text{k}\Omega$$

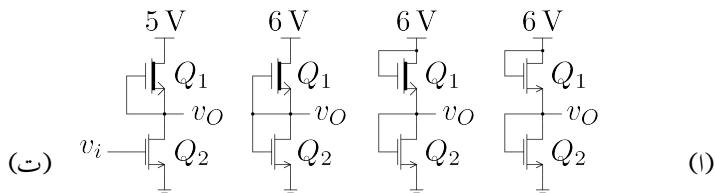
سوال ۱۹.۲۶: ایک گھناتہ مقی ماسفینٹ کے $V_t = -3 \text{ V}$ اور $k_n = 0.2 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2}$ ہے۔ اگر گیٹ کو سورس کے ساتھ جوڑا جائے تب $v_{DS} = -2 \text{ V}$ اور $i_{DS} = 5 \text{ mA}$ کیا ہوں گے؟ ان دونوں صورتوں میں ماسفینٹ کس خطے میں ہوگا؟

جوابات: ۰.۹ mA، ۰.۸ mA، پہلی صورت میں غیر اندازہ جبکہ دوسری صورت میں اندازہ نظر میں ہے۔

سوال ۱۹.۲۷: 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 تب i_{DS} کیا ہوگا؟ اگر گیٹ کو سورس کے ساتھ جوڑا جائے تب i_{DS} کی قیمت کیا ہوگی۔
جوابات: ڈرین کے ساتھ جوڑنے سے ۰.۵۶ mA جبکہ سورس کے ساتھ جوڑنے سے ۰ 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 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 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 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.

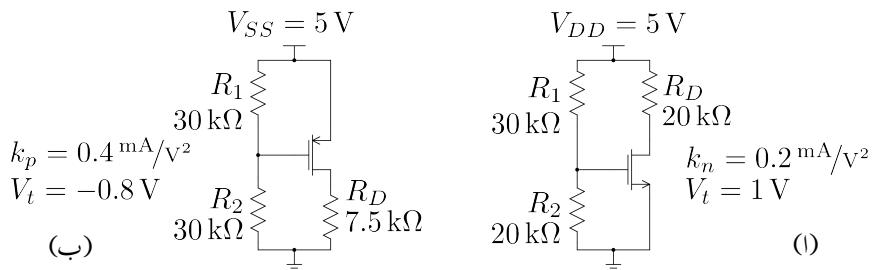
سوال ۳.۱۹: شکل ۳.۲۳ اف میں $k_{n2} = 200 \frac{\mu A}{V^2}$, $k_{n1} = 50 \frac{\mu A}{V^2}$ جبکہ دونوں ماسنیٹ کا $V_t = 1V$ ہے۔ v_O حاصل کریں۔

جواب: $v_O = 2.3333 V$ ، دونوں ماسنیٹ انسائز دھنٹے میں ہیں۔

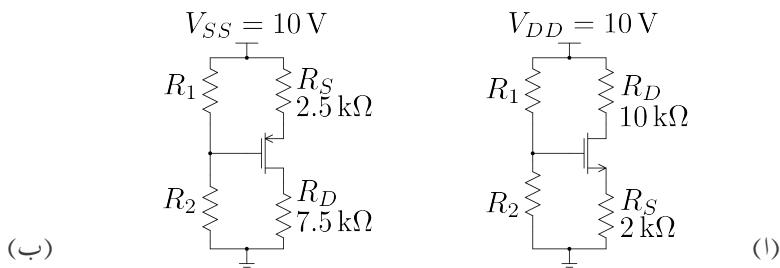
سوال ۳.۲۰: شکل ۳.۲۳ ب میں $k_{n2} = 200 \frac{\mu A}{V^2}$, $k_{n1} = 50 \frac{\mu A}{V^2}$ جبکہ $V_{t1} = -0.8V$ ہے۔ $V_{t2} = 1.2V$ ہے۔ v_O حاصل کریں۔

جواب: $V_{t2} = 3.04 V$ ، Q_2 انسائز دھنٹے جبکہ Q_1 غیر انسائز دھنٹے۔

سوال ۳.۲۱: شکل ۳.۲۳ پ میں $k_{n2} = 200 \frac{\mu A}{V^2}$, $k_{n1} = 50 \frac{\mu A}{V^2}$ جبکہ $V_{t1} = -0.8V$ ہے۔ $V_{t2} = 1.2V$ 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 $I_{DS} = 0.5 \text{ mA}$ ہو اور ان مزاحمت میں I_{DS} کے 10% برقرار پائی جائے۔

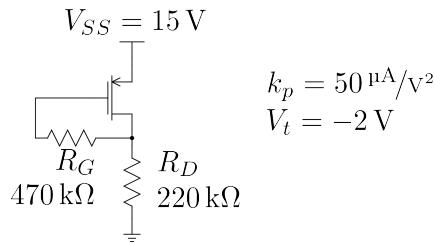
جواب: $R_2 = 95.4 \text{ k}\Omega, R_1 = 104.6 \text{ k}\Omega$

سوال ۲.۲۵: شکل ۲.۲۵ ب میں $I_{SD} = 5 \text{ V}$ ہو اور ان مزاحمت میں I_{SD} کے 10% برقرار پائی جائے۔

جواب: $R_2 = 102.36 \text{ k}\Omega, R_1 = 97.64 \text{ k}\Omega$

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 ۳.۲۵: 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 ۳.۲۶: عموماً ایک ہی قسم کے دو عدد ماسفیٹ کے خصوصیات میں فرق ہوتا ہے۔ یہاں اگر سوال ۳.۲۵ میں ماسفیٹ کے V_t کی قیمت 2 V تا 1.6 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 mA تا 0.8656 mA دونوں صورتوں میں ماسفیٹ افسزائند ہے۔

سوال ۳.۲۷: شکل ۳.۲۵ میں $R_1 = 100 \text{ k}\Omega$ اور $R_2 = 50 \text{ k}\Omega$ پر $R_S = 50 \text{ k}\Omega$ اور $R_1 = 156.5 \text{ k}\Omega$ بر قی دیا گیا جاتا ہے۔ R_2 کے متوازی $1000 \text{ k}\Omega$ نسب کرنے کے بعد R_S پر 0.507 V نیچا 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 ۳.۲۸: مدرج 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 ۳.۲۹: شکل ۳.۲۵ میں $i_{DS} = 0.1 \text{ mA}$ کی توقع ہے۔ یہاں $v_{DS} = 3 \text{ V}$ ہونی چاہئے۔ اصل قیمت 2.94 V نیچی جاتی ہے۔ ماسفیٹ کی الٹہ بر قی دیا گیا حاصل کریں۔

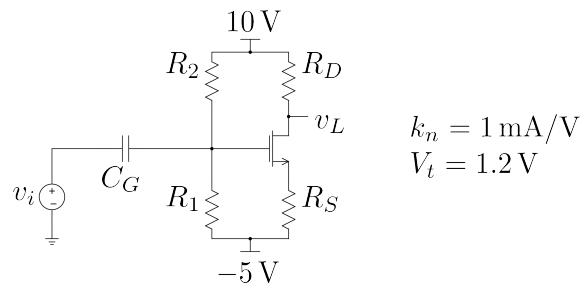
$$\text{جواب: } 100 \text{ V}$$

سوال ۳.۳۰: شکل ۳.۲۷ کے ایکپیغائز میں $I_{DS} = 2 \text{ mA}$ اور $V_{DS} = 5 \text{ V}$ حاصل کرنے کے لئے درکار مسازحت حاصل کریں۔ R_D کو R_S کے نو گنرا کھیں اور R_1 میں بر قی رو I_{DS} کے دس فی صد کھیں۔ ایکپیغائز کا $A_v = \frac{v_L}{v_i}$ بھی حاصل کریں۔

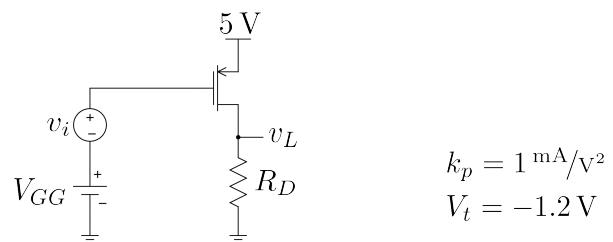
جواب: $R_2 = 64 \text{ k}\Omega$ اور $R_1 = 11 \text{ k}\Omega$ ، $R_D = 4.5 \text{ k}\Omega$ ، $R_S = 0.5 \text{ k}\Omega$ اور $A_v = -2.25 \frac{\text{V}}{\text{V}}$ ، $g_m = 2 \text{ mS}$ حاصل ہوتے ہیں۔

سوال ۳.۳۱: 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؟

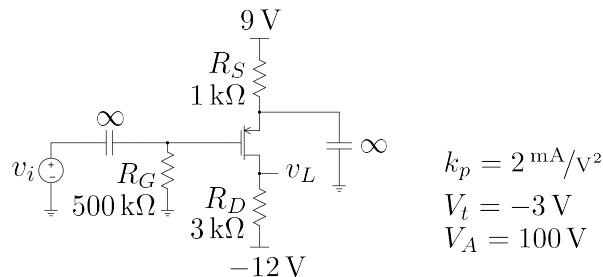
$$\text{جواب: } I_{SD} = 0.222 \text{ mA}, V_{GG} = 3.133 \text{ V}, R_D = 9 \text{ k}\Omega$$



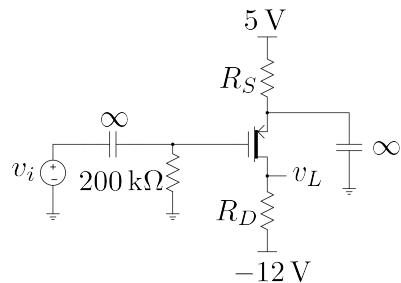
شکل ۷.۲۷



شکل ۷.۲۸



شکل ۳.۶۹



شکل ۳.۷۰

سوال ۳.۳۶: شکل ۳.۶۹ میں $A_v = \frac{v_L}{v_i}$ اور V_{SD} , I_{SD} حاصل کریں۔

جوابات: $A_v = -10.73 \frac{\text{V}}{\text{V}}$ 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 ۳.۳۵: شکل ۳.۷۰ میں R_D اور R_S اسی $V_A = 40 \text{ V}$ اور $k_p = 2 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2}$ ، $V_t = -1.4 \text{ V}$ کی ایک قیمتیں حاصل کریں جن سے $A_v = \frac{v_L}{v_i}$ اور $V_{SD} = 6 \text{ V}$ ، $I_{SD} = 0.36 \text{ mA}$ حاصل ہوں۔

حصہ گی حاصل کریں۔

جوابات: $A_v = -22.7 \frac{\text{V}}{\text{V}}$ اور $r_o = 128 \text{ k}\Omega$ ، $R_D = 22 \text{ k}\Omega$ ، $R_S = 8.333 \text{ k}\Omega$ حاصل ہوتے ہیں۔

سوال ۳.۳۶: 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 $k_n = 0.6 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2}$ ، $R_{S2} = 7.5 \text{ k}\Omega$ ، $58.3 \text{ k}\Omega$ کارکردگی 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 صحیح کارکردگی 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۔

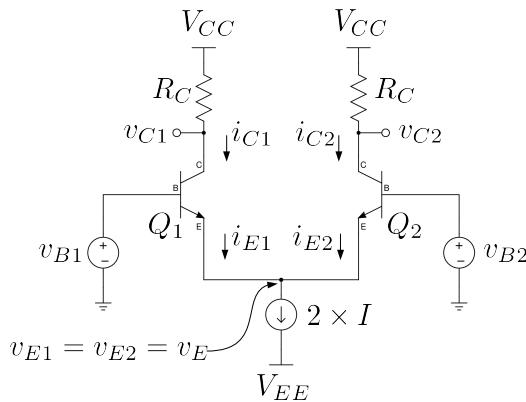
$$(5.1) \quad v_{E1} = v_{E2} = v_E$$

مسازی 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 کارکردگی 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 مہی اکیا گیا

difference pair^۱
matched^۲
common mode voltage^۳



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

$$(5.3) \quad v_o = v_{C2} - v_{C1} = 0$$

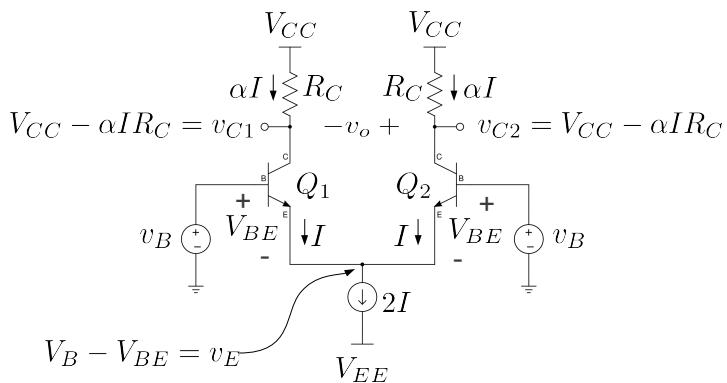
ہو گا۔ یہ ایک اہم اور عمومی نتیجہ ہے جس کے تحت اگر تفسیقی جوڑے کے دونوں مداہنل پر برابر قی دباؤ مہیا کیا جائے تو یہ صفر و بیڈ خارج کرے گا۔ اس حقیقت کو یوں بہتر بیان کیا جاسکتا ہے کہ تفسیقی جوڑا مشترکہ بر قی دباؤ کو رد کرتا ہے۔ تفہق بر قی اشارہ v_d کو یوں بیان کیا جاتا ہے

$$(5.4) \quad v_d = v_{B1} - v_{B2}$$

جبکہ مشترکہ بر قی 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 بر قی 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 مدار حلق پر برابری 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 یہیں سے برابری دباؤ لینی 3 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 دئے جاتے تب

$$v_{BE1} = v_{BE2} = 0.7 \text{ V}$$

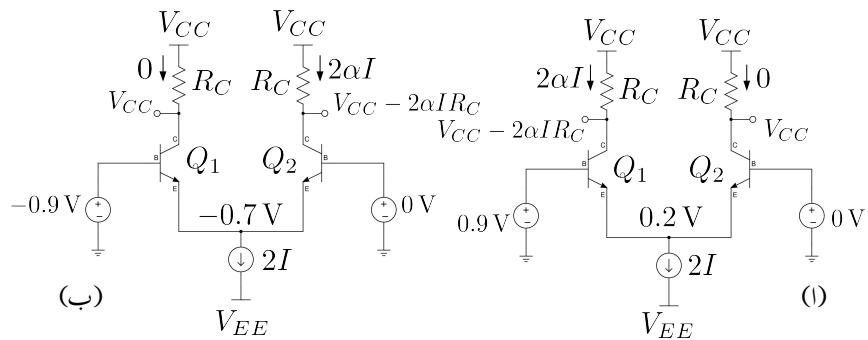
$$v_E = v_B - v_{BE} = 0 - 0.7 = -0.7 \text{ V}$$

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 انہیات 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 صفر 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 V جبکہ اس کے بیٹھ سرے پر -0.7 V ہونے کی وجہ سے یہ ممکن چھوٹ 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 ΔI 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

$$i_{C1} = \alpha I_{E1} = \alpha (I + \Delta I)$$

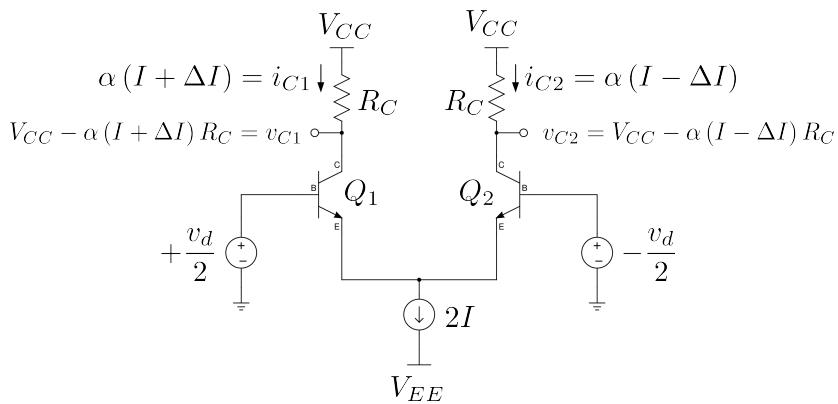
$$i_{C2} = \alpha I_{E2} = \alpha (I - \Delta I)$$

$$v_{C1} = V_{CC} - i_{C1} R_C = V_{CC} - \alpha (I + \Delta I) R_C$$

$$v_{C2} = V_{CC} - i_{C2} R_C = V_{CC} - \alpha (I - \Delta I) R_C$$

$$v_o = v_{C2} - v_{C1} = +2\alpha \Delta I R_C$$

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: باریک 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

$$(5.6) \quad v_{BE1} = v_{B1} - v_{E1} = v_{B1} - v_E$$

ہو گا اسی طرح Q_2 کے لئے ہم لکھ سکتے ہیں

$$(5.7) \quad v_{BE2} = v_{B2} - v_{E2} = v_{B2} - v_E$$

ان برقی دباؤ کو استعمال کر کے ہم لکھ سکتے ہیں

$$(5.8) \quad i_{C1} = I_S \left(e^{\frac{v_{BE1}}{V_T}} - 1 \right) \approx I_S e^{\frac{v_{BE1}}{V_T}} = I_S e^{\frac{v_{B1} - v_E}{V_T}}$$

$$(5.9) \quad i_{C2} = I_S \left(e^{\frac{v_{BE2}}{V_T}} - 1 \right) \approx I_S e^{\frac{v_{BE2}}{V_T}} = I_S e^{\frac{v_{B2} - v_E}{V_T}}$$

یہ

$$(5.10) \quad i_{E1} = \frac{i_{C1}}{\alpha} = \frac{I_S}{\alpha} e^{\frac{v_{B1} - v_E}{V_T}}$$

$$(5.11) \quad i_{E2} = \frac{i_{C2}}{\alpha} = \frac{I_S}{\alpha} e^{\frac{v_{B2} - v_E}{V_T}}$$

باب ۵۔ تصریف ایمپلینگز

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

$$(5.16) \quad \begin{aligned} \left(\frac{2 \times I}{i_{E1}} \right)^{-1} &= \left(1 + e^{-\frac{v_d}{V_T}} \right)^{-1} \\ \frac{i_{E1}}{2 \times I} &= \frac{1}{\left(1 + e^{-\frac{v_d}{V_T}} \right)} \end{aligned}$$

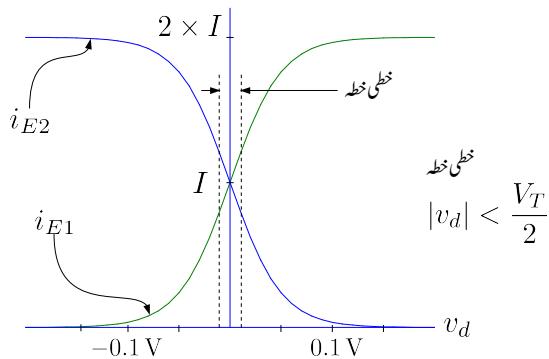
یعنی

$$(5.17) \quad i_{E1} = \frac{2 \times I}{\left(1 + e^{-\frac{v_d}{V_T}} \right)}$$

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 $i_{E2} = 0$ حاصل کریں۔
حل: مساوات ۱۵.۱۸ سے حاصل ہوتا ہے

$$i_{E1} = \frac{2 \times I}{1 + e^{-\frac{0}{V_T}}} = \frac{2 \times I}{1 + e^0} = \frac{2 \times I}{1 + 1} = I$$

اسی طرح مساوات ۱۵.۱۸ سے حاصل ہوتا ہے

$$i_{E2} = \frac{2 \times I}{1 + e^{+\frac{0}{V_T}}} = \frac{2 \times I}{1 + e^0} = \frac{2 \times I}{1 + 1} = I$$

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 نہایت تیز رفتار اور 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 نہایت 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 مطابق $i_{C2} = \alpha I$ اور $i_{C1} = \alpha I - i_{C2}$ حاصل ہوتا ہے جو لفظ کارکردگی پر مکمل برقرار رہے گی 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

$$\begin{aligned} i_{C1} &= I_C + \frac{\alpha I}{V_T} \frac{v_d}{2} \\ &= I_C + i_c \\ i_{C2} &= I_C - \frac{\alpha I}{V_T} \frac{v_d}{2} \\ &= I_C - i_c \end{aligned} \quad (5.26)$$

کھا جاسکتا ہے جبکہ i_c بدلتا برقرار رہ یعنی

$$i_c = \frac{\alpha I}{V_T} \frac{v_d}{2} = \left(\frac{I_C}{V_T} \right) \frac{v_d}{2} \quad (5.27)$$

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۔

$$i_c = g_m \frac{v_d}{2} \quad (5.28)$$

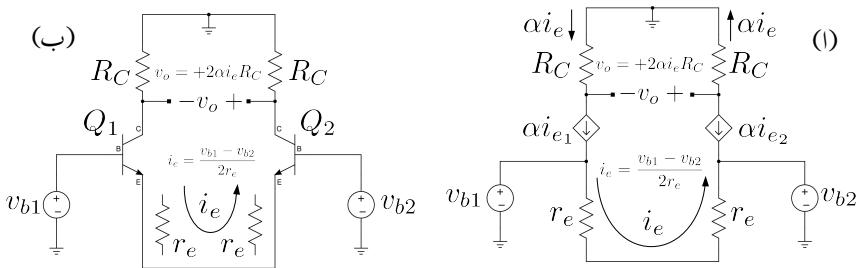
اس طرح مساوات ۵.۲۵ کو یوں لکھ سکتے ہیں۔

$$\begin{aligned} i_{C1} &= I_C + g_m \frac{v_d}{2} \\ i_{C2} &= I_C - g_m \frac{v_d}{2} \end{aligned} \quad (5.29)$$

یہاں رکر شکل ۵.۶ میں دکھائے گئے i_{C1} اور i_{C2} کا مساوات ۵.۲۵ میں حاصل کئے گئے قیمتیں 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 رہنے والے حاصل کی جاتی 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 رہنے والے حاصل کی جاتی 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 روشنکل دکھایا گیا ہے جہاں تسامیک سمت منبع برقی دباؤ کو قصر دور اور تسامیک سمت منبع برقی روکو کھلے سے کیا گیا ہے۔ شکل ۵.۶ الف میں ٹرانزسٹر کے ٹی-ریاضی نمونہ استعمال کر کے اسی کا مساوی دور بنایا 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 کھٹکے یوں $v_{b1} - v_{b2}$ 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 آئنی 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۔

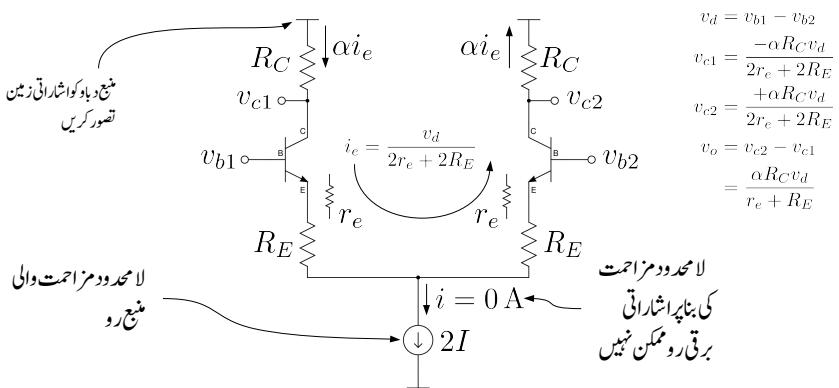
ان دونوں اشکال کو دیکھ کر حنا رجی بر قی دباؤ v_o حاصل کی جا سکتا ہے یعنی

$$(5.33) \quad v_o = +i_c \times 2 \times R_C = +g_m R_C v_d$$

اس مساوات سے تفرقہ اخراجی بر قی دباؤ $A_d = \frac{v_o}{v_d}$ حاصل کی جا سکتی ہے۔

$$(5.33) \quad A_d = \frac{v_o}{v_d} = +g_m R_C$$

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 بکھر سرے پر بیرونی مژاہمت R_E نسب کئے گئے ہیں۔ اس دور کو دیکھ کر ہم لکھ سکتے ہیں۔

$$i_e = \frac{v_d}{2r_e + 2R_E}$$

اس مسادت سے تفرقہ افرائش برقی دباؤ حاصل ہوتی ہے۔

$$(5.35)$$

$$\begin{aligned} i_c &= \alpha i_e = \frac{\alpha v_d}{2r_e + 2R_E} \\ v_o &= +2i_c R_C = +\frac{\alpha v_d R_C}{r_e + R_E} \\ A_d &= \frac{v_o}{v_d} = +\frac{\alpha R_C}{r_e + R_E} \approx +\frac{R_C}{r_e + R_E} \end{aligned}$$

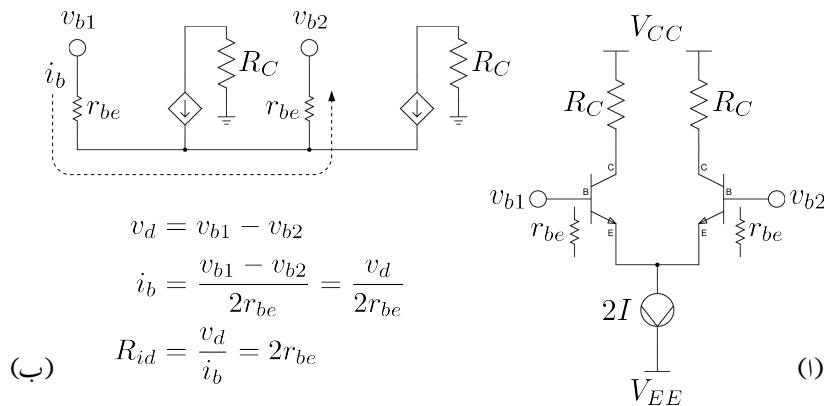
یاد رہے کہ اشاراتی تحبز یہ کرتے وقت یک سمت برقی دباؤ کو قصر دور جبکہ یک سمت برقی رو کو آزاد سرے کر دیا جاتا ہے۔

۵.۶.۳ داخلی تفاضلی مژاہمت

تفاضلی جوڑے میں دونوں ٹرانزسٹر کے π ریاضی نمونہ استعمال کرتے شکل ۷.۶ ب حاصل ہوتا ہے جس سے اس کی داخلی برقی رو i_b

$$(5.36)$$

$$i_b = \frac{v_{b1} - v_{b2}}{2r_{be}} = \frac{v_d}{2r_{be}}$$



شکل ۵.۸: تفرقی جوڑے کی داخلی تفرقی مزاحمت

اور اس سے تفرقی جوڑے کا داخلی تفرقی مزاحمت^۸ 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^۸ 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

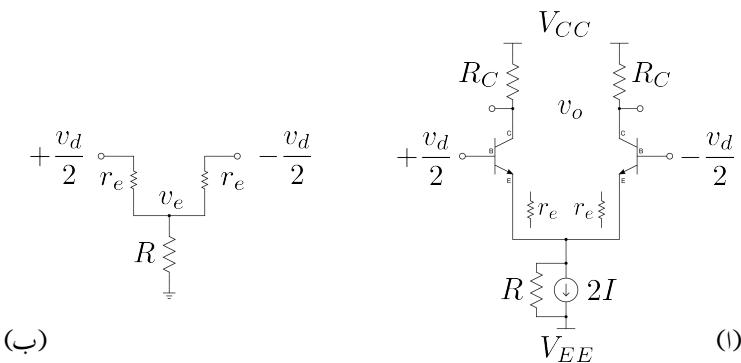
$$(5.39) \quad i_b = \frac{i_e}{\beta + 1} = \frac{1}{\beta + 1} \left(\frac{v_d}{2r_e + 2R_E} \right)$$

ہو گا جس سے داخلی تفرقی مزاحمت^۸ 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

⁸differential input resistance



شکل ۵.۹: باریکے اشاراتی مزاجت کو زیر نظر رکھتے ہوئے داخنی تفرقی مزاجت

مسگر مدد ہوتی ہے۔ شکل ۵.۹ اف میں یہ سمت منج روکا مساوی نامٹھ دور استعمال کرتے ہوئے اس کے اندر وہی باریکے اشاراتی مزاجت R کو بھی شامل کیا گیا ہے۔ اس شکل میں ٹرانزسٹر کا اندر وہی مزاجت r_e کو تفرقی جوڑے کے اندر جناب منرضی طور کھایا گیا ہے۔ شکل ۵.۹ ب میں اس ایپلیغاڑ کے داخنی جناب کا باریکے اشاراتی ریاضی نمونہ دکھایا گیا ہے۔ ٹرانزسٹروں کے پیٹر سے کابری دباؤ v_e حاصل کرنے کی حوصلہ اسکے جوڑ پر خوف نہ کامتاون برائے بری روہنا فذ کرتے ہیں۔

$$(5.21) \quad \frac{v_e - \frac{v_d}{2}}{r_e} + \frac{v_e + \frac{v_d}{2}}{r_e} + \frac{v_e}{R} = 0$$

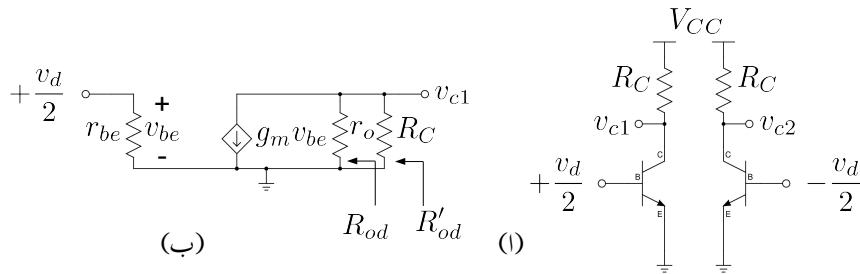
اس مساوات سے حاصل ہوتا ہے۔

$$(5.22) \quad v_e = 0$$

اس نتیجے کے مطابق باریکے تفرقی اشارہ v_d کا v_e پر کوئی اثر نہیں ہوتا اور v_e ہر وقت صفر ہو لے یعنی بر قی زمین پر رہتا ہے۔ اس حقیقت کو مد نظر رکھتے ہوئے شکل ۵.۹ اف کا (باریکے تفرقی اشارہ کے لئے) مساوی مادہ دور شکل ۱۰.۵ اف میں دکھایا گیا ہے۔ اس شکل میں تفرقی ایپلیغاڑ کو دو عدد مشترک ایمپلیغاڑ تصور کرنا دکھایا گیا ہے جہاں باکیں ہاتھ کے ایپلیغاڑ کا داخنی اشارہ $\frac{v_d}{2}$ اور اس کا خارجی اشارہ v_{ce1} ہے جبکہ دائیں ایپلیغاڑ کا داخنی اشارہ $\frac{v_d}{2}$ اور اس کا خارجی اشارہ v_{ce2} ہے۔ شکل ب میں باکیں ہاتھ کے ایپلیغاڑ کا باریکے اشاراتی ریاضی نمونہ دکھایا گیا ہے جہاں ٹرانزسٹر کے اندر وہی غارمچھ مزاجت r_o کے اثر کو بھی شامل کیا گیا ہے۔ اس ریاضی نمونے سے آدھے دور کا داخلہ باریکے اشاراتی مزاجت r_{be} کے بر اہر حاصل ہوتا ہے۔ تفرقی ایپلیغاڑ کا داخنی باریکے اشاراتی مزاجت اس کا داغن ہو گا یعنی

$$(5.23) \quad R_{id} = 2r_{be}$$

Norton equivalent^۹



شكل ۱۰.۵: تفرقی ایکلیپسیاٹر بطور دو عدد اینٹر جبڑے ایکلیپسیاٹر

اگر v_0 کو v_{c1} اور v_{c2} کے مابین لیا جائے تو تفرقی افزائش برقرار رکھ دیا جائے۔

$$(5.11) \quad A_d = \frac{v_o}{v_d} = \frac{v_{c2} - v_{c1}}{v_d} = g_m (R_C \parallel r_o)$$

حصہ مل ہوتا ہے۔ عموماً r_0 کی قیمت R_C کے قیمت سے بہت زیادہ ہوتی ہے اور یوں اس مساوات کو یوں لکھا جاسکتا ہے۔

$$(d, r_d) \quad A_{d, r_d} = \frac{v_{c2} - v_{c1}}{v_d} = g_m R_C = \frac{R_C}{r_e}$$

اس کے برعکس اگر v_0 کو v_{c1} (یا v_{c2}) سے حاصل کیا جائے تو تفرقی انہماں برقرار دبادیوں حاصل ہوتی ہے۔

$$A_{d\zeta, \gamma} = \frac{v_o}{v_d} = \frac{v_{c1}}{v_d} = -\frac{R_C}{2r_e}$$

شکل ۱۰.۵ ب میں آدھے ایکلیفائز کے حناری تقریتی مزاحمت R_{od} اور R'_{od} دکھائے گئے ہیں۔ وہ مزاحمت ہے جس میں R_C کے اڑکوٹ مسل نہیں کیا گی یعنی اس میں R_C کو لامب دو تصور کرتے دور کامزاحمت حاصل کیا گیا ہے۔ ہم کہتے ہیں کہ یہ مزاحمت R_C سے پہلا کامزاحمت ہے۔ کی R_{od} قیمت r_0 ہے۔ R'_{od} آدھے ایکلیفائز کا وہ حناری تقریتی مزاحمت ہے جو ٹرانزسٹر کے اندر ہونی مزاحمت r_0 اور اس کے ساتھ ملکے۔ بیرونی مزاحمت R_C دونوں کے اڑکوٹ مسل کرتا ہے۔ اس کی قیمت $(r_0 \parallel R_C)$ ہے۔

۵۳۳ داخلي مشته کے مزاحمت اور مشته کے افزاں

شکل ۱۱.۵ اف میں تفسیری جوڑے کو مشترک داخنی اشارہ CM میں فسرایا گیا ہے۔ دونوں ہاتھوں کے ٹرانزistorوں میں یکساں بر قی دو ان گزرنے کی اگر بیوں

$$v_e = (i_{e1} + i_{e2}) R = 2i_e R$$

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

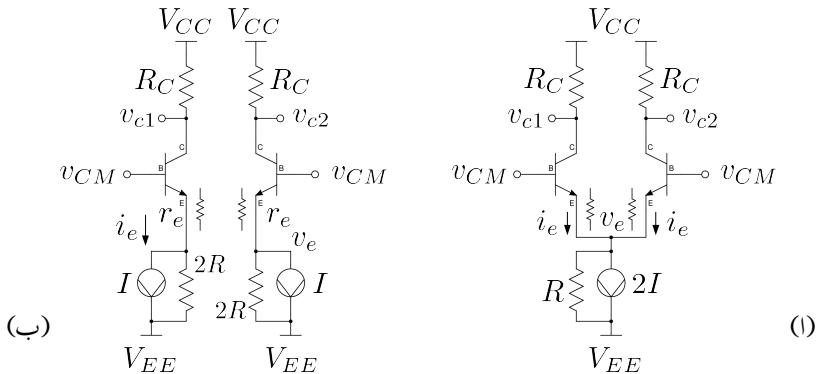
$$(5.44) \quad A_{cm,i} = \frac{v_o}{v_{CM}} = \frac{v_{c1}}{v_{CM}} = -\frac{\alpha R_C}{r_e + 2R}$$

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^{۱۰}



شکل ۱۱.۵: مشترکہ آڈیو دوڑ کا حصول

$$v_o \text{ ہوتا ہے۔ حققت میں تفسیقی ایکلپیغاٹر کے حنارجی اشارہ میں دونوں جبزوں پر چلتے ہیں اور یہاں$$

$$= A_{cm} v_{CM}$$

$$(5.55) \quad v_o = A_d v_d + A_{cm} v_{CM}$$

ہو گا۔ تفسیقی ایکلپیغاٹر تفسیقی اشارہ کو بڑھاتا ہے جبکہ یہ مشترکہ اشارہ کو کم کرتا ہے۔ مشترکہ اشارہ کو 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 ۵.۵۶ اور مساوات ۵.۵ کی مدد حاصل کی گئی ہے۔ مشترکہ اشارہ کو کرنے کے صلاحیت CMRR کو عموماً مذکور یہ ۱۰^{۱۲} 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 بنیاد 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 غور سے دیکھیں۔

تصور کریں کہ تفسیقی ایکلپیغاٹر کے دونوں میں استعمال کئے گئے مزاجت R_C میں منفرد کے علاوہ دونوں بازوں

common mode rejection ratio CMRR^{۱۱}
decibel dB^{۱۲}

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

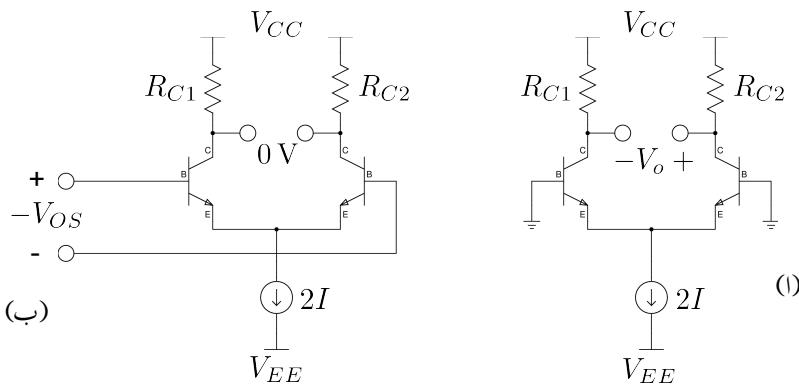
۵.۵.۱ داخلی انحرافی برقی دباؤ

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 فارم ۱۱ انحرافی برقی دباؤ^{۱۱} کہتے ہیں۔ حنارتی انحرافی برقی دباؤ کو تفرقی جوڑے کے تفرقی افزاش A_d سے تقسیم کر کے دالنے انحرافی برقی دباؤ^{۱۲} 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۔ انحرافی 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 انحرافی برقی دباؤ جسم لیتا ہے۔ آئینہ ان پر غور کریں۔

^{۱۱} output offset voltage
^{۱۲} input offset voltage



شکل ۱۲.۵: داخلي انحرافی برقي دباؤ

تفسیری جوڑے کے دو ڈاگز سڑک مسل طوریکاں 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 ہوگی۔ اگر R_{C1} اور R_{C2} کی قیمتیں بھی بالکل برابر ہوں تو $V_{C1} = V_{C2} = 0$ اور $V_o = 2I$ 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 یوں

$$(5.24) \quad V_o = V_{C2} - V_{C1} = 2\alpha I \Delta R_C$$

ہو گا۔ یہ غاریج انحرافی برقی دباؤ جس سے داغھ انحرافی برقی دباؤ یوں 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 β 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^{۱۵} 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^{۱۶} I_{OS} کہتے ہیں، کو یوں حاصل کرتے ہیں۔

$$(5.45) \quad I_{OS} = |I_{B1} - I_{B2}|$$

ٹرانزسٹر کے β 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 β 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^{۱۵}
input offset current^{۱۶}

$$\frac{1+x+x^2+\cdots}{1-x\sqrt{\frac{1}{1-\frac{x}{x-x^2}}}}$$

$$\frac{x^2-x^3}{\vdots}$$

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

$$(5.78) \quad I_B = \frac{I_{B1} + I_{B2}}{2} = \frac{I}{\beta+1}$$

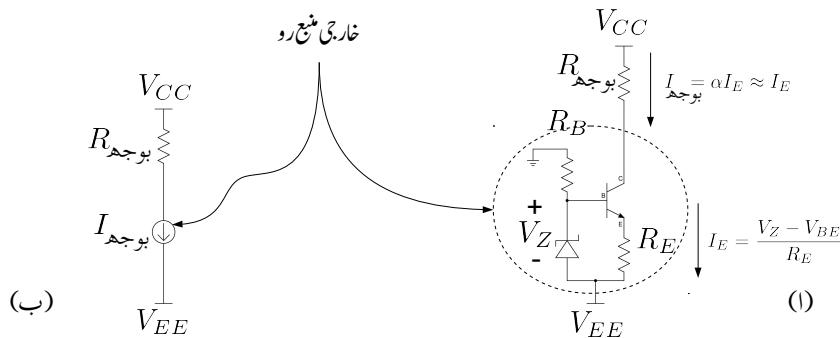
اور

$$(5.79) \quad I_{OS} = \left| \frac{2I}{\beta+1} \left(\frac{\Delta\beta}{\beta+1} \right) \right| = 2I_B \left(\frac{\Delta\beta}{\beta+1} \right)$$

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

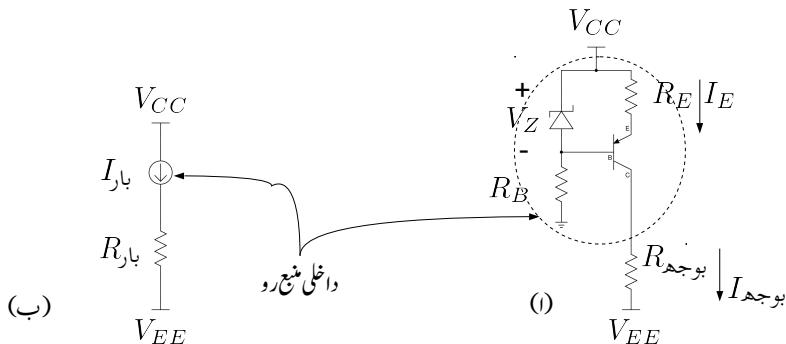
۷.۵ یک سمت منع بر قی رو

شکل ۱۳.۱۵ میں npn ٹرانزسٹر استعمال کرتے ہوئے یک سمت منع رو کا حصول دکھایا گیا ہے۔ اس دور میں، α 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^{۱۸} 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^{۱۹} کار منع رو^{۲۰} بھی کہا جاتا ہے۔

current sink^{۱۸}
current source^{۱۹}



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۔ آئیں دیکھیں کہ اس طرز کے یک سمت منبع رو کیسے بنائے جاتے ہیں۔

۵.۸ آئینہ برقی رو

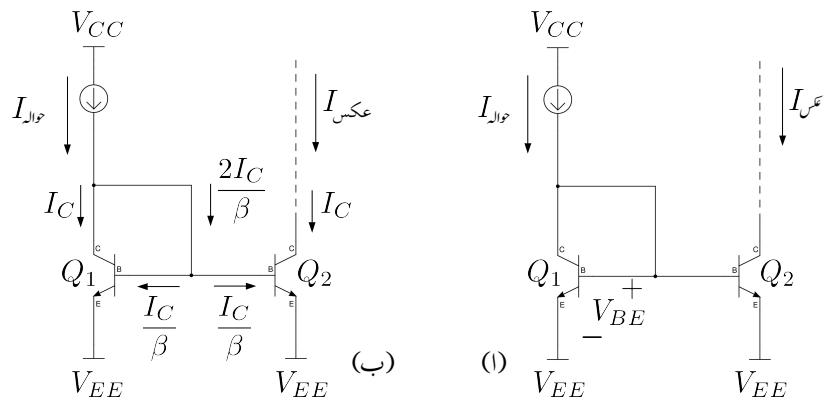
شکل ۵.۶ اف میں آئینہ برقی رو^{۱۰} دکھایا گیا ہے۔ تصور کریں کہ دونوں ٹرانزسٹر کے β کی قیمت لامدد ہے اور باعث بادو میں برقی رو حوالہ I گزر رہی ہے۔ β کی قیمت لامدد ہو تو ٹرانزسٹر کے بیس سرے پر برقی رو I_B فتابل نظر انداز ہو گی۔ یوں ٹرانزسٹر Q_1 میں برقی رو حوالہ I اور اس کے بیس-بیس-بیس پر برقی رو V_{BE} 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 بیس سرے آپس میں جبڑے ہیں۔ اسی طرح ان کے بیس سرے بھی آپس میں جبڑے ہیں۔ یوں Q_2 کے بیس-بیس-بیس پر برقی رو V_{BE} پایا جائے گا۔ اس ٹرانزسٹر کے لئے ہم لکھ سکتے ہیں۔

$$(5.81) \quad I_{\text{مس}} = I_S \left(e^{\frac{V_{BE}}{V_T}} - 1 \right)$$

^{۱۰} 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 β 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 β 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 جوڑ دیا جائے تو بے حوالہ I_1 یوں حاصل ہو گا۔

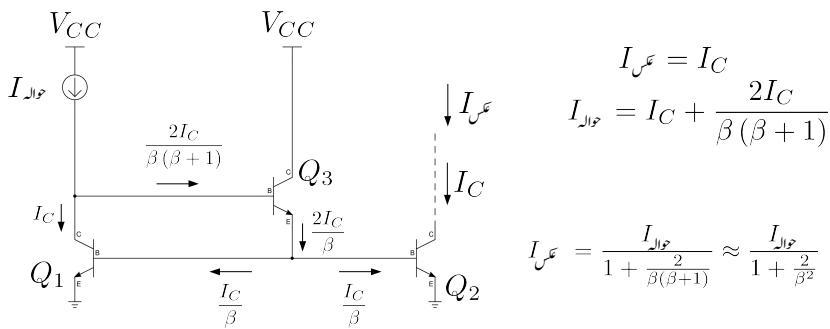
$$(5.89) \quad I_{حوالہ} = \frac{V_{CC} - V_{BE1} - V_{BE3}}{R}$$

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 بوجہ بوجہ 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

$$R = 11.3 \text{ k}\Omega$$

$$R_{بوجہ} = 5 \text{ k}\Omega$$

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 $20\text{k}\Omega$ 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 $40\text{k}\Omega$ کرنے سے کیا نتائج مرتباً ہوں گے۔
- حل:

۱. ترانزسٹر Q_1 کا بھر سرا 12V - پر ہے جبکہ اس کے بیس-میٹر جوڑ پر 0.7V پائے جاتے ہیں۔ یہ اس کا بیس سرا 11.3V - پر ہو گا۔ چونکہ بیس اور مکلٹر جبڑے میں لینڈا مکلٹر بھی 11.3V - پر ہو گا۔ یہ مسازامت R کے ایک سرے پر 11.3V - ہیں۔ مسازامت کا دوسرا سر ابرقی زمین پر ہے اور یہ اس پر 0V ہے۔ مسازامت R میں برقی رو

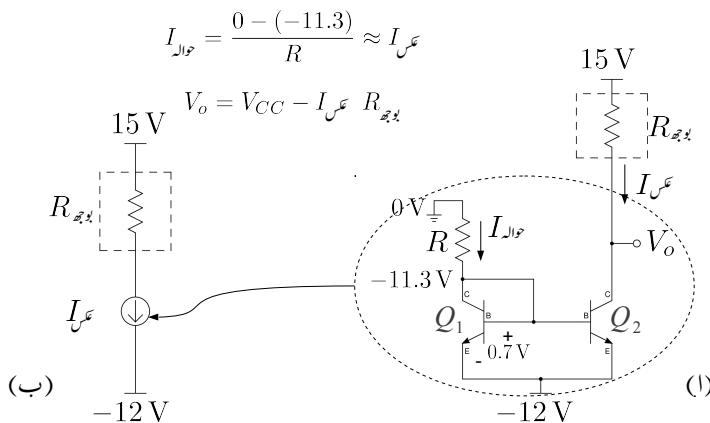
$$I_{\text{مع}} = \frac{0 - (-11.3)}{11300} = 1\text{mA}$$

پائی جائے گی۔ برقی بوجہ R سے بھی ایک ملی ایمپیٹر کی برقی رو گرفتے گی۔

۲. ترانزسٹر Q_2 کے مکلٹر 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، پہلے اور ستمیں 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 بروت 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 V پائے جائیں۔ اس صورت میں اگر گز شستہ حبزوں کے مادات 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۔

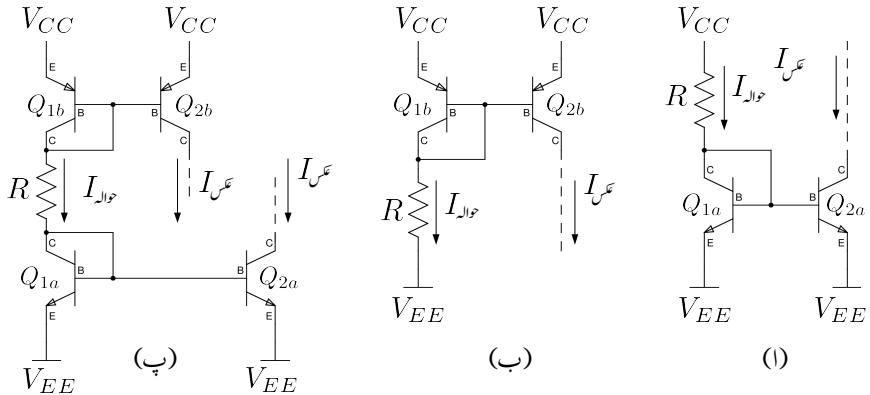
شکل پ میں ان دونوں ادوار کو یوں جوڑا گیا ہے کہ ایک ہی مزاجمت دونوں یک سمت منع رو کے عس I کا تعین کرتا ہے۔ اس دور کے لئے ہم لکھ سکتے ہیں۔

$$V_{CC} = V_{EB} + I_{\text{حوالہ}} R + V_{BE} + V_{EE}$$

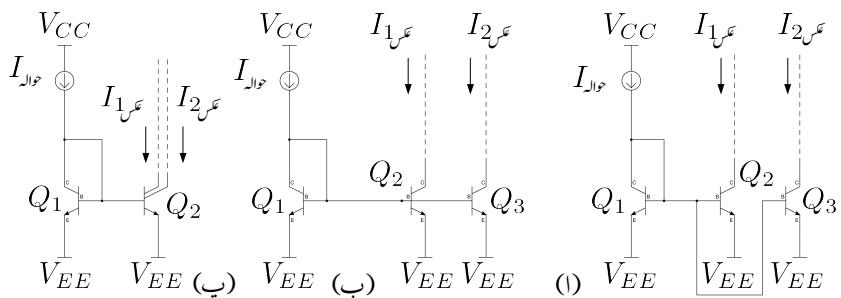
$$I_{\text{حوالہ}} = \frac{V_{CC} - 0.7 - 0.7 - V_{EE}}{R} = I_{\text{منع رو}}$$

۵.۸.۱ متعدد یک سمت منع رو

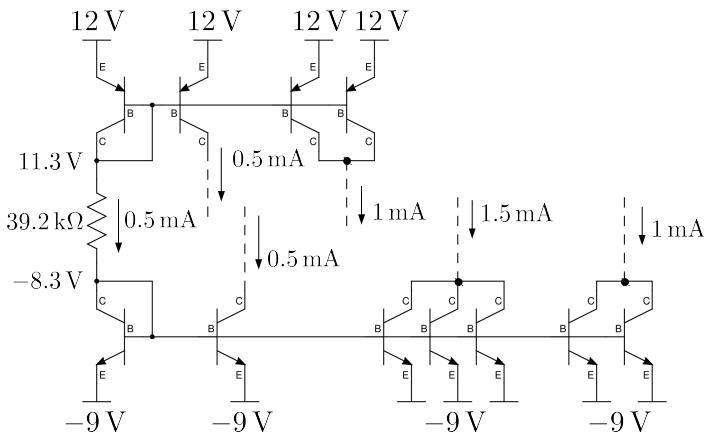
شکل ۵.۱۶ میں تیسرا ٹرانزسٹر یعنی Q_3 کے شمولیت سے شکل ۵.۲۰ الف حاصل ہوتا ہے۔ چونکہ Q_3 کے بیس-یونٹ جوڑ پر بھی Q_1 اور Q_2 کے برابر V_{BE} پیا جاتا ہے لہذا اس میں بھی بالکل انہیں کے برابر I_C برقی رو پائی جائے گی۔ آئیں دیکھتے ہیں کہ اس دور میں محدود β کی صورت میں ہم لکھ سکتے ہیں کہ



شکل ۵.۱۹: یک سست منج روکے مختلف ادوار



شکل ۵.۲۰: دو گس کا حصول



شکل ۵.۲۱: متعدد یک سمت منبع دو

$$(5.90) \quad I_{\text{س}} = I_{\text{س}_1} = I_{\text{س}_2} = I_{\text{س}} = I_C$$

$$(5.91) \quad I_{\text{حوالہ}} = I_C + \frac{3I_C}{\beta}$$

اور یوں

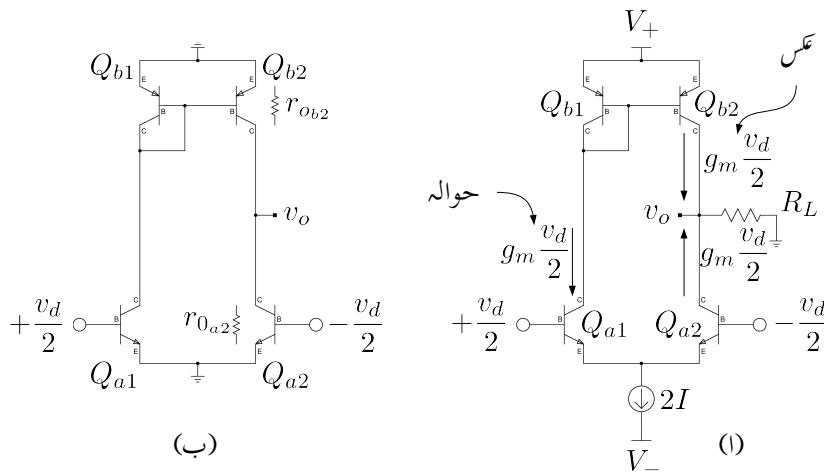
$$(5.92) \quad I_{\text{س}} = \frac{I_{\text{حوالہ}}}{1 + \frac{3}{\beta}}$$

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 ٹکس بناتا ہو کے لئے مساوات ۵.۹۲ کی صورت یوں ہوگی۔

$$(5.93) \quad I_{\text{س}} = \frac{I_{\text{حوالہ}}}{1 + \frac{n+1}{\beta}}$$

شکل ۵.۲۱ میں دو یادو سے زیادہ ٹرانزسٹر جوڑ کر حاصل ٹکس 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 آئینہ برقی رو استعمال کیا جاتا ہے۔

یک سمت منع روکل $I \times 2$ برقی رو جبڑا ترانزسٹروں سے گزارتا ہے۔ یوں داخنی تفسیری بر قی 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} جو کہ آئینہ برقی رو میں، بطور برقی بوجھ استعمال کے لگے ہیں۔ Q_{b1} کی برقی رو کو دیکھ کر Q_{b2} اس کا عکس 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) عکس 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_0 صفر ولٹ ہو گا۔ اب تصور کریں کہ تفسیری برقی اشارہ v_d ہیا 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 عکس پیدا کرے گا جیسا کہ شکل میں دکھایا گیا ہے۔ جوڑ v_0 میں دو اطراف 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 فتوں برائے برقی رو کے مطابق اتنی ہی برقی رو اس جوڑ سے باہر نکلے گی۔ یوں بوجھ R_L 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

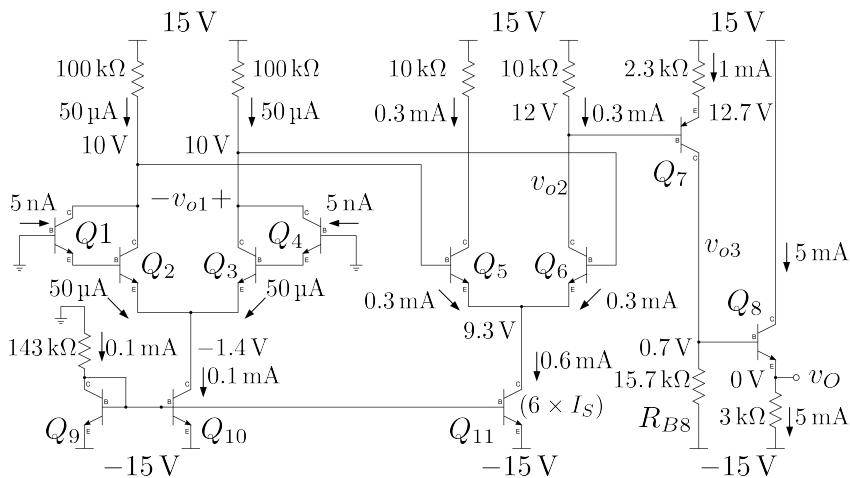
$$(5.97) \quad A_d = \frac{g_m r_0}{2} = \frac{1}{2} \left(\frac{I_C}{V_T} \right) \left(\frac{V_A}{I_C} \right) = \frac{V_A}{2V_T}$$

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۔ $Q_1, Q_2, Q_3, Q_4, Q_5, Q_6, Q_7, Q_8, Q_9, Q_{10}$ اور Q_{11} کا مزاجت آئینہ بر قی رو بنتے ہیں۔ 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۔ دوسری تفسیری ایمپلینیٹر Q_7, Q_8 اور Q_9 مسل کر کیے سمت بر قی دباؤ کی یقینت تبدیل کرتے ہیں جبکہ Q_8 اور $3 k\Omega$ خارجی حصے ہیں۔ 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 $143 k\Omega$ کے فتاون سے $143 k\Omega$ مزاجت میں

$$\frac{0 - (-14.3)}{143000} = 0.1 \text{ mA}$$

بے۔ Q_{10} 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 mA پیا جائے گا۔ پہلی تفسیری جوڑی میں 0.1 mA بر قی دباؤ کا تھا اسی میں Q_3 اور Q_2 دونوں کا $A_{CE} = 50 \mu\text{A}/\text{mA}$ 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. تفرقی ایمپلیفیگر

حابی ایک پلیگانتر کا داحنی میلان بر قی رو بھی μA 0.5 ہی ہوتا۔ Q_2 کا یس برقی رو I_E کا Q_3 کا یس برقی رو I_E کا Q_4 کا
ہے۔ یوں Q_1 اور Q_2 کا یس برقی رو $\frac{0.5 \mu A}{\beta}$ یعنی $5 nA$ ہے۔ یوں ڈار لسنگن کے استعمال سے حابی ایک پلیگانتر کے داحنی میلان
بر قی رو کو $0.5 \mu A$ سے کم کرتے ہوئے $5 nA$ کر دیا گیا۔ Q_2 کے گلشن پر

$$V_{C2} = 15 - I_{C2}R_{C2} = 15 - 50 \times 10^{-6} \times 100 \times 10^3 = 10 \text{ V}$$

V_{B1} = 0 V
پایا جائے گا اسی طرح Q_3 کے مکلٹر پر بھی 10V پیدا ہو جائے گا۔ چونکہ Q_1 کا تیس بر قی زمین پر ہے لہذا
ہے جبکہ اس کا مکٹر 0.7V پر ہے۔ اس طرح Q_2 کا تیس 0.7V پر ہے اور یوں اس کا مکٹر 1.4V پر ہے۔
اوہ 0.6 mA برابر Q_6 اور Q_5 میں ہو جائے گا۔

$$I_{E5} = I_{E6} = \frac{0.6 \times 10^{-3}}{2} = 0.3 \text{ mA}$$

$$V_E = V_B - V_{BE} = 10 - 0.7 = 9.3 \text{ V}$$

یا احبابے گا جبکہ ان کے گلگٹ 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 ٹرانزسٹر افزاں نہیں۔
چونکہ حابی ایکلینیٹر کے دونوں داخلی سرے برقی زمین پر میں لہذا ہم توقع کرتے ہیں کہ یہ صفر ووٹ خارج کرے گا۔ یہاں ہم دیکھ رہے ہیں کہ دوسرے اتفاقی ایکلینیٹر 12V خارج کر رہا ہے۔ یہ ضروری ہے کہ کسی طرح اس برقی دباؤ کے چکڑہ حاصل کیا جائے۔ Q_7 ، Q_6 اور Q_5 میں مدد کرتے ہیں۔ Q_7 کے یہاں پر 12V ہونے کی وجہ سے اس کے 4 بھرپور

$$V_{E7} = V_{B7} + V_{EB7} = 12 + 0.7 = 12.7 \text{ V}$$

ہوں گے۔ یوں اور ہم کے فتاوں کی مدد سے $2.3 \text{ k}\Omega$ میں

$$\frac{15 - 12.7}{2300} = 1 \text{ mA}$$

15.7 k Ω سے گزرتے ہوئے اس پر ہو گا جو

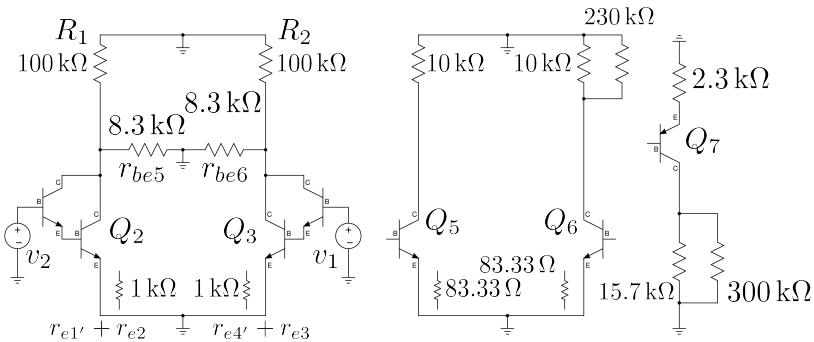
$$10^{-3} \times 15700 = 15.7 \text{ V}$$

$$A_{d1} = \frac{\sum R_C}{\sum R_E} = 7.66 \text{ V/V}$$

$$A_{d2} = -\frac{1}{2} \frac{\sum R_C}{\sum R_E} = -60 \text{ V/V}$$

$$A_{d3} = -6.826 \text{ V/V}$$

$$A_{d4} \approx 1 \text{ V/V}$$



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 داخلی اشارہ v_d مہیا کیا جاتا ہے۔ ایپلینافائز کا باریکے اشاراتی افراز اش $A_d = \frac{v_O}{v_d}$ ، داخلی مزاحمت اور حرارتی مزاحمت حاصل کریں۔

حل: شکل ۵.۲۲ میں بدلتا رو مساوی دو رکھا یا 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 جاتا 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 جاتا 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 500Ω حاصل ہوتا ہے۔ اس طرح Q_2 کے بیٹھ پر کل مزاجت $r_{e1} + r_{e2}$ یعنی $1 \text{ k}\Omega$ اسی طرح Q_4 کا Q_3 کے بیس پر منتقل کرنا ضروری ہے۔ اس کو بھی Q_3 کے بیٹھ پر منتقل کرنے کے لئے $50 \text{ k}\Omega$ حاصل ہوتا ہے۔ اس طرح Q_3 کے بیٹھ پر کل مزاجت $r_{e3} + r_{e4}$ 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 mA اور Q_6 میں 0.3 mA پر جاہاتا 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 مزاجت $2r_{be}$ 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 مزاجت اسی داخلی مزاجت کو ظاہر کرتا ہے۔ تفسیری اشارے کی صورت میں دوسری تفسیری جوڑی کا بیٹھ بر قی رسمیں پر رہتا ہے۔ جیسے- Q_2 اور Q_3 کے گلکشہ پر دونوں $8.3 \text{ k}\Omega$ کا درمیانی نقطہ

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 مزاحمت کے Q_8 اور Q_7 کے 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 مزاجمت 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 مزاجمت ہے۔

حدارجی جناب Q_8 کے r_e کو نظر انداز کرتے ہیں۔ $15.7\text{k}\Omega$ کا گسٹرانز سڑکے پیٹر جناب

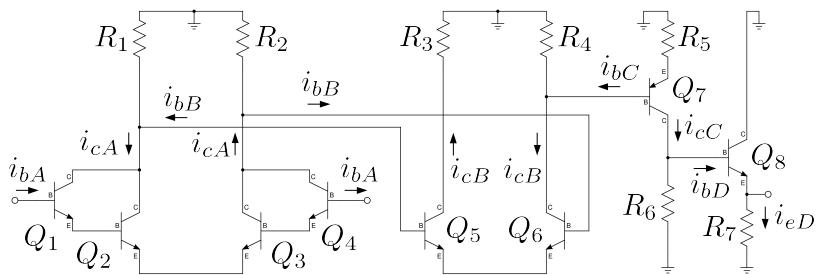
$$\frac{15700}{100} = 157\Omega$$

نظر آتا ہے۔ یہ گسٹرانز $3\text{k}\Omega$ کے متوازی جبڑا ہے لہذا حسابی ایکلینیاٹر کا حدارجی مزاجمت

$$R_o = \frac{157 \times 3000}{157 + 3000} = 149\Omega$$

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

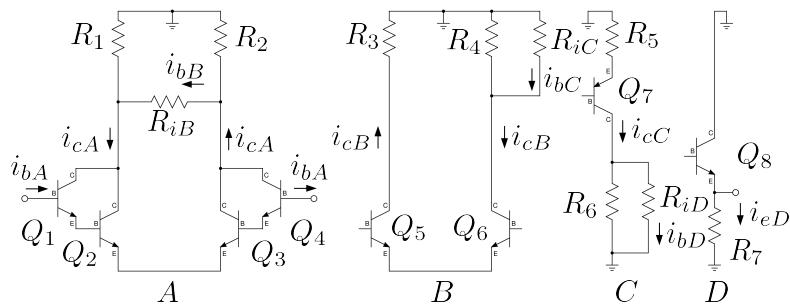
حل: شکل ۵.۲۵ میں مساوی باریک اشاراتی دور دکھایا گیا ہے جس اس داخلی جانب سے پہلے ایپلینیٹر کو دوسرے کو تحریر برقرار رکھ دیا گیا ہے اور حنارجی ایپلینیٹر کو D سے ظاہر کرتے ہوئے ذخیری ضرب سے ہم لکھ سکتے ہیں

$$(5.100) \quad A_i = \frac{i_L}{i_b} = \frac{i_{eD}}{i_{bA}} = \frac{i_{eD}}{i_{bD}} \times \frac{i_{bD}}{i_{cC}} \times \frac{i_{cC}}{i_{bC}} \times \frac{i_{bC}}{i_{cB}} \times \frac{i_{cB}}{i_{bB}} \times \frac{i_{bB}}{i_{cA}} \times \frac{i_{cA}}{i_{bA}}$$

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 β 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 جاسکتا 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 $\frac{V}{V} = A_d = 3137$ میں حاصل کی گی۔ دونوں جوابات میں مترقب ۱ $\approx \alpha$ اور اس طرح کے دیگر استعمال کئے گئے قیتوں میں معمولی مشرق کی وجہ سے ہے۔ ان دونوں جوابات میں صرف

$$\left| \frac{3137 - 3082}{3137} \right| \times 100 = 1.75 \%$$

کافی نہ ہے۔

شکل ۵.۲۲ میں دوسرے ایپلینیاٹر کا دھنی مزاجمہت بنتا ہے جو پہلی ایپلینیاٹر کا بوجھ بتاتے ہیں۔ $r_{be5} + r_{be6} \ll R_1 + R_2$ اور $r_{be5} + r_{be6} \ll R_1 + R_2$

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 دونوں یوں کی گل 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 β 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۔

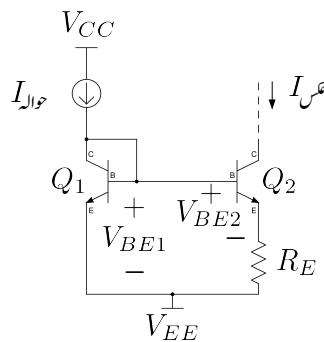
۵.۱۰ واکنڈر منبع برقی رو

شکل ۱۶ میں Q_2 کے ۴ ٹنپر 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^{۳۳}
^{۳۳} بابے واکنڈر نے اس دور کو دریافت کیا۔



شکل ۵.۲۷: دانڈلر منع برقی رو

لکھا جا سکتے 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

$$V_{BE1} = V_{BE2} + I_{\text{سیس}} R_E$$

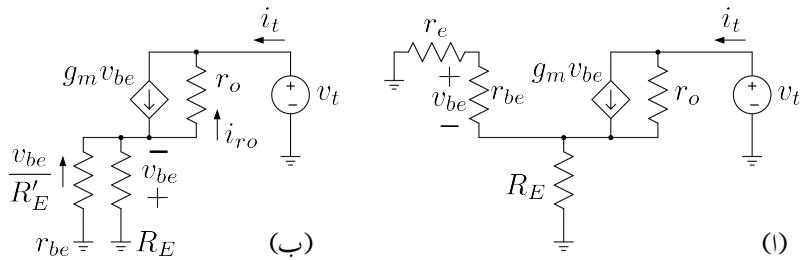
لکھ سکتے ہیں۔ یوں

$$(5.104) \quad I_{\text{سیس}} R_E = V_T \ln \left(\frac{I_{\text{حوالہ}}}{I_{\text{سیس}}} \right)$$

لکھا جا سکتے 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 ان کا 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 کا مفہوم اور r_{be} اور r_e میں متوالی جبڑے ہیں۔ ایسا کرنے سے شکل R'_E کو R_E || r_{be} کی وجہ



شکل ۲۸.۵: 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

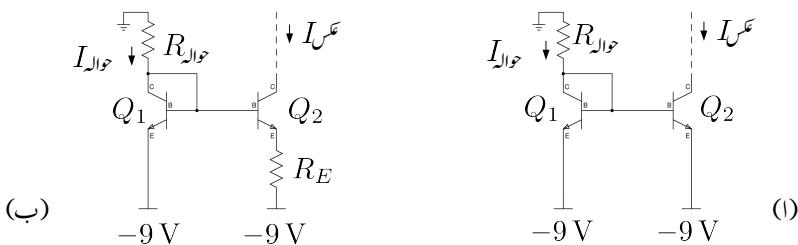
$$(5.107) \quad v_t = -v_{be} - \left(g_m + \frac{1}{R'_E} \right) v_{be} r_o$$

اور کرخوف کے فتاون برائے برقی رو کی مدد سے

$$(5.108) \quad i_t = g_m v_{be} - \left(g_m + \frac{1}{R'_E} \right) v_{be}$$

لکھ سا جاتا ہے۔ مساوات ۷۔۱۰۵ کو مساوات ۷۔۱۰۸ 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 ۵.۱۰۵: شکل ۵.۲۹ میں سادہ آئینہ اور وائلر آئینے دکھائے گے ہیں۔ $I_E = 15 \mu A$ حاصل کرنے کی حنطہ درکار ہے۔

حل: شکل الف میں $15 \mu A$ حاصل کرنے کی حنطہ

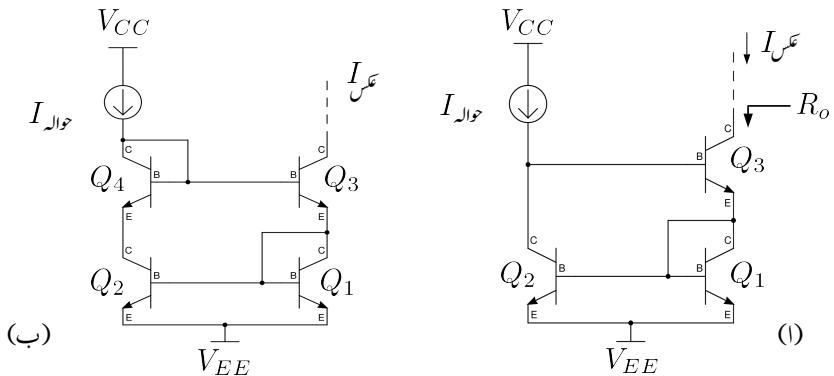
$$R_E = \frac{9 - 0.7}{15 \times 10^{-6}} = 553 \text{ k}\Omega$$

درکار ہے۔ شکل ب میں $1 \text{ mA} = 15 \mu A$ رکھتے ہوئے $I_E = 1 \text{ mA}$ حاصل کرتے ہیں۔ $I_E = 1 \text{ mA}$ حاصل کرنے کی حنطہ

$$R_E = \frac{9 - 0.7}{1 \times 10^{-3}} = 8.3 \text{ k}\Omega$$

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 مسازamt درکار ہیں۔ جیسا کہ آپ چانتے ہیں کہ محض وور میں زیادہ قیمت کامسازamt زیادہ جگہ گھیرتا ہے جو کہ مہنگا پڑتا ہے۔ اسی لئے محض وور میں وائلر منفی روواستمال کیا جاتے گا۔

۱۱۔۵۔ ولسن آئینہ

شکل ۱۶ میں سادہ آئینہ برقی روکھایا گی۔ $V_{CE1} = 0.7 \text{ V}$ ہے جبکہ $V_{CE2} \neq 0.7 \text{ V}$ ہوتا ہے۔ اب تک 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 ہے اولی برقی دباؤ Q_1 اور Q_2 کے برقی رو میں منفرد پیدا کرتا ہے۔ اور $V_{CE2} > V_{CE1}$ میں منرق کو کرنے سے اولی برقی دباؤ کے اثر کو کم کیا جاسکتا ہے۔ اسی عذر ض سے شکل ۱۶ میں تیسرا اثر انداز سڑ 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 سڑ کے V_{CE} میں منرق صرف 0.7 V رہ گیا ہے۔ اس دور کو حل کرتے ہوئے تمام اثر انداز سڑ کو بالکل یکساں تصور کیا جائے گا۔ چونکہ I_O میں i_{C3} کے لیے ایم i_{C3} اور i_{C1} اور i_{C2} کا تسلیق حاصل کریں گے۔ Q_1 اور Q_2 کے

Wilson mirror^{۱۵}
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

$$(5.113) \quad I_{\text{و}} \approx \left[\frac{1}{1 + \frac{2}{\beta^2}} \right] I_{\text{و}}$$

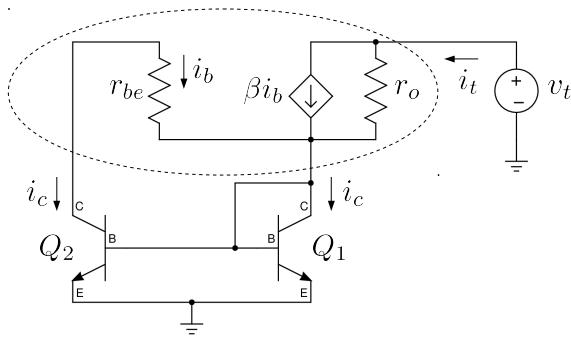
لکھا جا سکتا ہے۔ اس مساوات کا صفحہ ۷۵ پر مساوات ۵.۸۸ کے ساتھ موازنہ کریں۔ دونوں مساوات بالکل ایک چیز ہیں۔

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

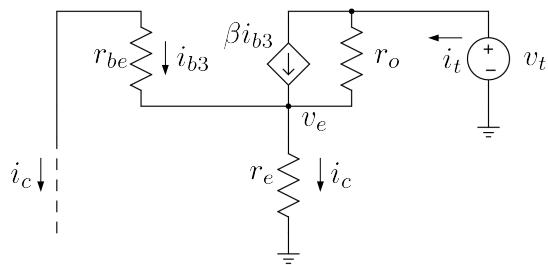
$$(5.115) \quad i_t = 2i_c$$

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: ولسن آئینے کی خارجی مسازاہت



شکل ۵.۳۲: ولسن آئینے کی خارجی مسازاہت

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 جزو 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

$$(5.114) \quad R_o \approx \frac{\beta r_o}{2}$$

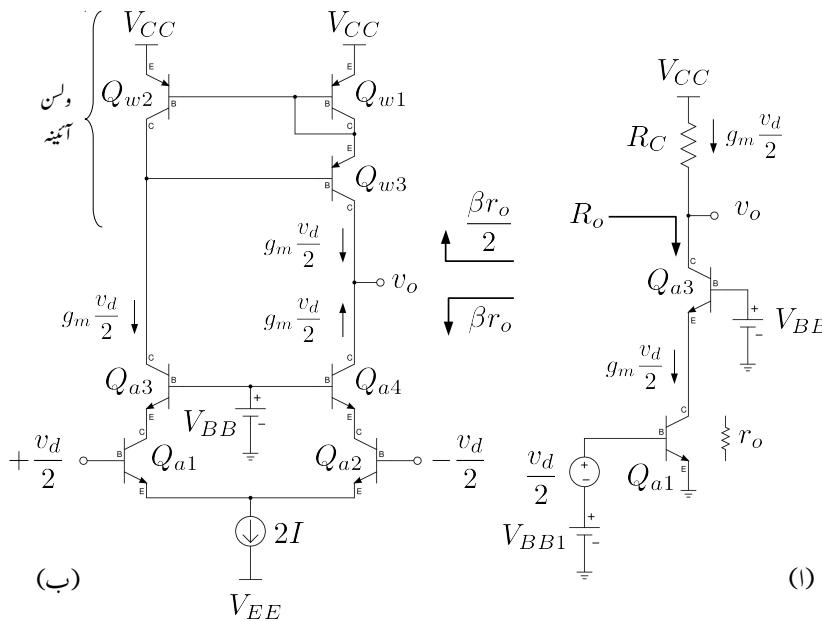
لکھا جا سکتا ہے جہاں r_{o3} کو r_o کو لکھا گیا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ ولن آئینے کی حنارجی مزاحمت r_o سے $\frac{\beta}{2}$ گز زیادہ ہے۔

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 ۲^{۲۸} کہتے ہیں۔

میں ایسے ایمپلینفائز کو دکھلایا گیا ہے۔ اس ایمپلینفائز کو کیکوڈ ایمپلینفائز ۲^{۲۸} میں۔

اوپر مائل رکھا جاتا ہے۔ یوں دونوں ٹرانزسٹروں کے لئے ہم لکھ سکتے ہیں۔

$$\begin{aligned} g_m &= \frac{I}{V_T} \\ r_e &= \frac{1}{g_m} \\ r_{be} &= (\beta + 1) r_e \end{aligned}$$

$$i_{e3} = i_{c1} = g_m \frac{v_d}{2} \quad \text{وہی اشارہ مہیا کیا جائے تو اس کا بیس } Q_{3a} \text{ کو } I \text{ رکھیں۔} \\ i_{c1} = g_m \frac{v_d}{2} \quad \text{وہی اس طرح } i_{e3} = i_{c1} = g_m \frac{v_d}{2} \quad \text{ہے۔} \\ \alpha \approx 1 \quad \text{گاہذا۔}$$

^{۲۸} کیکوڈ کام منزیر کے نئی نئی پہلی مرتب تجویز کیا۔

آئین کلیکوڈ ایپلیناٹر کا باریکے اشاراتی حنارجی مزاحمت R_o حاصل کریں۔ باریکے اشاراتی تجزیے 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۔

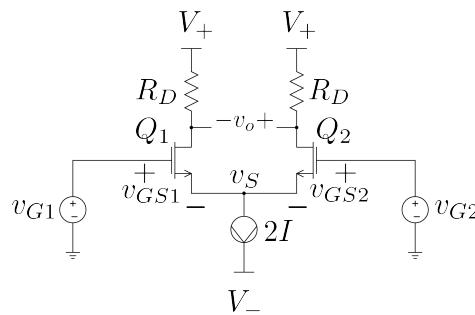
$\alpha = 1$ لیتے ہوئے تفرقی کلیکوڈ کا باریکے اشاراتی حل حاصل کرتے ہیں۔ Q_{1a} کو $\frac{v_d}{2}$ ، احتی اشارہ مہیا کیا ہے۔ یوں اس کا حنارجی برقی رو v_d ہو گا۔ یعنی برقی رو Q_{a3} سے گزرتے ہوئے ولن آئینے کو بطور داحتی برقی رو مہیا ہوتا ہے۔ یوں ولن آئینے Q_{w3} سے خارج کرے گا۔ کلیکوڈ کے دوسرا حباب Q_{2a} 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 βr_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 $v_d = v_{GS} + v_S - v_S$ 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 $v_{GS1} = V_{GS2}$ 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 سے

$$(5.121) \quad i_{DS1} + i_{DS2} = 2I$$

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 مشتمل 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

$$(5.127) \quad i_{DS1} \approx I + g_m \left(\frac{v_d}{2} \right)$$

$$i_{DS2} \approx I - g_m \left(\frac{v_d}{2} \right)$$

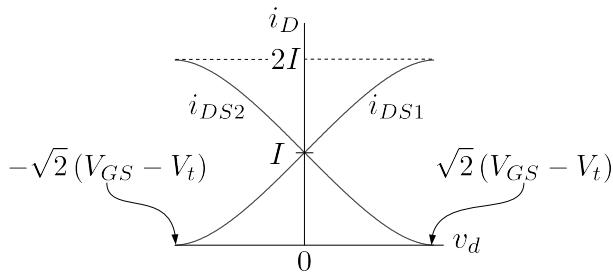
لکھا جا سکتا ہے۔ مساوات ۷.۱۲۵ کا انتہائی سادہ مطلب ہے۔ بیشتر بدلتے برقی اشارے کے موجودگی میں i_{DS1} کی قیمت میں $\frac{v_d}{2} g_m$ کا اضافہ ہوتا ہے جبکہ i_{DS2} کی قیمت میں اتنی ہی کمی رونما ہوتی ہے۔ i_{DS1} اور i_{DS2} کے بھی $2I$ کے برابر ہے۔ i_{DS1} اور i_{DS2} میں اس بدلت برقی رو کو i_d لکھا جا 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 ۵.۳۵ 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 جناب مقتول ہو جاتی ہے صفحہ ۳۱۸ پر مساوات ۵.۳۹ میں بیان کئے ہوئے اشارے کی حد میں کم ہے۔

شکل ۵.۳۶

$$v_{D1} = V_+ - i_{DS1} R_D$$

$$v_{D2} = V_+ - i_{DS2} R_D$$

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 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 منفرد، 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۔ Δ کی وجہ سے پیدا V_{OS} کو کم رکھنے کی حاضر ماسفیٹ کو کم سے کم ΔR_S اور $\left(\frac{W}{L}\right)$ پر چلا جاتا ہے۔ دو جوڑ ٹرانزسٹر کے تفسیقی جوڑے میں داخلی اخراجی برقی دباؤ دونوں بازوں کے R_C میں مشرق اور دونوں ٹرانزسٹروں کے I_S میں مشرق کی بنا پر پیدا ہوتا ہے۔ ماسفیٹ کے تفسیقی جوڑے میں داخلی اخراجی برقی دباؤ پیدا کرنے کی تیسری وجہ V_t بھی پائی جاتی ہے۔

5.15 ماسفیٹ آئینے برقی رو

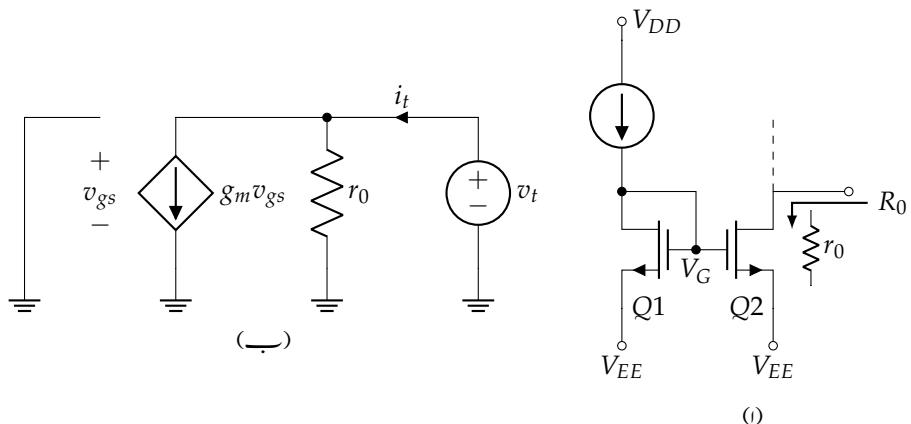
شکل ۵.۳۶ میں ماسفیٹ کا سادہ آئینے برقی رو دکھایا گیا ہے جس کو دیکھتے ہیں کہ $r_0 = R_0$ کے برابر ہے۔ آئینے بھی تیجہ ماسفیٹ ریاضی نمونہ استعمال کرتے ہوئے حاصل کریں۔ حنارجی مزاجمت حاصل کریں کہ حاضر Q_2 کے ڈرین پر باریک اشاراتی v_t لالگو کرتے ہوئے i_t کا تخمینہ لگا کر $\frac{v_t}{i_t}$ سے حنارجی مزاجمت 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۔

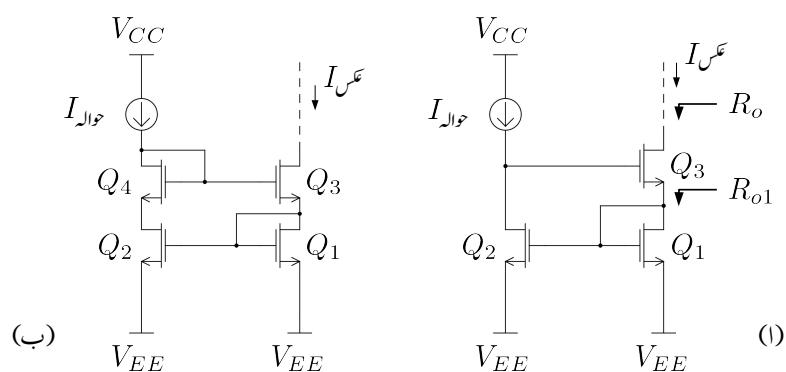
شکل ۵.۳۷ الف میں ولن آئینے برقی رو دکھایا گیا ہے۔ دو جوڑ ٹرانزسٹر سے بنائے گئے ولن آئینے میں ماسفیٹ استعمال کرنے سے یہ دور حاصل کی گیا ہے۔ شکل ۵.۳۷ ب میں Q_4 کا اضافہ کرتے ہوئے Q_1 اور Q_2 کے V_{DS} برابر کردے گئے ہیں۔ ایسا کرنے سے ولن آئینے میں ارلی برقی دباؤ کا اثر ختم ہو جاتا ہے۔

حنارجی مزاجمت حاصل کرنے کی حاضر 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۔

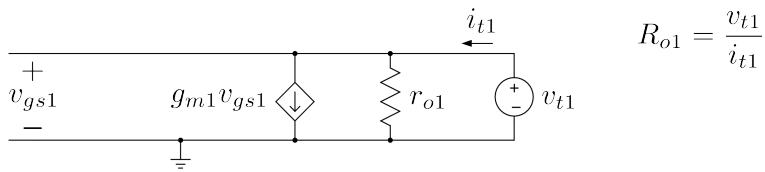
صحیح ۳۶۰ پر شکل ۳.۱۳۲ میں دو جوڑ ٹرانزسٹر کے ٹلکش اور میں کو آپس میں جوڑ کر ڈیوبھاصل کیا گیا ہے۔ شکل ۵.۳۷ ب میں Q_1 کو ای طرز پر جوڑا گیا ہے۔ آئینے شکل ۵.۳۷ الف میں Q_1 کا حنارجی مزاجمت حاصل کریں۔ R_{o1} حاصل کرنے کی حاضر Q_1 کے ڈرین پر v_{t1} لالگو کرتے ہوئے i_t کا تخمینہ لگاتے ہیں۔ شکل



شکل ۵.۳۶: ساده آئینہ کی حنری مسازحت



شکل ۵.۳۷: دو لام آئینہ کی حنری مسازحت



شکل ۵.۳۸: ماسیفیٹ ہٹورڈایوڈ

شکل ۵.۳۸ میں ایسا کرتے ہوئے Q_1 کا باریک اشارتی مسادی دور ہتا 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 مسادات کو

$$(5.131) \quad R_{o1} \approx \frac{1}{g_{m1}}$$

لکھا جا سکا ہے۔ اس مسادات 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۔

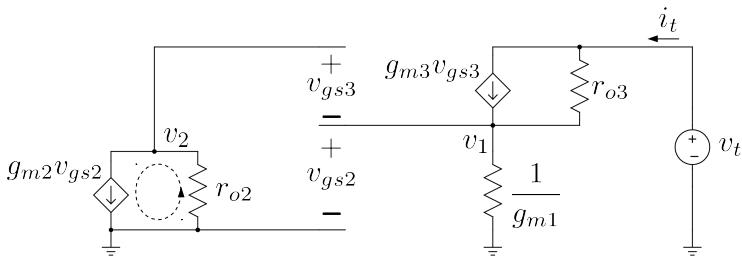
شکل ۵.۳۷ اف میں Q_1 کی جگہ مزاحمت $\frac{1}{g_{m1}}$ جبکہ بقا یا انزستروں کے ریاضی نمونے استعمال کرتے ہوئے شکل ۵.۳۹ حاصل ہوتا ہے۔ یہاں رکہ کر تسلی کر لیں کہ یہی مسادی دور ہے۔

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} یہی ہے لہذا

$$(5.132) \quad v_{gs2} = v_1 = \frac{i_t}{g_{m1}}$$

لکھا جا سکتا ہے۔ یہی 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 $r_{o2} = r_o$ کھا جاسکتا ہے۔ مندرجہ بالامساوات میں درمیانی تجزیوں کیا دو جزاء کے بہت بڑی ہے لہذا ایسی 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 ریتیے 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 ماسیفت کو دیا جاتا ہے۔ شکل میں یوں Q_6 سے عکس I حاصل کیا گیا ہے ہے I_{O6} سے ظاہر کیا گیا ہے۔ ای طرح Q_4 کے برقی روکے عکس لینے کی حناطر V_{GS4} برقی دباؤ مزید ماسیفت 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 گیئٹ اور اس کاڑیں آپس میں جبڑے ہیں لہذا پھر صورت انداختہ ہی رہتا ہے۔ ای طرح Q_4 کا گیئٹ اور ڈین کھی آپس میں جبڑے ہیں لہذا پھر ماسیفت بھی پھر صورت انداختہ ہی رہتا ہے۔

$$V_{SG4} \text{ کا } Q_4$$

۵.۱۶ ماسیفیٹ کیکوڈ تفسری ایمپلیفایزر

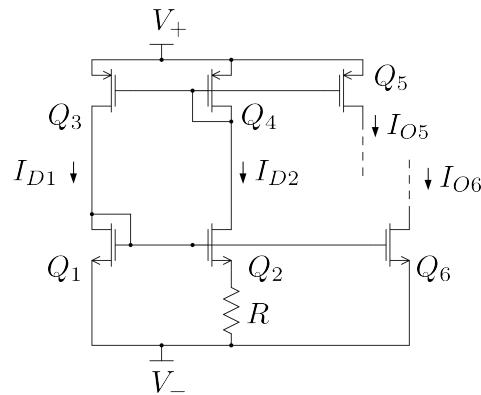
شکل ۵.۲۱ ماسیفت سے بنایا گیا کیکوڈ تفسری ایمپلیفایزر دکھایا گیا ہے جس میں وسن آئینے کو بطور برقی بوجھ استعمال کیا گیا ہے۔ ولن آئینے کی حناری مزاجت گزشتہ ہے میں حاصل کی گئی آئین کیکوڈ کی حناری مزاجت بھی حاصل کریں۔ ایسا کرنے کی حناطر Q_{a4} کے ڈرین پر v_t مہیا کرتے ہوئے i_t کا تجیہت لانگیں گے۔

$\frac{v_t}{i_t}$ حناری مزاجت ہو گا۔

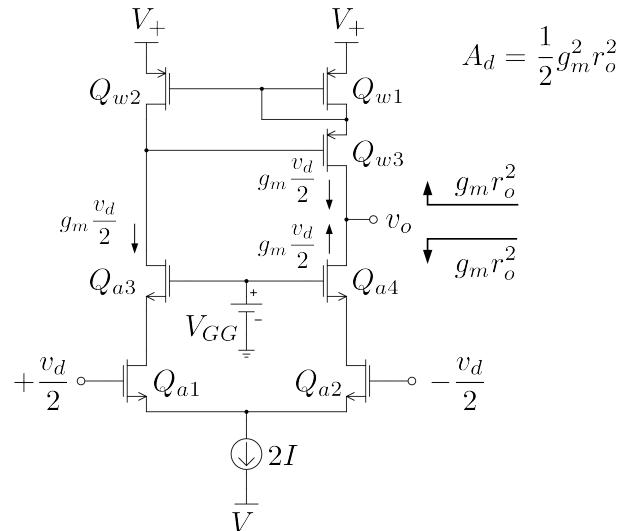
شکل ۵.۲۲ میں کیکوڈ ایمپلیفایزر کا مطلوب حصہ دکھایا گیا ہے۔ ساتھ ہی دونوں ماسیفت کے باریک اشاراتی ریاضی نوٹ استعمال کرتے ہوئے مساوی دور بھی بنایا گیا ہے جہاں تفسری دھنی اشارہ $0 = v_d$ رکھا گیا ہے۔ چونکہ Q_{a2} کا سورس اور گیئٹ دونوں برقی زمین پر ہیں لہذا $0 = v_{gs2} = 0$ ہو گا۔ اس طرح Q_{a2} کی جگہ 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

$$(5.151) \quad R_o = g_m r_o^2$$

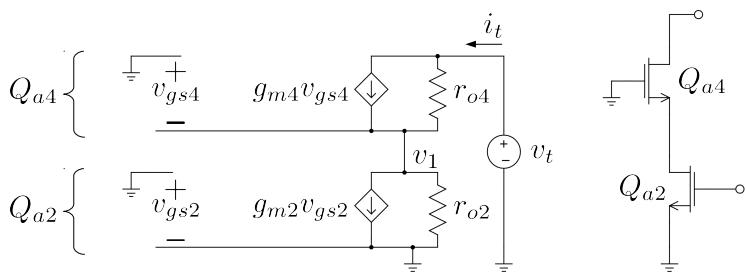
حاصل ہوتا ہے۔ شکل ۵.۸ میں اس حنارجی مسماحت کو دکھایا گیا ہے۔ کیکوڈ تفسیری جوڑے کی حنارجی مسماحت اور اسن آئینے کی حنارجی مسماحت آپس میں متوالی حصے ہیں لہذا ان کا مجموع $\frac{g_m r_o^2}{2}$ ہو گا۔ یوں کیکوڈ تفسیری ایپلیناٹ کا حنارجی اشارہ

$$v_o = \left(g_m \frac{v_d}{2} + g_m \frac{v_d}{2} \right) \left(g_m r_o^2 \right)$$

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 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 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 $R_{C5} = 10 \text{ V}$ حاصل کرنے کے لئے درکار $I_{C7} = I_{E8} = 6 \text{ mA}$ اور $v_O = 0 \text{ V}$ حاصل کرنے کے لئے درکار $R_{E7} = 0.5 \text{ k}\Omega$ اور $R_{E8} = 5.333 \text{ k}\Omega$ 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 ہی جواب حاصل کیا جاتا ہے۔

سوال ۱۶۔ صفحہ ۵۲۹ پر شکل ۵.۳۰ الف میں ون آئین دکھایا گیا ہے۔ ٹرانزسٹر کا $100 = \beta$ 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 $I_{DS} = 1.5 mA$ ہے۔ R_0 اور امنزاش A_d حاصل کریں۔

جواب: $A_d = 666 \frac{V}{V}$, $R_0 = 1.22 M\Omega$

سوال ۱۸۔ صفحہ ۵۳۳ پر شکل ۵.۳۲ 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

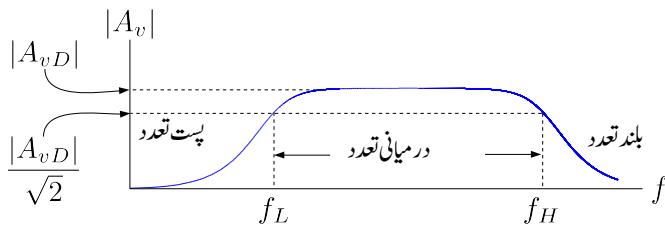
۶.۱ پست تعدادی رد عمل

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 ^r
high cut-off frequency ^r
low frequency ^r
mid frequency ^h
high frequency ^h
limits ²

¹ 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 گی^۹ B کہتے ہیں یعنی

$$(2.1) \quad B = f_H - f_L$$

اگر $f_H \gg f_L$ ہو تو $B \approx f_H$ لکھا جاسکتا ہے یعنی

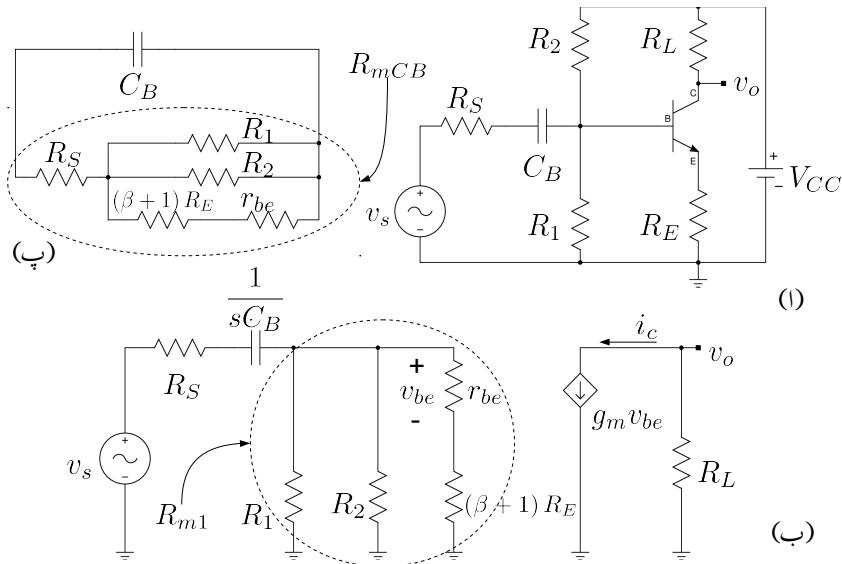
$$(2.2) \quad B \approx f_H$$

مشترک کے بیٹر ٹرانزسٹر ایکلیپسائز تک داخنی اشارے کی رسانی عسویاً بذریعہ جنتی کپیسٹر C_B ^{۱۰} 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 $C - B$ جوڑ پر اندروی کپیسٹر $C_{b'e}$ اور C_{be} پائے جاتے ہیں۔ درمیانی تعداد اور اس سے کم 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^a
coupling capacitor^b
bypass capacitor^c
 C_C, C_E, C_B ^d

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 ω_j لکھتے ہوئے جوابت حاصل کئے جاتے ہیں۔

۶.۲ بیس سرے پر کپیٹر C_B

ایپیٹنیا کر رہے وقت اس کے داخلی اور خارجی جناب مختلف چیزیں جوڑی جا سکتی ہیں مثلاً لوڈ سپلائی یا دوسرا ایپیٹنی۔ 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 کردا کرتا ہے لہذا کپیٹر کے ذریعہ ایپیٹنی کو داخلی جناب اشارہ فرماہم کرنے یا ایپیٹنی کے خارجی جناب سے 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 ایپیٹنی تک پہنچایا گیا ہے۔ C_B پر توبہ رکھنے کی خاطر شکل میں C_E اور C_C میں 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

^{۱۳} ٹرانزسٹر ریاضی نمونے میں پائے جانے والے کپیٹر مثلاً $e' C_B$ ، غیرہ ٹرانزسٹر کے اندرولی پیٹر میں

Laplace transform^{۱۴}

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 کہہ کے اپر $R_{m1} C_B$ 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 ω 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 ω کی قیمت لاحدہ و دکروی جبaci ہے۔ یوں

$$A_v \Big|_{\omega \rightarrow \infty} = -R_L g_m \left(\frac{r_{be}}{r_{be} + (\beta + 1) R_E} \right) \left(\frac{R_{m1}}{R_S + R_{m1}} \right) \left(\frac{\infty}{\infty + \frac{1}{R_{mCB} C_B}} \right)$$

¹⁵ 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۔

$$(۱.۷) \quad A_{vD} = A_v \Bigg|_{\omega \rightarrow \infty} = -R_L g_m \left(\frac{r_{be}}{r_{be} + (\beta + 1) R_E} \right) \left(\frac{R_{m1}}{R_S + R_{m1}} \right)$$

A_{vD} کو گلی مدد کے طرز پر یوں لکھا جاتا ہے۔

$$(۱.۸) \quad A_{vD} = |A_{vD}| \angle \theta_D$$

جہاں

$$(۱.۹) \quad |A_{vD}| = (R_L) (g_m) \left(\frac{r_{be}}{r_{be} + (\beta + 1) R_E} \right) \left(\frac{R_{m1}}{R_S + R_{m1}} \right)$$

$$(۱.۱۰) \quad \theta_D = \pi$$

کے برابر ہیں۔ مندرجہ بالامساوات میں $|A_{vD}|$ افراٹ کی حقیقت جبکہ θ_D افراٹ کا زاویہ ہے۔ A_{vD} کے استعمال سے مساوات ۱.۳ کو مندرجہ ذیل طریقے سے لکھ سکتے ہیں۔

$$(۱.۱۱) \quad A_v = A_{vD} \left(\frac{s}{s + \frac{1}{R_{mCB} C_B}} \right)$$

مساوات ۱.۳ کو گلی مدد کے طرز پر یوں لکھا جاتا ہے

$$(۱.۱۲) \quad A_v = |A_v| \angle \theta$$

جہاں

$$(۱.۱۳) \quad |A_v| = |A_{vD}| \frac{\omega}{\sqrt{\omega^2 + \left(\frac{1}{R_{mCB} C_B} \right)^2}}$$

$$\theta = -\frac{\pi}{2} - \tan^{-1} (\omega R_{mCB} C_B)$$

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 π ریڈین یعنی 180° کی تبدیلی رونما ہو گی۔

۲. 1 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° یعنی یعنی تقریباً 180.36° 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 kHz پر افسزاں کی قیمت محدود کم 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° ہے۔

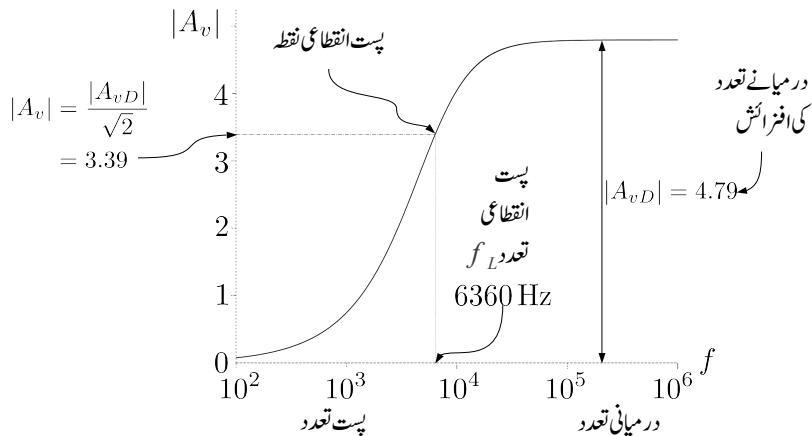
$$\text{پر } f = 1 \text{ kHz} \quad .5$$

$$\begin{aligned} A_v &= \frac{-4.79463}{1 + \frac{1}{j \times 2 \times \pi \times 1 \times 10^3 \times (5000 + 245238) \times 0.1 \times 10^{-9}}} \\ &= -0.1157 - j0.7357 \\ &= 0.7447 / -1.7268 \end{aligned}$$

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^{۱۸} 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^{۱۹} اپیلانے پر دکھایا گیا ہے۔ اس شکل میں زیادہ تعداد پر افزاش تبدیل نہیں ہوتی اور $|A_{vD}|$ ہی رہتی ہے۔ حقیقت میں بلند تعداد^{۲۰} پر بھی افزاش کم ہو جاتی ہے۔ موجودہ حصے میں صرف پہتھے تعداد^{۲۱} 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 $|A_{vD}|$ کے گناہ 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 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^{۲۲} نہیں ہے جبکہ اس نقطے پر تعداد f_L کو پست افطاع^{۲۳} تعداد پکارا جاتا ہے۔

Bode plot^{۲۴}
log^{۲۵}
high frequency^{۲۶}
low frequency^{۲۷}
low cut-off frequency^{۲۸}

ساوات ۶.۱۰ میں پت انقلائی تعداد حاصل کر سکتے ہیں۔ ایسا کرنے کی طریقہ اس تعداد کو ω_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 Hz پر رکھتے ہوئے مساوات ۲.۱۱ کی مدد سے C_B حاصل کرتے ہیں۔

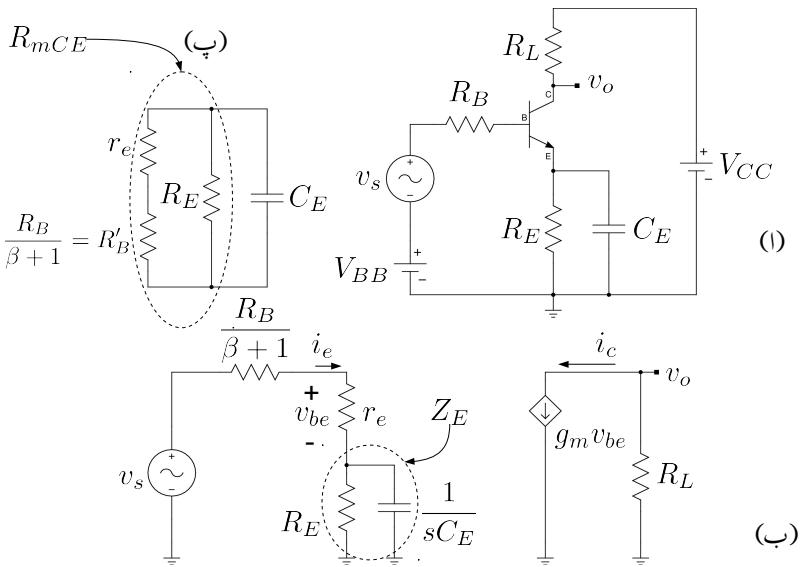
$$\begin{aligned} C_B &= \frac{1}{2\pi f_L (R_{mCB})} \\ &= \frac{1}{2\pi \times 2 \times 250238} \\ &= 0.318 \times 10^{-6} = 0.318 \mu\text{F} \end{aligned}$$

۲.۳ بیٹر سرے پر کپیسٹر C_E

ٹرانزسٹر کا نقطہ کار کردگی قسین کرنے کے علاوہ β 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 چنانجاہتی ہے کہ درکار تعدد پر اس کی برقی رکاوٹ R_E سے کم ہو۔ چونکہ C_E مزاجحت R_E کے متوالی جستہ ایڈبلٹارو کے نقطہ نظر سے ٹرانزسٹر کے بیٹر پر کل رکاوٹ R_E سے کم ہو جاتی ہے اور یوں افسزاں بڑھتی ہے۔ اس حصے میں C_E پر توجہ رکھنے کی حوصلہ C_B اور C_C کا استعمال نہیں کیا گیا۔

شکل ۲.۳ ب میں شکل ۲.۳ اف کا مساوی 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 ω 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 ω کی قیمت کو ω_1 اور ω_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 ω_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 ω_1 کو نظر انداز کیا گیا ہے۔ اگر ω_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 ω_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^{rr}
pole^{rr}

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 ω_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 ω_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۔

$$A_{vD} = -\frac{75000 \times 4.064 \times 10^{-3} \times 246}{\frac{269300}{179+1} + 246} = -43 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

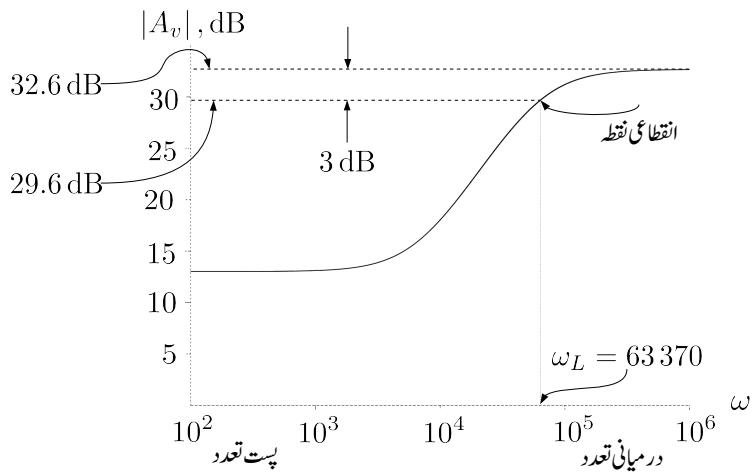
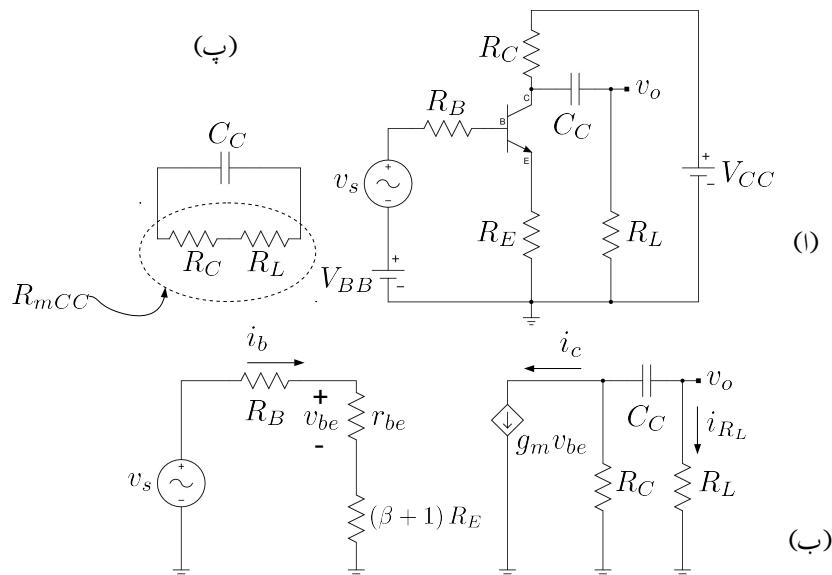
اور یوں کسی بھی تعداد پر اندازائش کی مساوات مندرجہ ذیل ہو گی۔

$$(6.28) \quad A_v = -43 \left(\frac{s + 6666}{s + 64068} \right)$$

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 ω_L شکل ۶.۶: C_C کے اثرات

بے۔ شکل ۲.۶ بے میں اسی کا مساوی باریک اشاراتی دور دکھایا گیا۔ سلسلہ وار جبڑے R_L اور C_C کا بر ق رکاوٹ Z

$$Z = R_L + \frac{1}{sC_C}$$

بے۔ 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 مسٹے i_c کے الٹے رکھی گئی۔ امنڈر اش 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۔

$$\begin{aligned} (2.29) \quad A_v &= - \frac{R_C R_L}{R_C + R_L} \left(\frac{g_m r_{be}}{R_S + r_{be} + (\beta + 1)R_E} \right) \left(\frac{s}{s + \frac{1}{(R_C + R_L) C_C}} \right) \\ &= A_{vD} \left(\frac{s}{s + \omega_L} \right) \end{aligned}$$

چہار

$$(4.15+)$$

$$A_{vD} = A_v \Bigg|_{\omega \rightarrow \infty} = -\frac{R_C R_L}{R_C + R_L} \left(\frac{g_m r_{be}}{R_S + r_{be} + (\beta + 1)R_E} \right)$$

$$\omega_L = \frac{1}{(R_C + R_L)C_C}$$

کے برابر ہیں۔

٦٥ خطوط

این پلیفائز کے افسزاں بال مقابل تعداد کے خط کو عسمو مابودا خط^{۲۵} کے طرز پر کھینچا جاتا ہے۔^{۲۶} 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^{۲۷} میں پائی جائے گی۔ زاویہ بال مقابل تعداد کے بودا خط میں افقی مسجد پر $\omega \log f$ جبکہ عسدوی مسجد پر مسجد پر θ رکھا جاتا ہے۔ بودا خطوط کو سمجھنے کی خاطر مسادت^{۱۹} کو مشال بناتے ہوئے افسزاں کی حقیقت بال مقابل تعداد کا بودا خط کھینچتے ہیں۔ مسادت میں

$$A_{vD} = -177.8 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

Bode plot^{۲۵} 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

$$\begin{aligned}
 (2.31) \quad |A_v| &= 1.778 \frac{\sqrt{1 + \left(\frac{f}{100}\right)^2}}{\sqrt{1 + \left(\frac{f}{10000}\right)^2}} \\
 \theta &= \pi + \left(\tan^{-1} \frac{f}{100} \right) - \left(\tan^{-1} \frac{f}{10000} \right)
 \end{aligned}$$

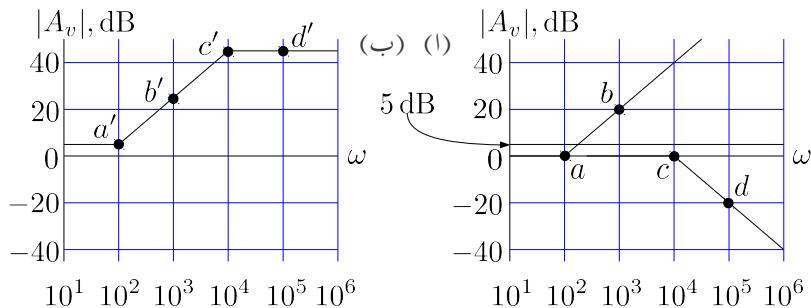
کے برابر ہیں۔ آئیں مساواتے ۲.۳۱ کو استعمال کرتے ہوئے $|A_v|$ بال مقابل f کا بیوڈا خط کھینچنا سیکھیں۔

$$(2.32) \quad |A_v|_{dB} = 20 \log 1.778 + 20 \log \sqrt{1 + \frac{f^2}{100^2}} - 20 \log \sqrt{1 + \frac{f^2}{10000^2}}$$

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 0.0، 20.0، 40 اور 60 ڈیگری بیل ہوتی ہے۔ اس حقیقت کو یوں بیان کیا جاسکتا ہے کہ تعداد دس برابر کرنے سے افزاش 20 dB ہوتی ہے یا کہ افزاش 20 dB فی دہائی کے شرح سے ہوتی ہے۔ اتفاقی مورپر تعداد کا لوگاریتم اسیتے ہوئے ان نقطوں کے استعمال سے خط لکھنی پڑتا ہے۔ یہ خط تعداد کے مورکو f_1 یعنی $2 = \log(100)$ پر چھوٹے ہوئے 20 dB فی دہائی کے شرح سے بڑھتا 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 لکھائے گئے ہیں۔ نہایت کم تعداد پر مساوات ۲.۳۳ کے مطابق اس حصہ کی قیمت 0 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 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۔

سادا ۲۳۲ کے تیسرا جزو کی کارکردگی نہایت کم اور نہایت زیادہ تعداد پر دیکھتے ہیں۔ نہایت کم تعداد یعنی $f_2 \ll f$ پر

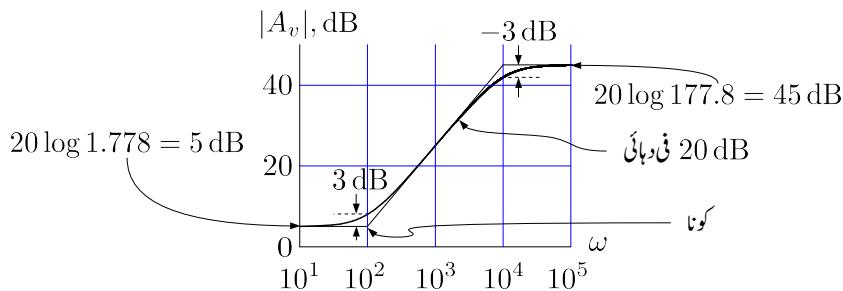
$$(2.35) \quad -20 \log \sqrt{1 + \left(\frac{f}{f_2} \right)^2} \rightarrow 20 \log 1 = 0 \text{ dB}$$

جبکہ نہایت زیادہ تعداد یعنی $f_2 \gg f$ پر

$$(2.36) \quad -20 \log \sqrt{1 + \left(\frac{f}{f_2} \right)^2} \rightarrow -20 \log \sqrt{\left(\frac{f}{f_2} \right)^2} \\ = -20 \log \frac{f}{10000} \text{ dB}$$

حاصل ہوتا ہے جہاں آخندری و مدت میں 10000 = f_2 کا استعمال کیا گیا ہے۔ $\frac{f}{10000} - 20 \log$ کی قیمت 20000، 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 گناز کرنے سے افزائش 20 dB گھٹتی ہے یا کہ افزائش 20 dB فی دہائی کے شرح سے تبدیل ہوتی ہے۔ افی 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۔ اسی خط کی پہنچ و قوت f_2 تعداد پر 0 dB اور $10f_2$ تعداد پر 20 dB کے معتمام پر نظر لے کر انہیں سیدھی لکیرے جوڑتے ہوئے حاصل کیا جاتا ہے۔ شکل ۲.۶۔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 ۲.۶۔ب میں ان تینوں خطوط کا مجموعہ لیا گیا ہے جو کہ سادا ۲۳۱ کے $|A_v|$ کا مکمل یوڈا خط ہے۔ شکل ۲.۶۔الف میں نقطہ a پر سادا ۲۳۲ کے پہلے جزو کے خط کی قیمت 5 dB جبکہ بقا یادو احیاء کے قیمتیں 0 dB یا ان کا مجموعہ 5 dB ہے جسے شکل ۲.۶۔ب میں a' سے ظاہر کیا گیا ہے۔ b پر ان تین احیاء کے قیمتیں 5 dB اور 20 dB اور 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، 20 dB اور 25 dB میں جن کا مجموعہ 45 dB ہے۔ اس نقطے کو d' سے ظاہر کیا گیا ہے۔ مندرجہ بالاتم عمل کو نہایت آسانی سے یوں سراغبم دیا جاسکتا ہے۔ دئے گئے سادا ۲۳۱ کی جتنی قیمت کمتر تعداد پر حاصل کریں۔ یوڈا خط کی قیمت یہی رکھتے ہوئے تعداد بڑھائیں حتیٰ کہ سادا ۲۳۱ 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 سادا ۲۳۱ 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^{۱۹} 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 کیچھیں۔
حل: اس مساوات کو دوبارہ پیش کرتے ہیں۔

$$A_v = -43 \left(\frac{j\omega + 6666}{j\omega + 64068} \right)$$

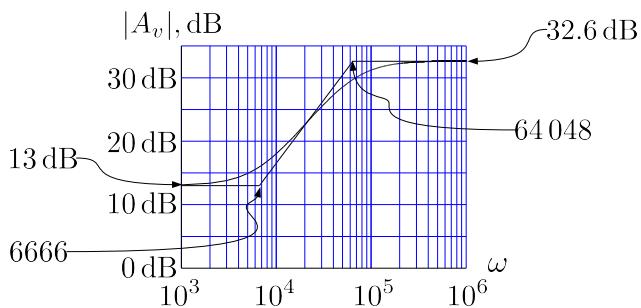
انہائی تعداد ($\omega \rightarrow 0$) پر اس کی حقیقی قیمت

$$|A_v|_{\omega \rightarrow 0} = 43 \left(\frac{0 + 6666}{0 + 64068} \right) = 4.474$$

یعنی

$$20 \times \log 4.474 \approx 13 \text{ dB}$$

^{۱۹} حقیقی خط کسپیڈر کے پروگرام میٹ لیب octave کی مدد سے آسانی کیجیے جا سکتا ہے۔ اس تاب میں مشترک خطوط لیست Linux پائے جانے والے پروگرام آئندہ 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 عسموی طرز پر لکھتے ہیں۔

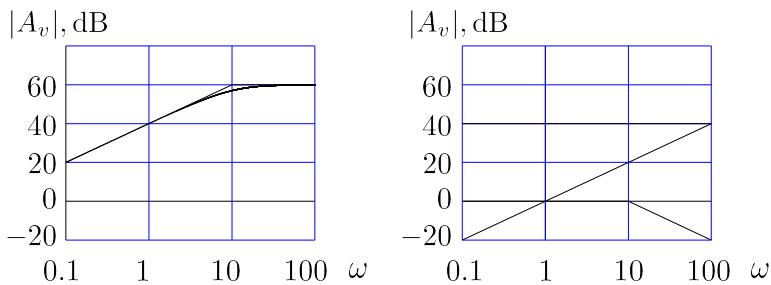
$$A_v = \frac{100j\omega}{\frac{j\omega}{10} + 1}$$

جسے ذیلی بیل میں لکھتے ملتا ہے

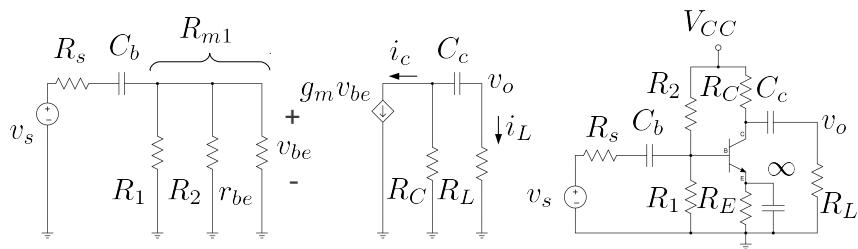
$$A_v = 20 \log 100 + 20 \log \omega - 20 \log \sqrt{\frac{\omega^2}{10^2} + 1}$$

اس کے بوڈا خط کے اجزاء شکل ۶.۱۰ الف جبکہ کمپل 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 ω_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 برعکس ($j\omega$) 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 الگ سکنے جیں۔

$$\begin{aligned}
 A_v &= \frac{v_o}{v_s} = \left(\frac{v_o}{i_L} \right) \left(\frac{i_L}{i_c} \right) \left(\frac{i_c}{v_{be}} \right) \left(\frac{v_{be}}{v_s} \right) \\
 &= R_L \left(-\frac{R_C}{R_C + R_L + \frac{1}{sC_c}} \right) (g_m) \left(\frac{R_{m1}}{R_s + R_{m1} + \frac{1}{sC_b}} \right) \\
 &= -g_m R_L R_C R_{m1} \left(\frac{sC_c}{sC_c (R_C + R_L) + 1} \right) \left(\frac{sC_b}{sC_b (R_s + R_{m1}) + 1} \right) \\
 &= -\frac{g_m R_L R_C R_{m1}}{(R_C + R_L) (R_s + R_{m1})} \left(\frac{s}{s + \frac{1}{C_c(R_C+R_L)}} \right) \left(\frac{s}{s + \frac{1}{C_b(R_s+R_{m1})}} \right)
 \end{aligned}$$

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 لکھا 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 مزاجت کی کل مزاجت ہے ہے عموماً $\frac{R_C R_L}{R_C + R_L}$ لکھتے ہوئے اسے یوں لکھا جاتا ہے۔ اسی طرح $\frac{R_s \| R_{m1}}{R_s}$ کو $\frac{R_s R_{m1}}{R_s + R_{m1}}$ کو $\frac{R_{m1}}{R_{m1} + R_s}$

$$\begin{aligned}
 A_v &= -\frac{1}{R_s} (R_C \| R_L) (R_s \| R_{m1}) \left(\frac{s}{s + \omega_c} \right) \left(\frac{s}{s + \omega_b} \right) \\
 &= A_{vD} \left(\frac{s}{s + \omega_c} \right) \left(\frac{s}{s + \omega_b} \right)
 \end{aligned}
 \tag{۶.۳۹}$$

جیاں

$$A_{vD} = -\frac{1}{R_s} (R_C \| R_L) (R_s \| R_{m1})$$

لکھا گیا ہے۔

باب ۶۔ ایکلیپسیاٹ کا تعدادی رد عمل اور فلسر

پست انقطائی تعداد پر ω_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 ω_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

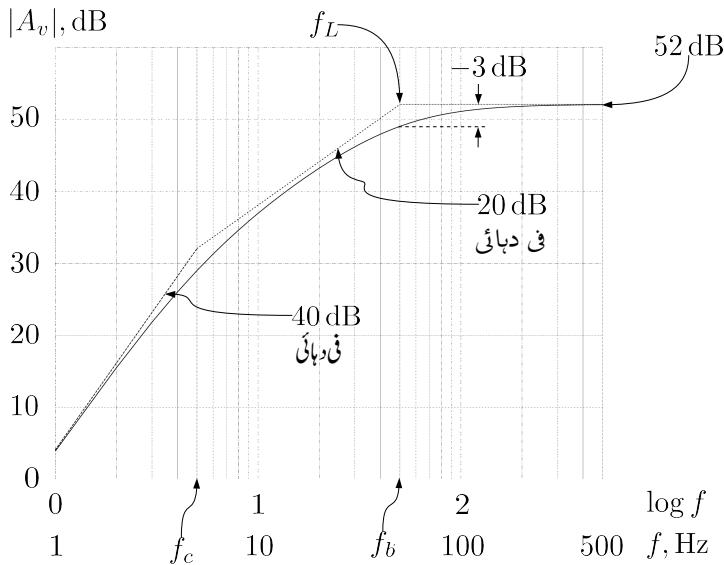
$$V_{CC} = 9 \text{ V}, R_C = 1.8 \text{ k}\Omega, R_E = 200 \text{ }\Omega$$

$$R_1 = 2.2 \text{ k}\Omega, R_2 = 16 \text{ k}\Omega, R_s = 1 \text{ k}\Omega$$

$$\beta = 99, R_L = 1.8 \text{ k}\Omega$$

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 Hz حاصل کرنے کی حناطرن f_b اور f_c حاصل کریں



شکل ۶.۱۲: پست انقطعی نقطے زیادہ تعدادے کو نے پڑے

حل: نقطہ 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 ω_c

اور ω_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 مسازیت 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

$$R'_e = (\beta + 1) R_e$$

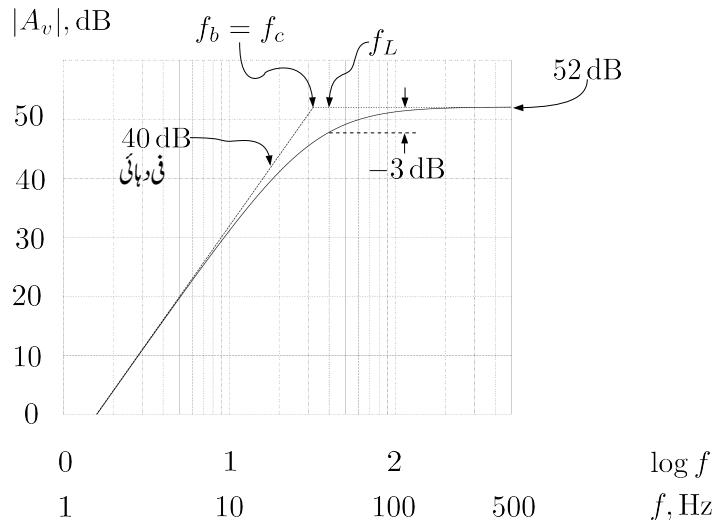
$$C'_e = \frac{C_e}{\beta + 1}$$

ہیں۔ شکل کو دیکھتے ہوئے ہم لکھ سکتے ہیں

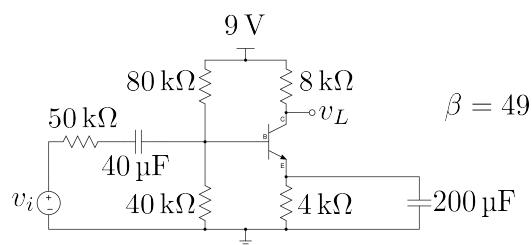
$$(6.31)$$

$$A_v = \frac{v_L}{v_i} = \frac{v_L}{i_c} \times \frac{i_c}{i_b} \times \frac{i_b}{v_b} \times \frac{v_b}{v_i}$$

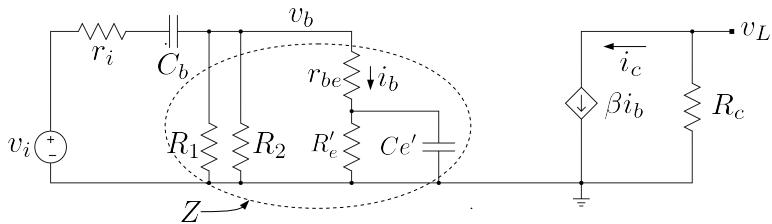
$$= -R_c \beta \left(\frac{1}{R'_e} + sC'_e \right) \left(\frac{Z}{r_i + \frac{1}{sC_b} + Z} \right)$$



شکل ۷.۱۳: جبڑو اکونوں 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۔
دئے گئے 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 بڑا خط کھینچتے 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۔

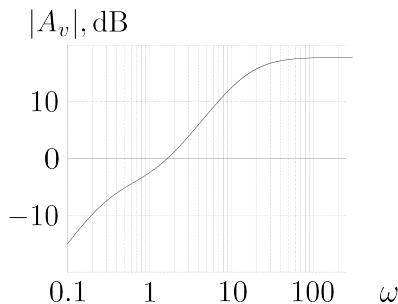
شکل ۶.۱۵ پر دوبارہ غور کریں۔ C_b اور C'_e کے مقیتوں میں واضح فرق ہے۔ کم تعداد پر $\frac{1}{\omega C_b}$ کی قیمت کے قیمت سے بہت زیاد ہو گی۔ یوں کم تعداد پر C'_e کو کھلے سرے تصور کرتے ہوئے C_b کے کردار پر غور کرتے ہیں۔ C_b کے متوازی کل مزاہم R_{mCb} مندرجہ ذیل ہے

$$R_{mCb} = r_i + R_1 \parallel R_2 \parallel R'_e = 73.529 \text{ k}\Omega$$

یوں ہم تو چ 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 مسادات 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

$$(6.35) \quad \begin{aligned} A_v &= \frac{\frac{-R_c \beta}{r_i} (s + \omega_c) s}{(s + \omega_{q1})(s + \omega_{q2})} \\ &= \frac{\frac{-R_c \beta \omega_c}{\omega_{q1} \omega_{q2}} \left(\frac{s}{\omega_c} + 1 \right) s}{\left(\frac{s}{\omega_{q1}} + 1 \right) \left(\frac{s}{\omega_{q2}} + 1 \right)} \end{aligned}$$

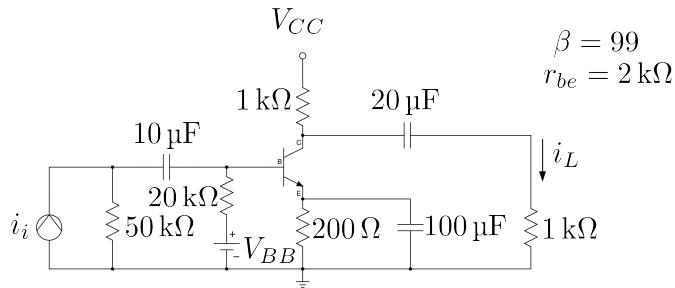
جساں

$$(6.36) \quad \begin{aligned} \omega_{q1} &= \frac{-(\omega_1 + \omega_2) - \sqrt{(\omega_1 + \omega_2)^2 - 4\omega_1 \omega_3}}{2} \\ \omega_{q2} &= \frac{-(\omega_1 + \omega_2) + \sqrt{(\omega_1 + \omega_2)^2 - 4\omega_1 \omega_3}}{2} \end{aligned}$$

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 اب انتظاری 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 مت ابل استعمال معاوی میں حاصل نہیں ہوتیں۔

عموماً ایمپلیفیگر میں C_E اور 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 ایہیت 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 سبڑی مزاحمت کی قیمت C_C اور C_B کے متوالی مزاحمتوں سے کم ہوتی ہے۔ لہذا کمی بھی ω_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 $A_i = \frac{i_L}{i_i} = \frac{i_L}{i_i}$ کا درمیانی تعدد پر افزائش $A_i = \frac{i_L}{i_i}$ حاصل کریں۔ اس کا پست انقطعی تعدد بھی حاصل کریں۔

حل: شکل ۶.۱۸ میں ماؤنی دور کھایا گیا ہے جبکہ $R_e = \frac{C_e}{\beta+1}$ اور $R'_e = (\beta+1) R_e$

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 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 $1 \mu\text{F}$ 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 $1 \mu\text{F}$ 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 $10 \mu\text{F}$ اہمیت رکھتا ہے ان تعدد پر $1 \mu\text{F}$ کو تصریح دور کردار ادا کرے گا۔ $1 \mu\text{F}$ کو تصریح دور تصور کرتے ہوئے $10 \mu\text{F}$ کے متوالی کل مساحت

$$r_i + R_b \parallel [r_{be} + R'_e] = 60.476 \text{ k}\Omega$$

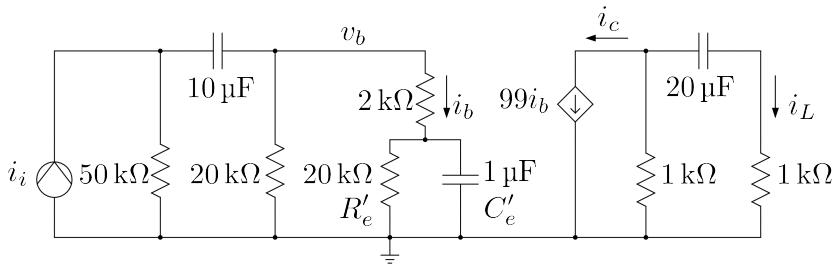
حاصل ہوتا ہے اور یوں

$$\omega_{qb} = \frac{1}{10 \times 10^{-6} \times 60476} = 1.65 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

پر قطب پر 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 ω_{qe} پر ہم نے C_b کو قصر دور تصور کیا تھا جبکہ ω_{qb} پر اسے کھلے دور تصور کیا تھا۔ آئین دیکھیں کہ کیا ایسا کرنادرست ہے۔ C_b پر ω_{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 ω_{qe} کی برقی رکاوٹ کو نظر انداز کرتے ہوئے اسے قصر دور تصور کیا جاسکتا ہے۔ اسی طرح پر ω_{qb} پر

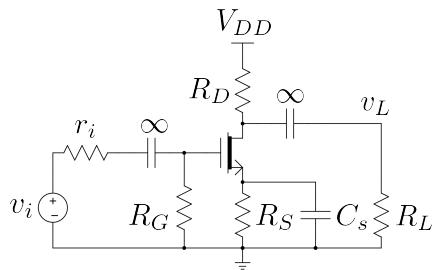
$$\left| \frac{1}{\omega_{qb} C'_e} \right| = \frac{1}{1.65 \times 10^{-6}} = 606 \text{ k}\Omega$$

ہے اہنہذا C_e پر ω_{qb} کو کھلے دور تصور کیا جاسکتا ہے۔

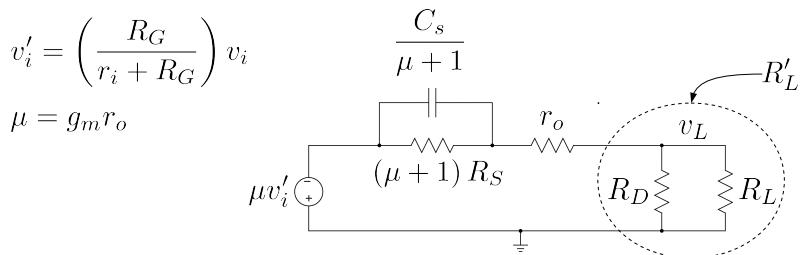
۶.۹ پست نقطائی تعداد بذریعہ سورس کپیسٹر

شکل ۶.۱۹ میں گیٹ اور لگکٹر کپیسٹروں کی قیمت لامدد و د تصور کریں۔ $A_v = \frac{v_L}{v_i}$ حاصل کرتے ہوئے پست نقطائی تعداد ω_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 μ 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۔ ω 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 ∞ 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

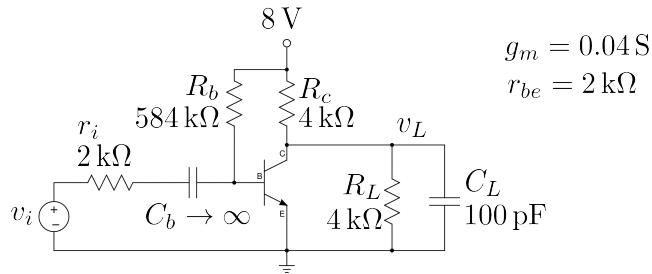
$$(6.41) \quad A_{vD} \approx -g_m R_{\parallel}$$

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

ماداٹ 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

$$A_{vD} = -0.004 \times 3098 = -12.4 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

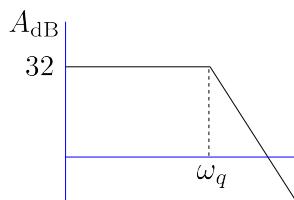
حاصل ہوتا ہے۔

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 احباڑہ لیا جائے گا۔

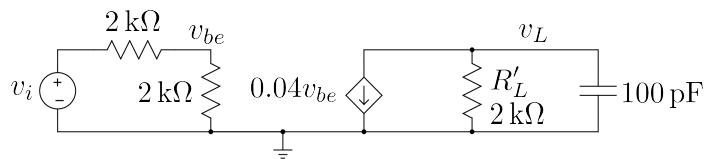
مثال ۶.۱۰: شکل ۶.۲۱ میں $A_v = \frac{v_L}{v_i}$ کی ماداٹ حاصل کرتے ہوئے اس کا بودھنٹ کھنچیں۔
حل: اس کو آپ آسانی سے حل کر سکتے ہیں۔ جواب مندرجہ ذیل ہے۔

$$A_v = -g_m \left(\frac{R_b \parallel r_{be}}{r_i + R_b \parallel r_{be}} \right) \left(\frac{R_c \parallel R_L}{\frac{s}{\omega_q} + 1} \right) = \frac{-40}{\frac{s}{5 \times 10^6} + 1}$$

$$\omega_q = \frac{1}{(R_c \parallel R_L) C_L} = 5 \times 10^6$$



شکل ۶.۲۲



شکل ۶.۲۳

بودا خاطر شکل ۶.۲۲ میں دیا گیا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ ω_q سے کم تعداد کے اشارات پر کمیٹر کا کوئی اثر نہیں۔ یوں ω_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۔

$$v_L = 0.8 \left(e^{-\frac{t}{R'_L C_L}} - 1 \right)$$

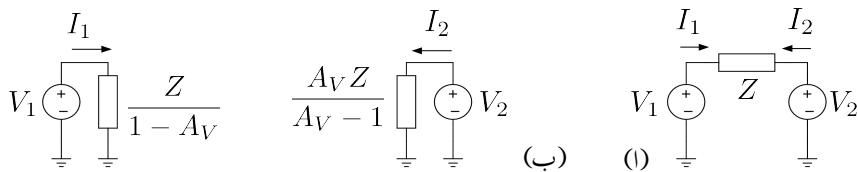
$$= 0.8 \left(e^{-5 \times 10^6 t} - 1 \right)$$

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^{۴۰}
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

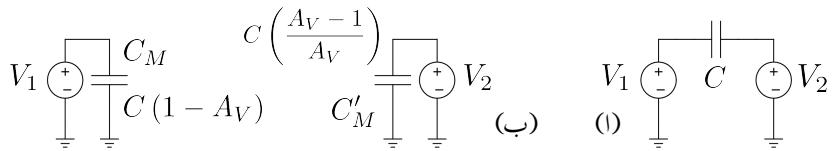
$$(۶.۵۶) \quad I = \frac{V_2}{Z'_M}$$

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 فلتر



شکل ۶.۲۵: ملر کپیٹر

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 برقرار 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 ۵۸ کا لگھے میں برابرا استعمال ہو گا۔ C_M مل کمپیوٹر ۳۳ پکار احبا تا ہے۔

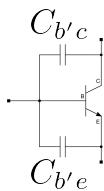
۶.۱۱ عمل تعدادی رد بلند

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۔

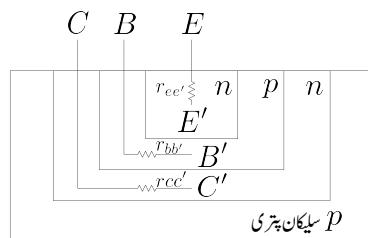
۶.۱۱.۱ بلند تعدادی یا π ریاضی نمونه

استعمال کے دوران ٹرانزیستر کے نیس-بیٹر جوڑ کو الٹے مائل رکھا جاتا ہے۔ بالکل ڈیلوڈ کی طرح، اسکے مائل pN جوڈ پر دیر 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 ٹرانزیستروں میں 30 pF کے لگے بھگ جبکہ بلند تعداد پر چلنے والے ٹرانزیستروں میں 1 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 بیس-بیٹر جوڈ پر کپیٹر $C_{b'e}$ پایا جاتا ہے جس کی قیمت 100 pF تا 5000 pF پائی جاتی ہے۔ آئین دیکھیں کہ کپیٹر کس طرح پیدا ہوتا ہے۔ ٹرانزیستر کے نیس-بیٹر جوڈ پر شبست اشارے کی موجودگی میں ایمٹر سے نیس کی جانب آزاد اسیکٹر ان رواؤ ہوتے ہیں جن کا میشور حصہ نیس خطے سے بذریعہ غفوڈ گزر کر آخوند کر گلکشہ پہنچ کر C_n کا حصہ بننے لیں۔ اب تصور کریں کہ اس سے پہلے کہ اسیکٹر ان بیس خطے سے گز پائیں، مہیا کرہا اسہارے منفی ہو جاتا ہے۔ آزاد اسیکٹر ان اشارے کی نئی حقیقت کو دیکھتے ہوئے واپس ایمٹر سرے 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 ٹرانزیستر کے کارکردگی کے لئے ضروری ہے کہ نیس خطے سے اسیکٹر ان کے گز نے کا دروانی یہی 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 گز نے والے آزاد اسیکٹر ان کبھی گلکشہ اور کبھی بیٹر 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۔ ٹرانزیستر کے اندر وہی کپیٹر وں کو شکل ۲.۲۶ میں بطور بیرونی کپیٹر دکھا گا۔



شکل ۲.۲۶: ٹرانزسٹر کے اندر ونی پیسٹر کو بطور بیرونی پیسٹر دکھایا گیا ہے

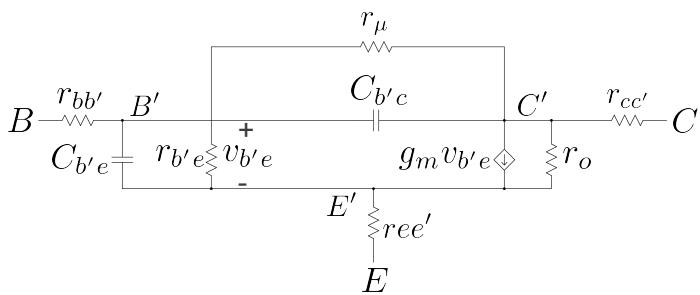


شکل ۲.۲۷: ٹرانزسٹر کے اندر ونی مزاحمت

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^{۳۳} $r_{bb'}$ 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_μ سے ظاہر کیا جاتا ہے۔ اس کتاب میں $r_{cc'}$ اور $r_{ee'}$ اور r_μ 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_μ 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 10Ω تا 50Ω ہوتی ہے۔



شکل ۲.۲۸: بلند تعدادی پائے ریاضی نمونے

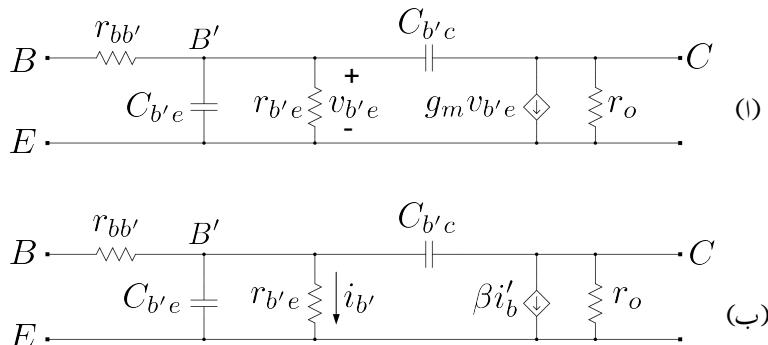
بے پست تعدادی پائے ریاضی نمونے کے حصہ r_{be} کو یہاں $r_{b'e}$ کہا گیا ہے۔ یوں مساوات ۳.۱۸۷ کے تحت

$$(2.20) \quad r_{b'e} = \frac{\beta V_T}{I_{CQ}}$$

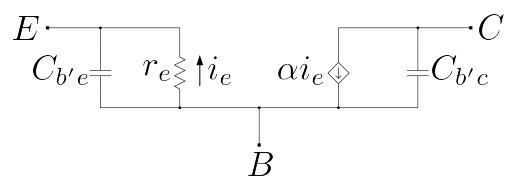
کے برابر ہے۔ $i'_b r_{b'e} = i'_b r_{b'e}$ لکھتے ہوئے اور مساوات ۳.۱۸۸ سے $g_m = \frac{\beta}{r_{b'e}}$ کے استعمال سے شکل اف ۲ کے کھلاشتاتے ہے جس سے قدر مختلف شکل ب میں دکھایا گیا بلند تعدادی پائے ریاضی نمونے حاصل ہوتا ہے۔ شکل ب میں i'_b پر دوبارہ غور کریں۔ یہ $r_{b'e}$ میں سے گزرتی برقی رو ہے ناکہ ٹرانزسٹر کے بیرونی یہیں سرے پر پائی جانے والی برقی رو کے نسبت سے i_c حنارت کرتا ہے۔ بلند تعداد پر $C_{b'e}$ کے راستے داخلی برقی رو کا کچھ حصہ گزرے گا جس کی وجہ سے ٹرانزسٹر کی افزائش میں کمی رونما ہوگی۔ ٹرانزسٹر کے پست تعدادی اُن ریاضی نمونے کو صفحہ ۲۸۷ پر شکل ۲.۳ میں دکھایا گیا ہے۔ شکل ۲.۷۷ ۲.۳ میں ٹرانزسٹر کے اندر ویں پیسٹر کے شمولیت سے شکل ۲.۳۰ حاصل ہوتا ہے جس میں $r_{bb'}$ شامل نہیں کیا گیا۔ اُن ریاضی نمونے کا استعمال مشترک کیس ایپلیفیٹر حل کرتے وقت آتا ہے جہاں $r_{bb'}$ کے اثر کو ظفر انداز کرنا ممکن ہوتا ہے۔ اُن ریاضی نمونے میں i_e وہ برقی رو ہے جو اندر ویں میں سے گزرتی ہے۔

۲.۱۱.۲ مشترک کامپلینڈ انقطعائی تعدد

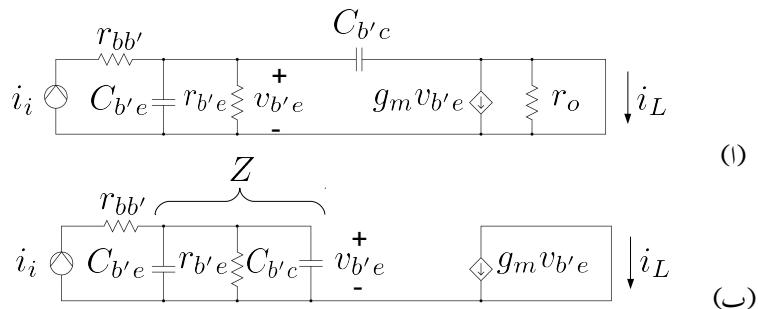
شکل ۲.۲۹ اف کے حنارتی حباب برقی بوجہ R_L جو زکر افزائش برقی رو $\frac{i_L}{i_i}$ حاصل کی جاسکتی ہے جس کی قیمت R_L بڑھانے سے گھٹے گی۔ ایسا کرنے کی بحث اے، جیسا کہ شکل ۲.۳۱ اف میں دکھایا گیا ہے، ہم $A_i = R_L$ رکھتے ہوئے قصر دور افزائش برقی رو A_i حاصل کرتے ہیں جو اس کی زیادہ ممکن قیمت ہے۔ چونکہ $0 = R_L$ سے مزاد ٹرانزسٹر کے ٹلکٹر کو اس کے پیٹر کے ساتھ جوڑنا ہے لہذا ایسا کرنے سے r_o بھی قصر دور ہو جاتا ہے اور ساتھ ہی ساتھ $C_{b'e}$ کا ایک سر ابرقی زمین کے ساتھ جوڑنا ہے۔ چنانکہ ٹرانزسٹر کا ٹلکٹر بھی برقی رو میں پر ہے لہذا $C_{b'e}$ کا یہ سر ایٹر کے ساتھ جوڑ جاتا ہے۔ ان حقائق کو مد نظر رکھتے ہوئے شکل ب حاصل ہوتا ہے۔ شکل اف میں ہم دیکھتے ہیں کہ $C_{b'e}$ میں داخلی حباب سے حنارتی حباب



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 نزدیکی

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_β 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_β ایکلپیٹنر کے دائرہ کارکردگی B ^{۲۵} 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 ω_T لکھتے ہوئے

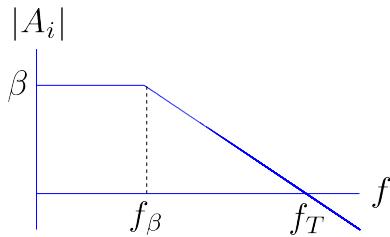
$$|A_i| = \frac{\beta \omega_\beta}{\sqrt{\omega_T^2 + \omega_\beta^2}} = 1$$

—

$$\beta \omega_\beta = \sqrt{\omega_T^2 + \omega_\beta^2}$$

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

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 $\beta \gg 1$ ہوتا ہے لہذا

$$(2.26) \quad \begin{aligned} \omega_T &\approx \beta \omega_\beta \\ f_T &\approx \beta f_\beta \end{aligned}$$

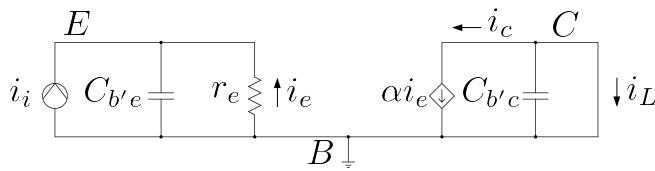
لکھ جائے۔ اس مساوات کے تحت f_T دراصل ٹرانزسٹر کے β اور f_β کا مصالح ضرب ہے۔ اسی سے f_T کو ٹرانزسٹر کا افراہٹ ضربے دائرہ کارکردگی ۳۳ کہتی ہے۔ ٹرانزسٹر کے بلند تعدادی صلاحیت کو اس کے معلومانے صفتیت میں بطور f_T پیش کیا جاتا ہے۔ یوں کسی اشارے کو بڑھانے کی حاضر استعمال کے جانے والے ایک پیغام کے ٹرانزسٹر کی f_T اس اشارے کی تعداد سے زیادہ ہو ناظروری ہے۔ مندرجہ بالا مساوات کو یوں دیکھا جائے کہ اگر دو مختلف ٹرانزسٹروں کی f_T برابر جبکہ ان کے β برابر نہ ہوں تو کم β والے ٹرانزسٹر کا f_β زیادہ ہو گا اور یوں یہ نتیجہ یادہ بلند تعداد کے اشارات کو بڑھانے کی صلاحیت رکھے گا۔

مساوات ۲.۲۲ اور مساوات ۲.۲۲ 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^{r1}
data sheet^{r2}



شکل ۶.۳۳: مشترک بیس تصریحی دو برقی روانہ اسٹر

مادا ۶.۲۲ کے مطابق f_T وہ حتی بلند تعداد ہے جس تک مشترک بھرٹانز سٹر ایکلینیاٹر اشارے کا چیلڈننگ کی صلاحیت رکھتا ہے۔ اس مادا کو حاصل کرتے وقت $C_{b'c}$ کے راستے ملکشہ تک پہنچتے ہیں تو کو ظفر انداز کیا جس کی وجہ سے حقیقت میں مشترک بھرٹانز سٹر ایکلینیاٹر کبھی بھی f_T تعداد کے اشارات کو نہیں بڑھا سکتا۔

۶.۱۱.۳ مشترک بیس بلند نقطائی تعداد

آئین مشترک بیس طرز پر استعمال کے حبانے والے ایکلینیاٹر کی بلند نقطائی تعداد حاصل کریں۔ بلند نقطائی تعداد ٹرانزیستر کے ساتھ بیرونی جبڑے مزاحمت وغیرہ پر بھی محصر 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 شمل نہ کیا جائے۔ یوں مشترک بیس 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 برقی 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 بالامادا 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 ω_α پر احبا تا ہے، ٹرانزسٹر کے ω_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 ω_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 λ کی قیمت ۰.۲ تا ۰.۴ ہوتی ہے۔ λ 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_β 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۔ ایپلیٹائز 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 ایپلیٹائز اور اس کا بلند تعدادی دور دکھایا گیا ہے۔ یہ بلند تعدادی رد عمل ہونے والے مشترکہ ایپلیٹائز 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 نثاری بھی 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

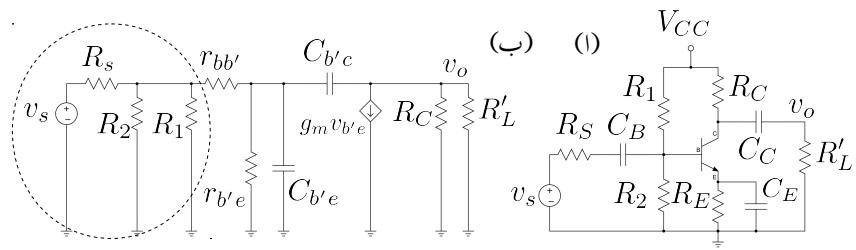
$$(2.43) \quad v_{th} = \left(\frac{R_B}{R_S + R_B} \right) v_s$$

$$(2.44) \quad R_{th} = \frac{R_S R_B}{R_S + R_B}$$

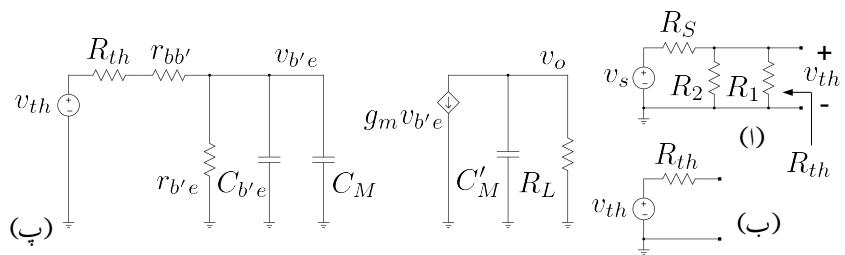
حاصل ہوتے ہیں۔ شکل ۲.۳۳ ب میں R_C اور R'_L متوازی جبڑے ہیں۔ ان کے کل مزاحمت کو R_L لکھتے ہیں یعنی

$$(2.45) \quad R_L = \frac{R_C R'_L}{R_C + R'_L}$$

$C_{b'c}$ 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

$$(2.80) \quad C'_M \approx C_{b'c}$$

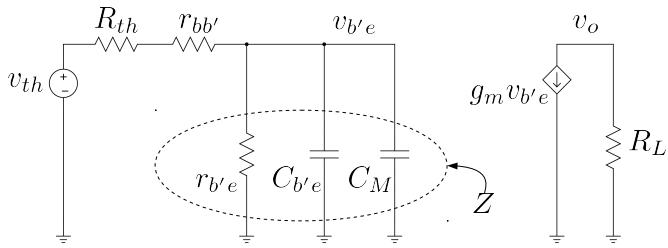
ہو گا۔ $C_{b'c}$ کی قیمت انتہائی کم ہوتی ہے۔ یہ اس کے برقی رکاوٹ کی حقیقت برقی بوجھ سے بہت زیادہ ہو گی یعنی

$$(2.81) \quad \left| \frac{1}{j\omega C_{b'c}} \right| \gg R_L$$

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 ω_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_{b'e} + C_M) ہے جبکہ R_m اس کپیٹر کے ساتھ کل متوازی جبڑی مسماحت ہے۔ شکل ۴.۳۶ میں v_s کو قصر دور کرتے ہوئے r_{b'e} کے ساتھ متوازی جبڑے (R_{th} + r_{bb'}) کی کل مسماحت R_m 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_{th} کی تیمت r_{bb'} اور r_{b'e} 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 ω_β کا مساوات ω_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 ω_H ہے لہذا ایپلیناٹ کی افسزاش ω_β تعدد پر نہایت کم ہوگی۔
 کو مساوات ۲.۸۳ کی مدد سے یہ حاصل کر سکتے ہیں۔

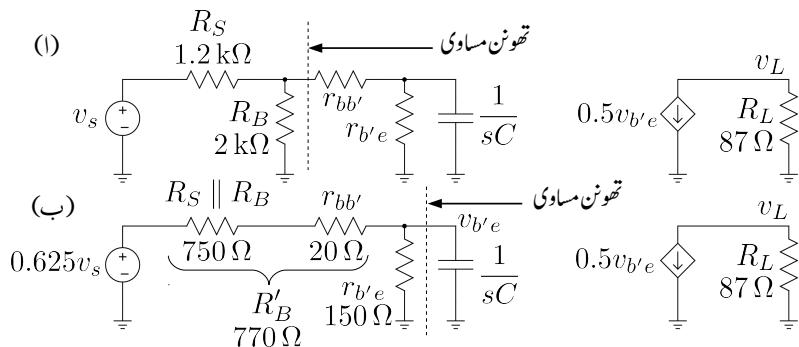
$$\begin{aligned} A_v &= \frac{v_o}{v_s} = \left(\frac{v_o}{v_{th}} \right) \left(\frac{v_{th}}{v_s} \right) \\ &= - \left[\frac{g_m R_L}{(C_{b'e} + C_M)(R_{th} + r_{bb'})} \right] \left(\frac{R_B}{R_S + R_B} \right) \left(\frac{1}{s + \omega_H} \right) \\ &= - \left[\frac{g_m R_L}{\omega_H (C_{b'e} + C_M)(R_{th} + r_{bb'})} \right] \left(\frac{R_B}{R_S + R_B} \right) \left(\frac{1}{1 + \frac{s}{\omega_H}} \right) \\ &= - \left(\frac{g_m R_m R_L}{R_{th} + r_{bb'}} \right) \left(\frac{R_B}{R_S + R_B} \right) \left(\frac{1}{1 + \frac{s}{\omega_H}} \right) \end{aligned}$$

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 تھونن کے بار بار استعمال سے دور کا حمل

لیتے ہوئے مسئلہ نارٹن اور مسئلہ تھونن کے بار بار استعمال سے دور کا حمل
تعدادی رفراز اسٹریم A_v اور بہنڈ انقطہ ای تعداد f_H حاصل کریں۔ اس ایکلینیٹر کی درمیانی
حول: حصل: حصل میں اسی کو کر خوف کے قوامیں کی مدد سے حل کیا گی۔ اس مثال کو مسئلہ نارٹن اور مسئلہ
تھونن کے بار بار استعمال سے حل کرتے ہیں۔
 $R_L \parallel R_C \parallel R'_L$

$$R_L = \frac{650 \times 100}{650 + 100} = 87\Omega$$

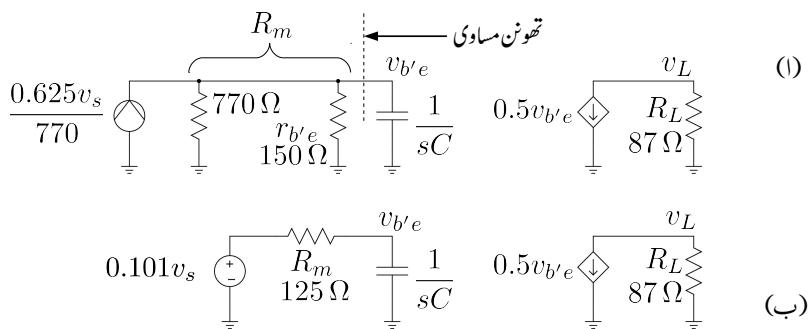
حاصل ہوتا ہے۔ شکل ۶.۳۷ ب سے مسئلہ ملکی مدد سے شکل ۶.۳۷ ب سے حاصل ہوتا ہے جیساں

$$\begin{aligned} C &= C_{b'e} + C_M \\ &= C_{b'e} + (1 + g_m R_L) C_{b'c} \\ &= 220 \times 10^{-12} + (1 + 0.5 \times 87) \times 2 \times 10^{-12} \\ &= 220 \text{ pF} + 89 \text{ pF} \\ &= 309 \text{ pF} \end{aligned}$$

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 تھونن دور لیتے ہوئے شکل ۶.۳۷ ب سے حاصل ہوتا ہے



شکل ۲.۳۸: مسئلہ نارٹن اور مسئلہ تحونن کے بار بار استعمال سے دور کا حل

جہاں تحونن مساوی مقدار

$$\left(\frac{R_B}{R_S + R_B} \right) v_s = 0.625v_s \quad \text{تحونن دباؤ}$$

$$R_S \parallel R_B = 750 \Omega \quad \text{تحونن مسازھت}$$

میں دکھایا گیا ہے جہاں نارٹن مساوی برقرار رکھی گئی ہے شکل ۲.۳۸ اف۔

$$\frac{0.625v_s}{R'_B} = \frac{0.625}{770} v_s$$

کے برابر ہے۔ شکل ۲.۳۸ اف میں نقطہ دار لکیہر کے بائیں جہاں ہے کا تحونن مساوی دور لیتی ہوئے شکل ب س مصل ہوتا ہے۔ شکل ۲.۳۸ ب کو دیکھ کر $v_{b'e}$ کی مساوات لکھی جا سکتی 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

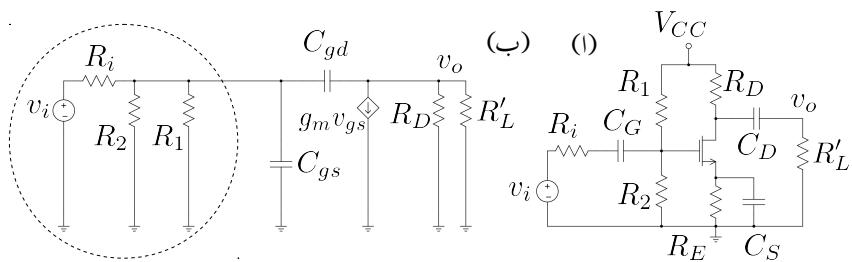
شکل ۶.۳۹ الف میں ماسفیٹ ایکلپیٹر اور شکل بے میں اسی کامساوی بلند تعدادی دور دکھایا گیا ہے جس میں ماسفیٹ کا بلند تعدادی ریاضی نمونہ استعمال کیا گیا ہے۔ ماسفیٹ کا بلند تعدادی ریاضی نمونہ ماسفیٹ کے پست تعدادی ریاضی نمونے میں C_{gd} اور C_{gs} اندر وہی کپیٹر کی شمولیت سے حاصل کیا گیا ہے۔ شکل ۶.۳۹ ب اور شکل 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 pF جبکہ بلند تعدادی ماسفیٹ کی 5 pF سے بھی کم ہوتی ہے۔ پست تعدادی ماسفیٹ کے C_{gd} کی قیمت 5 pF جبکہ بلند تعدادی ماسفیٹ کی 0.5 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

$$\begin{aligned} \frac{v_o}{v_{th}} &= \left(\frac{v_o}{i_d} \right) \left(\frac{i_d}{v_{gs}} \right) \left(\frac{v_{gs}}{v_{th}} \right) \\ &= (-Z_L) (g_m) \left(\frac{\frac{1}{j\omega(C_{gs}+C_M)}}{R_{th} + \frac{1}{j\omega(C_{gs}+C_M)}} \right) \\ &= - \left(\frac{g_m R_L}{j\omega C'_M R_L + 1} \right) \left(\frac{1}{j\omega(C_{gs}+C_M) R_{th} + 1} \right) \end{aligned}$$

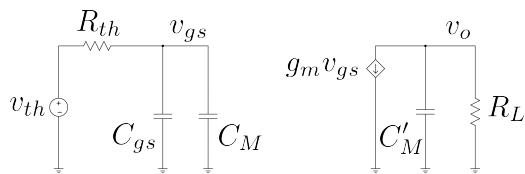
اس میں

$$(2.89) \quad \omega'_H = \frac{1}{C'_M R_L}$$

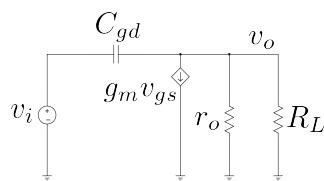
$$(2.90) \quad \omega_H = \frac{1}{(C_{gs} + C_M) R_{th}}$$

لکھتے ہوئے

$$(2.91) \quad \frac{v_o}{v_{th}} = - \left(\frac{g_m R_L}{j \frac{\omega}{\omega'_H} + 1} \right) \left(\frac{1}{j \frac{\omega}{\omega_H} + 1} \right)$$



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 ω_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 تینوں داخلی اشادہ v_i کے متوازن جبڑے ہیں لہذا ایکیٹر پر $v_i = v_o$ پایا جائے۔ یہ $v_{gs} = v_o$ کے برابر ہوگا۔ v_o کو خوف کے قانون برائے برقی روکے مدد سے 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

$$(2.94) \quad \omega_s = \frac{g_m}{C_{gd}}$$

$$(2.95) \quad \omega_H = \frac{1}{C_{gd} \left(\frac{R_L r_o}{R_L + r_o} \right)}$$

لیتھیوئے

$$(2.96) \quad A_v = \left(\frac{g_m R_L r_o}{r_L + r_o} \right) \left[\frac{-1 + j \frac{\omega}{\omega_s}}{1 + j \frac{\omega}{\omega_H}} \right]$$

حاصل ہوتا ہے۔ اس مساوات میں $\omega_s \gg \omega_H$ ہوتا ہے یعنی

$$\frac{g_m}{C_{gd}} \gg \frac{1}{C_{gd} \left(\frac{R_L r_o}{R_L + r_o} \right)}$$

ج

$$(2.97) \quad g_m \left(\frac{R_L r_o}{R_L + r_o} \right) \gg 1$$

لکھ جائے۔ مساوات ۲.۹۶ کا بوداخط شکل ۲.۳۲ میں دکھایا گیا ہے۔ ω_H کی قیمت R_L سے وابطہ ہے۔ اگر $R_L \rightarrow \infty$ کر دیا جائے تو بلند ترین انقطعی تعدادی

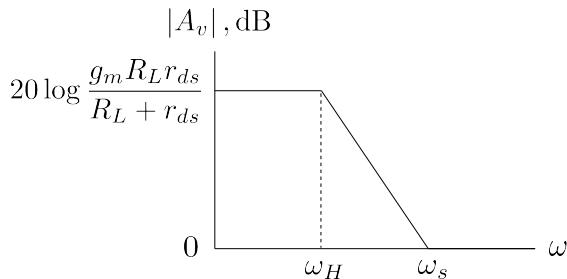
$$(2.98) \quad \omega_H \Big|_{R_L \rightarrow \infty} = \frac{1}{C_{gd} r_o}$$

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 ۲.۳۳ الگ میں گلکٹر مشترک ایپلیفائر دکھایا گیا ہے جس کا مساوی با یک اشاراتی بلند تعدادی دور شکل ب میں دکھایا گیا ہے۔ بلند تعدادی پر بیرونی نسب کپیٹر C_b قصر دور کردار ادا کرتا ہے۔ شکل ب

باب ۶۔ ایکلپسیاٹر کا تعدادی رد عمل اور فلتر



شکل ۶.۳۲: ماسفیٹ ایکلپسیاٹر کا بوڈا خاط

کے واضح ہے کہ صرف $r_{b'e}$ سے گزرتی بر قی رو i_b کو ٹرانزسٹر β گناہ میں ہاتا ہے۔ اس شکل میں کپیٹر $C_{b'e}$ کا باعث جانب کامساوی تھونن دور حاصل کرتے ہیں

$$V_{th} = \left(\frac{R_1 \parallel R_2}{r_i + R_1 \parallel R_2} \right) v_i = v_s$$

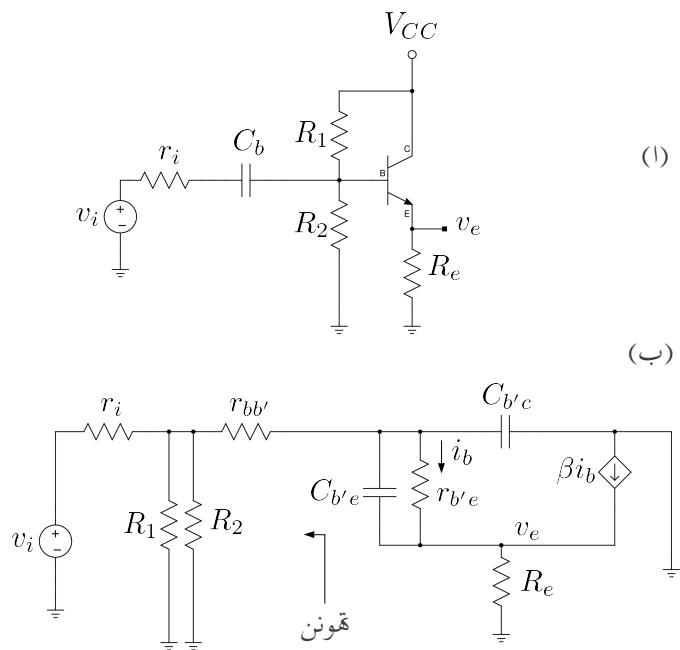
$$R_{th} = r_i \parallel R_1 \parallel R_2 + r_{bb'} = r_s$$

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 ابرقی 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 وہ اون برائے بر قی رو کے استعمال سے نیٹ پر ہم لکھ سکتے ہیں

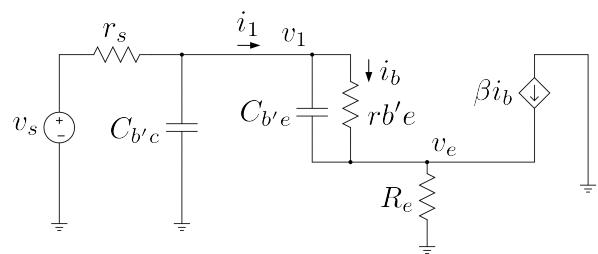
$$(v_e - v_1) s C_{b'e} + \frac{v_e - v_1}{r_{b'e}} + \frac{v_e}{R_e} = \beta i_b = \beta \frac{v_1 - v_e}{r_{b'e}}$$

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 ۶.۹۹ 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

$$(2.104) \quad \frac{v_e}{v_s} = \frac{1 + \frac{j\omega}{\omega_T}}{1 + j\omega \left(\frac{1}{\omega_1} + \frac{1 + \frac{r_s}{R_e}}{\omega_T} \right) + \frac{j\omega}{\omega_T} \frac{j\omega}{\omega_1}}$$

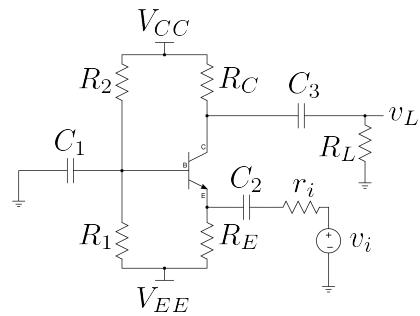
۶.۱۳ مشترک بیس ایمپلینیاٹر کا بلند انقطعائی تعدد

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 تعدادی 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۔

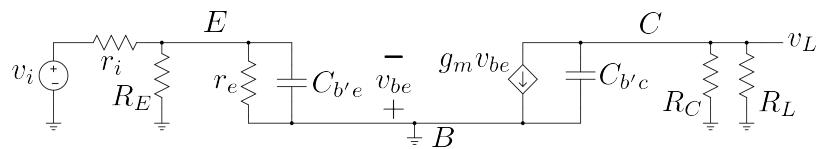
مساوی دور سے دو انقطعائی تعدد حاصل ہوتے ہیں لیکن

$$(2.105) \quad \omega_{H1} = \frac{1}{(r_e \parallel R_E \parallel r_i) C_{b'e}}$$

$$\omega_{H2} = \frac{1}{(R_C \parallel R_L) C_{b'e}}$$



شکل ۲.۳۵: بیس مشترک ایمپلیفائر



شکل ۶.۳۶: بیس مشترک ایمپلیفائز کامساوی 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 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

$$C_M = (1 + 0.0416 \times 3333) \times 4 \times 10^{-12} = 559 \text{ pF}$$

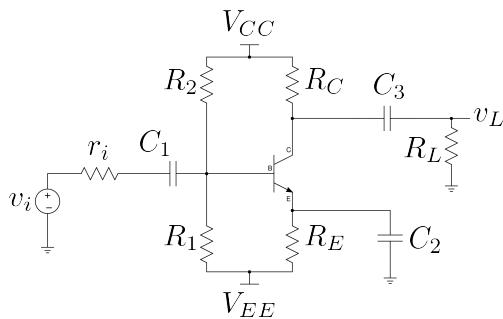
$$C_{b'e} + C_M = 594 \text{ pF}$$

اور اس کے متوالی کل مزاحمت R_m

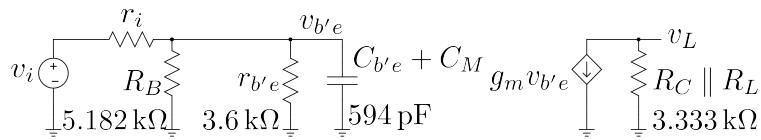
$$\frac{1}{R_m} = \frac{1}{100} + \frac{1}{5182} + \frac{1}{3600}$$

$$R_m = 95.5 \Omega$$

باب ۶۔ ایکلیفائر کا تعدادی رد عمل اور فلتر



شکل ۶.۳۷: ہٹر مشترک ایکلیفائر



شکل ۶.۳۸: ہٹر مشترک ایکلیفائر کے نقطائی تعدادی حاصل کرنے کے لئے درکار مساوی دور

حاصل ہوتا ہے۔ یوں بلت نقطائی تعدادی

$$f_H = \frac{1}{2\pi \times 95.5 \times 594 \times 10^{-12}} = 2.8 \text{ MHz}$$

اور درمیانی تعدادی پر امنزائش

$$A_v = \frac{v_L}{v_i} = -3333 \times 0.0416 \times \frac{\frac{3600 \times 5182}{3600+5182}}{\frac{3600 \times 5182}{3600+5182} + 100} = -132 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

مندرجہ بالا دو مساوات سے آپ دیکھ سکتے ہیں کہ یہس مشترک ایکلیفائر کی بلند نقطائی تعدادی ہٹر مشترک ایکلیفائر کے بلند نقطائی تعدادی تقریباً سوا چار گن اضافہ 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^{۲۸} 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 کی وجہ سے ہاں میں ملر کیپیٹر کی قیمت کم سے کم ہونے کی بنا پر زیادہ سے زیادہ تعداد پر بلند انقطعی نقطے حاصل ہوتا ہے۔^{۲۹}

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۔ R_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 ω_B اور ω_α دیتے ہیں جن کے تحت $\omega_T = \beta\omega_B = \omega_\alpha$ کے برابر ہے جہاں ω_B مشترکہ بیٹری طرز کے ایپلیناٹر کی قصر درور بلند انقطعی تعداد جبکہ ω_α مشترکہ بیٹری طرز کے ایپلیناٹر کی قصر درور بلند انقطعی تعداد ہے۔ چونکہ $\omega_T = \omega_\alpha$ کے برابر ہے لہذا 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 اس خود 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۔

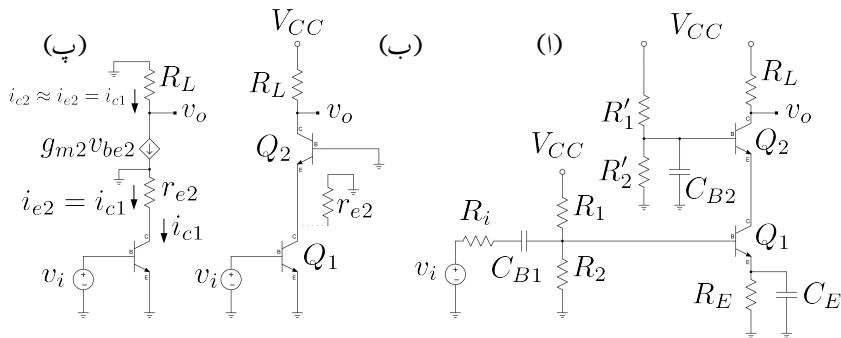
شکل ۲.۶۹ ب میں کیکوڈ ایپلیناٹر کا مساوی باریکے اشاراتی دور دکھایا گیا ہے جس میں ٹرانزستر مائل کرنے والے اجسام نہیں دکھائے گئے تاکہ کیکوڈ ایپلیناٹر کی بنیادی کارکردگی پر توجہ رکھے۔ اس شکل میں Q_2 کا مسماحت r_{e2} بطور Q_1 کے بر قی بوجہ کردار ادا کرتا ہے۔ r_{e2} کو Q_2 کے باہر دکھاتے ہوئے اسے Q_1 کے گلکشن اور بر قی زمین کے مابین دکھایا گیا ہے۔ شکل پ میں Q_2 کا T ریاضی نومے^{۳۰} استعمال کرتے ہوئے اس بات کی وضاحت کی گئی ہے کہ Q_1 کے گلکشن اور بر قی زمین کے درمیان r_{e2} نسبتی ہے۔ Q_1 کا بر قی بوجہ r_{e2} 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 $\frac{I_{CQ}}{V_T}$

^{۲۸} Miller capacitor
^{۲۹} مسٹریٹر کے نئی بہت نے اس ایپلیناٹر کو دیافت کیا اور اس کا نام کیکوڈ ایپلیناٹر کہا۔
^{۳۰} cascode amplifier.
^{۳۱} T ریاضی نومے پر حصہ ۱.۳.۳ میں بصیرہ کیا گیا ہے

باب ۶۔ ایپلیناٹ کا تعدادی رد عمل اور فلٹر



شکل ۶.۳۹: کیکوڈ ایپلیناٹ

$$g_m r_{e2} = 1 \text{ ہو گا۔ یہ } i_{c2} \text{ لیتے ہوئے}$$

$$(6.107) \quad C_M = (1 + 1) C_{b'c} = 2C_{b'c}$$

حاصل ہوتا ہے جو کہ کم ترین ممکنہ ملکیت ہے۔ C_M کی قیمت کم سے کم ہونے کی بنا پر مشترکہ بیٹھ طرز کے ایپلیناٹ کی بلند انقلائی تعدادی 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 ہو جو 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 کمیزوں کی برقرارکا دے 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

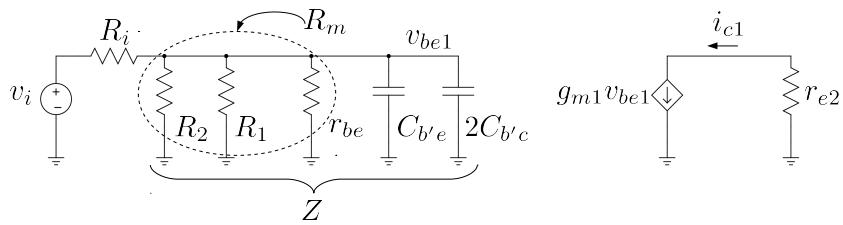
$$(1.108) \quad \omega_H = \frac{\frac{R_i}{R_m} + 1}{(C_{b'e} + 2C_{b'c}) R_i}$$

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

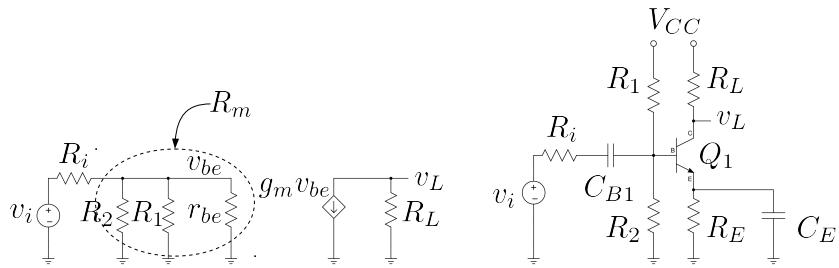
$$\begin{aligned} (6.110) \quad A_v &= - \left(\frac{g_m R_L}{\frac{R_i}{R_m} + 1} \right) \left(\frac{1}{j \frac{\omega}{\omega_H} + 1} \right) \\ &= A_{vD} \left(\frac{1}{j \frac{\omega}{\omega_H} + 1} \right) \end{aligned}$$

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۔ ω_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

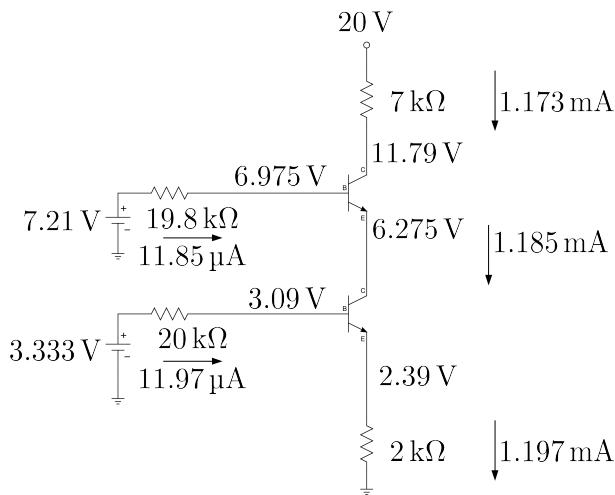
لہجہ جا سکتا ہے جہاں کیمپیٹر $C_{b'e} + 2C_{b'c}$ کے متوالی کل مسازحت $R_i \parallel R_m$ دراصل متوازی جبڑے، R_1, R_i اور r_{be} کی کل مسازحت ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ کیکوڈ ایمپلیناٹر کی بلند اقطعی تردود کو بھی $\frac{1}{RC}$ کی شکل میں لہجہ جا سکتا ہے جہاں C کی کیمپیٹر اور R اس کے ساتھ متوازی جبڑے کی مسازحت ہے۔ شکل ۶.۴۹ میں میں دکھایا گیا مشترک کے ایمپلیناٹر کا حاصل ہو گا جس کا درمیانی تردود پر مساوی دور بھی اسی شکل میں دکھایا گیا ہے۔ آئیں زنجیری ضرب کی مدد سے شکل ۶.۵ اکا ۶.۵۱ میں 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 تردود پر افزاں وی ہے جو مشترک کے ایمپلیناٹر کی ہے۔ کیکوڈ ایمپلیناٹر کی افادیت اس حقیقت میں ہے کہ اس کا بلند اقطعی تردود کافی زیادہ تعداد پر پایا جاتا ہے۔

مثال ۶.۴۹: شکل ۶.۵ میں

$$\begin{aligned}
 R_1 &= 120 \text{ k}\Omega, & R_2 &= 24 \text{ k}\Omega, & R_E &= 2 \text{ k}\Omega \\
 R'_1 &= 55 \text{ k}\Omega, & R'_2 &= 31 \text{ k}\Omega, & R_i &= 0.1 \text{ k}\Omega \\
 C_{b'e} &= 30 \text{ pF}, & C_{b'c} &= 3 \text{ pF}, & R_L &= 7 \text{ k}\Omega \\
 \beta &= 99, & V_{CC} &= 20 \text{ V}, & V_A &= \infty
 \end{aligned}$$



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 نے حاصل مساوی ادوار نسبت کر دئے 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 μA 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

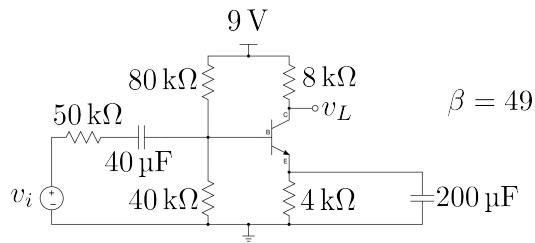
$$A_{vD} = \frac{-0.04788 \times 7000 \times 1873}{100 + 1873} = -318 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

اور مساوات ۶.۱۱۲ کی مدد سے

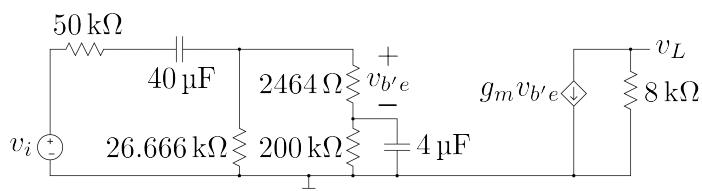
$$\omega_H = \frac{1}{(30 \times 10^{-12} + 2 \times 3 \times 10^{-12}) \left(\frac{100 \times 1873}{100 + 1873} \right)} = 293 \frac{\text{Mrad}}{\text{s}}$$

$$f_H = \frac{293000000}{2\pi} = 46.6 \text{ MHz}$$

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 MHz $f_T = 200 \text{ pF}$ ہے۔ اس ایپلینیاٹر کی پست اور بلند انتظامی تعدد حاصل کریں۔ درمیانی تعدد پر افزائش حاصل کرتے ہوئے افزائش کے حقیقت کا مکمل بذاتہ کھینچیں۔

حل: یک سمت تجزیے سے حاصل ہوتا ہے۔ یوں $V_{BB} = 3 \text{ V}$ اور $R_B = 26.666 \Omega$ حاصل ہوتے ہیں جس سے $I_C = 0.507 \text{ mA}$ مساوات ۶.۲ کی مدد سے f_T کو استعمال کرتے ہوئے $C_{b'e} = 2500 \Omega$ اور $r_e = 50 \Omega$ اور $g_m = 0.02 \text{ S}$ یہیں۔

$$C_{b'e} = \frac{g_m}{2\pi f_T} - C_{b'e} = \frac{0.02}{2\pi \times 200 \times 10^6} - 2 \times 10^{-12} = 14 \text{ pF}$$

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 2464Ω 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 بیرونی 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

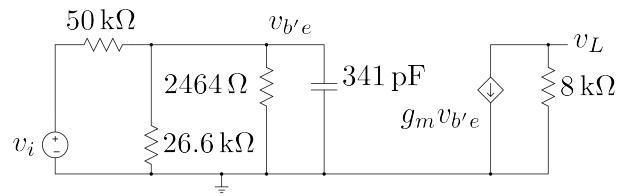
$$f_H = \frac{1}{2\pi RC} = \frac{1}{2\pi \times 2158 \times 336 \times 10^{-12}} = 219 \text{ kHz}$$

حاصل ہوتا ہے۔

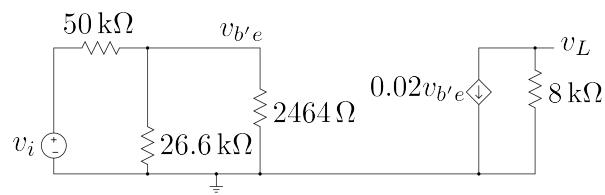
درمیانی تعداد پر شکل ۶.۵۶ میں مزاحمت کو $26.666 \text{ k}\Omega$ اور $2.464 \text{ k}\Omega$ کی کل مزاحمت کو $2.255 \text{ k}\Omega$ لیتے ہوئے

$$A_v = \frac{v_L}{v_i} = -8000 \times 0.02 \times \frac{2255}{2255 + 50000} = -6.9 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

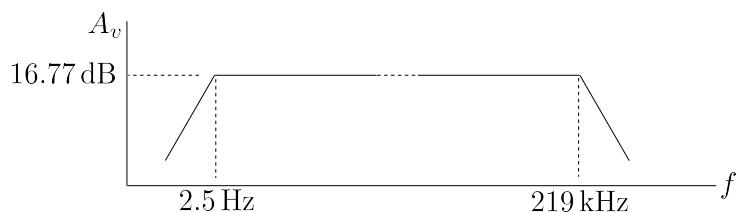
حاصل ہوتا ہے۔ ان تمام معلومات کو شکل ۶.۵۷ کے بوڈنگ میں دکھایا گیا ہے۔



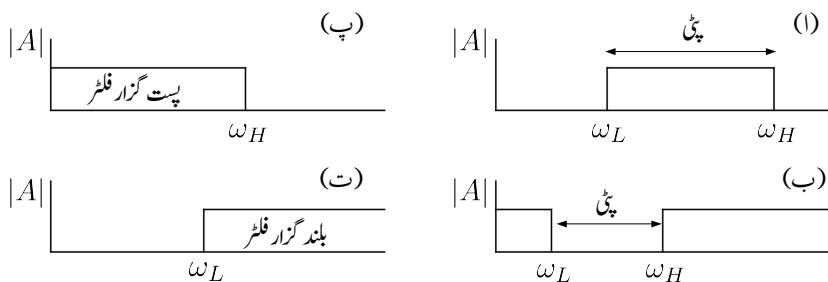
شکل ۶.۵۵: مشترک-نمث کا زیادہ تعداد پر مساوی دور



شکل ۶.۵۶: مشترک-نمث کا درمیانی تعداد پر مساوی دور



شکل ۶.۵۷: مشترک-نمث 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 کوہنئی گزار فلٹر^(۱) یا ہنئی گزار فلٹر^(۲) 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 کوہنئی روکے فلٹر^(۳) یا ہنئی روکے چھلنے کہتے ہیں۔ شکل ۲.۵۸ میں پیٹ گزار فلٹر، شکل ب میں پیٹ روکے فلٹر، شکل پ میں پست گزار فلٹر جبکہ شکل ت میں بلند گزار فلٹر کی افزاں بال مقابل تعداد کے خط دکھائے گے ہیں۔ حقیقت میں ایسے کامل فلٹر نہیں پائے جاتے اور حقیقی پست گزار فلٹر_{ω_H} 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 ایپلیگار 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 مسئلہ ہیں۔ جنہیں n کی صورت میں لیتی جائیں گے تو $n = 2, 4, 6, \dots$ کی صورت میں $\left(s^2 + 2\zeta_m \omega_m s + \omega_m^2 \right)$ میں

band pass filter^(۱)
band stop filter^(۲)

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 ω_m دوسری کیات کے مستقل ہیں، ζ کو غیر تضمینی مسئلہ ω_m اور ω کو غیر تضمینی مسئلہ n کی صورت میں $= 1, 3, 5, \dots$ میں $n = \frac{n-1}{2}$ دوسری کیات اور ایک عدد $(s + \omega_0)$ کو آپس میں ضرب دیتے ہوئے اسی تسلیم کو یوں لکھا جاسکتا ہے۔

$$(2.116) \quad (s + \omega_0)(s^2 + 2\zeta_1\omega_1 s + \omega_1^2)(s^2 + 2\zeta_2\omega_2 s + \omega_2^2) \dots$$

بڑی ورثت تسلیم $B_n(s)$ میں مساوات ۲.۱۱۵ اور مساوات ۲.۱۱۵ میں تمام ω برابر ہوتے ہیں۔ ایسی صورت میں تمام ω_m کو ω_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 دو قیمتیں حاصل کریں جن پر $B_n(s)$ کی قیمت صفر ہو جاتی ہے۔ s کی دو 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 ω 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 ^{r_d}	
undamped natural frequency ^{r_u}	
Butterworth ^{r_b}	
zeros ^{r_z}	
complex plane ^{r_x}	

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

$$(۶.۱۲۳) \quad \cos \theta_m = \frac{\zeta_m \omega_0}{\omega_0} = \zeta_m$$

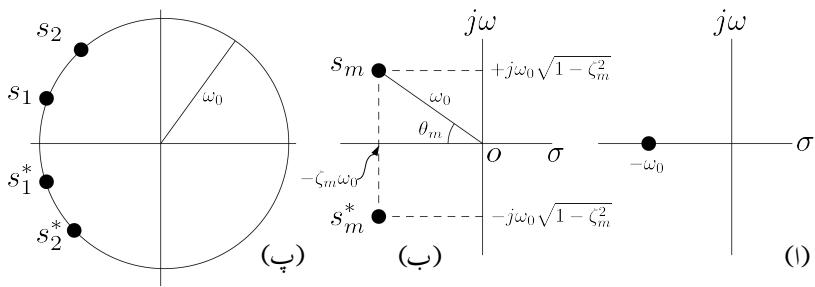
لکھا جا سکتا ہے۔

ماداٹ ۶.۱۲۲ کے تحت تمام صفروں کی حقیقت ω_0 کے برابر ہے۔ یوں مختلط سطح پر تمام صفر ω_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۔

شرطی تسلیم کے کسی بھی دو درجی جزو 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 بڑھتے دائرة^۳ کہا جائے گا۔



شکل ۶.۵۹: مختلط سطح پر بہرورت تسلیم کے صفر

بہرورت فلٹر کا عسمی کمی

$$(6.123) \quad A(s) = \frac{A_0}{B_n(s)}$$

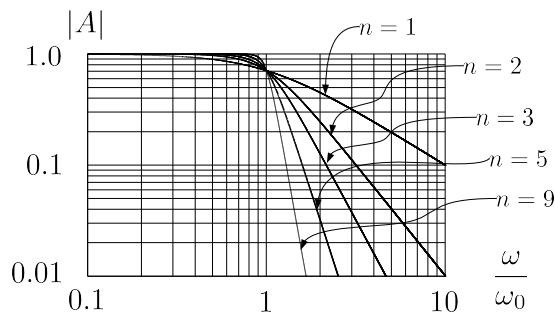
ہے۔ اس مساوات کی حقیقتی نہایت سادہ شکل رکھتی ہے۔

$$(6.125) \quad |A(s)| = \frac{|A_0|}{\sqrt{1 + \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^{2n}}}$$

$|A(s)| = |A_0|$ 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 ω_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 پیش کیا گیا ہے۔ طاقت n کی صورت میں بہرورت تسلیم میں $(s + 1)$ میں پیش کیا گیا ہے۔ جبکہ جفت n کی صورت میں صرف دو ریجی اجزاء پائے جاتے ہیں۔

مثال ۶.۱۹: جدول ۶.۶ میں $n = 2$ کے $|B_n(s)|$ حاصل کرتے ہوئے مساوات ۶.۱۲۵ ثابت کریں۔
حل: جدول میں $1 = \omega_0$ لیتے ہوئے $n = 2$ کے بہرورت تسلیم

$$B_2(s) = s^2 + 1.414s + 1$$



شکل ۲.۲۰: بہتر ورست پتے گزار چھلنی

جدول ۲.۱: بہتر ورست 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 = ω_0 لیتے ہوئے دوسری اجسام کو $(s^2 + 2\zeta s + 1)$ لکھا جا سکتا ہے جہاں ζ کو بُشروعت دائرے سے حاصل کیا جا سکتا ہے۔ شکل ۶.۲۱ میں بُشروعت دائرے سے جفت n کی صورت میں ζ 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° 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 θ لکھتے ہوئے چ کو

(۶.۱۲۶)

$$\zeta = \cos \theta$$

سے حاصل کیا جاتا ہے۔ یوں $2 = n$ کی صورت میں

$$\zeta = \cos 45 = 0.7071$$

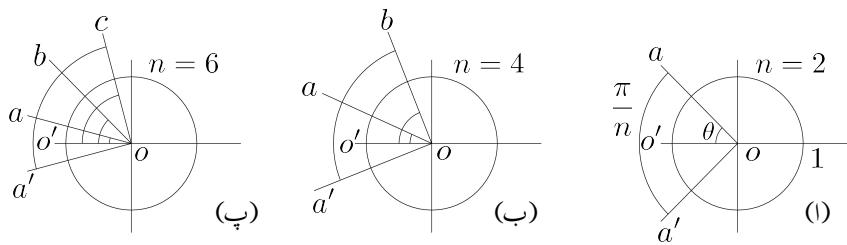
حاصل ہوتا ہے اور بُشروعت کی

$$s^2 + 2\zeta s + 1 = s^2 + 1.4142s + 1$$

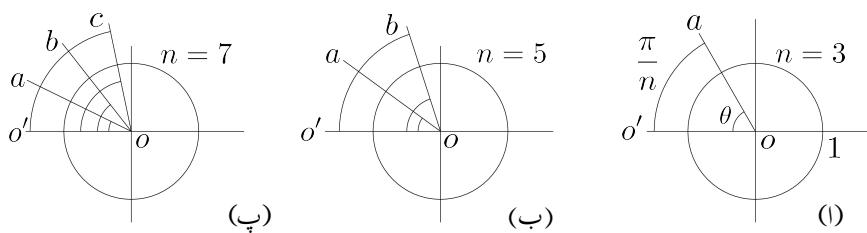
صورت اختیار کر لیا جو جدول ۶.۲۱ کے عین مطابق ہے۔
شکل ۶.۲۱ بے میں $/aoa' = \frac{\pi}{4} = 45^\circ$ یوں $n = 4$ کی صورت میں $/a'oo' = /aoo'$ ہو گا جہاں $/aoa'$ کے گے ہیں۔ $n = 4$ کی صورت میں بُشروعت کیلئے میں دوسری اجسام دو مرتب پائے جاتے ہیں۔ یوں ایک اضافی زاویہ 45° کھینچا جاتا ہے۔ یوں

$$\theta_1 = /aoo' = 22.5^\circ$$

$$\theta_2 = /boo' = 67.5^\circ$$



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 θ 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° کا ٹھیک 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

$$\theta_1 = \angle aoo'$$

$$\theta_2 = \angle boo'$$

ہوں گے جدول ۲.۱ میں $1 \neq \omega_0$ ایتھے رتبہ 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

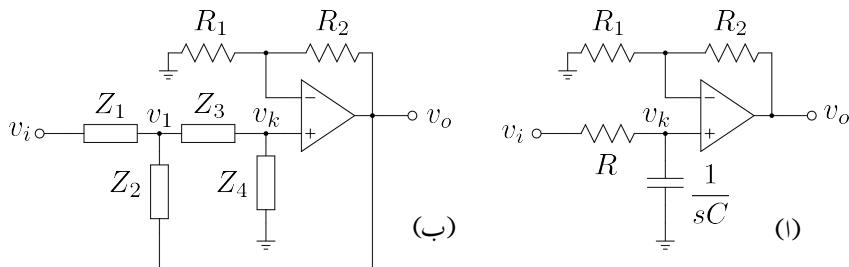
شکل ۲.۲۳ افے میں رتبہ اول پست گزار بُشروعت فلٹر دکھایا گیا ہے۔ اس کو دیکھتے ہوئے

$$v_k = \left(\frac{\frac{1}{sC}}{R + \frac{1}{sC}} \right) v_i = \frac{v_i}{sRC + 1}$$

$$v_o = \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) v_k$$

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: بیکار بیکار 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 بیکار درت فلٹر کی مساوات ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ شکل ۶.۲۳ الف یک رتبی بیکار درت فلٹر ہے۔ اور C کی جگہ میں آپس میں تبدیل کرنے سے یک رتبی بلند گزار بیکار درت فلٹر حاصل ہوتا ہے۔ یک رتبی بیکار درت 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 دورتی بیکار درت فلٹر کو حل کریں۔ جوڑ ۱ پر کرخونے کے فناون برائے برقی روکی مدد سے

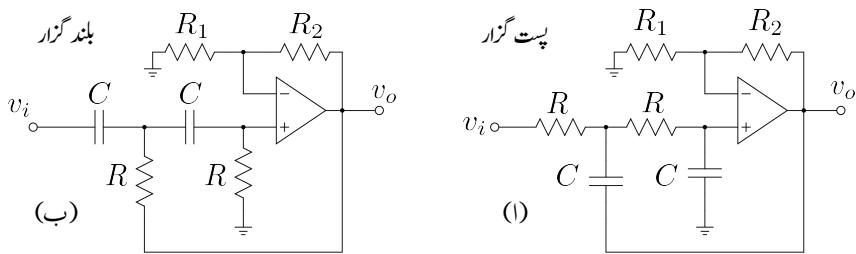
$$\frac{v_1 - v_i}{Z_1} + \frac{v_1}{Z_3 + Z_4} + \frac{v_1 - v_o}{Z_2} = 0$$

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۔

$$(6.131) \quad A(s) = \frac{A_0 \left(\frac{1}{RC} \right)^2}{s^2 + \left(\frac{3-A_0}{RC} \right) s + \left(\frac{1}{RC} \right)^2}$$

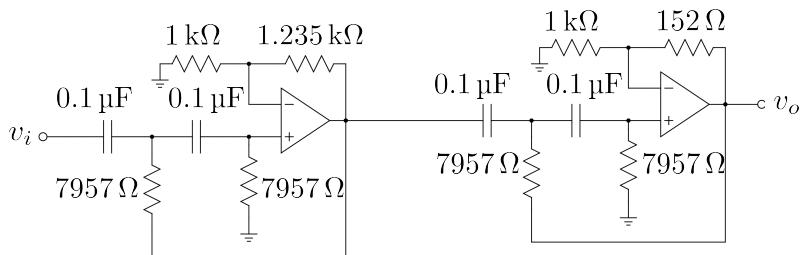
مساوات ۶.۱۳۱ کا مساوات ۶.۱۲۸ کے ساتھ موازن کرتے ہوئے

$$(6.132) \quad \omega_0 = \frac{1}{RC}$$

$$A_0 = 3 - 2\zeta$$

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 ω_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: چپارتبی بلند گزار بثروت فلٹر

مثال ۶.۲۰: ایک ایسا چپارتبی بلند گزار بثروت فلٹر تخلیق دیں جس کی $f_L = 200 \text{ Hz}$ ہو۔
حل: شکل ۶.۶۲ کے دو کڑیاں زخیری شکل میں جوڑ کر چپارتبی بلند گزار فلٹر حاصل ہو گا۔ جب دل ۶.۱ سے چپارتبی فلٹر کے

$$\zeta_1 = \frac{0.765}{2} = 0.3825$$

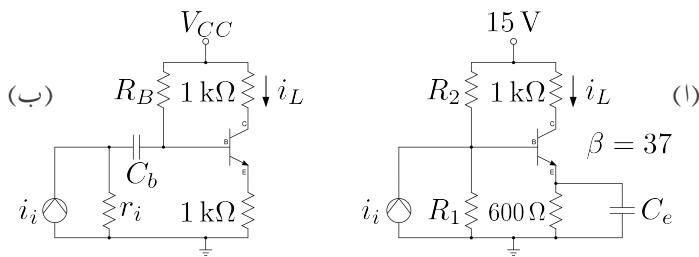
$$\zeta_2 = \frac{1.848}{2} = 0.924$$

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 152Ω 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 7957Ω 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: $R_2 = 7.6 \text{ k}\Omega$, $R_1 = 3.26 \text{ k}\Omega$, $V_{BB} = 4.5 \text{ V}$, $R_B = 2.2 \text{ k}\Omega$, $I_{CQ} = 5.77 \text{ mA}$,
 $C_e = 548 \mu\text{F}$, $r_e = 4.3 \Omega$

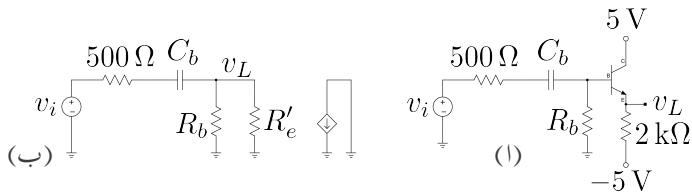
$$A_i = \left(\frac{\beta R_B}{R_B + r_{be}} \right) \frac{s + \frac{1}{R_E C_E}}{s + \frac{R_B + r_{be} + \beta R_E}{R_E C_E (R_B + r_{be})}} = 34.5 \left(\frac{s + 3.04}{s + 31.66} \right)$$

- 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۔
نقطہ 60 Hz پر حاصل کرنے کے لئے درکار C_b کی قیمت کیا ہوگی؟
جو بات: $R_B \parallel (r_{be} + r_e)$ کو نظر رہا از کرتے ہوئے $C_b = 21.8 \text{ nF}$ حاصل ہوتا ہے۔

$$(R'_B (\beta + 1) R_E)$$

$$A_i = \frac{r_i \parallel R'_B}{r_e + R_E} \left(\frac{s}{s + \frac{1}{(r_i + R'_B) C_b}} \right)$$

- 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 ω 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:

$$A_i = \frac{-158s \left(1 + \frac{s}{10}\right)}{\left(1 + \frac{s}{0.355}\right) \left(1 + \frac{s}{17.65}\right)}$$

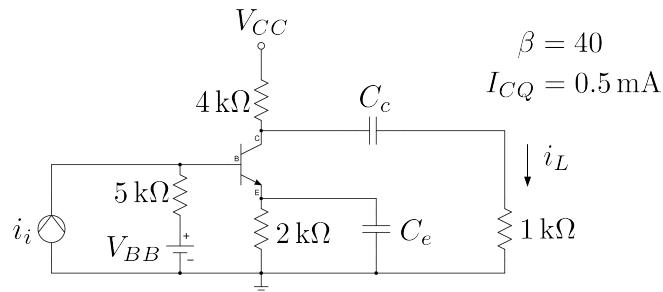
سوال ۶.۲۸ میں شکل ۶.۲۸

$$A_i = \frac{i_L}{i_i} \cdot r_{be}$$

- 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

$$A_i = \frac{-R_c r_i \beta}{(R_c + R_L)(r_i + r_{be})} \frac{s(s + w_s)}{(s + w_{q1})(s + w_{q2})}$$

$$w_s = \frac{1}{R_e C_e}$$

$$w_{q1} = \frac{1}{(R_c + R_L) C_c}$$

$$w_{q2} = \frac{1}{\left[Re \parallel \left(\frac{r_i + r_{be}}{\beta + 1} \right) \right] C_e}$$

$$r_{be} = \frac{\beta V_T}{I_{CQ}}$$

$$C_e = 636 \mu F, C_c = 20 \mu F$$

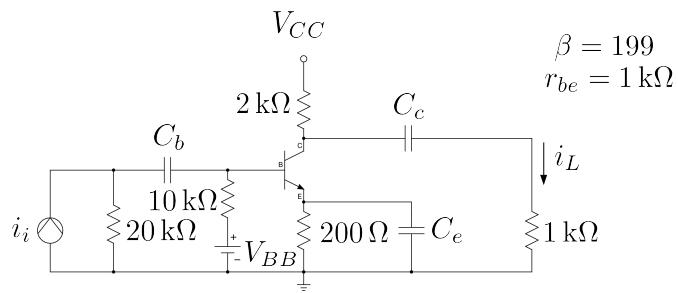
سوال ۶.۶: شکل ۶.۲۹ میں پست انتظامی تعداد 200 rad/s رکھنے کی حنا طرد رکارڈ C_e کو مثال ۶.۸ کے طرز پر حاصل کریں۔ بقایاد نوں کمپیوٹروں کے قطبے 5 rad/s پر رکھنے ہوئے ان کی بھی قیمتیں حاصل کریں۔ درمیانی تعداد پر افزاں حاصل کریں۔

$$\text{جوابات: } -138 \frac{\text{A}}{\text{A}}, 7.1 \mu \text{F}, 66.6 \mu \text{F}, 155 \mu \text{F}$$

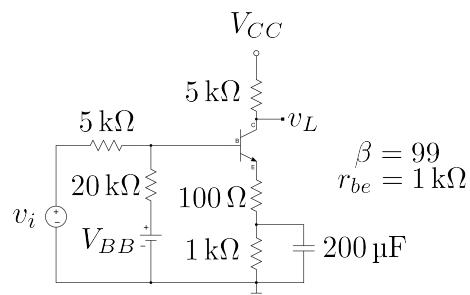
سوال ۶.۷: شکل ۶.۷۰ میں $A_v = \frac{v_L}{v_i}$ حاصل کریں۔

$$\text{جواب: } A_v = \frac{-26.4(s+5)}{s+38.55}$$

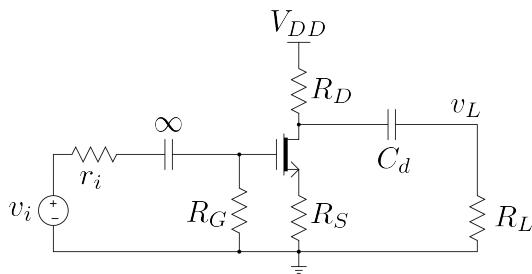
سوال ۶.۸: شکل ۶.۷۱ میں $A_v = \frac{v_L}{v_i}$ حاصل کرتے ہوئے پست انتظامی تعداد ω_L کی مسافت $g_m = 4 \text{ mS}$ ، $r_o = 10 \text{ k}\Omega$ ، $R_L = 100 \text{ k}\Omega$ ، $R_D = 4.7 \text{ k}\Omega$ ، $R_S = 1 \text{ k}\Omega$ حاصل کریں۔



شکل ۲.۶۹



شکل ۲.۷۰



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: $C_d = 77 \text{ nF}$

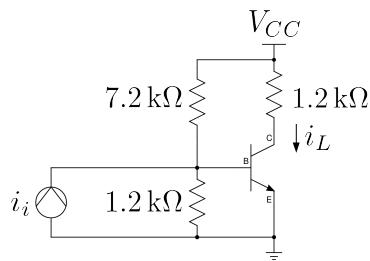
$$\omega_L = \frac{1}{C_d (R_L + R_D \parallel r_o)}$$

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۔

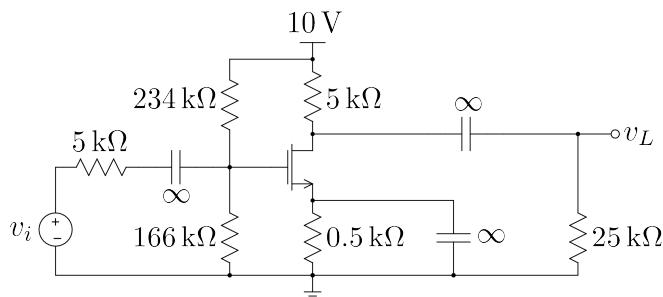
سوال ۶.۱۰: شکل ۶.۷ میں $\frac{i_L}{i_I} = 34 \text{ dB}$ اور بلند نقطائی تعدد 1.2 MHz ناپاہتا ہے۔ یہ سمت بر قی روکھنے کا مقصود تصور کر تے ہوئے β ، f_T اور $r_{b'e}$ اور $C_{b'c}$ کو صفر تصور کر تے ہوئے $I_{CQ} = 2 \text{ mA}$ حاصل کریں۔
جوابات: $C_{b'c} = 1625 \Omega$, $f_T = 155 \text{ MHz}$, $\beta = 129$, $r_e = 12.5 \Omega$, $g_m = 0.08 \text{ S}$, 82 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 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۔



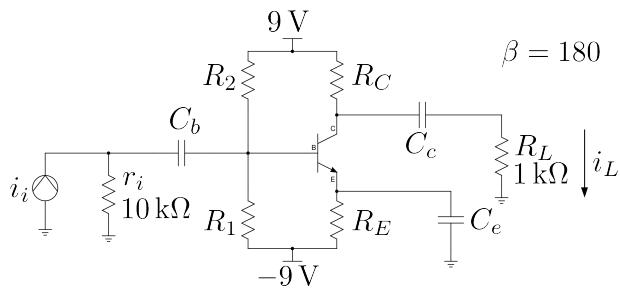
شکل ۶.۷۲



شکل ۶.۷۳

جوابات:
 سوال ۱: 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 جیوں $f_H = 4.9 \text{ MHz}$ حاصل ہوتا ہے۔
 $A_{vD} = -1.47 \frac{\text{V}}{\text{V}}$
 سوال ۲: ایک ماسفینٹ جس کا $k_n = 0.4 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2}$ اور $V_t = 1 \text{ V}$ اور $C_{gd} = 0.02 \text{ pF}$ اور $C_{gs} = 0.25 \text{ pF}$ ہے۔ جس کی $f_T = 118 \text{ MHz}$ ہے اس کی $f_T = 0.4 \text{ mA}$ پر چالایا جبار ہے۔ اس کی $f_T = 333 \text{ MHz}$ حاصل کریں۔

سوال ۳: 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۔
 جوابات: $f_T = 118 \text{ MHz}$ 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 ۴: کیکوڈ ایکلیپس فارک تعددی کا 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 کے رکھنے والے R_1 اور R'_1 یوں چنیں کر لیں جنہیں کہ $I_{C1} = 0.5 \text{ mA}$ اور R'_2 یوں چنیں کر لیں جنہیں کہ $V_{CE1} = 5 \text{ V}$ اور $V_{CE2} = 2 \text{ V}$ ہے۔ ان قیتوں کو استعمال کرتے ہوئے درمیانی تعدد پر افزائش



شکل ۶.۷۳

A_v حاصل کریں۔

سوال ۶.۱۶: شکل ۶.۷۲ میں داخلی اسٹارے کی مزاجمت $10 \text{ k}\Omega$ $r_i = 1 \text{ k}\Omega$ 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 $R_E = r_i$ اور $C_b = C_c$ اور C_e کو ایسا چھینیں کہ دونوں سے حاصل کونے 2 Hz پر پائے جائیں جبکہ C_e کو 20 Hz کے کونے کے لئے چھینیں۔ درمیانی تعداد پر افزاں اس حاصل کریں۔

$$A_i = \frac{i_L}{i_i}$$

جواب: $V_{BB} = 1.69 \text{ V}$, $I_C = 1.62 \text{ mA}$, $R_C = 5 \text{ k}\Omega$, $R_E = 556 \text{ }\Omega$, $R_B = 10 \text{ k}\Omega$, $A_i = -\beta C_e = 198 \mu\text{F}$, $C_b = 15.9 \mu\text{F}$, $C_c = 13.3 \mu\text{F}$, $R_1 = 24.7 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 16.8 \text{ k}\Omega$, $-96.4 \frac{\text{A}}{\text{A}}$ 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 مکمل بوڈاٹ کھینچیں اور اس پر پست انتظامی تعداد، بلند انتظامی تعداد اور درمیانی تعداد کی افزاں اس A_i واحد 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 $A_r R_L$ لکھ کر حاصل کریں۔

$$\text{جواب: } A_r = -96.4 \frac{\text{kV}}{\text{A}}, f_H = 11.57 \text{ MHz}, C_{b'e} = 631 \text{ pF}$$

سوال ۶.۱۸: شکل ۶.۷۵ میں درمیانی تعداد پر $\frac{i_L}{i_i} = A_i$ حاصل کریں۔ ٹرانزستر کا $f_T = 250 \text{ MHz}$ ہے۔ بلند انتظامی تعداد بھی حاصل کریں۔ سیریونی کپیسٹر وں کی قیمت لاحظہ دو تصور کریں۔

جواب: $A_i = 0.833 \frac{\text{A}}{\text{A}}$, $C_{b'e} = 636 \text{ pF}$, $f_{Hbe} = 46.7 \text{ MHz}$, $C_{b'e} = 32 \text{ MHz}$, $f_{Hbc} = 32 \text{ MHz}$ ہے۔ یہ دونوں جوابات بہت متربیہ ہیں تاہم ہم $C_{b'e}$ کے پیسے 32 MHz کو بلند انتظامی تعداد لے سکتے ہیں۔

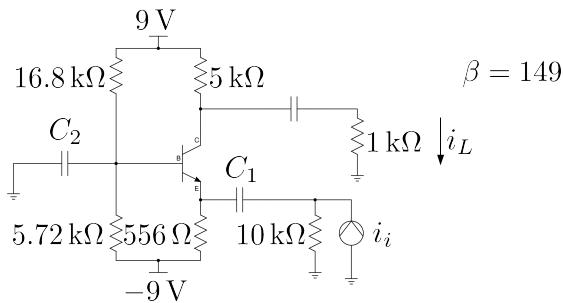
سوال ۶.۱۹: شکل ۶.۲۱ کی مدد سے $n = 6$ کی صورت میں تینوں k حاصل کرتے ہوئے بثروت کلیے لکھیں۔

جواب: جدول ۶.۱ میں جوابات دئے گئے ہیں۔

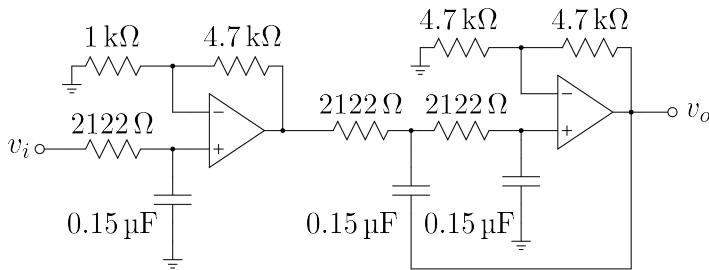
سوال ۶.۲۰: شکل ۶.۲۲ کی مدد سے $n = 7$ کی صورت میں تینوں k حاصل کرتے ہوئے بثروت کلیے لکھیں۔

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 دوبارہ 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^۱
feedback signal^۲
oscillator^۳

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۔

$$V_s = I_i R_s + I_i R_i$$

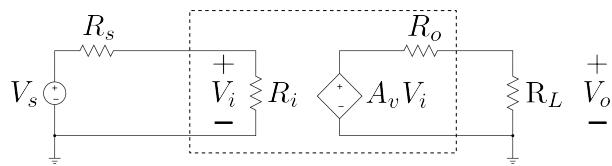
$$I_i = \frac{V_s}{R_s + R_i}$$

اور یوں

$$(1.7) V_i = I_i R_i = V_s \left(\frac{R_i}{R_s + R_i} \right)$$

^۳ 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 دباؤ I_o کھٹھتے ہوئے س مصل ہوتا ہے

$$(1.2)$$

$$\begin{aligned} A_v V_i &= I_o R_o + I_o R_L \\ I_o &= \frac{A_v V_i}{R_o + R_L} \\ V_o &= I_o R_L = A_v V_i \left(\frac{R_L}{R_o + R_L} \right) \end{aligned}$$

اس مساوات میں V_i کی قیمت استعمال کر تے س مصل 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

$$(1.4)$$

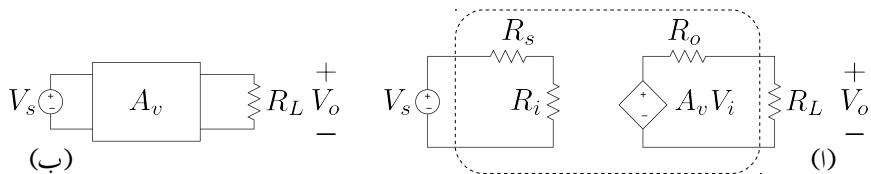
$$\begin{aligned} R_i &\rightarrow \infty \\ R_o &\rightarrow 0 \end{aligned}$$

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 ایمپلیفیائز کہتے ہیں۔ شکل ۱.۷ میں دکھایا، مساوات ۲.۷ پر بورا اتر تادور کا مصل بر قی دباؤ ایمپلیفیائز 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 انزواش برقی دباؤ ایکلینیائز کی انزواش 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

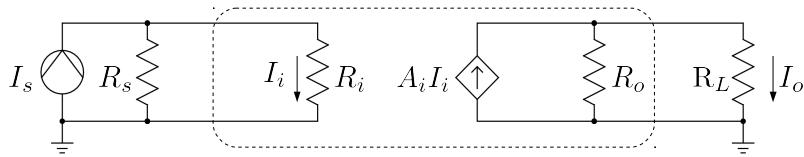
برقی روا ایکلینیائز کا مساوی نارٹن دور شکل ۷.۸ میں نظر دار کیسے میں بند دکھایا گیا ہے۔ اسے داخلی جناب اشارہ I_s مہی کیا گیا ہے جبکہ خارجی جناب اس پر برقی بوجھ R_L لادا گیا ہے۔ منبع داخلی اشارے کی مزاحمت R_s ہے۔ داخلی جناب تقسیم برقی رو سے حاصل ہوتا ہے

$$(7.9) \quad I_i = I_s \left(\frac{R_s}{R_s + R_i} \right)$$

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

$$(1.10) \quad I_o = A_i I_s \left(\frac{R_s}{R_s + R_i} \right) \left(\frac{R_o}{R_o + R_L} \right)$$

جس سے کل افناش برقی رو A_I یوں حاصل ہوتی ہے

$$(1.11) \quad A_I = \frac{I_o}{I_s} = A_i \left(\frac{R_s}{R_s + R_i} \right) \left(\frac{R_o}{R_o + R_L} \right)$$

مساوات ۱.۷ میں اگر

$$(1.12) \quad \begin{aligned} R_i &\ll R_s \\ R_o &\gg R_L \end{aligned}$$

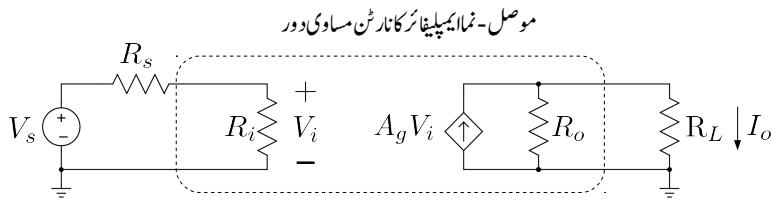
ہوں تو اسے یوں لکھا جا سکتا ہے

$$(1.13) \quad A_I \approx A_i$$

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 مخصوص نہیں ہو اور جس کے A_I کی قیمت اٹل ہو کو برقرار رکھتے ہیں۔ برقی روایپلیفار مساوات ۱.۷، ۱.۱۰، ۱.۱۳ کے تحت ہی تحسین دئے جاتے ہیں تاکہ ان کی افناش زیادہ سے زیادہ ہو اور اس کی قیمت حناری مسزاجت پر مخصوص 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

$$(1.14) \quad \left. \frac{I_o}{I_i} \right|_{R_L=0} = A_i$$

حاصل ہوتا ہے، لہذا A_i کو صفر بوجھ کے مسزاجت پر افناش برقی روپ کا راحبائے 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 جبکہ اس کا حنارجی اشارہ برقی دباؤ کیا گی۔

موصل نہ ایکلینیٹر کا داخنی اشارہ برقی دباؤ جبکہ اس کا حنارجی اشارہ برقی دباؤ ہوتا ہے لہذا اس کا تجزیہ کرتے وقت داخنی جناب اشارہ منع کا تھوون جبکہ اس کے حنارجی 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

$$(7.12)$$

$$V_i = V_s \left(\frac{R_i}{R_i + R_s} \right)$$

$$I_o = A_g V_i \left(\frac{R_o}{R_o + R_L} \right)$$

$$I_o = A_g V_s \left(\frac{R_i}{R_i + R_s} \right) \left(\frac{R_o}{R_o + R_L} \right)$$

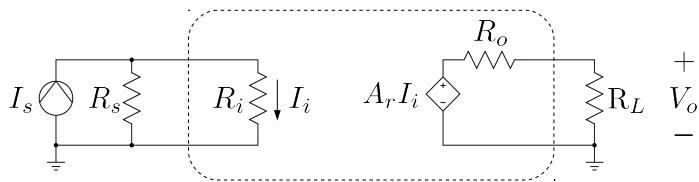
لہذا

$$(7.13) \quad A_G = \frac{I_o}{V_s} = A_g \left(\frac{R_i}{R_i + R_s} \right) \left(\frac{R_o}{R_o + R_L} \right)$$

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 موصح 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۔

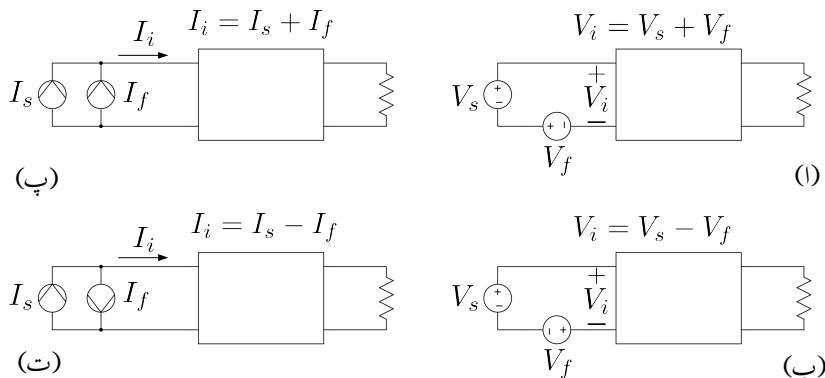
۷.۲ واپسی اشارہ

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۔^۵

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

^۵ 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۔

feedback circuit^۱



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۔

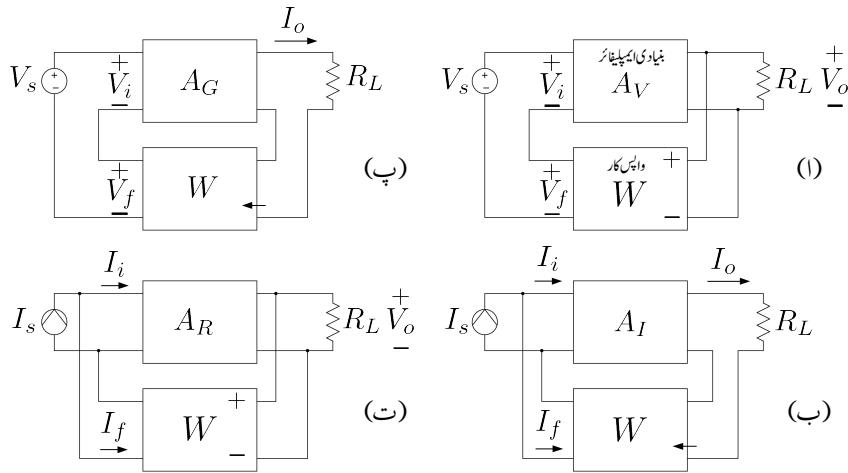
اس شکل میں واپسی اشارہ V_f کو اشارہ V_0 کے ساتھ جمع کیا گیا ہے اور یوں اس ایمپلیفیاٹر کو منفی واپسی بر قی دباو ایمپلیفیاٹر کے حبائے گا۔ اگر V_f کو V_s کے ساتھ جمع کیا جاتا تھا اے جمع واپسی بر قی دباو ایمپلیفیاٹر کا بہتر جواب ادا کیا جاتا۔ اس باب میں منفی واپسی ایمپلیفیاٹر پر ہی بحث کی جائے گی۔ اگلے باب 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^۶positive feedback voltage amplifier^۷negative feedback current amplifier^۸



شکل ۷.۷: داپکی ایکلپیغاٹر کے اقسام

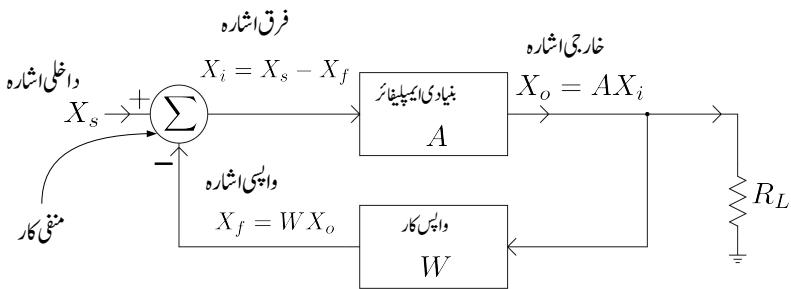
شکل ۷.۷ ت میں مزاحمت نہ ایکلپیغاٹر میں داپکی اشارے کی شمولیت دکھائی گئی ہے جسے آپ خود سمجھ سکتے ہیں۔
جہاں متن سے واضح ہو وہاں ان ایکلپیغاٹر کے پورے نام کی جگہ صرف داپکی ایکلپیغاٹر کا نام استعمال کیا جائے گا۔

۷.۳ بیادی کار کردگی

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 کے حنارتی جانب بھی ایکلپیغاٹر کے حنارتی جانب نسبت ہے اور A و اپس کار کے بوجھ کو بھی مثل کرتے حاصل کیا جاتا ہے۔ اس کی وضاحت حصہ ۷.۸ میں کی جائے گی۔ ایکلپیغاٹر کے داخلي اشارے V_S یا I_S کو جبکہ اس کے حنارتی اشارے V_0 اور اسی طرح داپکی اشارے V_f یا I_f کو لکھتے ہوئے آگے بڑھتے ہیں۔ یوں اس شکل میں بیادی ایکلپیغاٹر اشارہ X_0 کو بڑھا کر



شکل ۸.۷: بنیادی وابیس کار

بطور X_o حنارج کرتا ہے یعنی

(۷.۲۶)
$$X_o = AX_i$$

اس مساوات کو یوں بھی لکھا جا سکتا ہے

(۷.۲۷)
$$A = \frac{X_o}{X_i}$$

و اپس کار عموماً غیر 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 کا کچھ حصہ منفی کار کو بطور وابیس اشارہ X_f پیش کرتا ہے جہاں

(۷.۲۸)
$$X_f = WX_o$$

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 اشارہ X_f کو منفی کر کے اسے بطور فرق اشارہ X_i حنارج کرتا ہے یعنی

(۷.۲۹)
$$X_i = X_s - X_f$$

اس میں مساوات ۷.۲۸ استعمال کرتے

(۷.۳۰)
$$X_i = X_s - WX_o$$

feedback constant^{۱*}

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 $W_p = 0.01$ پر

$$A_f = \frac{99}{1 + 0.01 \times 99} = 49.749$$

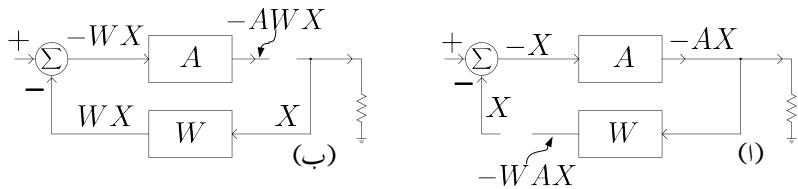
جبکہ $W = 0.1$ پر

$$A_f = \frac{99}{1 + 0.1 \times 99} = 9.0826$$

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 بنا ہوتا 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 ۳۷ 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 ۳۷ 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 گھستتی 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 کم ساوات ہے جس کے تحت $1 \gg WA$ کی صورت میں داپکی ایکلینیائز کی افسزاش صرف اور صرف داپک کا کے W پر محدود ہوتی ہے۔ جیسا کہ پہلے بھی ذکر ہوا، داپک کا کو عموماً مزاحمت وغیرہ سے بنایا جاتا ہے۔ بر قیالی پر زاحبات میں ٹرانزسٹر، ماسفینٹ اور ڈائیوڈ غیرہ کی کارکردگی درجہ حرارت یا وقت کے ساتھ تبدیل ہوتی ہے۔ ان کے بر عکس مزاحمت، کسیٹر وغیرہ میں ایسی تبدیلیاں نہیاں کم ہوتی ہیں۔ یوں درجہ حرارت یا وقت کے ساتھ داپک کا W کے تبدیل کو رد کیا جا سکتا ہے جس سے داپکی ایکلینیائز کی افسزاش نہیاں ممکن ہو جاتی ہے۔

مکمل ایکلینیائز تخلیق دینے کا طریقہ ایک مشال کی مدد سے سیکھتے ہیں۔

مشال ۷.۲: موصل نما ایکلینیائز تخلیق دیتے وقت درجہ حرارت کے تبدیلی سے توقع کی جاتی ہے کہ بغیر داپک اشارے کے ایکلینیائز کی افسزاش میں ۵% تبدیلی رونما ہو گی جو کہ قابل مقبول نہیں۔ زیادہ سے زیادہ ۰.۵% تبدیلی قابل برداشت ہے۔ ایک عدد موصل نما داپکی ایکلینیائز تخلیق دین جس کی افسزاش $V/A = 45$ ہو اور اس میں تبدیلی ۰.۵% سے خباؤرنے کرے۔

حل:

ایسی صورت میں بنیادی ایکلینیائز کی افسزاش A کو ضرورت سے M گناہ زیادہ کر کے تخلیق دیا جاتا ہے۔ اس ایکلینیائز کے افسزاش میں درجہ حرارت کے تبدیلی سے ۵% تبدیلی کی پیدا ہو گی۔ اس کے بعد اس میں داپک اشارے کی شمولیت کی جاتی ہے جس سے ایکلینیائز کی داپکی افسزاش M گناہ کم ہونے کے ساتھ ساتھ M گناہ ممکن بھی ہو جاتی ہے۔

موجودہ صورت میں تمام معلومات فی صد کی صورت میں دی گئی ہیں۔ ساوات ۷.۳۲ کو استعمال کرتے ہوئے اگر بنیادی ایکلینیائز 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 آٹھ فی 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 مسحوم کرنے کی ضرورت ہے۔ لہذا ہم ایسا ایکلینیکر تخلیق دیں گے جس کی واپسی اشارہ شامل کرنے سے پہلے افسزاں درکاریت سے M گن زیادہ ہوئی A_f کی قیمت $= 450 = 45 \times 10$ ہوگی۔ اس میں واپسی اشارے کی شعوبیت سے افسزاں کو دس گن مسحوم کی وجہ ساتھی ساتھ $A_f = 45$ حاصل کی جائے گی جو کہ درکار موصل بی افسزاں ہے۔ مساوات ۷.۳۱ کے تحت

$$45 = \frac{450}{1 + W \times 450}$$

$$W = 0.02$$

حاصل ہوتا ہے جو واپس کار مستقل کی درکاریت ہے۔

مساوات ۷.۵ کی صورت میں W حاصل کریں۔
حل:

$$-100 = \frac{-1000}{1 - 1000W}$$

$$W = -0.009$$

مساوات ۷.۳۵ میں A_f سے مسرا دواپسی ایکلینیکر کی افسزاں ہے جو کہ بر قی دباؤ دواپسی ایکلینیکر کی صورت میں A_{fg} ، بر قی ردو اپسی ایکلینیکر کی صورت میں A_{if} ، موصل بی اپسی ایکلینیکر کی صورت میں A_{gf} اور مزاحمت نداوپسی ایکلینیکر کی صورت میں A_{rf} کو ظاہر کرتا ہے۔

۷.۳.۲ تعدادی بگاڑ

مساوات ۷.۳۵ کے تحت WA کی صورت میں دواپسی ایکلینیکر کی افسزاں 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 مزاحمت استعمال کرتے ہوئے اس کے کار کردگی کو تعدد سے پاک بنایا جاستا ہے۔ اگر واپس کار میں کمپیٹر اور امالة استعمال کئے جائیں تب اس کی کار کردگی تعداد پر مختص ہو گی۔ ایسی صورت میں دواپسی ایکلینیکر کی کار کردگی بھی تعداد پر مختص ہو گی۔ یوں اگر کسی حناص تعداد W_0 پر W کی قیمت کم ہو جبکہ اس تعداد کے کمیا اس سے زیادہ تعداد پر W کی قیمت زیادہ ہو تب A_f کی قیمت W_0 پر زیادہ ہو گی جبکہ W_0 سے کمیا زیادہ تعداد پر اس کی قیمت کم ہو گی۔ یہ پہنچ گوار فلٹر^{۱۲} کی حاصیت ہے۔ اسی طرح پہنچ روکنے والے فلٹر^{۱۳} پست گزار فلٹر اور بلند گزار فلٹر بھی بنائے جاسکتے ہیں۔

band pass filter^{۱۲}
band stop filter^{۱۳}

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 ω_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

$$(7.32) \quad A_{f0} = \frac{A_0}{1 + WA_0}$$

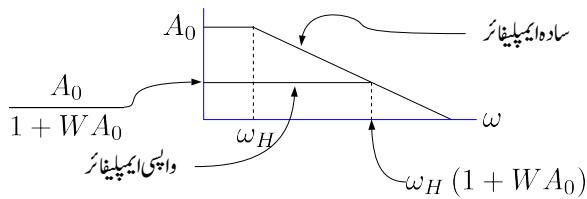
ہے جبکہ اس کی بلند انقطعی تعداد

$$(7.33) \quad \omega'_H = \omega_H (1 + WA_0)$$

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 $\frac{V}{V} = 3000$ ہے جبکہ اس کی بلند انتظامی تعداد 500 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 جنب مفہی واپسی اشارہ V 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

$$(7.31) \quad A_V \Bigg|_{R_L \rightarrow \infty} = A'_v$$

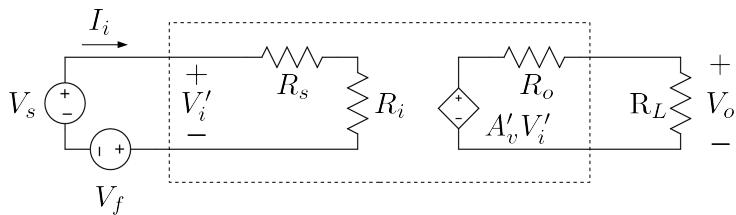
حاصل ہوتا ہے۔
واپسی اشارے کی عدم موجودگی میں

$$\begin{aligned} V_s &= V'_i = I_i (R_i + R_s) \\ (7.32) \quad R'_i &= \frac{V_s}{I_i} = R_i + R_s \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 R'_{if} &= \frac{V_s}{I_i} \\
 (7.33) \quad &= (1 + WA_V) (R_s + R_i) \\
 &= (1 + WA_V) R'_i
 \end{aligned}$$

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 کو $(V_s - V_f)$ رہ جاتا ہے جس سے داخلي جانب برقی رو کی قیمت بھی کم ہو جاتی ہے۔ یوں V_s اور داخلي برقی رو کی شرح بڑھ جاتی ہے، جس سے داخلي مزاحمت بھی بڑھ جاتا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ برقی دبادیمپلینیٹر کا واپسی اشارہ چپا ہے خارجی برقی دبادیمپلینیٹر کو سے حاصل کیا جائے، یہ ہر صورت داخلي مزاحمت کو بڑھاتے گا۔

$$R_s = 0 \text{ پر کرتے ہوئے}$$

$$(7.34) \quad R'_{if} = (1 + WA_V) R_i$$

حاصل ہوتا ہے جہاں داخلي مزاحمت کو R'_{if} لکھ کر اس بات کی وضاحت کی گئی ہے کہ اس میں $0 = R_s$ لیا گیا ہے۔

۵.۷.۲ واپسی برقی دبادیمپلینیٹر کا داخلي مزاحمت

شکل ۱۱.۷ میں دکھائے برقی دبادیمپلینیٹر میں داخلي جانب منفی واپسی اشارہ I_f شامل کرتے ہوئے اے یہاں شکل ۱۱.۲ میں دوبارہ دکھایا گیا ہے۔ فندر صرف اتنا ہے کہ یہاں R_s کو دبادیمپلینیٹر کا حصہ تصور کیا گیا ہے اور

$$(7.35) \quad A'_i = A_i \left(\frac{R_s}{R_s + R_i} \right)$$

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

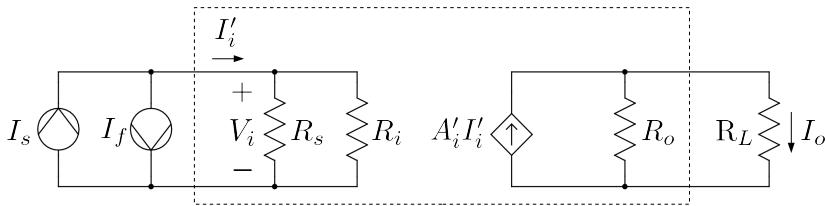
$$\begin{aligned} I_o &= A'_i I'_i \left(\frac{R_o}{R_o + R_L} \right) \\ &= A_i I'_i \left(\frac{R_s}{R_s + R_i} \right) \left(\frac{R_o}{R_o + R_L} \right) \\ \frac{I_o}{I'_i} &= A_i \left(\frac{R_s}{R_s + R_i} \right) \left(\frac{R_o}{R_o + R_L} \right) \end{aligned}$$

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 کا 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 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 مزاحمت کا داخلي مزاحمت پر ایک جیسا اثر ہوتا ہے یعنی کل داخلي مزاحمت کم ہوتا ہے۔

$$R_s = 0 \text{ پر کرتے ہوئے}$$

$$(12.50) \quad R'_{if} = \frac{R_i}{1 + W A_I}$$

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۔

$$V'_i = V_s = I_i (R_s + R_i)$$

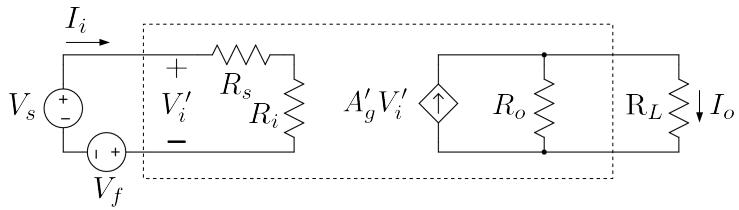
$$R'_i = \frac{V_s}{I_i} = R_s + R_i$$

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 گنہ 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

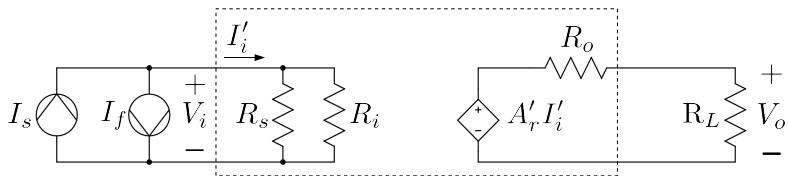
$$\begin{aligned} I'_i &= I_s - I_f \\ &= I_s - W V_o \\ &= I_s - W A_R I'_i \\ I'_i &= \frac{I_s}{1 + W A_R} \end{aligned}$$

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

$$(7.12) \quad R_{of} = \frac{V_t}{I_t} = \frac{R_o}{1 + WA'_v}$$

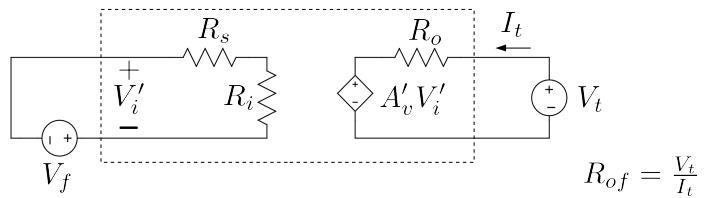
اگر R_L کو بھی شامل کیا جائے تب چونکہ R_{of} متوازی جبٹے ہیں لہذا اس صورت کل حنارجی مزاجمت R_{of}' یوں حاصل ہوگی

$$\begin{aligned} R_{of'} &= \frac{R_{of} R_L}{R_{of} + R_L} = \frac{\left(\frac{R_o}{1+WA'_v}\right) R_L}{\left(\frac{R_o}{1+WA'_v}\right) + R_L} \\ &= \frac{\frac{R_o R_L}{1+WA'_v}}{\frac{R_o + R_L(1+WA'_v)}{1+WA'_v}} = \frac{R_o R_L}{R_o + R_L(1+WA'_v)} \\ &= \frac{R_o R_L}{R_o + R_L + WA'_v R_L} = \frac{R_o R_L}{(R_o + R_L) \left(1 + \frac{WA'_v R_L}{R_o + R_L}\right)} \\ &= \frac{\frac{R_o R_L}{R_o + R_L}}{1 + \frac{WA'_v R_L}{R_o + R_L}} \end{aligned}$$

A_V کو $\frac{A'_v R_L}{R_o + R_L}$ دوسرے متر بحسب R_o کا مساوی متوازی مزاجمت ہے جسے لکھتے ہوئے اور R'_o کے لئے ہوتے ہوئے مندرجہ بالامساوات سے حاصل ہوتا ہے

$$(7.13) \quad R_{of'} = \frac{R'_o}{1 + WA_V}$$

^{۱۰} بر قی دباؤ کو صفر کرنے کی حرطیاے 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، $I_s = 0$ رکھا کر حنارجی جبانے برقی دباؤ V_t لاگو کرتے ہیں۔ اور I_t کی شرخ اس ایمپلینفائز کا حنارجی مزاحمت R_{of} ہو گا۔ شکل ۷.۱۶ میں ایسا دکھایا گیا ہے جہاں سے ہم لکھ سکتے ہیں

$$\begin{aligned} V_t &= (I_t + A'_i I'_i) R_o \\ &= (I_t - A'_i I_f) R_o \\ &= (I_t - A'_i W I_o) R_o \end{aligned}$$

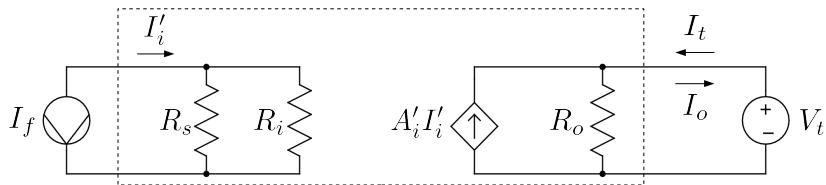
جیسا شکل میں دکھایا گیا ہے $I_o = -I_t$ ہے لہذا مندرجہ بالامساوات کو یوں لکھ سکتے ہیں

$$V_t = (I_t + A'_i W I_t) R_o$$

جس سے R_{of} یوں حاصل ہوتا ہے

$$(7.48) \quad R_{of} = \frac{V_t}{I_t} = R_o (1 + W A'_i)$$

^{۱۵} 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'_o 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 ۷.۳ میں ایسا دکھایا 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 وتد مپر $-V'_i$ کا استعمال کیا گیا ہے۔ یوں کل حنارجی مزاحمت R_{of} کی قیمت یوں حاصل ہوتی ہے۔

$$(7.27) \quad R_{of} = \frac{V_t}{I_t} = R_o \left(1 + WA'_g \right)$$

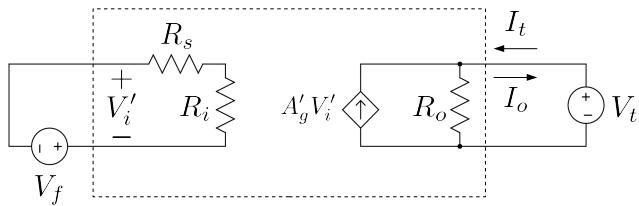
اگر R_L کو بھی شامل کیا جائے تو کل حنارجی مزاحمت R'_{of} لکھتے ہوئے

$$\begin{aligned} R'_{of} &= \frac{R_{of} R_L}{R_{of} + R_L} = \frac{R_o R_L \left(1 + WA'_g \right)}{R_o \left(1 + WA'_g \right) + R_L} \\ &= \frac{R_o R_L \left(1 + WA'_g \right)}{R_o + R_o W A'_g + R_L} = \frac{R_o R_L \left(1 + WA'_g \right)}{\left(R_o + R_L \right) \left(1 + \frac{R_o W A'_g}{R_o + R_L} \right)} \\ &= \left(\frac{R_o R_L}{R_o + R_L} \right) \left(\frac{1 + WA'_g}{1 + \frac{R_o A'_g W}{R_o + R_L}} \right) \end{aligned}$$

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 حاصل ہوتا ہے

$$(7.28) \quad R'_{of} = R'_o \left(\frac{1 + WA'_g}{1 + WA_G} \right)$$

^{۱۶} بر قی دباد کو صفر کرنے کی حنا طراۓ قصر در 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

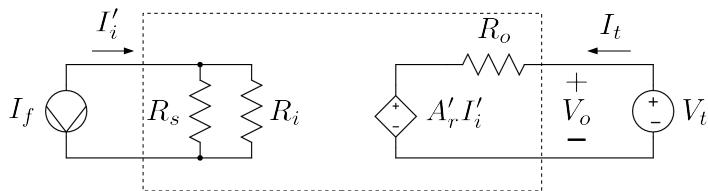
شکل ۷.۱۳ میں R_L کو منقطع کرتے ہوئے، $I_s = I_r$ کے اکھنارجی حبائب بر قی دباد V_t لالگو کرتے ہیں۔ اور I_t کی شرح اس ایک پلینیاٹر کا حنارجی مزاحمت R_{of} ہوگا۔ شکل ۷.۱۸ میں ایسا دکھایا گیا ہے جہاں سے ہم لکھ سکتے ہیں

$$\begin{aligned} I_t &= \frac{V_t - A'_r I'_i}{R_o} \\ &= \frac{V_t + A'_r I_f}{R_o} \\ &= \frac{V_t + A'_r W V_o}{R_o} \\ &= \frac{V_t + A'_r W V_t}{R_o} \end{aligned}$$

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۔

$$(7.49) \quad R_{of} = \frac{V_t}{I_t} = \frac{R_o}{1 + WA'_r}$$

^{۱۴} 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 اترتتے۔ 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

$$V_i = V_s - V_f$$

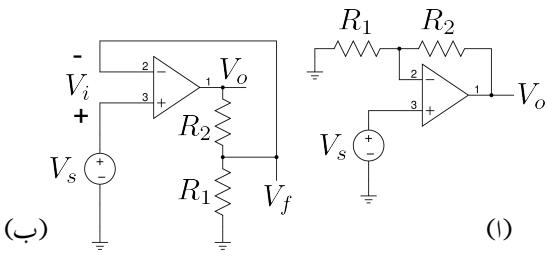
$$V_f = \left(\frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) V_o$$

$$= WV_o$$

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

$$A_V = \frac{1}{W}$$

$$= 1 + \frac{R_2}{R_1}$$



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 نہایت 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 سراہے۔ 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

$$(7.77) \quad I_f = \frac{V_n - V_o}{R_2} = \frac{0 - V_o}{R_2} = WV_o$$

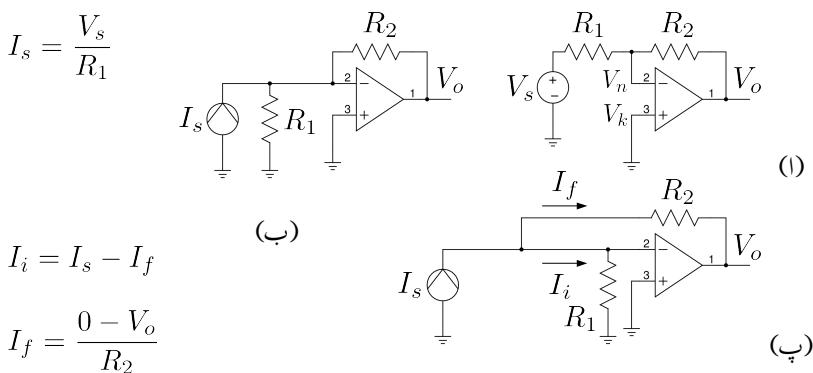
حاصل ہوتا ہے۔ مندرجہ بالا مساوات لکھتے ہوئے یاد رہے کہ حابی ایکلینیفار کے منفی اور مثبت داخنی سروں پر برابر برقی دباؤ رہتا ہے۔ چونکہ یہاں مثبت داخنی سر ابرقی زمین پر ہے لہذا $0 = V_k$ ہو گا اور اس طرح $0 = V_n$ حاصل ہوتا ہے۔ مساوات ۷.۷.۷ سے ظاہر ہے کہ واپسی اشارہ برقی روکی صورت میں ہے اور اس کو حنارتی 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

$$(7.80) \quad \frac{V_o}{\left(\frac{V_s}{R_1}\right)} = -R_2$$

$$(7.81) \quad \frac{V_o}{V_s} = -\frac{R_2}{R_1}$$

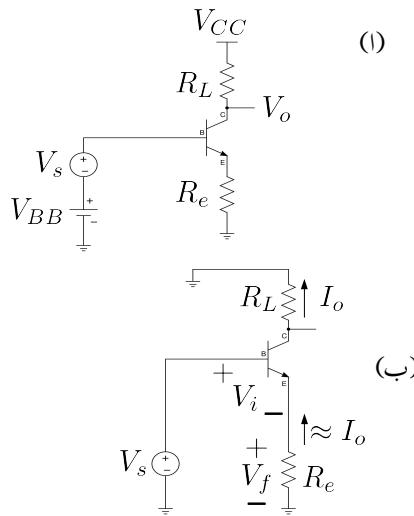
جو کہ مخفی حسابی ایکلینیفار کی حسابی پہچانی مساوات ہے۔

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 اشارجی بر قی دباویا اشارجی بر قی 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 الف میں ٹرانزسٹر کا دور دکھایا گیا ہے جس میں بوجھ R_L ٹرانزسٹر کے گلکش پر لگایا گیا ہے۔ شکل ب میں باریک اشاراتی تجربے کی عندرض میں $V_{be} = 0$ اور $V_{CC} = V_{BB} = 0$ ہے گے ہیں۔ مزید ٹرانزسٹر کے کوئی V_i کا لکھنے ہوئے

$$\begin{aligned}V_i &= V_s - V_f \\V_f &= -I_o R_e \\W &= -R_e \\A_{gf} &\approx \frac{1}{W} = -\frac{1}{R_e}\end{aligned}$$



شکل ۷.۷: ترانزسٹر کا داپکی موصل نہ ایمپلیفیاٹر

$$\begin{aligned}V_i &= V_s - V_f \\&= V_s - (-I_o R_e) \\&= V_s - W I_o\end{aligned}$$

لکھا جا سکتا ہے۔ اس کا (X_i = X_s - W X_o) کے ساتھ موازن کرنے سے

$$(7.82) \quad W = -R_e$$

حاصل ہوتا ہے۔ مندرجہ بالا دو مساوات کو دیکھتے ہوئے ہم کہہ سکتے ہیں کہ یہ داپکی موصل نہ ایمپلیفیاٹر ہے اور یوں

$$(7.83) \quad A_{gf} = \frac{I_o}{V_s} \approx \frac{1}{W} = -\frac{1}{R_e}$$

حاصل 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_L 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 $V_f = -\frac{R_e}{R_L} V_o = -\frac{R_e}{R_L} I_0$ کھا جائے تو اس کو جس سے W = $-\frac{R_e}{R_L}$ حاصل ہوگا۔ حاصل W کی قیمت R_L 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 ہو ہانے کی 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^{۱۸}۔ 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 لگایا گیا ہے۔ شکل ب میں باریک اشاراتی تجربے کی عذر ضمیم کی پیٹر 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۔

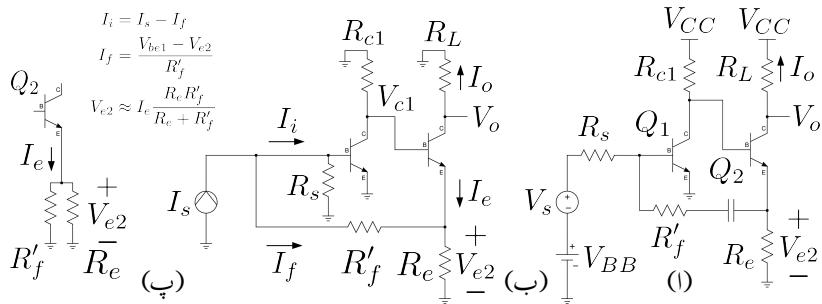
$$I_i = I_s - I_f$$

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}

^{۱۸} 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 پر میں دھکایا 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

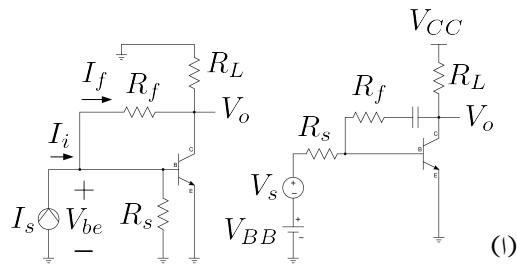
$$(7.90) \quad A_{if} = \frac{I_o}{I_s} = \frac{\frac{V_o}{R_L}}{I_s} = \left(\frac{V_o}{I_s} \right) \frac{1}{R_L} = \frac{A_{rf}}{R_L} = -\frac{R_f}{R_L}$$

اور $\frac{I_o}{V_s}$ کو یوں

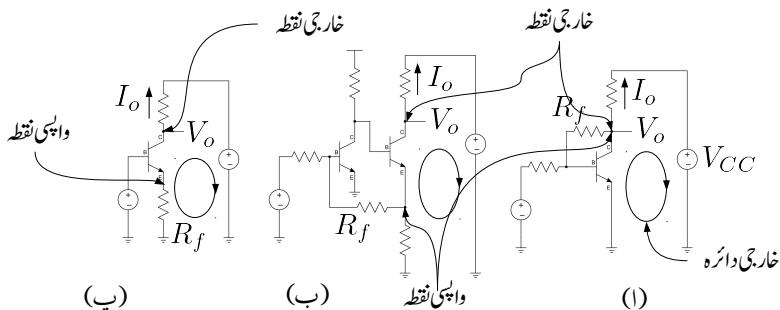
$$(7.91) \quad A_{gf} = \frac{I_o}{V_s} = \frac{\frac{V_o}{R_L}}{I_s R_s} = \left(\frac{V_o}{I_s} \right) \frac{R_s}{R_L} = A_{rf} \frac{R_s}{R_L} = -\frac{R_f R_s}{R_L}$$

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 علیحدہ 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 علیحدہ 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 علیحدہ 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۔

بینی دی ایکلینیاٹر کا داخنی 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۔

بینی دی ایکلینیاٹر کا حرارتی حصہ حاصل کرنے کی خاطر کل داخنی اشارہ X کی قیمت صفر کر دیا جاتا ہے۔ یعنی

- اگر داخنی 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۔

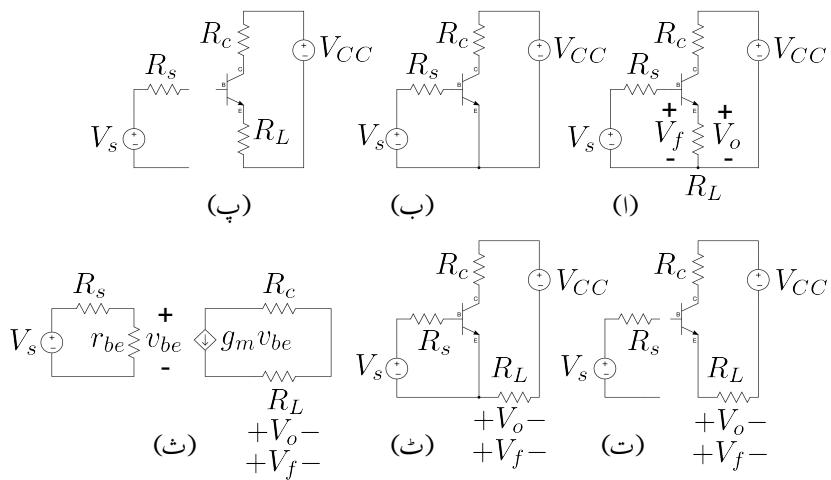
- اس کے بر عکس اگر داخنی اور واپسی اشارات سالمہ وار جبڑے ہوں تب یہ دونوں بر قی دباؤ اشارات ہوں گے دائرے کو کھلے سرے کرنے سے $V_i = 0$ کیا جاتا ہے۔

اس ترکیب سے واپسی اشارہ کے اثرات کو ختم کر دیا جاتا ہے جبکہ بینی دی 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 داخنی 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 یعنی I ہو گا۔ اسی طرح فیصلہ کریں کہ X_0 بر قی دباؤ بر قی رو اشارہ ہے۔ اگر X_0 کو X_0 سے حاصل کیا گیا ہو تو X_0 بر قی دباؤ اشارہ ہو گا اور اگر X حرارتی دائرے 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 بینی دی ایکلینیاٹر کا دور حاصل کریں۔ اگر X اور X_S سالمہ وار جبڑے ہوں تب داخنی اشارہ X_S کا تھوڑن مساوی دور استعمال کریں۔ اس کے بر عکس اگر X اور X_S متوالی جبڑے ہوں تب داخنی 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_f اور X_0 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 کے R_{of} ، R'_{if} ، A_f اور R_o حاصل کریں۔
آنکے اس ترکیب کو استعمال کرتے ہوئے واپسی ایکلپیغاڑ حاصل کریں۔

۷.۹ واپسی بر قی دباو ایکلپیغاڑ

شکل ۷.۲۵ افے 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 ہے۔

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 بے میں دکھایا گیا ہے جہاں صرف داخلی دائے پر نظر رکھتے ہیں۔

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 ایکلیفائز 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 $W = 1$

$$(7.97) \quad M = 1 + WA_V = 1 + \frac{\beta R_L}{R_s + r_{be}} = \frac{R_s + r_{be} + \beta R_L}{R_s + r_{be}}$$

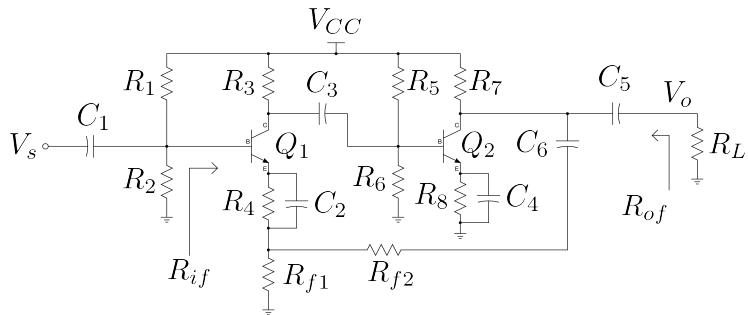
بنیادی ایکلیفائز کا داخلی مزاحمت ہے۔

$$(7.98) \quad R'_i = R_s + r_{be}$$

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 ساوات 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 ۲۶.۷ سے $R_o = \infty$ 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 ۱۰۰.۷ 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 کے قیمت R'_o کے برابر ہے۔ اس طرح

$$(۲.۱۰۰) \quad R'_{of} = \frac{R'_o}{M} = \frac{R_L(R_s + r_{be})}{R_s + r_{be} + \beta R_L}$$

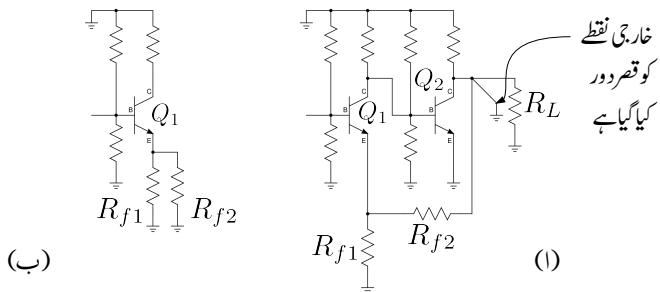
اور

$$(۲.۱۰۱) \quad R_{of} = R'_{of} \Big|_{R_L \rightarrow \infty} = \frac{R_s + r_{be}}{\beta}$$

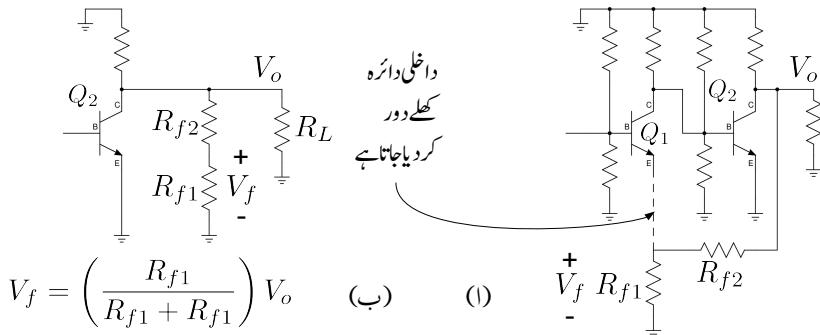
حاصل ہوتا ہے۔

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

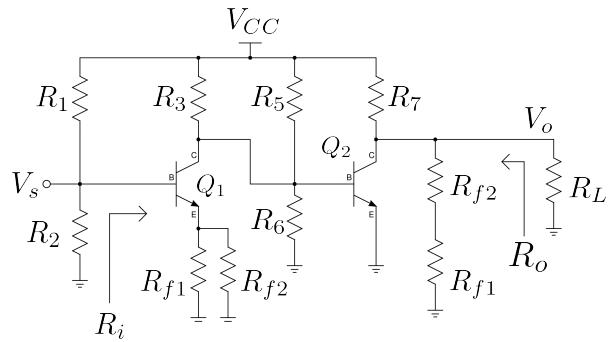


شکل ۷.۷: دو مرحلہ زنجیری واپسی بر قی دباوایمپلیفیائر کے داحتی حصے کا حصول



شکل ۷.۸: دو مرحلہ زنجیری واپسی بر قی دباوایمپلیفیائر 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 ۷.۷.الف میں ایسا دکھایا گیا ہے۔ جیسا کہ شکل ب میں دکھایا گیا ہے، اس عمل سے R_{f2} اور R_{f1} متوازی جبڑ جاتے ہیں۔ اس ایمپلیفیائر میں V_f اور V_o سلسلہ وار جبڑے ہیں لہذا اب نیادی 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 ۷.۷.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 جبڑ جاتے ہیں۔ شکل ۷.۹ کو زنجیری ضرب سے با آنی حل کرتے ہوئے حاصل کی جا سکتی ہے۔ اس طرح اس بنیادی ایمپلیفیائر کا A_v 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 پیشہ میں واپسی اشارہ شامل کیا جاتا ہے۔ یوں حاصل واپسی ایمپلیفیاٹر کی افسناش میں انہیں وجوہات کی بناء پر صرف 1% اضافہ پیدا ہوتا ہے۔ M کی قیمت حاصل کریں۔ اگر سادہ ایمپلیفیاٹر کی افسناش $\frac{V}{7}$ تھی تو واپسی ایمپلیفیاٹر کی 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 kHz ہو تو واپسی ایمپلیفیاٹر کی بلند انقطعی تعداد کیا ہوگی۔

جواب: 1.4 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 ردو 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 $\frac{V}{7}$ 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: سیں تحلیق کئے گئے واپسی ایکلینیاٹر پر اگر $\Omega = 3k\Omega$ 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 افزاش میں صرف 0.8% کی تبدیلی آتی۔ واپسی ایکلینیاٹر قیمت مسلم ہے۔

سوال ۹.۷: سوال ۷.۷ میں تحلیق کردہ واپسی ایکلینیاٹر میں بنیادی ایکلینیاٹر کو تبدیل کرتے ہوئے $\frac{V}{V} = 1500$ کا ایکلینیاٹر نسبت کیا جاتا ہے۔ ایسا کرنے سے A_{vf} کی قیمت کیا حاصل ہوگی؟

جواب: $\frac{V}{V} = 12.33$ ۔ بنیادی ایکلینیاٹر کے افزاش میں 25% تبدیلی سے واپسی ایکلینیاٹر کے افزاش میں صرف 1.36% کی تبدیلی پیدا ہوئی۔ واپسی ایکلینیاٹر کے مسلم ہونے کی ایک اچھی مثال ہے۔

سوال ۱۰.۷: ایک واپسی بر قی دباؤز ایکلینیاٹر 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 ایکلینیاٹر کے A_{vf} , W اور A_V حاصل کریں۔ اگر بنیادی ایکلینیاٹر کا $2 \text{ k}\Omega$ اور $R'_i = 100 \text{ }\Omega$ اور $R'_o = 3 \text{ M}\Omega$ کیا ہوں گے۔

جوابات: $R_{vf} = 26 \text{ }\Omega$ اور $R'_{if} = 150 \text{ k}\Omega$, $A_V = 6000 \frac{V}{V}$, $A_{vf} = 80 \frac{V}{V}$, $W = 0.01233 \frac{V}{V}$ ہیں۔

سوال ۱۱.۷: بنیادی بر قی دباؤز ایکلینیاٹر کی افزاش $\frac{A}{A} = 3000$ جبکہ اسی سے حاصل واپسی ایکلینیاٹر کی افزاش $\frac{A}{A} = 15$ ہے۔ اس کی صورت میں $R_o = 15 \text{ k}\Omega$ اور $R'_i = 20 \text{ k}\Omega$ اور $R'_{if} = R_{vf}$ حاصل کریں۔

جوابات: $R_{vf} = 3 \text{ M}\Omega$ اور $R'_{if} = 100 \text{ }\Omega$ ہیں۔

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 $R'_{if} = R_{vf}$ حاصل کریں۔

جوابات: $R_{vf} = R'_{if} = 103.5 \text{ k}\Omega$, $A_{vf} = 0.957 \frac{V}{V}$, $A_V = 22.22 \frac{V}{V}$, $r_{be} = 2.5 \text{ k}\Omega$ ہیں۔

سوال ۱۳.۷: سوال ۱۲.۷ میں β کی قیمت 200 جبکہ $I_{CQ} = 1 \text{ mA}$ ہے اسے دوبارہ حل کریں۔ A_{vf} میں کتنے فیصد تبدیلی روشن ہوئی۔

جوابات: $\frac{V}{V} = 0.978$ اور $R_{vf} = 22.5 \text{ k}\Omega$, $A_{vf} = 0.978 \frac{V}{V}$ اور تبدیلی تقریباً 2% ہے۔

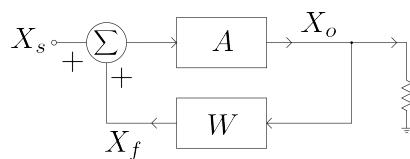
سوال ۱۴.۷: شکل ۲.۷.۷ میں زنجیری ایکلینیاٹر دکھلایا گیا ہے جبکہ مسافت 102.۷ میں اس کے واپس کارکا مسئلہ W حاصل کیا گیا ہے۔ A_{vf} حاصل کریں۔

جواب: $A_{vf} = 1 + \frac{R_{f2}}{R_{f1}}$

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 $X_s = 0$ کر دیا جاتا ہے۔ اس طرح ایک لمحے کے لئے اس دور میں ارتقاش کرتا ہے اشارہ X_0 نمودار ہو گا۔ واپسی دور X_0 سے $X_f = W X_0$ کے بعد پہلی پسیدا کرے گا جو کہ بنیادی ایکپلینائز کو بطور داخلی اشارہ مہیا کیا گیا ہے۔ بنیادی ایکپلینائز X_f سے خارجی اشارہ $X_0 = A X_f$ پسیدا کرے گا۔ پس وہی دور اور بنیادی ایکپلینائز میں ایک چکر کے بعد پہلی نمودار ہونے والے اشارے X_0 کی قیمت اب WAX_0 ہو گی۔ یہ اشارہ بھی جب واپسی دور اور بنیادی ایکپلینائز میں ایک چکر کا ٹو اس کی نئی قیمت $WA^2 X_0$ ہو جائے گی۔ اسی طرح n چکر کے بعد بنیادی ایکپلینائز کا خارجی اشارہ $WA^n X_0$ 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_0 خارج کرتا ہے گا۔ ایسی خوبی رکھنے والے دور کو مرتعش کہتے ہیں۔



شكل ۸: مثبتہ واپسی دور

oscillator^۱

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 بھی جبکے 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 جائے 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 ہات کی بسا پر مسر قوش چپا لو کرتے ہی $WA \neq 1$ ہو جائے گا۔ اگر $1 < WA < 2$ ہو جبکے گا تو ایسی صورت میں مسر قوش رکھ جائے گا۔ اس کے بعد WA کی قیمت ۱ سے فتدر زیادہ ہو جبکے گا تو ایسی صورت میں مسر قوش برقرار رکھنا ضروری ہوتا ہے۔

مسر قوش کے اس بنیادی اصول جسے مساوات ۸.۱ میں دوبارہ کھایا گیا ہے کو برکمازنٹ کا اصول ۲ کہتے ہیں۔^۳

$$(8.1) \quad WA = 1$$

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 ہو سترے۔

$$(8.2) \quad |WA| = 1$$

$$(8.3) \quad /WA = 2m\pi$$

آپ دیکھ سکتے ہیں کہ حقیقت میں کسی بھی مسر قوش کو برقرار کرنے کے لئے یہ ضروری ہے کہ $< 1 > |WA|$ رکھا جائے۔ حقیقت میں $1.05 < |WA| < 1$ رکھا جاتا ہے۔

مندرجہ بالاتر کرے میں تصور کیا گی کہ مسر قوش کو چپا لو کرنے کی حناء ایک لمحے کے لئے X_0 فراہم کیا گی۔ حقیقت میں مسر قوش کو چپا لو کرتے وقت اسے عموماً کسی قسم کا رعنایا شکستہ اشارہ نہیں کیا جاتا۔ کسی بھی دور جسے بر قی طاقت مہیا نہیں کیا گیا ہو غیر چپا 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 چپا لو ساختے ہے جپا لو کیا جائے تو اس کے مختلف حصے چند ہی لمحوں میں غیر چپا لو صورتے ہے یہ کہ

Barkhausen criteria^۴
حکمرتی کے عالم طبیعتیات ہائیکریکیز برکمازن 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۔^۲

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 (ω) $W(\omega)$ 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 ^۳ کی مدد سے لکھا جاسکتا ہے۔ فوریہ تسلیم میں $\omega_0, \omega_0, 2\omega_0, 3\omega_0, \dots$ 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 تعدد 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° کا زاویہ ہے۔ اگر اسے استعمال کرتے ہوئے مرتقش تحقیق دیتا ہو تو واپس کار کو مزید 180° 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° 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۔

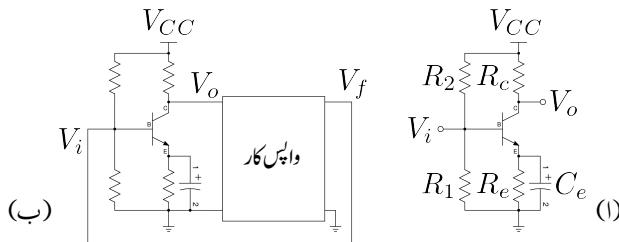
مثال ۸.۱: شکل ۸.۳ الف میں \hat{V}_0 اور \hat{i} کے درمیان زاویہ کی مساوات حاصل کریں۔

$$\bullet R = 1 \text{ k}\Omega, C = 0.1 \mu\text{F}, f = 10 \text{ kHz} \text{ لیتے ہوئے اس زاویہ کی قیمت حاصل کریں۔}$$

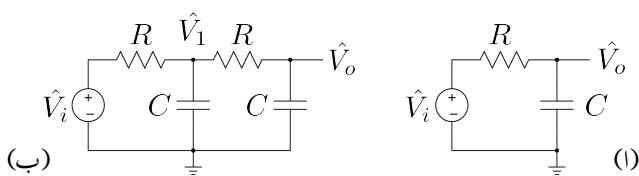
$$\bullet \text{مزاجمت } R \text{ کی وہ قیمت حاصل کریں جس پر یہ زاویہ } 60^\circ \text{ ہو گا۔}$$

^۲ مجھے گزشتہ پہلیں سالوں میں صرف ایک مرتب مرتقش کو پالو کرنے کی حناطہ اشارہ مہیا کرنا پڑا ہے۔

³ fourier series



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۔

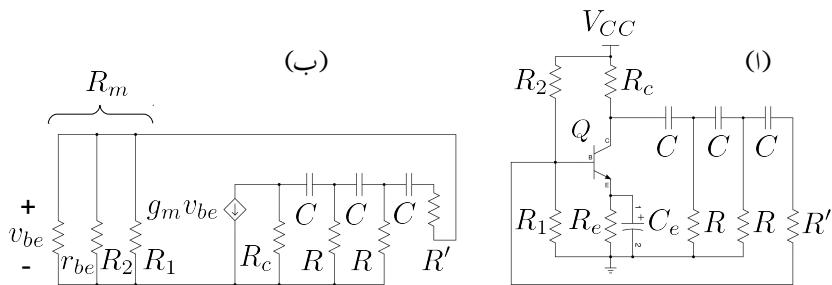
مندرجہ بالا مثال کو دیکھتے ہوئے ایسا معلوم ہوتا ہے کہ مزاجت - کپیٹ کے دو کیاں استعمال کرتے ہوئے دگنا زاویہ حاصل کیا جاتا ہے۔ یہ بات درست ثابت ہوتی ہے، البتہ جیسے آپ سوال ۸.۱ میں دیکھیں گے، دو کڑی RC کا زاویہ حاصل کرتے وقت نسبتاً بیسی مساوات حل کرنی ہوگی۔

RC کے ضرب کو بڑھا کر زیادہ زاویہ حاصل کیا جاتا ہے۔ لامدد RC یعنی ∞ پر 90° 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° حاصل کرنا ممکن نہیں ہوتا۔ یہ RC کے دو کڑیوں سے 180° حاصل نہیں کیا جاتا۔ حقیقت میں کم از کم تین RC کیاں استعمال کرتے ہوئے 180° حاصل کیا جاتا ہے۔ مندرجہ ذیل حصے میں مزاجت - کپیٹ مرتыш میں ایسا ہی کیا گیا ہے۔

۸.۲ مزاجت - کپیٹ RC مرتыш

شکل ۸.۲ الف میں ٹرانزسترا ایپلیفائز پر مبنی مرتыш دکھایا گیا ہے جس میں گلکسپر 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° کے تبدیلی کے ساتھ اے گلکسپر پر خارج کرتا ہے۔ یہ بنیادی ایپلیفائز اور واپس کار کے دائے میں ایک چپکر کے بعد کل زاویہ میں تبدیلی کو 0° رکھنے کی حاضر واپس کار کو بھی 180° کی تبدیلی پیدا کرنا ہوگی۔ جیسا اور مثال میں دکھایا گیا، مزاجت - کپیٹ RC کے دو کیاں 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۔ مرتыш کے خارجی تعداد پر کپیٹ C_e بطور تصریح دور کام کرتا ہے۔ بنیادی ایپلیفائز میں واپس کار استعمال کرنے سے مرتыш حاصل ہوتا ہے۔ واپس کار تین دو کار کپیٹ اور تین عدد مزاجت سے حاصل کیا گیا ہے۔ شکل ب میں ٹرانزستر کا پائے π ریاضی نومتے استعمال کرتے ہوئے اس مرتыш 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 واپس کار تین یکساں RC حصوں پر مشتمل ہوتا ہے۔ اگرچہ واپس کار کے تین کپیٹوں کی قیمت آپس میں برابر یا تین مزاجتوں کی قیمت آپس میں برابر رکھنا لازم نہیں، البتہ ایسا رکھنے سے مرتыш پر ترسیل غور نہیں آسان ہو جاتا ہے۔ ہم ایسا کرتے ہیں۔ شکل ۸.۵ پر نظر رکھیں جیسا کہ اور $R_m \approx r_{be}$ اور R' کو دیکھیں۔



شکل ۸.۳: مزاجت-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_0 کے حجت میں برابر ہوں گے اور اسی طبقہ میں مساوات ۱۸۸ میں مساوات کے حجت میں برابر ہوں گے۔ یہ $I_6 = -\beta I_0$ ہو گا۔ باب ۳ میں مساوات کے حجت میں 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 اسی 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 کھنے کی حناظر حقیقت میں β کو مندرجہ بالا حاصل کئے گئے قیمت سے زیادہ رکھنا پڑتا ہے لہذا اس مسادات کو یوں لکھا جا پائے۔

$$(8.10) \quad \beta > \frac{29}{k} + 23 + 4k$$

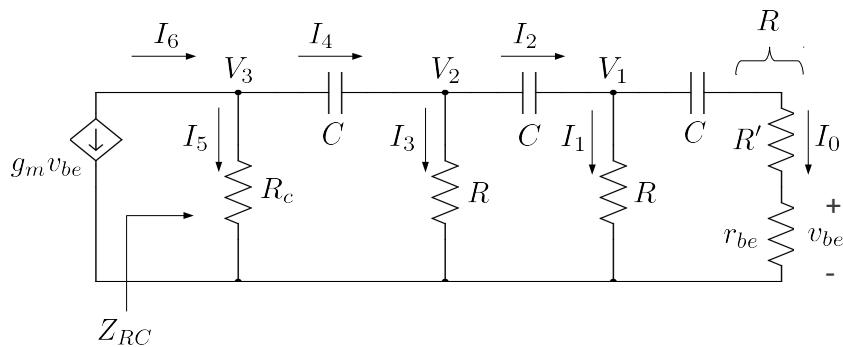
مختلف k کے لئے ٹرانزسٹر کی کم سے کم β کی قیمت اس مسادات سے حاصل کی جا سکتی ہے۔ اگر بنیادی ایکلیفیٹر میں استعمال ٹرانزسٹر کا β مندرجہ بالا مسادات پر پورا نہ اترے، تب اس سے بنیا گیا مزاجت - کپیٹر سر ترش کام نہیں کرے گا۔ آئین ایسے سر ترش میں درکار ٹرانزسٹر کی کم سے کم β حاصل کریں۔ ایسا $= \frac{d\beta}{dk}$ 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 β 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 β 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 مزاجش کی مساوات کا حصول

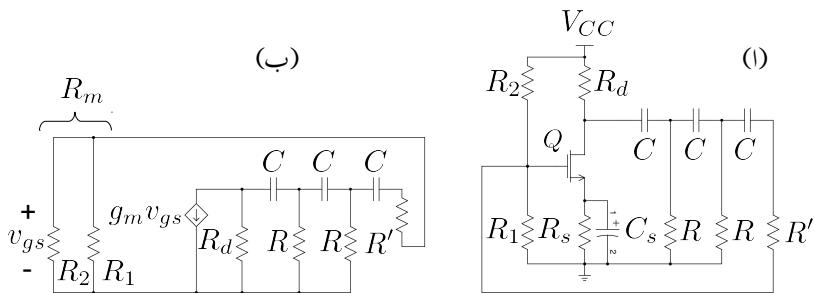
اس برقی رکاوٹ کی قیمت C کے بجائے مزاجت R پر منحصر ہے۔ شکل ۸.۵ میں برقی رکاوٹ Z_{RC} کی نمائندگی کی گئی ہے جو ٹرانزسٹر پر بطور برقی بوجھ لدا ہے۔ یوں Z_{RC} کی قیمت بھی C پر منحصر نہیں ہو گی۔ اگرچہ واپس کار کے کسی بھی مزاجت یا کپیٹر کو تبدیل کرتے ہوئے اس مزاجش کی وترنی تعداد تبدیل کی جا سکتی ہے، حقیقت میں عموماً تین حصوں کے درمیان تعداد تبدیل کرنے کی حرطہ تینوں کپیٹر کو ایک ساتھ برابر تبدیل کیا جاتا ہے۔ تینوں کپیٹر یوں تبدیل کرنے سے Z_{RC} ، جو کہ بنیادی ایکپیٹر کا بوجھ ہے، تبدیل نہیں ہوتا اور یوں ارتھاشی لہر کا جیٹ بھی تبدیل نہیں ہوتا۔ یہ مزاجش چند ہزار Hz سے کئی سو کلوہزار Hz کا نکتہ کے ارتعاش پیدا کرنے کے لئے استعمال کیا جاتا ہے۔ میگا ہرزنز MHz کے حصوں میں اسے دیگر اقسام کے امالة-کپیٹر LC مزاجشوں 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 ماسفیٹ سر ترش

مدادات ۸.۸ میں دے ω کی قیمت اس مدادات میں استعمال کرتے ہوئے

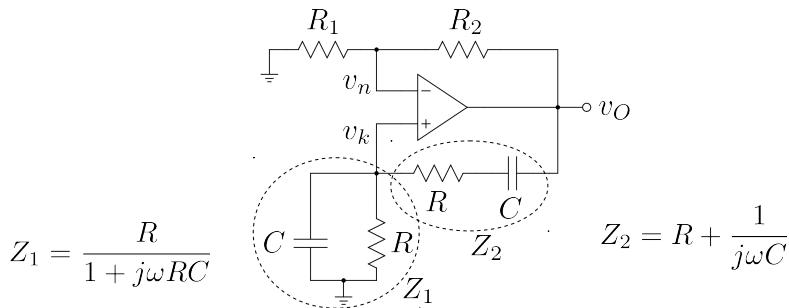
$$Z_{RC} = \frac{R + \frac{6CR\sqrt{6+4k}}{jC} + \frac{5(CR\sqrt{6+4k})^2}{(jC)^2 R} + \frac{(CR\sqrt{6+4k})^3}{(jC)^3 R^2}}{\frac{1}{k} + 3 - \frac{(\frac{5}{k}+1)(CR\sqrt{6+4k})^2}{(CR)^2} + j \left[\frac{(CR\sqrt{6+4k})^3}{(CR)^3 k} - \frac{(\frac{6}{k}+4)(CR\sqrt{6+4k})}{CR} \right]} \\ = \frac{-R \left[1 + \frac{6\sqrt{6+4k}}{j} + \frac{5(\sqrt{6+4k})^2}{(j)^2} + \frac{(\sqrt{6+4k})^3}{(j)^3} \right]}{\frac{29}{k} + 23 + 4k}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اگر β 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 ماسفیٹ 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 ماسفیٹ 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 ۷.۸: دائن مسر تشر

۸.۳ دائن مسر تشر

شکل ۷.۸ میں دائن متر ٹھہر کھایا گیا ہے۔ دائن مسر تشر ۸ پر پہلے بغیر حل کئے غور کرتے ہیں۔

آپ جانتے ہیں کہ یہ مدت روپ کمیٹر کھلے سرے کردار ادا کرتا ہے۔ یوں اگر v_O برفتار کسی 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_n کے بر عکس R_1 اور R_2 حسابی ایکپلینائز کے مثبت حنارجی برقی دباؤ سے v_O کے $v_n = \frac{R_1 v_O}{R_1 + R_2}$ پیدا کریں گے جو کہ مثبت برقی دباؤ ہو گا۔ ایسی صورت میں $v_k > v_n$ ہے اور حسابی ایکپلینائز کا حنارجی اشارہ v_O برفتار مثبت نہیں رہ سکتا اور یہ جبل ارجبل مخفی ہونے کی کوشش کرے گا۔ آئینے اب تصور کریں کہ v_O برفتار کسی مخفی برقی دباؤ پر رہتا ہے۔ اس مرتبا ہی $v_k = 0$ 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 $v_n > v_k$ ہو گا۔ ایسی صورت میں حسابی ایکپلینائز کا حنارجی اشارہ برفتار مخفی نہیں رہ سکتا اور یہ جبل ارجبل مثبت ہونے کی کوشش کرے گا۔ مندرجہ بالا تصریح سے یہ حقیقت اب گروہی کو v_O برفتار مثبت اور نامی 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 سیدھا رہے۔ 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 $v_n > v_k$ اور یا $v_k > v_n$ 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 ٹھائیلی 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° کی تبدیلی پیدا کی گئی۔ اس سے میں مشتر کے امالة (یعنی ٹرانسیستر) کے استعمال سے 180° 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 جانتے چور کریں کہ ماسنیٹ میں W تعداد کی بر قی روپائی جاتی ہے جس کی وجہ سے اس پر نسب LC پر اسی تعداد 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

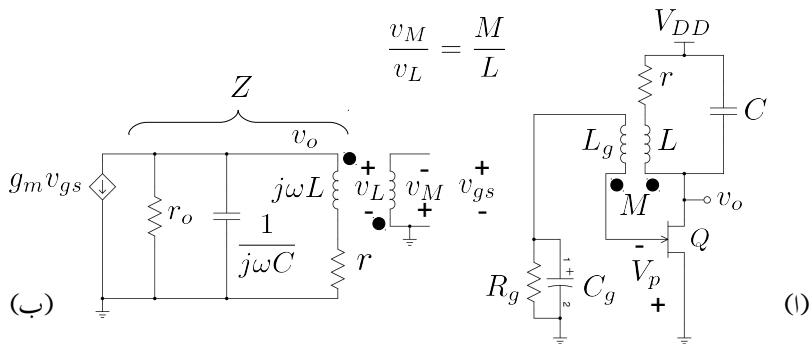
$$(8.16) \quad \frac{v_M}{v_L} = \frac{M}{L}$$

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_L 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 ω_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

$$(8.23) \quad \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

جب اس تقریب کی جگہ برآ کانشن استعمال کیا گیا ہے۔ اس اتفاقی اور دلپڑ پتیجے کے مطابق یہ مسرّع متوالی جبڑے LC کی متدری گلکھ تعداد پر ارتعاش کرتا ہے۔ اسی پتیجے کی بناء 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 ω_0 پر ارتعاش کرے گا۔ ω_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^۹
LC tuned oscillator^{۱۰}

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۔

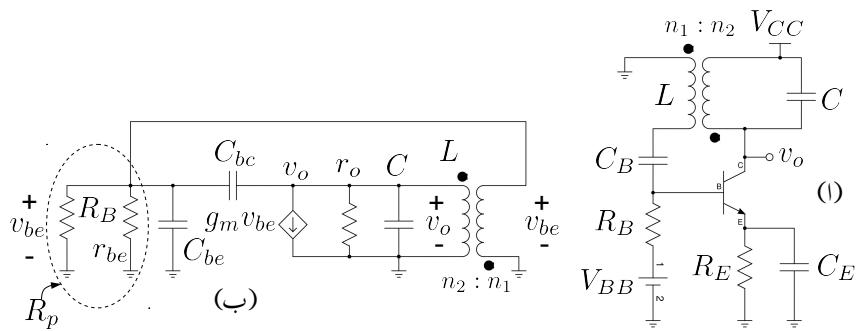
۸.۶.۱ خود-مائیل دور

شکل ۸.۸ میں $nJFET$ کے مائل ہونے پر غور کرتے ہیں۔ تصور کریں کہ مرتقش ارتعاش پذیر ہے۔ یوں مشترکہ امالة 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 یہ 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 برقرار رہے۔ ایسا کرنے کی حد طبق $R_g C_g \gg 1$ کے رکھا جاتا ہے جہاں f لہر کی تردید ہے۔ اس مرتقش کی تردید 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 لمحے مرتقش کو برقی طاقت V_{DD} مہبا کیا جائے اس لمحے 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 کارکرد ایسی توازن اختیار کر لیتا 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 امالة تصور کیا گی۔ اس حصے میں دو ٹرانزسٹر کا بلند تعدادی ریاضی موسن اور ٹرانسیستر مرتق

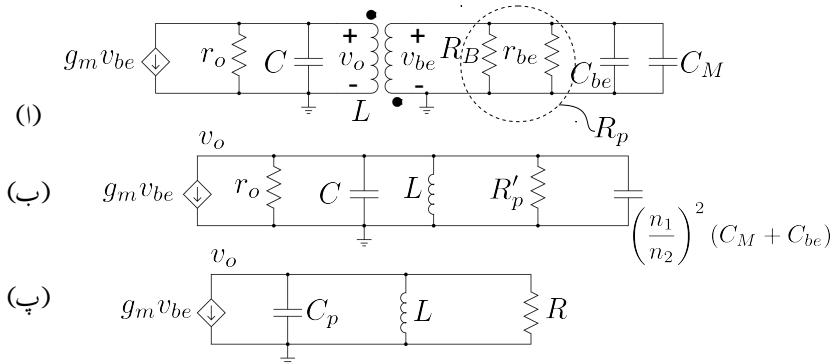


شکل ۸.۹: ٹرانزسٹر ہمسر تھش

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^{۱۲} 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 باریک 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° کی تبدیلی پیدا کی جاتی ہے جو کہ RC مسر 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۔
فتدرتی تعدد ω_0 پر متوازی حبڑے L اور C_p کی برقی رکاوٹ لامحمد 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 β کی قیمت $\frac{n_1}{n_2}$ میں معمولی زیادہ ہو تو مرتعش سائنس بالبر حسарج کرتا ہے۔ $\gg \frac{n_1}{n_2}$ کی صورت میں ٹراوزر غیر خطی خط میں داخلی ہو گا اور یہ مستطیل برقی روپیدا کرے گا البتہ L اور C_p اپناتر ترقی تعدد ω_0 پر ارتاسش کرتے ہیں لہذا امر مرتعش سائنس بالبر قی در باو v_0 ہی 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 حابی ایکپلینیٹر، دو جوڑ ٹراوزر غیر خطی پر مبنی ایکپلینیٹر وغیرہ۔ اس حصے میں بنیادی ایکپلینیٹر کے داخلی مسماحت کو لامحمد وہ تصور کیا گیا ہے۔ ایسا فیٹ پر مبنی ایکپلینیٹر یا حابی 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

$$\frac{1}{Z_L} = \frac{1}{Z_2} + \frac{1}{Z_1 + Z_3}$$

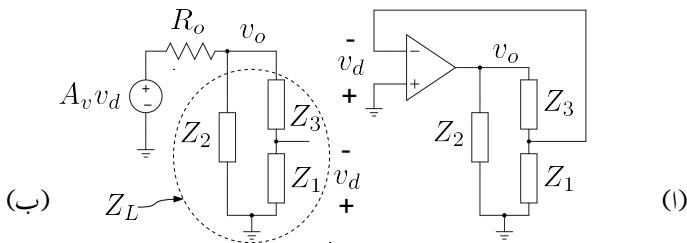
$$Z_L = \frac{Z_2 (Z_1 + Z_3)}{Z_1 + Z_2 + Z_3}$$

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 ωC 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^{۱۴} 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^{۱۵} پکارا جاتا ہے۔^{۱۵}

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

$$-\frac{j}{\omega C_1} - \frac{1}{\omega C_2} + j\omega L_3 = 0$$

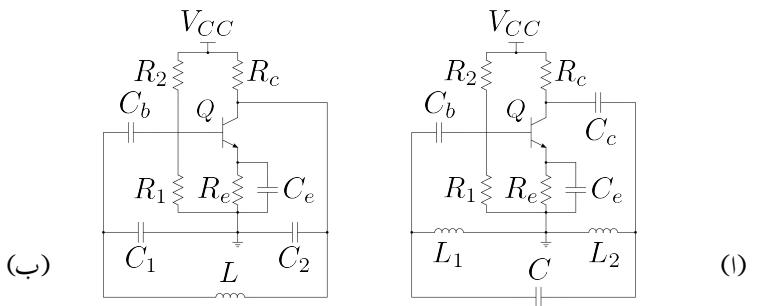
لکھا جاسکتا ہے جس سے

$$(8.36) \quad \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

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^{۱۶}Colpitts oscillator^{۱۷}^{۱۴} 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 مرتضی

۷۔ ۸ ہارٹلے اور کالپٹس مرتضی

شکل ۸.۱۲ میں ٹرانزسٹر ایمپلیفیائر استعمال کرتے ہوئے ہارٹلے اور کالپٹس مرتضی بنائے گئے ہیں۔ شکل الف میں واپس کار یعنی L_1 ، L_2 اور C کی شمولیت سے بندی دی ایمپلیفیائر مرتضی 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_b ہے جبکہ C ، R_e اور X_3 ہے۔ 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 میں کوئی تغیرت نہیں۔ C_e اور C_c کی پیسٹر^{۱۳} ہے جبکہ C_b اور C_1 کی پیسٹر^{۱۴} ہے۔ چنانچہ کالپٹس مرتضی میں اس راستے کا لامحہ دو د 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 مرتضی تخلیق دیتے وقت ٹرانزسٹر کے بلند تعدادی ریاضی نمونے کے حصوں کو C_{bc} اور C_{be} کا مساوی ملک پیسٹر^{۱۵} 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 مرتضی میں بندی دی ایمپلیفیائر کا داخلی مزاجمت لامحہ دو ہے جبکہ شکل ۸.۱۲ کے دونوں مرتضی میں ایسا نہیں ہے۔

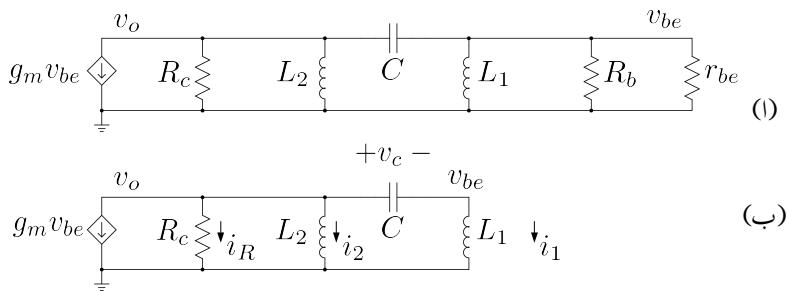
مثال ۸.۲: ٹرانزسٹر کا پست تعدادی ریاضی نمونے استعمال کرتے ہوئے شکل ۸.۱۲ الف کو حل کریں۔ حل کرتے وقت بندی دی ایمپلیفیائر کے داخلی مزاجمت کو لامحہ دو و تصور کرتے ہوئے نظر انداز کریں۔

حل: شکل ۸.۱۲ الف میں اس کا باریکے اشاراتی مساوی دوڑ کھایا گیا ہے جس میں $R_b \parallel R_1 \parallel R_2$

bypass capacitor^{۱۳}

coupling capacitors^{۱۴}

Miller capacitance^{۱۵}



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

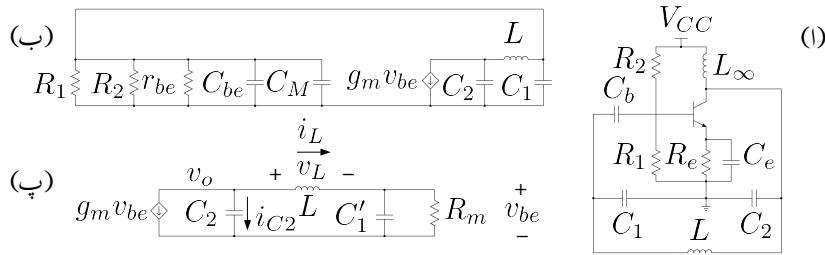
$$(8.39) \quad g_m R_c = |A_v| = \frac{L_2}{L_1}$$

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_{∞} 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 پ 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 ω 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۔ ω_o مسر توش کی فتدرتی تعداد ہے۔
مساوات ۸.۳۰ کے حقیقی جزو سے حاصل ہوتا ہے۔

$$-g_m = -\frac{\omega^2 L C_2}{R_m} + \frac{1}{R_m}$$

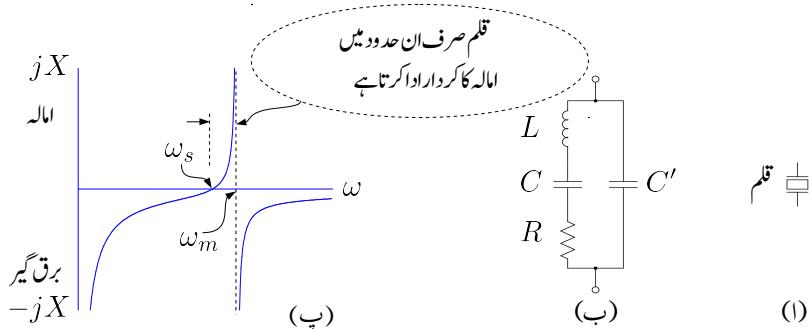
اس میں ω_o کی قیمت استعمال کرتے حاصل ہوتا ہے

$$\begin{aligned}-g_m &= -\left(\frac{C'_1 + C_2}{L C'_1 C_2} \right) \frac{L C_2}{R_m} + \frac{1}{R_m} \\ g_m R_m &= \frac{C_2}{C'_1}\end{aligned}$$

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 β 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^{۱۹} ہے جسے دبائے اس کے دو اطراف کے مابین برقی دباؤ پیدا ہوتا ہے کو دا بے بر قی فلم^{۲۰} 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^{۲۱} گھڑی کا حجج وقت دکھانا مشالی ہے۔ دھالتی ڈبے میں بند، چند کلوہر^{۲۲} Hz کے میکاہر^{۲۳} 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 برقی مسماحت R سے ظاہر کیا جاتا ہے جبکہ C' فتم کے دونوں سرروں پر دھالتی جوڑوں کے مابین کپیسٹ ہے۔

crystal^{۱۹}
piezoelectric crystal^{۲۰}
quartz^{۲۱}

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 $j = \frac{1}{\sqrt{-1}}$ کا استعمال کیا گیا ہے۔

فتنم 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۔ $\frac{1}{LC} = \omega_s^2$ کو اس کے ساتھ سلسلہ وار جبڑے کپیسٹر C کی

سلسلہ وار فردرتی گنجی تعداد جبکہ $\frac{1}{LC_m}$ کو اس کے ساتھ متوازی جبڑے کپیسٹر 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

$$(8.35) \quad Z = \frac{-j (\omega^2 - \omega_s^2)}{\omega C' (\omega^2 - \omega_m^2)}$$

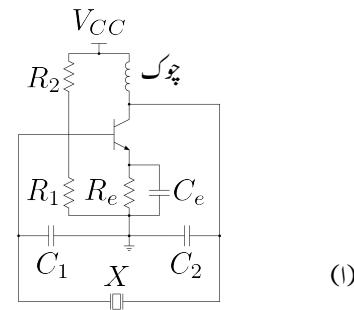
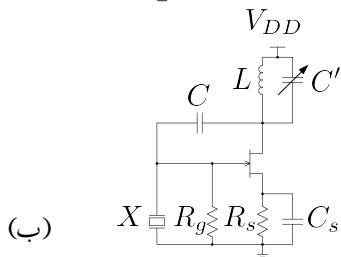
اس مساوات کو شکل ۸.۱۵ پر میں گرف کیا گیا ہے۔ حقیقت میں C' کی قیمت C کی قیمت سے کم درجہ زیادہ ہوتی ہے (یعنی $C' \gg C$)۔ یوں C_m کی قیمت C سے فردرتی کم ہوتا ہے جس سے ω_s کی قیمت ω_m کی قیمت سے فردرتی کم ہوتا ہے۔ ان دو فردرتی گنجی تعداد کی قیتوں میں ۱% سے بھی کم فرق ہوتا ہے۔ مساوات ۸.۳۵ میں دیا گیا رکاوٹ $\omega_m < \omega < \omega_s$ کے حدود میں بطور امالة جبکہ $\omega_s < \omega_m$ یا $\omega < \omega_s$ کے حدود میں بطور کپیسٹر کردار ادا کرتا ہے۔

مندرجہ بالا تذکرے کو مد نظر رکھتے ہوئے ہم دیکھتے ہیں کہ کالپٹس میں تھش میں امالة کی جگہ فلتم استعمال کی جا سکتا ہے۔ شکل ۸.۱۶ میں ایسا کرتے ہوئے شکل ۸.۱۲ انف کا کالپٹر قلم گنجی مرتھی حاصل ہوتا ہے۔ چونکہ فلتم صرف $\omega_m < \omega < \omega_s$ کے حدود میں بطور امالة کردار ادا کرتا ہے لہذا ایسا میں تھش صرف اور صرف انہیں حدود کے درمیان ارتغاش پذیر رہ سکتا ہے اور اس کی تعداد انہیں حدود کے درمیان رہے گی۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ قلم گنجی مرتھی ۲۲ کی تعداد صرف اور صرف فلتم کی فردرتی گنجی تعداد پر منحصر ہے۔ اب چونکہ $\omega_m \approx \omega_s$ ہوتا ہے لہذا حقیقت میں ایسے میں تھش کی فردرتی $\omega_m \approx \omega_s \approx \omega$ رہے گی۔ چونکہ مساوات ۸.۳۱ بھی اس میں تھش کی تعداد دیتا ہے لہذا فلتمی میں تھش اپنی تعداد ω_m اور ω_s کے درمیان اس جگہ برقرار رکھ گا جہاں مساوات ۸.۳۵ سے حاصل فلتم کی برقی رکاوٹ (یعنی L) کو استعمال کرتے ہوئے مساوات ۸.۳۱ سے بھی یہی تعداد حاصل ہو۔ فلتمی میں تھش کے استعمال کا مقصد ایک حقیقی تعداد حاصل کرنا ہے جو فلتم کو $\omega_m \approx \omega_s$ کے حدود میں استعمال کرتے ہوئے حاصل ہوتا ہے۔

شکل ۸.۱۶ ب میں میں تھلی ہارٹلے میں تھش دکھایا گیا ہے۔ C' کو نظر انداز کرتے اور فلتم کو امالة تصور کرتے ہوئے C اور فلتم ہارٹلے میں 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 نہیں میں LC نہیں) کا مجموعہ امالة کا کردار ادا کرے۔ عموماً C' فلتم تبدیل کپیسٹر ہوتا ہے جس کی قیمت تبدیل کرتے ہوئے میں تھش کی تعداد باریکی سے متاثر کی جاتی ہے۔ چونکہ متوازی جبڑے LC کی برقی رکاوٹ ان کے فردرتی متوازی تعداد پر لامحدود ہوتی ہے لہذا LC نہیں کی فردرتی متوازی تعداد کو میں 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: مرتقی کا پیش اور ہمارے مرتقش

جس سے بیادی ایپلیفائر کی امنزائش زیادہ حاصل ہوتی ہے اور ارتعاشی 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 ڈرین 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 β 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 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 ایمپلینٹر 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
 - π model, 283
 - resistance, 123
- solar panel, 147
- spice, 169
- stability factors, 226
- subtracter, 39
- switch ON, 85

- آزاد ۱۲۶، ۱۳۰، ۱۳۱
ایکٹر ان
حفلہ، ۱۲۶
آلنی پلیفار
آنین ۴۱۵
ولن، ۵۲۹
آنین بر قی رو، ۴۴۸، ۵۰۵
اخراجی ۷۸
ارلی بر قی دباؤ، ۴۲۱
افزارش ۱۸۶، ۱۵
بر قی دباؤ، ۲۷، ۱۴
بر قی رو، ۱۸۵
موصل-ن، ۲۷۴
افزارش ضرب دائرہ کار کردگی، ۶۱۱
افزارشی دائرہ، ۶۷۷
افزارشندہ، ۱۸۷
خطہ، ۲۳۶
افزارشندہ، ۱۸۱
اقیقی
ایکٹر ان
حفلہ، ۱۲۶
اکشن
الیکٹر ان، ۱۲۸، ۱۲۹
حفلہ، ۱۳۰
الٹ
خطہ، ۳۷۸
کرتا، ۳۷۸
مائیں، ۸۶
الٹ لوگار تھی، ۱۰۲
الٹ رستار قی رو، ۸۲
ایکٹر ان گیس، ۱۲۸
اخراجی بر قی دباؤ، ۴۹۹
اخراجی بر قی رو، ۵۰۲
اندرونی دھنی اخراجی بر قی دباؤ، ۵۸
انور شر، ۴۶۸، ۳۶۶
ائٹی عسد، ۱۲۵
ائٹی نومت، ۱۲۵
ایپلیفار
زنجیری، ۳۳۶
والپی، ۶۷۳
- لکھر، ۱۷۹
لکھر جبرا منطق، ۴۸۹
لکھر مشترک، ۳۴۴
بار، ۳۷۵، ۷۸
بر قی، ۳۶۳، ۱۸۲
بار یک اشاراتی
مسماحت، ۱۲۳
بار یک اشاراتی پائے ریاضی نومت، ۲۸۳
بار یک اشارہ، ۱۱۶
بالش زمان کا مستقل، ۷۸
بڑ، ۵۶
بہرورت تسلیم، ۶۴۷
بہرورت دائرہ، ۶۴۸
بدلت افزارش بر قی رو، ۱۸۷
بدلتارو، خط بوجہ، ۱۱۸، ۲۴۵
بدن، ۳۷۷
بر قی
بار، ۳۶۳، ۷۸
رکاوٹ، ۵۶۸
زمین، ۱۴
قلب نگار، ۴۵
بر قی دباؤ
چالو، ۸۰
ڈلپیز، ۳۷۹
رکاوٹی، ۱۳۹
غیر افزارشندہ کردہ، ۱۸۸
بر قی دباؤ منج، ۹۵، ۸۸
بر قی رو
الٹ رستا، ۸۲
بر قی رو چا اور کھنے کی حد، ۳۶۷
بر قی رو مقطوع کرنے کی حد، ۳۶۷
بر قی زمین، ۴۸۲
بر قی شدت، ۱۳۴
بر کہا زن کا اصول، ۷۱۸
بل، ۹۷، ۸۸
بلند اقتطاعی تعداد، ۵۵۹، ۶۰۰
بلند تعداد، ۵۵۹، ۵۶۶
بودا خط، ۵۶۶، ۵۷۶
بیسا، ۱۳۱، ۱۳۴
بیسا و بر قی رو، ۱۳۴

- تھرمائیٹ، 83
تحون دور، 29
ٹرانزسٹر، 179
توی، 366
ٹی ریاضی نوٹ، 425
ٹینکے، 747
جس میں ہم ڈالیو، 80
جسٹا
دوباد، 126
شرج، 126
جنگی کسیٹ، 251
جساعت، 124
معنی کار، 37, 35
جوڑ 13
جوڑ کی پیشنس، 143
چپا لو، 80
چپا لورقی دباد، 80
چوٹی حاصل کار، 92
چھلنی
پٹی روک، 646
پٹی گزار، 646
سرارتی
ایکٹران، 126
برقی دباد، 78
پیدا شن، 126
پیدا شن کی شرج، 126
خلو، 126
مزاجست، 172, 84
حرکت پذیری
ایکٹران، 387, 135
خلو، 387
حابل ایکلینکر، 1, 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
پٹی روک فلٹر، 681
پٹی گزار فلٹر، 681
پست انقلائی تعداد، 559
پست تعداد، 559
پکاری گئی قیمت، 19
پورے طاقت پر دائرہ کار کردگی، 53
پسروکار، 347
پیاسائی آله، 29
تار
ہم محوری، 69
تائج منبع دباد، 6
تائج منبع رو، 254
تراش، 99
دو طرف، 99
تعدد
سوار، 94
سواری، 94
فتدرتی، 725
قصہ دور پاند انقلائی، 610
تعدادی کشافت، 126, 182
تقریق
افزاش، 492
افزاش برقی دباد، 7, 3
ایکلینکر، 3
برقی اشارہ، 2
برقی دباد، 6
جوڑ، 479
تقریق اشارہ، 74
تقریق کار، 32
تقسیم کار، 103
تصریحی 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 رکاوٹ، 45
 داخنی مزاحمت، 687, 685, 7
 داخنی میلان برقی رو، 61
 دائزہ کار کر دیگی، 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
 شالگی، 146
 شمشی، 147
 فوٹو، 147
 فتنوں سریج، 168
 منقطع، 140
 نوری، 148
 وریکش، 147
 ڈایوڈ اون سریج شناسندہ، 169
 ڈھلوان، 108
 ڈیمی بیل، 576
 ذرا کم ابلاغ، 167
 رخ
 سیدھا، 77
 راہ، 377
 رفتار بیاد، 134
 رفتار چال، 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
 سردار، 468, 210
 سطح تبدیل کار، 517
 سلمہ

- عقدی ادوار، ۴۳۴، ۲۷۰
عقدی سے مال کار، ۵۵
عکس، ۲۳۱
غمزہ سید گی، ۵۰۵
غیر افسنہ افسنہ، ۱۸۸، ۱۸۱، ۱۸۰
برقی دباؤ، ۱۸۸
خط، ۲۴۱، ۲۳۶
غیر عامل، ۱۷۹
غیر مطلوب مزاحمت، ۶۰۶
- فلم**
- بیش رو تر، ۶۴۹
پی روکے، ۶۸۱، ۶۴۶
پی گزار، ۶۸۱، ۶۴۶
فوٹو ڈیجیٹ، ۱۴۷
فیٹ، ۳۷۵
فتا بور یکلیفیا نر، ۳۶۶
وت انون مسریح، ۱۶۸
فتدری تعداد، ۷۲۵
غیر تفسیری، ۶۴۷
قص درور بلند اقتضائی تعداد، ۶۱۰
قص ری کپیٹر، ۲۴۳
قطب، ۵۷۲
وقت لام، ۱۲۵
وقتی مرتقش، ۷۴۷
توی
ٹرانزیستر، ۳۶۶
ما سینٹ، ۴۶۷
توی بر قیات، ۱۴۸
- کالپیش مرتقش، ۷۳۹
کامسل حسابی ایپلیفیا نر، 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 بیساو، 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 ٹرازیسٹر، ۳۶۳
شاگلی ڈایوڈ، ۱۴۶
شرکیے گرفتی بندھ، ۱۴۷، ۱۲۵
شكل بگازن، ۴۱۸
شنجہ، ۹۸
شمی چادر، ۱۴۷
شمی ڈایوڈ، ۱۴۷
شور، ۱۴۸
- صفر، ۶۴۷، ۵۷۲
- ضر کار**
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
 والنر، 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، 101، 362
 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، 26، 28
 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 منقطع ڈالیوڈ، ۱۴۱، ۱۴۰ موچ
اشارہ، 665	سوار، 93
برقی دباد ایکلیناگر، 673	سواری، 94
نقام، 665	موازنے کار، 66
واپس کار، 672	موثر، 173
واپس کار کا مستقل، 675	موصلیت، 125
واپسی ادوار، 21	مستقل، 137
واپسی اشارات، 21	موصلیت-نا، 277، 274
والٹر منع رو، 525	میدانی ترینز سڑر، 375، 179
وان مسر تعش، 728	میلان برقی رو، 502
وریکسٹر ڈالیوڈ، 147	نافٹ ببل برداشت برقی دباد، 83
ولسن آئین، 529	نافٹ ببل برداشت برقی دباد، 143
ویٹ سٹون چکر، 70	نصف لہر
ویران خط، 139	مشتبہ سمت کار، 87
ہارٹلے مسر تعش، 739	منفی سمت کار، 88
ہسٹر مسر تعش، 734، 732	خفوڈ، 131
ہم نوری تار، 69	خفوڈ کا مستقل
کیاں، 479	الیکٹران، 134
کے سمت	خنلو، 134
افنزاش برقی رو، 187	خفوڈی برقی رو، 132
خط بوجھ، 243	خفوڈی کسیشن، 145
نقٹے کار کر دگی، 108	نفع کار، 434، 270
نقٹے مائیں، 108	نقٹے کار کر دگی سوارنے کے اسباب، 226
کے سمت رو	نموض
خط بوجھ، 108	ریاضی، 421، 149، 9، 7، 424
کے سمت منع رو، 503	ریاضی بلند تحدی، 283
	ریاضی پائے، 148
	نوری ڈالیوڈ، 125، 124
	شمی موصل، 130
	منفی، 128