

مثال بر قیات

خالد حنان یوسف زئی

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

۲۰۲۱ اپریل ۱۹

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 کار کردگی	۱.۲
۲	حابی ایکپیغائز کا مساوی دور یار یا خنی نوٹس	۱.۳
۷	داخلی سروں پر برابری دباؤ رہتا ہے	۱.۳.۱
۸	داخلی سروں پر بر قی رو ضرر ہوتی ہے	۱.۳.۲
۸	داخلی مزاحمت کو لامدد تصور کیا جاتا ہے	۱.۳.۳
۸	تفسری افسزاں کو لامدد 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	منفی ایکپیغائز	۱.۵.۱
۲۶	مشت ایکپیغائز	۱.۵.۲
۲۸	مستحکم کار	۱.۵.۳
۳۲	تفسری کار	۱.۵.۴
۳۳	تمکمل کار	۱.۵.۵
۳۵	جمع کار	۱.۵.۶
۳۷	منفی کار	۱.۵.۷
۳۸	جمع و منفی کار	۱.۵.۸
۴۲	آلاتی ایکپیغائز	۱.۵.۹
۵۲	حابی ایکپیغائز کا نقص پن	۱.۶
۵۲	حابی ایکپیغائز کا لبریز ہونا	۱.۶.۱
۵۲	حابی ایکپیغائز کی رفتار چال	۱.۶.۲

۵۵	عندی اشارے سے مٹا اشارے کا حصول	۱.۷
۵۷	۱.۱. یک سمت اندر وی داخلی اخراجی بر قی دباد کا سملہ	۱.۱
۶۰	۱.۲. داخلی بر قی روکا سملہ	۱.۲
۶۲	۱.۸ موائزہ کار	۱.۸
۶۷		
۸۳	کامل ڈیوڈ	۲.۱
۸۵	ڈیوڈ کے چند ادوار	۲.۲
۸۷	بدلتا دباد سے یک سمت دباد کا حصول (سمت کاری)	۲.۳
۸۷	۲.۳.۱ نصف لہر سمت کاری	۲.۳.۱
۹۰	۲.۳.۲ کمل لہر سمت کاری	۲.۳.۲
۹۲	چوتھی حاصل کار	۲.۴
۹۲	چھٹا اتار کار	۲.۵
۹۵	متنقی دباد	۲.۶
۹۷	۲.۶.۱ بر قی اتی شنجہ	۲.۶.۱
۹۹	بر قی اتی تراش	۲.۷
۱۰۰	حالي ایک پلینائز کی مدد سے ڈیوڈ کے کامل ادوار	۲.۸
۱۰۰	۲.۸.۱ کامل نصف لہر سمت کار	۲.۸.۱
۱۰۱	۲.۸.۲ کامل چوتھی حاصل کار	۲.۸.۲
۱۰۱	۲.۸.۳ کامل چھٹا اتار کار	۲.۸.۳
۱۰۱	۲.۸.۴ ڈیوڈ گار تھنچی ایک پلینائز	۲.۸.۴
۱۰۳	۲.۸.۵ ضرب کار	۲.۸.۵
۱۰۳	۲.۸.۶ کامل کمل لہر سمت کار	۲.۸.۶
۱۰۴	ڈیوڈ کے متنقی ادوار	۲.۹
۱۰۷	یک سمت 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	طبیعت 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 دباد بال مقابل درج حسارت	۲.۱۹.۱
۱۴۵	سیدھامائیل ڈایوڈ	۲.۲۰
۱۴۶	سیدھے مائل ڈایوڈ کی خصوصی کیسٹشن	۲.۲۰.۱
۱۴۷	ڈایوڈ کے دیگر اقسام	۲.۲۱
۱۴۸	شاکلی ڈایوڈ	۲.۲۱.۱
۱۴۹	وریکٹر ڈایوڈ	۲.۲۱.۲
۱۵۰	فونوفا ڈایوڈ یا شسی ڈایوڈ	۲.۲۱.۳
۱۵۱	نوئی ڈایوڈ	۲.۲۱.۴
۱۵۲	ضیائی دیستکار	۲.۲۱.۵
۱۵۳	ضیائی ذراائع ابلاغ	۲.۲۱.۶
۱۵۴	ڈایوڈ کے ریاضی نمونے	۲.۲۲
۱۵۵	سیدھے خطوط کا ریاضی نمونہ	۲.۲۲.۱
۱۵۶	کامل ڈایوڈ ریاضی نمونہ	۲.۲۲.۲
۱۵۷	ڈایوڈ کا پست تعدد بار یا اشاراتی ریاضی نمونہ	۲.۲۲.۳
۱۵۸	ڈایوڈ کا بلند تعدد بار یا اشاراتی ریاضی نمونہ	۲.۲۲.۴
۱۵۹	زینتر ڈایوڈ اور اس کا ریاضی نمونہ	۲.۲۳
۱۶۰	یک سمت اور بدلتے متغیرات کے حساب کی ملیحدگی	۲.۲۴
۱۶۱	وت انون مسرائج یہ طاقتار کار	۲.۲۵
۱۶۲	سپاٹس ریاضی نمونہ	۲.۲۶
۱۶۳	ثرازن سسٹر (دوجو ٹرناز سسٹر)	۳
۱۶۴	ثرازن سسٹر کی ساخت اور اس کی بنیادی کارکردگی	۳.۱
۱۶۵	افنزاں دہ حال منفی- جمع- منفی npn ثرازن سسٹر کی کارکردگی	۳.۲
۱۶۶	غیر افنزاں دہ کردہ برقی دباد	۳.۳
۱۶۷	افنزاں دہ حال جمع- منفی- جمع pnp ثرازن سسٹر کی کارکردگی	۳.۴
۱۶۸	V_{EC} اور V_{EB} کے pnp	۳.۴.۱
۱۶۹	نقطے کارکردگی اور یک سمت اور کا تخلیلی تحفظی	۳.۵
۱۷۰	افنزاں دہ ثرازن سسٹر کے یک سمت اور کا حل	۳.۵.۱
۱۷۱	غیر افنزاں دہ ثرازن سسٹر کے دور کا حل	۳.۵.۲
۱۷۲	منقطع ثرازن سسٹر کے دور کا حل	۳.۵.۳
۱۷۳	ڈار لسٹنگن جوڑی	۳.۶
۱۷۴	تعین ن نقطے سے نقطے کارکردگی کا اخراج	۳.۷
۱۷۵	تبدیلی β سے لاحق مسائل استوار نے کا شرط	۳.۷.۱
۱۷۶	تبدیلی V_{BE} سے نقطے کارکردگی کا سرکے جانا	۳.۷.۲

۲۲۳	نقطے کارکردگی سوارنے کے اسیاب	۳.۷.۳
۲۲۴	مざہمت کا عکس	۳.۸
۲۳۱	ٹرانزسٹر کے خط	۳.۹
۲۳۲	$i_C - v_{BE}$ خط	۳.۹.۱
۲۳۳	$i_C - v_{CE}$ خط	۳.۹.۲
۲۳۷	یک سمت ادوار کا ترسمی تجزیہ	۳.۱۰
۲۳۷	یک سمت روخط بوجھ	۳.۱۰.۱
۲۳۸	باریک اشارات	۳.۱۰.۲
۲۳۸	برقی بادو V_{CC} اور مざہمت R_C کے نقطے کارکردگی پر اثرات	۳.۱۰.۳
۲۳۰	داخلی برقی روکے نقطے کارکردگی پر اثرات	۳.۱۰.۴
۲۳۱	حناجی اشارہ کے حدود	۳.۱۰.۵
۲۳۲	بدلت رو، خط بوجھ	۳.۱۰.۶
۲۵۲	ٹرانزسٹر ریاضی نمونہ برائے سچے اشارات	۳.۱۱
۲۵۲	اسبرز-مال ریاضی نمونہ	۳.۱۱.۱
۲۶۰	pnp ٹرانزسٹر کا اسبرز-مال مائل	۳.۱۱.۲
۲۶۰	مال برداری ریاضی نمونہ	۳.۱۱.۳
۲۶۷	غشی کار	۳.۱۲
۲۷۱	باریک اشاراتی تجزیہ	۳.۱۳
۲۷۱	ترسمی تجزیہ	۳.۱۳.۱
۲۷۳	باریک اشاراتی داخلی مざہمت r_e اور r_{be}	۳.۱۳.۲
۲۷۳	خطیلی تجزیہ	۳.۱۳.۳
۲۸۲	پت تعدادی ٹرانزسٹر ریاضی نمونہ برائے باریک اشارات	۳.۱۴
۲۸۲	ٹی آریاضی نمونہ	۳.۱۴.۱
۲۸۷	پائے ریاضی نمونہ بھے حناجی مざہمت r_0	۳.۱۴.۲
۲۸۸	یک سمت اور بدلت مقیرات کی علیحدگی	۳.۱۵
۲۹۲	باریک اشاراتی ادوار کا پائے ریاضی نمونے کی مدد سے حل	۳.۱۶
۳۱۲	زنجیری ضرب کا طریقہ	۳.۱۲.۱
۳۲۲	برقی بار، داخلی مざہمت اور ایکلینیٹر کی افسنزاں	۳.۱۷
۳۳۵	زنجیری ایکلینیٹر	۳.۱۸
۳۲۳	ایکٹر مشترک، گلکٹر مشترک اور نیس مشترک ایکلینیٹر	۳.۱۹
۳۵۶	خطی لحاظ سے ایکلینیٹر کی درجہ بندی	۳.۲۰
۳۵۸	ٹرانزسٹر سے ڈائیوڈ کا حصول	۳.۲۱
۳۵۹	منبع برقی بادو	۳.۲۲
۳۶۱	ٹرانزسٹر لوگار تھمی ایکلینیٹر	۳.۲۳
۳۶۲	شاگی ٹرانزسٹر	۳.۲۴
۳۶۵	قوی ٹرانزسٹر	۳.۲۵
۳۶۵	فت اور یکٹیٹنیٹر	۳.۲۶

۳۷۳	۲.۱	میدانی ٹرانزیستر
۳۷۳	۲.۱	n ماسفیٹ کی ساخت (بڑھتا n ماسفیٹ)
۳۷۴	۲.۲	n ماسفیٹ کی بنیادی کارکردگی
۳۷۶	۲.۲.۱	گیٹ پر برقی دباؤ کی عدم موجودگی
۳۷۶	۲.۲.۲	گیٹ کے ذریعے برقی روکے لئے راہ کی تیاری
۳۸۳	۲.۳	n ماسفیٹ کی مساوات
۳۹۰	۲.۳.۱	فت بل برداشت برقی دباؤ
۳۹۰	۲.۳.۲	درجہ حرارت کے اثرات
۳۹۰	۲.۳	pMOSFET ماسفیٹ
۳۹۲	۲.۳.۱	غیرافناشندہ
۳۹۳	۲.۵	گھناتا n ماسفیٹ
۳۹۳	۲.۵.۱	مقطع صورت
۳۹۳	۲.۵.۲	غیرافناشندہ
۳۹۵	۲.۵.۳	دیوچ
۳۹۵	۲.۵.۳	افناشندہ
۳۹۵	۲.۶	گھناتا p ماسفیٹ
۳۹۵	۲.۷	حبرڈواماسفیٹ CMOS
۳۹۶	۲.۸	ماسفیٹ کے یک سمت ادوار کا حل
۳۱۲	۲.۹	ماسفیٹ ایکپلینائز کا تر سینی تجزیہ
۳۱۵	۲.۱۰	ماسفیٹ ایکپلینائز کا تخلیلی تجزیہ
۳۱۵	۲.۱۰.۱	یک سمت تجزیہ
۳۱۵	۲.۱۰.۲	بدلتارو تجزیہ
۳۱۹	۲.۱۱	ماسفیٹ ریاضی نوٹ
۳۱۹	۲.۱۱.۱	خنارجی مزاجت π_0
۳۲۰	۲.۱۱.۲	و سچ اشاراتی ماسفیٹ ریاضی نوٹ
۳۲۰	۲.۱۱.۳	باریکے اشاراتی ماسفیٹ π ریاضی نوٹ
۳۲۳	۲.۱۱.۴	باریکے اشاراتی ماسفیٹ θ ریاضی نوٹ
۳۲۲	۲.۱۱.۵	یک سمت اور بدلتے متغیرات کی علیحدگی
۳۲۲	۲.۱۲	سیاس غنی کار
۳۳۵	۲.۱۳	جوڑدار فیٹ (JFET)
۳۳۸	۲.۱۳.۱	برقی دو بالقابل برقی دباؤ
۳۳۹	۲.۱۳.۲	pJFET
۳۳۰	۲.۱۳.۳	باریکے اشاراتی ریاضی نوٹ
۳۲۵	۲.۱۳	محض ادوار میں ماسفیٹ کا قتل کارکردگی تحسین کرنے کے ادوار
۳۲۵	۲.۱۳.۱	منع مسئلہ برقی رو
۳۵۱	۲.۱۵	مزاجت کے ٹکس
۳۵۲	۲.۱۶	تاج سورس (ڈرین مشترک ایکپلینائز)
۳۵۹	۲.۱۷	گیٹ مشترک ایکپلینائز
۳۶۱	۲.۱۸	زنجیری ایکپلینائز
۳۶۵	۲.۱۹	قوی ماسفیٹ

<p>۳۷۷</p> <p>۳۷۷</p> <p>۳۷۷</p> <p>۳۷۷</p> <p>۳۸۰</p> <p>۳۸۲</p> <p>۳۸۳</p> <p>۳۸۷</p> <p>۳۸۷</p> <p>۳۸۹</p> <p>۳۹۱</p> <p>۳۹۲</p> <p>۳۹۷</p> <p>۳۹۷</p> <p>۴۰۰</p> <p>۴۰۱</p> <p>۴۰۲</p> <p>۴۰۳</p> <p>۴۰۸</p> <p>۵۱۱</p> <p>۵۲۳</p> <p>۵۲۷</p> <p>۵۳۲</p> <p>۵۳۳</p> <p>۵۳۲</p> <p>۵۳۲</p> <p>۵۵۰</p> <p>۵۵۱</p>	<p>۵ تفسیق ایکپلینائز</p> <p>۵.۱ دوجوڑا نز ستر کا تفسیق جوڑا</p> <p>۵.۱.۱ تفسیق اشارہ کی عدم موجودگی</p> <p>۵.۱.۲ تفسیق اشارہ موجود</p> <p>۵.۲ باریکے داخنی تفسیق اشارہ پر تفسیق جوڑے کی بنیادی کارکردگی</p> <p>۵.۳ وسق داخنی اشارہ پر تفسیق جوڑے کی کارکردگی</p> <p>۵.۴ باریکے اشارہ پر تفسیق جوڑے کے کارکردگی پر تفصیلی غور</p> <p>۵.۴.۱ باریکے اشارتی مساوات</p> <p>۵.۴.۲ بر قی رو کا حصول بذریعہ نز ستر یا ضمیمانہ</p> <p>۵.۴.۳ داخنی تفسیق مزاجمت</p> <p>۵.۴.۴ داخنی مشترک مزاجمت اور مشترک افزاں</p> <p>۵.۵ غیر کامل تفسیق 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 ستر 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 متحدد یک سمت منبع رو</p> <p>۵.۹ نز ستر بوجھ سے لدا دوجوڑا نز ستر کا تفسیق ایکپلینائز</p> <p>۵.۱۰ وانڈر منبع بر قی رو</p> <p>۵.۱۱ ولسن آئینہ</p> <p>۵.۱۲ کلیکوڈ ایکپلینائز</p> <p>۵.۱۳ ماسفیٹ کے تفسیق جوڑے</p> <p>۵.۱۴ داخنی اخراجی بر قی دباؤ</p> <p>۵.۱۵ ماسفیٹ آئینہ بر قی رو</p> <p>۵.۱۵.۱ منبع دباؤ کے اثرات سے آزاد منبع رو</p> <p>۵.۱۶ ماسفیٹ کلیکوڈ تفسیق ایکپلینائز</p>
<p>۵۵۷</p> <p>۵۵۷</p> <p>۵۵۹</p> <p>۵۶۶</p> <p>۵۶۱</p> <p>۵۶۳</p> <p>۵۸۰</p> <p>۵۸۳</p> <p>۵۹۰</p> <p>۵۹۳</p> <p>۶۰۰</p>	<p>۶ ایکپلینائز کا تعدادی رد عمل اور فلٹس</p> <p>۶.۱ پست تحدیدی رد عمل</p> <p>۶.۲ بیس سرے پر کپیسٹر C_B</p> <p>۶.۳ لیٹر سرے پر کپیسٹر C_E</p> <p>۶.۴ کلکٹر سرے پر کپیسٹر C_C</p> <p>۶.۵ بوجوڑا خلوط</p> <p>۶.۶ بیس اور کلکٹر بیس روئی کپیسٹر</p> <p>۶.۷ بیس اور لیٹر بیس روئی کپیسٹر وال کا مجموعی اثر</p> <p>۶.۸ بیس، لیٹر اور کلکٹر بیس روئی کپیسٹر وال کا مجموعی اثر</p> <p>۶.۹ پست ا نقطائی تحدید بذریعہ سورس کپیسٹر</p> <p>۶.۱۰ مسئلہ ملر</p>

۲۰۳	بلند تعدادی رو عمل	۴.۱۱
۲۰۳	بلند تعدادی پائے π ریاضی نوون	۴.۱۱.۱
۲۰۵	مشترکہ بینہ شر بلند نقطی تعداد	۴.۱۱.۲
۲۱۰	مشترکہ تیس بلند نقطی تعداد	۴.۱۱.۳
۲۱۱	T_f کا تجربہ باتی تجیہت	۴.۱۱.۴
۲۱۲	برقی بوجھ کے موجودگی میں بلند تعدادی رو عمل	۴.۱۱.۵
۲۲۰	مشترکہ سورس ماسنیٹ ایپلیفائز کا بلند تعدادی رو عمل	۴.۱۱.۶
۲۲۳	مشترکہ لکھر ایپلیفائز کا بلند تعدادی رو عمل	۴.۱۲
۲۲۸	مشترکہ تیس ایپلیفائز کا بلند نقطی تعداد	۴.۱۳
۲۳۳	کیمکوڈ ایپلیفائز	۴.۱۴
۲۳۴	فلشریا چھانی	۴.۱۵
۲۳۵	بڑوویتی فلش (چھانی)	۴.۱۶
۲۵۱	بڑوویت فلش روکارو	۴.۱۷
۷ واپسی ادوار		
۲۶۳	ایپلیفائز کی جماعت بندی	۷.۱
۲۶۴	برقی دباو ایپلیفائز	۷.۱.۱
۲۶۵	برقی رو ایپلیفائز	۷.۱.۲
۲۶۶	موصل نہ ایپلیفائز	۷.۱.۳
۲۶۷	مزاحمت نہ ایپلیفائز	۷.۱.۴
۲۶۸	واپسی اشارہ	۷.۲
۲۶۹	بنیادی کار کردگی	۷.۳
۲۷۰	افزائشی دائرہ	۷.۳.۱
۲۷۱	بنیادی مفروضہ	۷.۳.۲
۲۷۲	واپسی ایپلیفائز کی خوبیاں	۷.۳.۳
۲۷۳	مستحکم افزائش	۷.۳.۴
۲۷۴	تعددی بگاڑ	۷.۳.۵
۲۷۵	دانہ کار کردگی کے پئی میں وسعت	۷.۳.۶
۷.۴ داخنی مزاحمت		
۲۷۶	واپسی برقی دباو ایپلیفائز کا دا خنلي مزاحمت	۷.۴.۱
۲۷۷	واپسی برقی رو ایپلیفائز کا دا خنلي مزاحمت	۷.۴.۲
۲۷۸	واپسی موصل نہ ایپلیفائز کا دا خنلي مزاحمت	۷.۴.۳
۲۷۹	واپسی ایپلیفائز کا دا خنلي مزاحمت	۷.۴.۴
۷.۵ خارجی مزاحمت		
۲۸۰	واپسی برقی دباو ایپلیفائز کا حنارجی مزاحمت	۷.۵.۱
۲۸۱	واپسی برقی رو ایپلیفائز کا حنارجی مزاحمت	۷.۵.۲
۲۸۲	واپسی موصل نہ ایپلیفائز کا حنارجی مزاحمت	۷.۵.۳
۲۸۳	واپسی ایپلیفائز کا حنارجی مزاحمت	۷.۵.۴
۷.۶ واپسی ایپلیفائز کے جماعت بندی کی مثالیں		
۲۹۰	واپسی برقی دباو ایپلیفائز کا حنارجی مزاحمت	۷.۶.۱
۲۹۱	واپسی برقی رو ایپلیفائز کا حنارجی مزاحمت	۷.۶.۲
۲۹۲	واپسی موصل نہ ایپلیفائز کا حنارجی مزاحمت	۷.۶.۳
۲۹۳	واپسی مزاحمت نہ ایپلیفائز کا حنارجی مزاحمت	۷.۶.۴
۲۹۴	واپسی ایپلیفائز کا حنارجی مزاحمت	۷.۶.۵

۷۹۶	۱	وائیکی بر قی دباؤ ایکلیپسیٹر
۷۹۸	۲	وائیکی مزاحمت نہ ایکلیپسیٹر
۷۹۹	۳	وائیکی موصل نہ ایکلیپسیٹر
۷۰۱	۴	وائیکی بر قی رو ایکلیپسیٹر
۷۰۳	۵	وائیکی مزاحمت نہ ایکلیپسیٹر
۷۰۶	۶	وائیکی ایکلیپسیٹر کا تفصیلی تجزیہ
۷۰۷	۷	وائیکی بر قی دباؤ ایکلیپسیٹر
۷۰۹	۸	وائیکی بر قی دباؤ ایکلیپسیٹر خوبی سی

۷۱۵	۸	مرقش
۷۱۷	۸.۱	مرقش کی تخلیق
۷۱۹	۸.۲	مزاحمت-کپیستر RC مرقش
۷۲۲	۸.۳	وانن مرقش
۷۲۸	۸.۴	nJFET پر مبنی امالہ-کپیستر LC ہممرقش
۷۳۱	۸.۵	خود-مائل دور
۷۳۱	۸.۶	ٹرانزستر ہممرقش
۷۳۵	۸.۷	عسوی مرقش
۷۳۸	۸.۸	ہارٹے اور کالپن مرقش
۷۳۳	۸.۹	ولنی مرقش

اشاریہ

دیباچہ

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

خالد حنان پوسٹری
نومبر 2014ء

میری پہلی کتاب کا دیباچہ

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

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

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

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

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

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

اس کتاب کے پڑھنے والوں کے گزارش کی جاتی ہے کہ اسے زیادہ سے زیادہ طلب و طالبات تک پہنچانے میں مدد دیں اور انہیں جہاں اس کتاب میں عنطی 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)

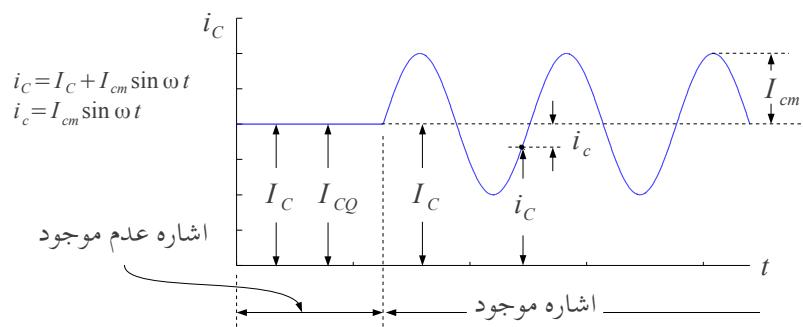
I_d, I_c, I_e, I_b سائنسی برقی رو کی موثر قیمت (rms)

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

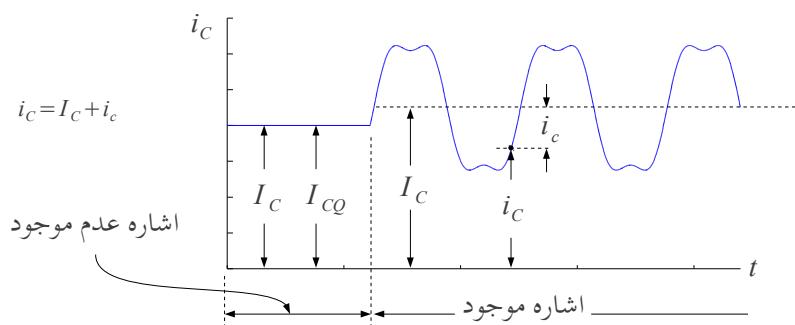
$v_D, v_{BE}, v_{CE}, v_{BC}$ لحاظی برقی دباء

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 گیس (کپیسٹر)
inductor	اماله گیس
impedance	برقی رکاوٹ
voltage source	منبع برقی دباد
current source	منبع برقی رو
dependent voltage source	تائج منبع برقی دباد
independent voltage source	غاییر تائج منبع برقی دباد
OPAMP	حسابی ایکلینیک
difference pair	تفصیری جوڑا
signal	اشارہ
signal generator	منبع اشارہ
frequency	تعدد
BJT transistor	دوجوڈڑ انزستور
diode	ڈائیوڈ
mosfet	مافیٹ
AM signal	جیٹھے سوار اشارہ

باب ا

حاسوبی ایمپلیفیاٹر

ٹرانزسٹر کی انجینئرنگ سے اب تک ایکٹر انکس کے میدان میں ناتبلیفین اور حیرت انگیز ترقی ہوئی ہے۔ شروع میں الگ الگ ٹرانزسٹر استعمال کر کے ایکٹر انکے ادوار بنائے جاتے تھے۔ بعد میں سیکان کی پتسری^۱ پر ایکے سے 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 ایکٹر انکے اشیاء زندگی کے ہر شعبے پر چھا گئیں۔

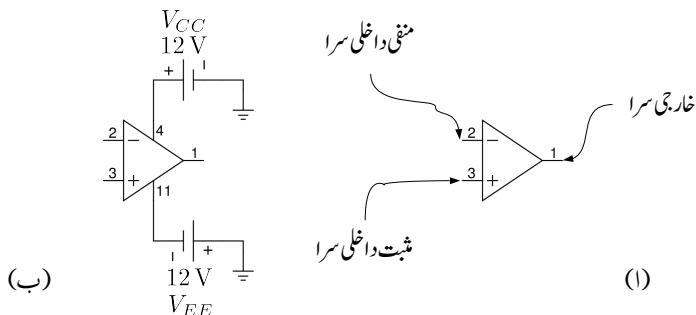
اس کتاب میں ایکٹر انکے پر زہ جبات کی کارکردگی اور ان کے استعمال سے ایکٹر انکے ادوار بنانے پر غور کی جائے گا۔ پہلے باب میں حاملہ ایمپلیفیاٹر پر غور کیا جائے گا۔ حاسوبی ایمپلیفیاٹر درحقیقت کئی ٹرانزسٹر پر مبنی ایک نہایت مقبول مخلوط دور ہے جس کا استعمال، بر قی پر زہ جبات مثلاً مزاحمت، کپیٹر و عنیہ کی طرح، نہایت آسان ہے۔ حاسوبی ایمپلیفیاٹر کی اندرونی ساخت پر اس کتاب میں آگے جا کر ایک مکمل باب ہے۔

۱.۱ حاسوبی ایمپلیفیاٹر کے سرے یا پانی

حاسوبی ایمپلیفیاٹر کی علامت شکل ۱.۱ الف میں دکھائی گئی ہے۔ حاسوبی ایمپلیفیاٹر کے عتموماً تین سرے ہوتے ہیں جن میں سے دو اس کے داخلی اور ایک خارجی سراہوتا ہے۔ یوں شکل۔ الف میں ایک نمبر پنیا^۳ اس کا خارجی سرہے جبکہ دو اور تین نمبر پنیے اس کے داخلی سرے ہیں۔ شکل ب میں حاسوبی ایمپلیفیاٹر کی علامت میں دو سزید طاقت کے سرے بھی دکھائے گئے ہیں جو حاسوبی ایمپلیفیاٹر کو بر قی طاقت مہیا کرنے کی حاطر استعمال ہوتے ہیں۔ حاسوبی ایمپلیفیاٹر کی وقت کام کر سکتا ہے جبکہ ان 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 O_2 بنتا ہے۔ اسی طرح سیکان اور آکسین کے ملائپے سے SiO_2 یعنی ریست یا مٹی منتی ہے
operational amplifier (OPAMP)^۴
پین کو نمبر کرنے کا طریقہ جلد بتایا جائے گا



شکل ۱.۱: حسابی ایمپلیفیائز کی علامت

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

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

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

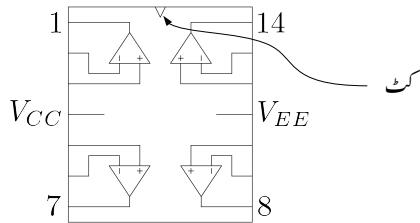
صنعت کار ایک یا ایک سے زیادہ تعداد میں حسابی ایمپلیفیائز پلاٹک کی ڈبیا میں بند کرتے ہیں۔ شکل ۱.۲ میں ایک ہی ڈبیا میں چار حسابی ایمپلیفیائز کھائے گئے ہیں۔ ڈبیا میں بند تمام حسابی ایمپلیفیائز کے V_{CC} میں جوڑ کر چار نمبر پنیا پر جبکہ تمام V_{EE} کو آپس میں جوڑ کر گیارہ نمبر پنیا پر پہنچایا گیا ہے۔ ڈبیا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

۱.۲ حسابی ایمپلیفیائز کی بنیادی کارکردگی

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

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

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



شکل ۱.۲: حسابی ایمپلیفائر کی ڈیزاین

جہاں

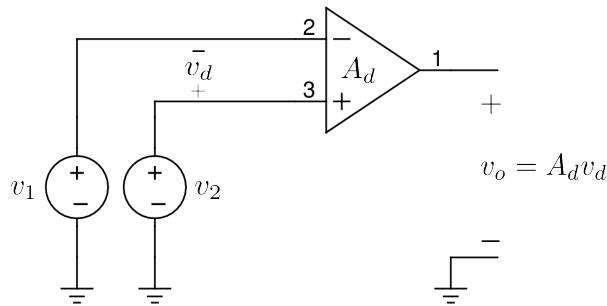
$$(1.2) \quad v_d = v_2 - v_1$$

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

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

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

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

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

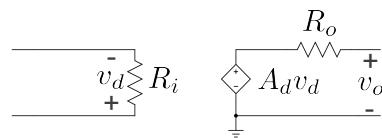
چوتھے صورت میں v_0 کی قیمت مساوات ۱.۳ میں دیے ہدود سے تجاوز کر گئی جو کہ ناممکن صورت حال ہے۔ لہذا اس جواب کو رد کیا جاتا ہے۔ اس صورت میں حسابی ایکلینیکر کی کوشش ہو گی کہ v_0 کی قیمت یہیں وولٹ ہو لیکن حسابی ایکلینیکر ایس کے عہدے کو نکھاری اس کے خارجی اشارے کی قیمت V_{CC} کی قیمت سے زیادہ نہیں ہو سکتی۔ 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} اور تفریقی برقی دباؤ^{۱۶} میں تقسیم کیا جاتا ہے۔ پانچویں حصہ میں $v_1 = 2.05 \text{ V}$ اور $v_2 = 2.03 \text{ V}$ کو یوں بیان کیا جاتا ہے کہ حسابی ایمپلیفائز کو $v_d = \frac{2.05 + 2.03}{2} = 2.04 \text{ V}$ بطور مشترکہ برقی دباؤ فراہم کئے گئے جبکہ اسے $v_o = 2.03 - 2.05 = -0.02 \text{ V}$ 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 حفاظت رہتا ہے۔ چلوں کے انسانی اعصابی نظام ستر میلی ولٹ^{۱۸} کے لگے بھگاں 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 حنارجی برقی دباؤ کی علامت تبدیل نہیں ہوتی۔ یعنی اگر تبیث برقی دباؤ مہیا کی جائے تو تبیث برقی دباؤ حنارج 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 حنارج 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^{۲۱} R_i کی طرح معلوم ہوتا ہے جبکہ حنارجی جانب سے تابع منبع دباؤ^{۲۲} v_d جس کے ساتھ سلسلہ وار مزاحمت^{۲۳} R_0 جبڑی ہو معلوم ہوتا ہے۔ تابع منبع دباؤ، داخنی جانب مہیا اشارہ^{۲۴} کے تابع ہے۔

common mode voltage^{۱۷}

differential mode voltage^{۱۸}

μV ^{۱۹}

non-inverting input^{۲۰}

inverting input^{۲۱}

اس شکل میں تفسیری 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 اکو دیکھتے ہوئے اس بات کو پوچھیں کہ سیان 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۔ $V = 120 \text{ V}$ اتنی کم برقی دباؤ ہے کہ اسے نظر انداز کیا جا سکتا ہے۔ ایسا کرنے کے حسابی ایکلینیکر پر مبنی ادوار کو حل کرنا نہایت 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 نہایت اہم مساوات ہے جسے بار بار استعمال کیا جائے گا۔ اس مساوات کے تحت جب تک حسابی ایکلینیکر کو خطي احاطے میں استعمال کیا جائے اس وقت تک اس کے دونوں داخلي سروں پر تقریباً برابر برقی دباؤ ہو گا۔

اوپر مثال کو دوبارہ دیکھتے ہوئے پہلی دو صورتوں میں $v_1 \approx 0$ اور $v_2 \approx 2 \text{ V}$ ہے جبکہ تیسرا صورت میں $v_1 \approx 2 \text{ V}$ اور $v_2 \approx 0$ ہے۔ ان میں حسابی ایکلینیکر خطي احاطے میں کام کر رہا ہے۔ چوتھی اور پانچویں صورتوں میں یہ غیر خطي احاطے 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 فرق ہے جسے نظر انداز نہیں کیا جاسکتا۔

^{۲۲} عام دستیاب ایکلینیکر کی قیمت بازار میں مندرجہ ذیل ہے: ایکلینیکر کی دو روپیوں کے لگے بھگے ہے model

۱.۳.۲ داخنی سروں پر بر قی رو صفر ہوتی ہے

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

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

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

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

تصور کیا جاتا ہے۔

۱.۳.۳ داخنی مزاحمت کو لامدد و تصور کیا جاتا ہے

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

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

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

۱.۳.۴ تفرقی امنڑا اش کو لامدد و تصور کیا جاتا ہے

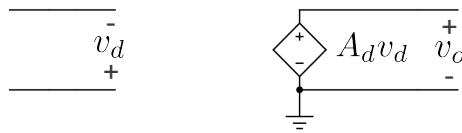
جدول ۱.۱ میں تفرقی امنڑا اش بر قی دباؤ کی مشال $\frac{V}{\sqrt{A_d}} = 100000$ دی گئی ہے جسے لامدد و تصور کیا جاسکتا ہے لیکن

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

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

۱.۳.۵ خارجی مزاحمت کو صفر اور ہم تصور کیا جاسکتا ہے

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



شکل ۱.۵: کامل حسابی ایمپلیفائز کامس اوی دوریاریاضی نمونہ

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

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

۱.۴ کامل حسابی ایمپلیفائز

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

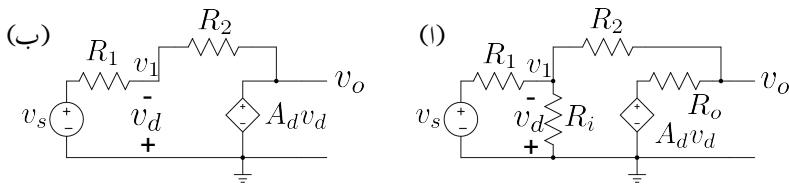
$$(1.11) \quad \begin{array}{l} \text{خطی خط} \\ v_2 = v_1 \\ i = 0 \\ R_i = \infty \\ R_o = 0 \end{array}$$

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

۱.۵ مثال:

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

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



شکل ۶.۱: حسابی 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 بنایا 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\$ لکھ 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 مساوی ادوار استعمال کرتے ہوئے یکساں جوابات حاصل ہوتے ہیں۔

مساویات 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 $\frac{R_1}{R_2} (1 + A_d) \gg 1$ تصور کرتے ہوئے بھی حاصل کیا جاسکتا ہے۔

اس مثال میں حسابی ایمپلینگ کے ساتھ بیرونی جوڑے گئے 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 $v_0 = -A_d v_1$ لیکن $v_0 = -v_d$ ڈلتے ہیں۔

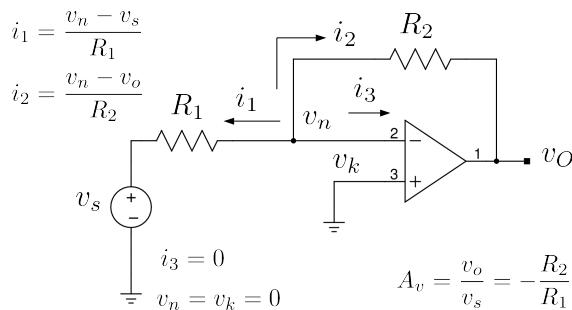
$$\begin{aligned} \frac{v_1 - v_s}{R_1} + \frac{v_1 - v_0}{R_2} &= 0 \\ \frac{v_1 - v_s}{R_1} + \frac{v_1 + A_d v_1}{R_2} &= 0 \\ v_1 = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1 + A_d}{R_2} \right) v_s &= \frac{v_s}{R_1} \\ v_1 = \frac{v_s}{R_1} \left(\frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1+A_d}{R_2}} \right) & \end{aligned}$$

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

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

جس سے داخلی مزاحمت کی مساوات یوں حاصل ہوتی ہے۔

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



شکل ۷.۱: منفی ایمپلیفائز

۱.۵. حسابی ایمپلیفائز کے ادوار

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

۱.۵.۱. منفی ایمپلیفائز

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

ایسے ادوار حل کرنے کی حرطہ ہم حسابی ایمپلیفائز کے داخلی سروں پر کھوف کے قوانین^{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 روکہ سامنے کے کسی بھی جوڑ پر اندر کی جانب کل برقی روکو اس جوڑ پر باہر کی جانب کے کل برقی روکے برادر ہو گی۔ چونکہ ہم نے جوڑ پر تسامن برقی روکو باہر کی جانب نکلتے صورت کیا ہے لہذا اس صورت میں ان کا مجموعہ صفر ہو گا یعنی

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

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

feedback signal^{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 فیڈ 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 ۱۵ میں v_n میں استعمال کرتے حل کرتے ہیں۔

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

اس مساویات کو عسمومائیں لکھا جاتا ہے۔

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

یہ مساویات شکل ۷۔ اس میں دیے منفی ایمپلینیٹر کے خارجی اشارہ v_o اور مہیا کردہ داخنی اشارہ v_s کا تعلق بیان کرتا ہے۔ اس مساویات میں v_o اور v_s کے کسر کو منفی ایمپلینیٹر کے برقی دباؤ کی افزائش^{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

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

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

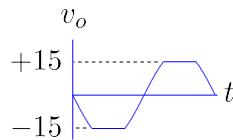
$$v_o = -10 \times 0.31 = -3.1\text{ V} \quad .2$$

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

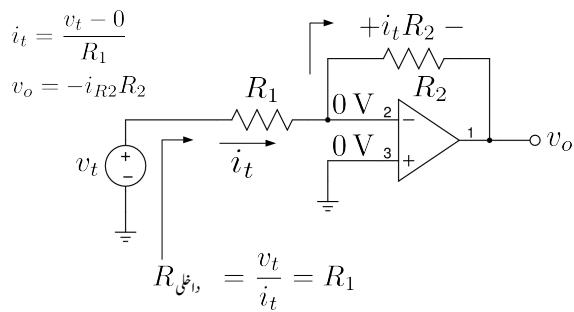
$$v_o = -10 \times 0.1 \sin(t) = -\sin(t) \quad .4$$

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

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

$v_o = V_{EE} - V_{CC}$ لیا جاتا ہے۔ اس بات کی وضاحت شکل ۸.۱ میں کی گئی ہے۔ اس شکل کی مدد سے آپ دیکھ سکتے ہیں کہ حسابی 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 اشارہ v_s کی قیمت کو اٹھ کرتا ہے۔ اسی 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 – گناہ ہے یعنی یہ دو مرتبہ اشارہ کے جیٹ کو ڈھا 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 سے 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 $v_0 = -5.2 \text{ V}$ اور دوسری صورت میں $v_0 = -15 \text{ V}$ ہوں گے۔ جوڑ v_n پر کرخونے کے قانون برائے برقی رو سے

$$\frac{v_n - v_s}{R_1} + \frac{v_n - v_0}{R_2} = 0$$

$$v_n = \frac{v_s R_2 + v_0 R_1}{R_1 + R_2}$$

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

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

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

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

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

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

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

حاصل ہوتا ہے۔ جیس شکل میں دکھایا گیا ہے، مزاحمت R_1 سے گزرتی برقی رو جوڑ v_n پر صرف R_2 کے جباہ کتی 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 پاہ جائے گا۔ اس طرح $-i_t R_2$

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

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

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

حاصل ہوتی ہے۔

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

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

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

اور

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

$$\text{ہوں گے } i_4 = i_2 + i_3.$$

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

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

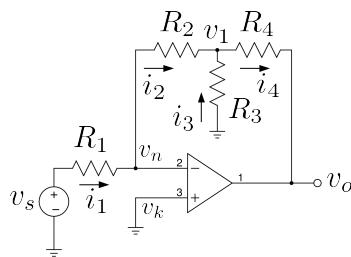
$$v_1 - v_o = i_4 R_4 = \left(1 + \frac{R_2}{R_3}\right) \frac{R_4 v_s}{R_1}$$

v_1 کی قیمت کے استعمال سے

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

یعنی

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



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

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

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

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

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

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 مکن افزاش کے حد و حاصل کریں۔
حل: منفی حامل 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 ہوں یوں

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

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

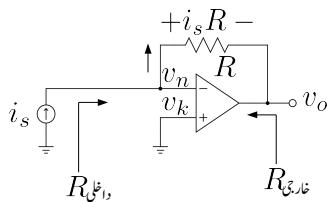
اس مثال میں آپ نے دیکھا کہ مزاحمتوں کے قیت میں غلطی کے گھاؤٹ کی وجہ سے افزاش کی قیمت درکاری قیمت سے انحراف کر سکتی ہے۔ موجودہ مثال میں ایکلینیکا کے افزاش کی پکاری گئی قیمت $\frac{V}{V} - 47$ ہے جبکہ حقیقت میں $\frac{V}{V} - 42.524$ تا $\frac{V}{V} - 51.947$ کے درمیان کہیں پر بھی ہو سکتی ہے۔ یہ حقیقی 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 داخلی مزاحمت، خارجی مزاحمت اور مزاحمت نما افزاش^{۲۴} $R_m = \frac{v_o}{i_s}$ حاصل کریں۔ اس دور کو استعمال کرتے ہوئے برقی رو اشارے i_s سے برقی دباؤ کا اشارہ v_o حاصل کی جاتا ہے۔
حل: جوڑ v_k برقی زمین کے ساتھ جبڑا ہے لہذا $v_k = 0$ اور یوں $v_n = v_o$ داخلی حباب برقی رو i_s جبکہ برقی 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

$$v_o = -i_s R$$

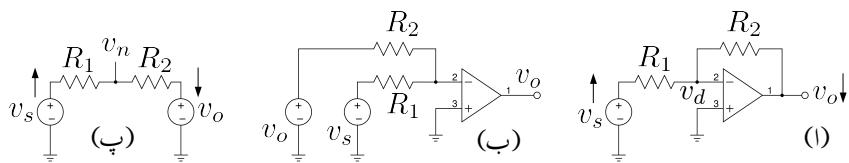
$$R_m = \frac{v_o}{i_s} = -R$$

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 کرے کو منفی واپسی دور کہتے ہیں اور اس عمل کو منفی واپسی عمل یا صرف منفی واپسی کہتے ہیں۔ اس باب میں منفی واپسی ادوار حل کرنے پر غور کیا جائے گا۔ شبکے واپسی کا استعمال باب ۸ میں دیکھا جائے گا۔

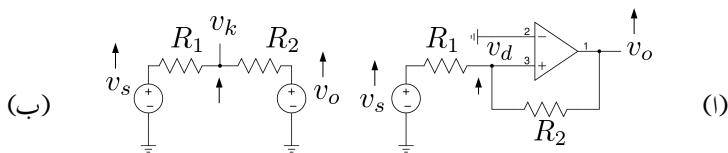
شکل ۱۳.۱ میں شبکے واپسی دور کی مثال دکھائی گئی ہے۔ یہاں v_s حسابی ایکلیپسیفار کے ثبت داخلی سرے پر مہیا کیا گیا ہے۔ یوں v_s بڑھانے سے v_d بڑھے گا اور یوں v_0 بھی شبکے جناب بڑھے گا۔ جیسے شکل ان میں دکھایا گیا ہے کہ v_s اور v_0 دونوں بڑھنے سے v_k صرف بڑھتے ہیں۔ اگر v_0 کو بطور واپسی اشارہ داخلی سرے پر بھیا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

شکل 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

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

لیئے ہوئے v_s کی وہ قیمت حاصل کریں جس پر حنارتی اشارہ مکمل منفی سے مکمل بیت جناب سرکت کرے گا۔ اسی طرح v_o کی وہ قیمت حاصل کریں جس پر حنارتی اشارہ مکمل بیت سے مکمل منفی جناب سرکت کرے گا۔ حل: تصور کریں کہ حنارتی 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 کے 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 حنارتی اشارہ اس وقت بیت جناب سرکت کے 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 سالہ وار جوڑتے ہوئے زنجیری ایمپلیکیٹر حاصل کیا گیا ہے۔ زنجیر کے پہلی کڑی کا داخنی اشارہ v_{s1} جبکہ اس کا حنارتی 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 حنارتی اشارہ v_{o2} اور اس کی افسزاں $A_{v2} = -\frac{R_4}{R_3}$ ہے۔ پہلی کڑی کے حنارتی اشارے کو دوسرے کڑی کو بطور داخنی اشارہ مہیا کیا گیا ہے لہذا $v_{o1} = v_{s2}$ ہے۔ یہں ہم لکھ سکتے ہیں۔

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

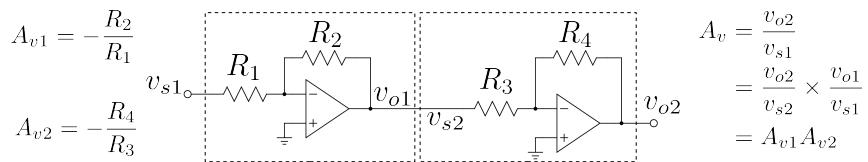
اور

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

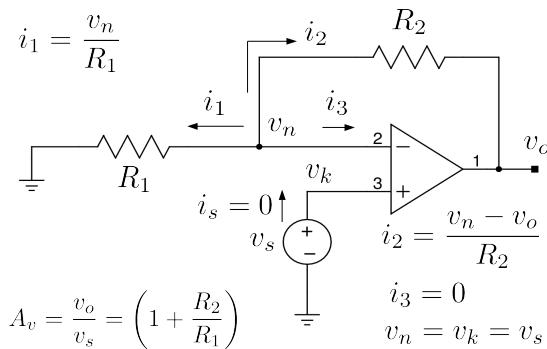
$$= A_{v2}v_{o1}$$

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

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



شکل ۱.۱۳: زنجیری حسابی ایمپلیفیائر



شکل ۱.۱۵: مثبت ایمپلیفیائر

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 پوں حاصل کر سکتے ہیں۔

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

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

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

voltage gain " "

حاصل ہوتا ہے۔

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

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

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

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

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

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

یوں

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

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

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

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

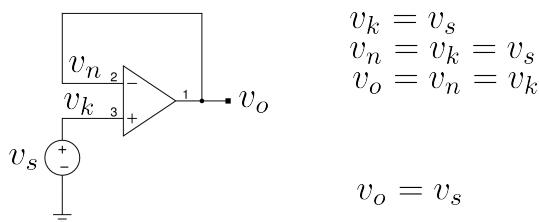
۱.۵.۳ مستحکم کار

ثبت ایمپلیفیائر کی افسزاں یہاں دوبارہ پیش کرتے ہیں۔

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

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

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



شکل ۱.۱۶: میکٹم کار

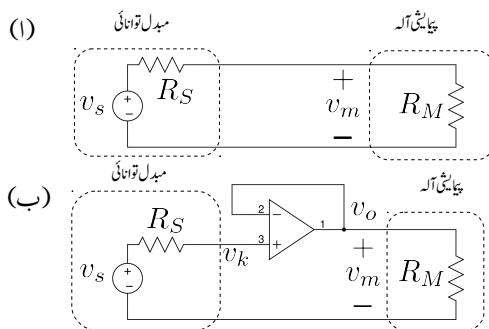
ہوگی۔ ایسا دور جسے میکٹم کار^{۳۵} کہتے ہیں کو شکل ۱.۱۶ میں دکھایا گیا ہے۔ اس دور کی افیز اش^{۳۶} ایک کے برابر جبکہ داخلی میزاجت لامحدود ہے۔ اس دور کو یوں بھی سمجھا جاسکتا ہے کہ مثبت داخلی سرے پر برقی دباؤ v_s ہے۔ یوں منفی داخلی سرے پر بھی اتنا ہی برقی دباؤ ہو گا مسگری سرا اور خارجی سرا آپس میں جبڑے ہیں۔ یوں خارجی سرے پر بھی بھی برقی دباؤ ہو گا یعنی $v_s = v_o$ جس سے افیز اش $1 = \frac{v_o}{v_s}$ حاصل ہوتی ہے۔ آئین میکٹم کار کا استعمال جانیں۔

طبعی متغیرات^{۳۷} مثلاً کیت، حسارت و غیرہ کی برقياتی پیاس اش سے پہلے انہیں عصوماً مبدل تو انہیں^{۳۸} کے مدد سے برقی اشارات میں تبدیل کیا جاتا ہے اور ان برقی اشارات کو پیاسی آنہ^{۳۸} کے ناچاہاتا ہے۔ جیسا کہ آپ سب نے میں کہ کسی بھی دور کا تھوڑے مادوی^{۳۹} در^{۴۰} بنایا جاسکتا ہے جسے ایک عدد منفی برقی دباؤ اور ایک عدد میزاجت کی شکل دی جاتی ہے۔ مبدل تو انہی کا تھونن دور شکل^{۳۷} اف میں باعث جانب نظر دار کیسے میں گھیرا دکھایا گیا ہے جیسا v_s اس کی تھونن برقی دباؤ اور R_S اس کی تھونن میزاجت ہے۔ پیاسی آنہ داخلي 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 داخلي جانب کا تھونن دور صرف ایک عدد میزاجت R_M پر مبنی ہوتا ہے جیسے شکل۔ اف میں دائیں جانب دکھایا گیا ہے۔ شکل۔ اف میں مبدل تو انہی کے خارجی سروں کو پیاسی آنہ کے داخلي سروں کے ساتھ جوڑا گیا ہے تاکہ مبدل تو انہی کا اشارہ^{۴۱} ناچاہا کے۔ پیاسی آنہ داخلي سروں پر لاگو برقی دباؤ v_m ناپتا ہے۔ شکل۔ اف میں پیاسی آنہ کے داخلي سروں پر

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

پیا جاتا ہے جسے پیاسی آنہ پڑھے گا اگرچہ حقیقت میں اشارہ کی اصل قیمت v_s ہے۔

buffer ^{۳۵}
variables ^{۳۶}
transducer ^{۳۷}
measuring instrument ^{۳۸}
Thevenin circuit ^{۴۲}



شکل ۷.۱: مُعْتَكِم 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۔

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

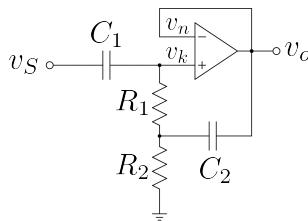
پڑھے گا۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ یہ ناتامل قابل صبورت حالت ہے۔

مبدل تو انی تخلیق دیتے وقت کوشش کی جاتی ہے کہ اس کے تھون مساوی مزاجمت R_S کی قیمت کم کے کم ہو۔ اسی طرح بیانیں آنے تخلیق دیتے وقت کوشش کی جاتی ہے کہ اس کے داخل مزاجمت R_M کی قیمت زیادہ ہے۔ 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 بیانیں آنے کی داخلی مزاجمت 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 بیانی آنے بطور برقی بوجھ نظر آتا ہے۔ یہ بوجھ جتنا کم ہو اتنے بہتر ہو گا۔

اس سکلے کو مُعْتَكِم کار کی مدد سے با آسانی حل کیا جاسکتا ہے۔ شکل ۷.۱ اب میں مبدل تو انی اور بیانی آنے کے وسط میں مُعْتَكِم کار نسب کیا گیا ہے۔ چونکہ حسابی ایکسپلائیٹر کا داخلی مزاجمت لاحدہ ہوتا ہے اور اس کی داخلی برقی رو ضفر ہوتی ہے لہذا اس دور میں مزاجمت R_S میں اور ہم کے فتوں کے تھت ضفر برقی دیا گئے گا اور یوں ہو گا۔

مُعْتَكِم 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 مُعْتَكِم کرتا ہے۔



شکل ۱۸۔ بدلستارو مسٹکم کار

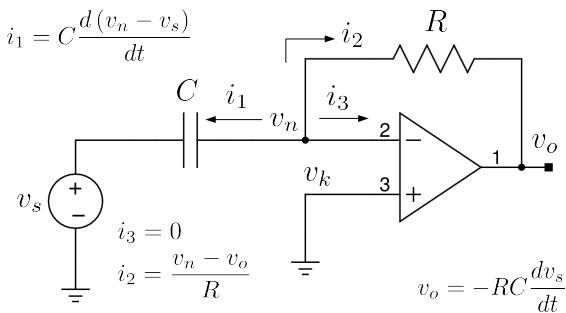
آپ نے دیکھ کر مسٹکم کار کی مدد سے اشارہ کی صحیح قیمت حاصل ہوتی ہے۔ حاسس اور باریکے اشارات کی پیش اشیں عموماً مسٹکم کار کے مدد سے ہی کی جاتی ہے۔

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۔ درکار تعداد پر قصر دور ہو گا اور یوں R_1 اور R_2 کے جو زیر بھی v_s اشارہ پہنچاتے گا۔ اب دوبارہ داخنی جانب C_2 سے سوچیں۔ حسابی ایکلینیکر کا ثابت داخنی سرے از خود کوئی برقی روگزرنے نہیں دیتا چونکہ مزاجمت R_1 کے دونوں سروں پر v_S برقی پہنچاتا ہے لہذا اس میں گزرتی برقی روگزرنے نہیں۔ یوں v_s کے کسی قسم کا برقی رو حاصل نہیں کیا جاتا جو کہ مقطع صورت کی نہ اٹی ہے۔ یوں بدلستار مسٹکم کار درکار تعداد پر لامدد 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۔

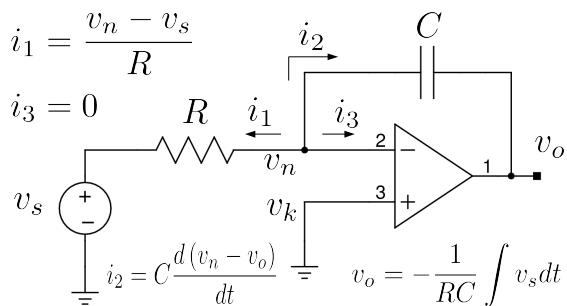
$$i_1 + i_2 + i_3 = 0 \tag{۱.۴۱}$$

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 ۵۳ کہتے ہیں۔

۱.۵.۵ کامل کار

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

$$(1.83)$$

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

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

$$i_3 = 0$$

اور

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

differentiator^{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 اس سے مستناسب ہوتا ہے۔ اسی حناصیت کی وجہ سے اس دور کو تکملہ کار ہے کہتے ہیں۔

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

• تکملہ کار کا حنارجی اشارہ حاصل کریں۔

• کتنی تعداد پر حنارجی اشارے کا جیط دھنی اشارے کے جیطے 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:

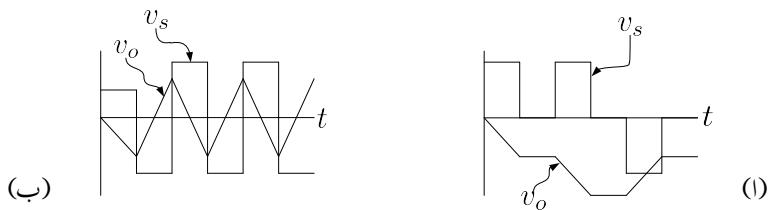
$$v_o = -\frac{1}{1000 \times 10 \times 10^{-6}} \int -0.1 \, dt = 10t$$

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۔

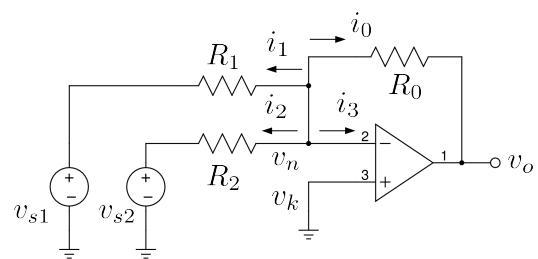
شکل ۱.۲۱ میں دو مختلف داخنی اشارات پر گل کار کارڈ عمل دکھایا گیا ہے۔ آپ یہاں رکے کرتی کر لیں کہ خارجی اشارات آپ کے موقع کے عین مطابق ہیں۔

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 کھوف کے وفاون برائے بر قی رواستعمال کرتے ہوئے حل کرتے ہیں۔

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

حاسمل ہوتا ہے

$$(1.38) \quad v_o = -R_0 \left(\frac{v_{s1}}{R_1} + \frac{v_{s2}}{R_2} \right)$$

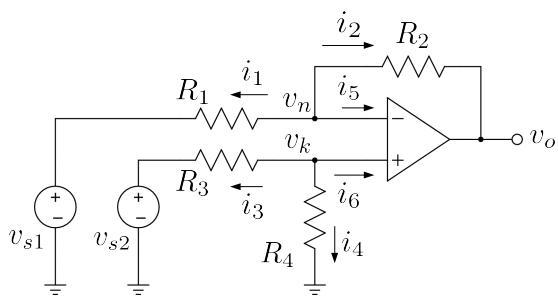
لکھ سکتے ہیں۔ R_0, R_1, R_2 کی قیمتیں برابر ہونے کی صورت میں اس مساوات کو یوں لکھ سکتے ہیں۔

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

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 اس 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 کرنونے کا فتنہ براۓ بر قی رول گو کرتے ہوئے اسے یوں حل کر سکتے ہیں۔

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

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

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

یعنی

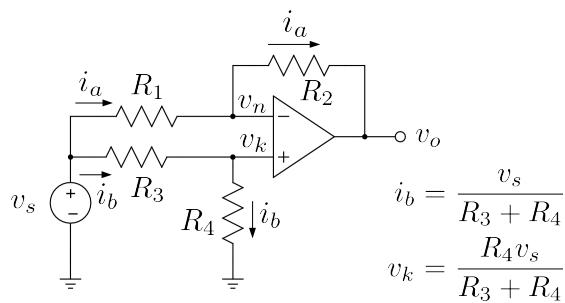
$$(1.53) \quad \begin{aligned} v_o &= \frac{R_4}{R_1} \left(\frac{R_1 + R_2}{R_3 + R_4} \right) v_{s2} - \frac{R_2}{R_1} v_{s1} \\ &= \left(\frac{1 + \frac{R_2}{R_1}}{1 + \frac{R_3}{R_4}} \right) v_{s2} - \frac{R_2}{R_1} v_{s1} \end{aligned}$$

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

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

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

مثال ۱.۱۵: منفی کارڈ مشرک کے داخلی 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۔ اشارے 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 جا سکتا ہے۔ حبابی ایکلیپس فینائز کے دونوں داخلی سروں پر داخلی برقی رو صفر ہوتی ہے۔ $v_k = 0V$ پر داخلی برقی رو صفر ہونے کی وجہ سے اس کے سارے تصور کیا جا سکتا ہے۔ اس طرح R_3 اور R_4 کو v_s اور برقی زمین کے مابین سالمنہ وار جبٹا تصور کیا جا سکتا ہے۔ تمام مزاجمت برابر ہونے کی وجہ سے سرے کو بھی کھلے سارے تصور کیا جا سکتا ہے۔ یوں R_2 کو کبھی v_s اور برقی زمین کے مابین سالمنہ وار جبٹا تصور کیا جا سکتا ہے۔ اس طرح سالمنہ وار جبٹے R_1 اور R_2 کو سالمنہ وار جبٹے R_3 اور R_4 کے متوالی تصور کیا جا سکتا ہے۔

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

$$R_{\text{داخلی}} = R$$

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

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

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

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

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

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

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

کے برابر ہیں۔ یوں

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

حاصل ہوتا ہے۔
ای جواب کو فدر آسان طریقے سے یوں حاصل کیا جا سکتا ہے۔ حبابی ایکلیپس فینائز کے ثبت داخلی سرے کو کھلے سارے تصور کیا جا سکتا ہے۔ اس طرح R_3 اور R_4 کو v_s اور برقی زمین کے مابین دو سالمنہ وار جبٹے مزاجمت تصور کیا جا سکتا ہے۔ ان دو مزاجمتوں میں برقی 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 مہیا کرنے سے 0V = v_0 حاصل ہوتا ہے۔ اس صورت میں منفی کار کی مشترکہ امنڑا شضیر حاصل ہوتی ہے۔ $6.8\text{k}\Omega \pm 5\%$ 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 $R_4 = 7.14\text{k}\Omega$ اور $R_3 = 6.46\text{k}\Omega$ ہوں۔ اسی طرح $R_4 = 7.14\text{k}\Omega$ اور $R_3 = 6.46\text{k}\Omega$ اور $R_2 = 6.46\text{k}\Omega$ اور $R_1 = 7.14\text{k}\Omega$ ہوں گے۔ ان قیمتیں کے استعمال سے خرابی سے خرابی تر مشترکہ امنڑا شضیر

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

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، تفرق اور تکملہ ہیں حسابی اعمال سر اخبار دیتے ہیں یا پھر اشارات کی افسراش کرتے ہیں۔ انہیں خوبیوں کی بدولت ہم اسے حسابی ایمپلیفائز پر کہاتے ہیں۔^۷

۱.۵.۸ جمع و منفی کار

شکل ۱.۲۵ میں متعدد احتمالی سروں والا جمیع و منفی کار دکھا 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 حل کریں۔ جوڑ v_n پر کر خوف کے وقت انہی برائے برقی روے ہم لکھ سکتے ہیں

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

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

جس میں

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

لکھتے ہوئے

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

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

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

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

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

جس میں

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

استعمال کرتے ہوئے

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

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

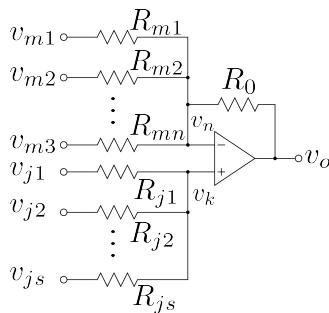
$$(1.55) \quad v_0 = \left(1 + \frac{R_0}{R_m} \right) \left(\frac{R_j}{R_{j1}} v_{j1} + \frac{R_j}{R_{j2}} v_{j2} + \dots \right.$$

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

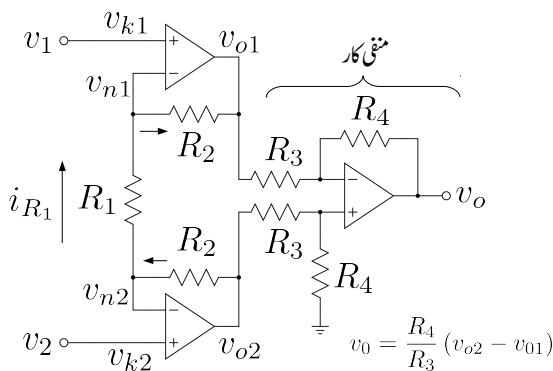
۱.۵.۹ آلاتی ایمپلیفائر

حسابی ایمپلیفائر پر بحث کرنے کے لئے آلاتی ایمپلیفائر^{۳۳} کا ذکر کرنا لازم ہے۔ آلاتی ایمپلیفائر باریک اور حساس اشارات کے حصول کے لئے استعمال کیا جاتا ہے۔ موجودہ دور میں ہر قسم کے طبعی متغیرات کو برقراری اشارات میں تبدیل کر کے

^{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 بسایا جاتا ہے۔^{۳۵}

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

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

^{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 افسزائش صفر کے برابر ہے یعنی $A_m = 0$ جبکہ تفسیری افسزائش کو مندرجہ بالا مساوات سے یوں حاصل کیا جاتا ہے۔

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

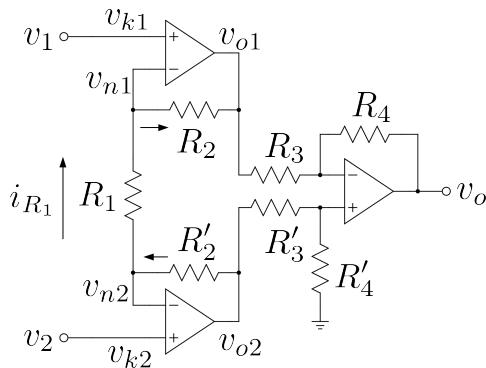
اس طرح مشترک اشارہ رد کرنے کی صلاحیت

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

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 ایکلیپسینگر کی مثال

• شکل ۱.۲۷ کو استعمال کرتے ہوئے آلاتی ایکلیپسینگر 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۔

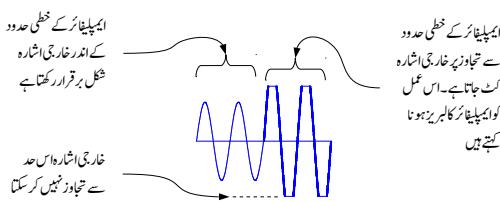
۱.۶.۱ حسابی ایمپلیفائز کا سبیریز ہونا

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۔

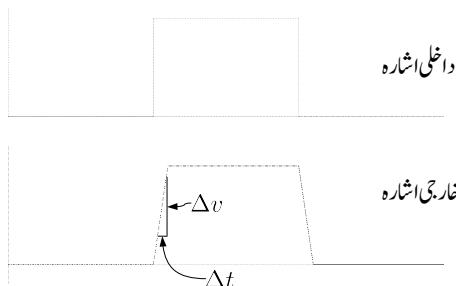
۱.۶.۲ حسابی ایمپلیفائز کی رفتار حوال

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۔

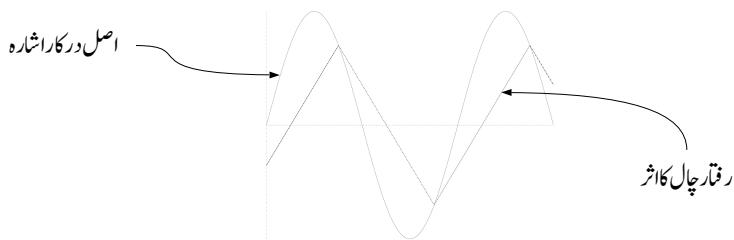
$$(1.21) \quad \text{رفتار چال} = \left| \frac{\Delta v}{\Delta t} \right|$$

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

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

ہو گا۔ 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 ۵V 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 ۵V تک پہنچتا ہے۔
- اگر دو خلی اشارہ متواتر تبدیل ہوتے ہوئے حاصل کردہ دورانیے t_p کے لئے ۵V اور اتنے بھی دورانیے کے لئے ۰V پر رہتا ہو تو حناری اشارے کی شکل کیا ہوگی۔

حل:

pulses^{۴۹}

۰ رفتار پال کے مطابق حنارجی اشارہ ایک مائیکرو سینٹر میں سو وولٹ حاصل کرنے کی صلاحیت رکھتا ہے پانچ دو لفٹ حاصل کرنے کے لئے یوں 50 ns درکار ہیں۔ داخلی اشارے کی چوتھی کم سے کم 50 ns کے لئے برفتار رہے گی تو مسئلہ کا رکھنا حنارجی اشارہ بھی پانچ دو لفٹ تک بخوبی جائے گا۔

۰ اس صورت میں جیسے ہی حنارجی اشارہ پانچ دو لفٹ پر پہنچتا ہے اسی لمحے داخلی اشارہ صفر وولٹ ہو جاتا ہے اور یوں حسابی ایکپلینائز کا حنارجی اشارہ $\frac{V}{\mu\text{s}} 100$ کے رفتار سے اب V سے 0 V کی جانب روشن ہوتا ہے۔ یوں حنارجی اشارہ تکونی شکل کا ہو گا جو متواتر 50 ns لیتی ہوئے V تک اور اسی طرح 50 ns لیتی ہوئے 0 V 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 $\frac{V}{\mu\text{s}} 1000$ 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۔

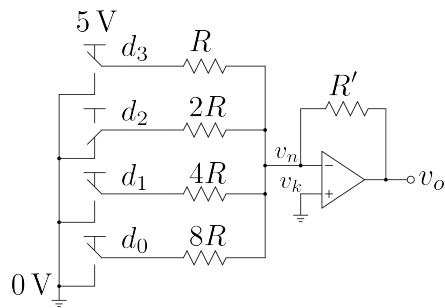
۷۔ عددی اشارے سے ماثلی اشارے کا حصول

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 داخلی اشارات d_3 اور d_0 میں بنیں افسرا دی طور پر بر قی 5 V میں یعنی 0 V یا بنت بر قی 5 V کے ساتھ جوڑا جاسکتا ہے۔ شکل میں $V = 0 \text{ V}$ پر جبکہ d_0 اور d_3 کو 5 V 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۔

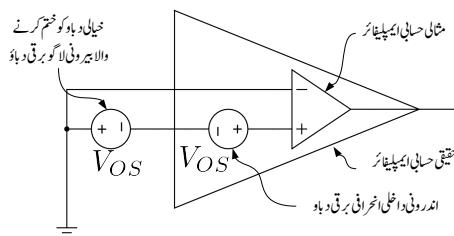
مثال ۷.۲۲: $R' = \frac{8R}{15}$ رکھتے ہوئے $d_3d_2d_1d_0$ کی قیمت 1010_2 ہونے کی صورت میں عددی سے ماثل کار کی ترقی دباو خارج کرے گا۔ حل:

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

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

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

^{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 حرط 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 کم 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 حتم کرنے کی حرط رہیں اتنی، مگر اس کے علاوہ دالی، برقي دباؤ V_{OS} اس کے دونوں داخلي سروں کے مابین فسراہم کرنی پڑتی ہے۔ اس خیالی برقي دباؤ کو اندر رونی داغلی اخترافی برقي دباؤ^{۴۴} کہتے ہیں۔ شکل ۱.۳۲ میں اس کی وضاحت کی گئی ہے۔

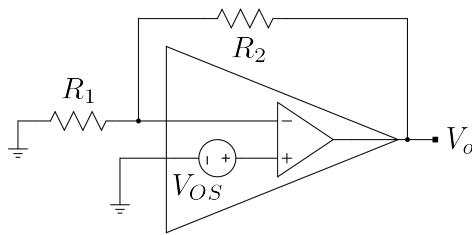
اندر رونی داخلي اخترافی برقي دباؤ کی موجودگی غیر پسندیدہ حقیقت ہے جسے حتم کرنے کی تسامر کو کوشش کی جاتی ہے۔ حسابي ایکلپیٹنائزر بنانے والے صحت کار اپنے بنائے گئے حسابي ایکلپیٹنائزر میں پائے جانے والے اندر رونی داخلي اخترافی برقي دباؤ کے حدود کی معلومات فسراہم کرتے ہیں۔ یہ حدود عوامی $\pm 1\text{mV}$ تا $\pm 5\text{mV}$ کے ہوتے ہیں۔ اندر رونی داخلي اخترافی برقي دباؤ کا تجربہ نہیں استلانی جب تک قبل از استعمال اس کا حبانا ممکن نہیں ہوتا۔ اندر رونی 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 حناري سرے پر چند دوال کی مدت برقي دباؤ V_{OS} پیا جائے۔ اس دور میں اندر رونی داخلي اخترافی برقي دباؤ کو بطور داخلي اشارہ اسکے علاوہ تام مختیرات ہمیں معلوم ہیں۔ یوں ان سے V_{OS} حاصل کی جا سکتی ہے یعنی

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

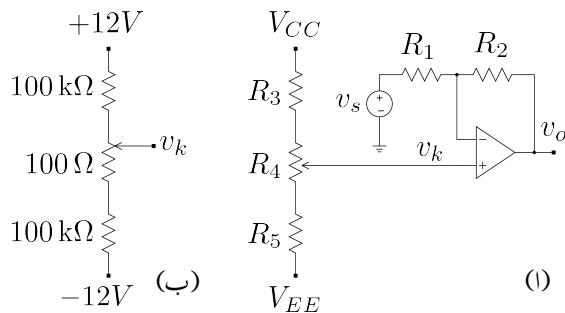
اس مساوات میں V_{OS} کے علاوہ تمام مختیرات ہمیں معلوم ہیں۔ یوں ان سے V_{OS} حاصل کی جا سکتی ہے یعنی

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

input offset voltage^{۴۴}



شکل ۱.۳۲: داخلي انحرافی برقي دباؤ کی پیمائش



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

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

مثال ۱.۲۳: اگر شکل ۱.۳۲ میں

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

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

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

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

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

$$R_4 = 33.34 \Omega$$

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

آئین دیکھیں کہ ان تینوں سے v_k میں کن حدود کے مابین تباہی ممکن ہے۔ R_4 کے متغیر سے کوئی مدد 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 دوسری جانب پورا گھس یا جائے تو

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

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

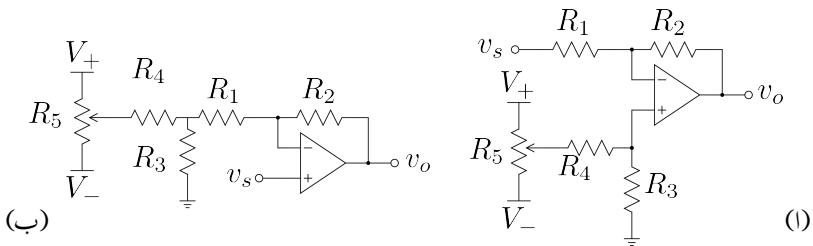
$$v_k = -5.99 \text{ mV}$$

حاصل ہوتا ہے۔ موجودہ مثال میں حابی ایکلینیاٹر کا داخلی انحرافی برقی 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۔

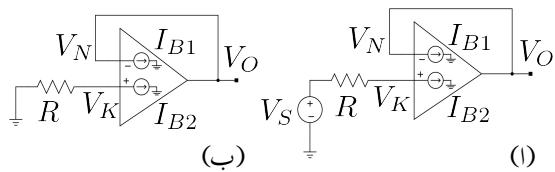
شکل ۱.۳۵ میں داخلی انحرافی برقی دباؤ سے پاک منفی اور پیشہ ایکلینیاٹر دکھائے گئے ہیں۔ ان ادوار میں $R_3 = \pm 8 \text{ mV}$ اور $V_+ = 12 \text{ V}$, $V_- = -12 \text{ V}$, $R_5 = 50 \text{ k}\Omega$, $R_4 = 150 \text{ k}\Omega$, 100Ω کی صورت میں کے داخلی انحرافی برقی دباؤ کا حاتم ممکن ہو گا۔

۱.۷.۲ داخلی برقی روکا مسئلہ

اگرچہ حابی ایکلینیاٹر کی داخلی برقی رو 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 میلا خبرقی رو^۸ کہتے ہیں کہ مدارکا دراومدار ايمپليفاير کی ساخت پر ہوتا ہے۔ شکل ۷.۳۶ الف میں مکالم کار دکھایا گیا ہے جیساں حالي ايمپليفاير کے داخلي برقي روکارخ I_{B1} اور I_{B2} کو منع مستقل برقي رو^۹ تصور کیا گیا ہے۔ يك سمت داخلي اشارہ V_S کی قیمت ضمر ہونے کی صورت میں شکل الف حاصل ہوتا ہے۔ مکالم کار کی حنایت یہ ہے کہ یہ داخلي اشارہ کو بغیر تبدیلی خارج کرتا ہے۔ یوں ہم توقع رکھتے ہیں کہ $V_O = 0$ کی صورت میں $V_S = 0$ 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۔

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

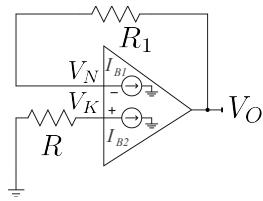
دور میں

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

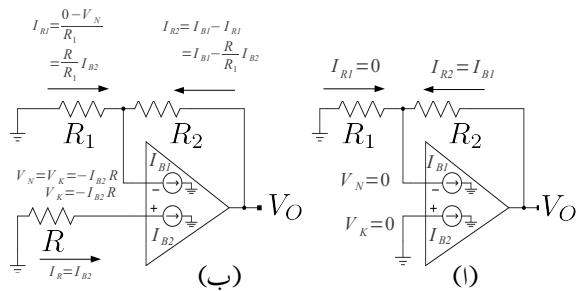
لیئے سے $V_O = 0$ حاصل ہوتا ہے یعنی

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

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 $R = R_1$ 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 (جی 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 ابرقی 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 کا 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 ثابت داخلی سرے اور برقی زمین کے درمیان متوازی جبڑے R_1 اور R_2 کے برابر مزاحمت 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

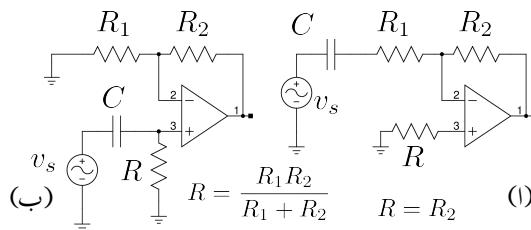
$$(1.75) \quad V_O = (I_{B1} - I_{B2}) R_2$$

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۔

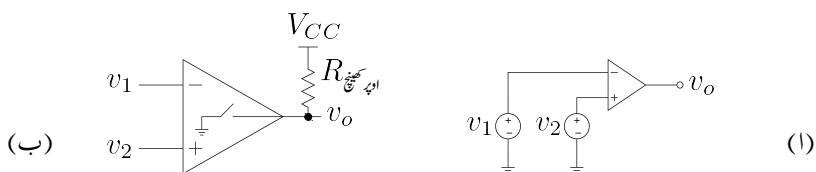
ہم دیکھتے ہیں کہ حسابی ایکلینیٹر کے دونوں داخلی سروں پر یک سمت میلان برقی رو کو برقی زمین تک پہنچنے کی حافظہ برابر مزاحمت فراہم کرنے سے داخلی برقی رو کا مسئلہ حل ہوتا ہے۔ یہاں یک سمت میلان برقی رو کے راستے کی بات کی گئی نہ کہ بدلتے برقی رو کے راستے کی۔ اس بات کی وضاحت شکل ۱.۳۹ کی مدد سے کرتے ہیں۔ یاد رہے کہ کپیٹر میں یک سمت برقی رو جسیں گز کرتا اور سے بالکل لامدد و مزاحمت کی طرح کردار ادا کرتا ہے۔ شکل ۱.۳۸ الف میں منقی ایکلینیٹر دکھایا گیا ہے جس کا عمومی طور پر ثابت 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 پہنچتے 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 اب میں پہنچتے 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 مزاحمت متوازی جبڑے ہیں لہذا ثابت داخلی سرے اور زمین کے درمیان مزاحمت

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

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 ثابت داخلی سرے اور زمین کے درمیان مزاحمت R نسب کرنے سے اس داخلی سرے کا داخلی سرے کا داخلی مزاحمت کم ہوتا ہے جو کہ عسوماتاً بل برداشت نہیں ہوتا۔



شکل ۱.۳۹: مسئلہ داخلي برقي روکے چند مثالیں اور یک سمت برقي روکابرقي زمین تک رسائی کا راستہ



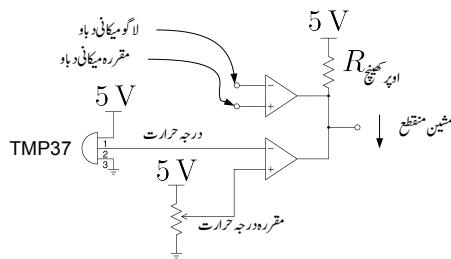
شکل ۱.۴۰: موازنے کا ر

۱.۸ موازنے کا ر

شکل ۱.۴۰ الف کے حسابی ایکپلیفائر میں $v_1 > v_2$ کی صورت میں v_o مکمل مثبت یعنی V_{CC} پر ہو گا جبکہ $v_1 < v_2$ کی صورت میں v_o مکمل منفی یعنی V_{EE} پر ہو گا۔ حسابی ایکپلیفائر داخلي اشارات کا موازنے کرتے ہوئے V_{EE} یا V_{CC} خارج کرتا ہے۔ یہ عمل نہایت اہم ہے اور اس عمل کی رفتار تیز تر کار ہوتی ہے۔ موازنہ کار ۸۰ ایسا مختلودور ہے جسے حساس اسی مقصد کے لئے تخلیق دیا گیا ہے۔

موازنہ کار کی علامت وہی ہے جو حسابی ایکپلیفائر کی ہے۔ حسابی ایکپلیفائر مثبت یا منفی اشارہ خارج کر سکتا ہے جبکہ موازنہ کار داخلي اشارات کا موازنے کرتے ہوئے دو مختلف صورت اختیار کر سکتا ہے۔ ایک صورت میں یہ منقطع ہو جاتا ہے جبکہ دوسری صورت میں یہ مقرر برقراری داد خارج کرتا ہے جو عسوماً ۰V یا V_{EE} ہوتا ہے۔

موازنہ کار کی کار کردگی کو شکل الف میں دکھلایا گیا ہے جہاں اس کے مکنے خارجی صورت ممکن ہے اور ۰V ہیں۔ $v_1 > v_2$ کی صورت میں سوچ منقطع رہتا ہے جبکہ $v_1 < v_2$ کی صورت میں سوچ چلا ہو کر خارجی سرے کو برقي زمین کے ساتھ جوڑتا ہے۔ خارجی سرے اور V_{CC} کے درمیان مسماحت اپر ہے R جوڑنے سے منقطع صورت میں $v_o = V_{CC}$ حاصل کیا جاسکتا ہے۔ آئیں موازنہ کار کے استعمال کی ایک مثال دیکھیں۔



شکل ۱.۳۱: موازنے کا کی مثال

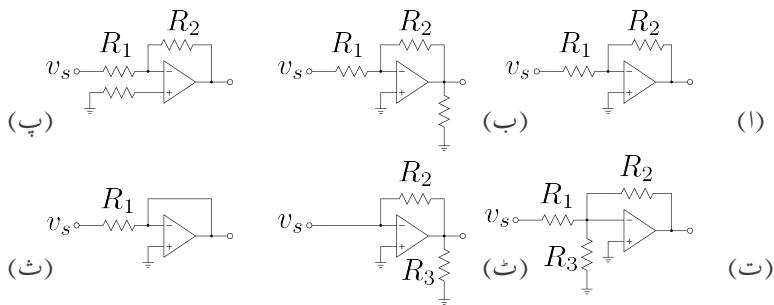
مثال ۱.۲۵: اس مثال میں چالوں میں کمپنی دباؤ پر نظر رکھ جاتا ہے۔ اگر ان میں کوئی ایک یادوں مقررہ حد فسے تباہ کریں تو مشین کو منقطع کر دیا جاتا ہے۔ مشین اس وقت تک چالو رہتا ہے جب تک اسے چالو کرنے والا 5V کا اشارہ ملتا رہے۔ مشین اسی دم منقطع ہو جاتا ہے جب اسے منقطع کرنے والا $V_0 = 0.5\text{V}$ کا اشارہ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

شکل ۱.۳۱ میں دو موازنے کار متوازی جوڑے گئے ہیں۔ خپلے موازنے کار کے منقی داخلی سرے پر TMP37 ^{۱۸} کا حنارتی اشارہ جوڑا گیا ہے جسے شکل میں درجہ حرارت کہا گیا ہے۔ اسی مختلط دور ہے جو درجہ حرارت کے راست مناسب 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 کار کے مثبت داخلی سرے پر قابل تبدیل مزاحمت نسب کی گئی ہے۔ قابل تبدیل مزاحمت پر نسبتیق کو گھساتے ہوئے موازنہ کار کے مثبت داخلی سرے پر 0V تا 5V بر قی دباؤ دیا جاتا 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 کار اس وقت تک منقطع رہے گا جب تک درجہ حرارت 50°C کے کم رہے۔ جیسے ہی درجہ حرارت اس حد فسے تباہ کرے، موازنے کار $V_0 = 0.5\text{V}$ حنارتی کرتے ہوئے مشین کو منقطع کر دیگا۔

شکل میں دکھائے دسرے موازنے کار کو بھی اسی طرح استعمال کیا گیا ہے۔ اس کا مثبت داخلی سرے کو مقررہ میکانی دباؤ کے حد فس پر کھا جاتا ہے جبکہ اس کے منقی داخلی سرے کو مشین میں پائے جانے والے میکانی دباؤ کا اشارہ مہیا کیا جاتا ہے۔ جیسے ہی میکانی دباؤ مقررہ حد فسے تباہ کرے، موازنے کار حنارتی اشارے V_0 کو یونچ کر بر قی زمین 0V پر لاتے ہوئے مشین کو منقطع کر دیگا۔

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



شکل ۱.۳۲: حابی منفی ایکسپلیغیٹر کے سوالات

سوالات

سوال ۱.۳۲ میں

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

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

- ہیں۔

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

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

- ۲ -

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

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

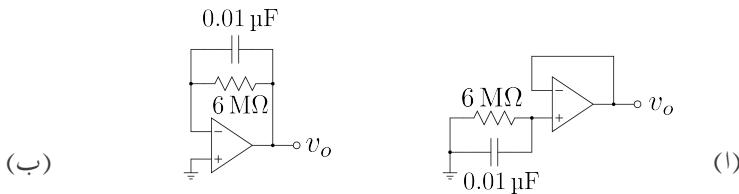
سوال ۱۰: کامل حل ایمپلیکیٹر تصور کرتے ہوئے $10\text{ M}\Omega$ کے کم مزاحمتیوں کے استعمال سے صفحہ ۱۳ پر دیے شکل ۷ کے طرز پر مقنی حل ایمپلیکیٹر تحریکیت دیں۔

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

- $A_v = -1000 \frac{V}{V}$ ۔

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

سوال ۱۳: $200\text{ k}\Omega$ کے کم مزاحمت استعمال کرتے ہوئے $\frac{V}{V} = -1000$ کا مقنی ایکلپیٹر بنانے سے زیادہ سے زیادہ ممکن داخنی مزاحمت صرف 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 ایمپلیفیٹر کے میلان برقی روکا حصول

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

سوال ۱.۲۳: حسابی ایمپلیفیٹر کی میلان برقی روکا حوصل کرنے کی خاطر شکل ۱.۳۳ استعمال کیا جاتا ہے۔ کمیٹر 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 روکا I_{B1} اور فنی داخنی سرے کی میلان برقی روکا I_{B2} اور ان کی مستین حوصل کریں۔

• I_{B1} اور I_{B2} سے انحراف برقی روکا حوصل کریں

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

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

سوال ۱.۵: عفت برخنز نے انحصاری گنگے کے آخوندی ایمپلیفیٹر کو استعمال کرتے ہوئے برقی قلبے نگار^{۸۴} بنانے کا مخصوص بنا یا۔ 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 "موریٹ" 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 ۵۰ Hz کا برقی شور نہیں ایت کم ہو جاتا ہے۔ حساس اشارات میں واپس اکے ۵۰ Hz کا شور عموماً پایا جاتا ہے جس سے نیٹا پروری ہوتا ہے۔ انہوں نے دیکھا کہ v_o پر دل کی دھڑکن کی چوتھی ۰.۶ 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۔ اسیں دکھائے منی حسابی ایمپلیکیٹر استعمال کی جس میں $R_1 = 1\text{ k}\Omega$ اور $R_2 = 100\text{ k}\Omega$ رکھے گئے۔ غیر زیادہ غور کئے لم پیٹھ^{۸۳} پر دیکھا گیا کہ 0.1 V کا اشارہ بڑھاتے وقت دور نہایت عمدگی سے کام کرتے ہوئے 10 V خارج کرتا ہے۔ عفت نے امید رکھی کہ 10 mV کے اشارے کو بھی دور خوش اسلوبی سے بڑھاتے ہوئے 1 V خارج کرے گا۔ لم پیٹھ میں غور سے دیکھتے ہوئے معلوم ہوا ہے کہ حنابی اشارے کی مثبت چوتھی 1.2 V جبکہ اس کی منی چوتھی 0.8 V پر تھی۔

$v_s = 0\text{ V}$ کی صورت میں v_0 کی کیا قیمت متوقع ہے۔

۰ اگر مسئلہ میلانہ برقی روکی و جب سے پیدا ہوا ہو تو حسابی ایمپلیکیٹر کے مثبت داخنی سرے پر کتنی مزاحمت نسب کرنے سے مسئلہ حل ہو گا۔

۰ مثبت داخنی سرے پر درکار مزاحمت نسب کرنے سے $v_0 = 0\text{ V}$ کی صورت میں $v_s = 0.19\text{ V}$ حاصل ہوتا ہے۔ یہ میلانہ برقی روکی و جب سے حنابی اشارے میں 10 mV کا فرقہ پیدا ہو رہا ہے۔ میلانہ برقی روکی قیمت حاصل کریں۔

۰ توقع کی جاتی ہے کہ $v_0 = 0.19\text{ V}$ داغلہ انحراف برقی دباؤ کی وجہ سے ہے۔ استعمال کئے گئے حسابی ایمپلیکیٹر کی داخنی انحرافی برقی دباؤ V_{OS} حاصل کریں۔

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

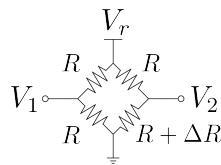
سوال ۱.۷: مال لادنے سے پہلے اور لادنے کے بعد ٹرک کا وزن کرتے ہوئے لدمے گئے مال کا وزن حاصل کیا جاتا ہے۔ ٹرک کا وزن نانپنے کی حفاظتی لوڈ سیل^{۸۴} استعمال کیا جاتا ہے جو درحقیقت ویٹھ سٹوون چکور^{۸۵} پر مشتمل ہوتا ہے۔ ویٹھ سٹوون چکور^{۸۶} لو شکل^{۸۷} میں دکھایا گیا ہے۔ عام صورت میں اس کے حباروں مزاحمت کی 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_0 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}

^{۸۷} ویٹھ سٹوون چکور کا نام حپار اس 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 $V = 7.15\text{ V}$ ۱. 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 نے ایکپلیناٹر کھایا گیا ہے۔ $\infty \rightarrow A_d$ کی صورت میں مزاجمتوں نے 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 $V = 60000 \frac{V}{V}$ $A_d = 60000$ ہو خطي خطے میں رہتے ہوئے 12 V خارج کر رہا ہے۔ کامل مساوی دور استعمال کرتے ہوئے منقی داخلي سرے پر برقی دباد 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۔

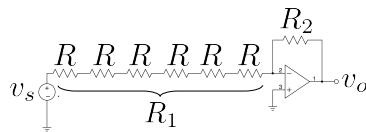
جوابات: $\frac{R_2}{R_1} = \frac{1}{0.111} \approx 9.009, 100 \left(\frac{R_1 + R_2}{R_1 A_d + R_2} \right), A_v = \frac{-A_d R_2}{1 + R_1 (A_d + 1)}$ ۔ آخری جواب سے ظاہر ہے کہ $A_v = -9 \frac{\text{V}}{\text{V}}$ سے زیادہ افسزاں پر فرق % ۰.۱ سے زیادہ ہو گا۔ $R_1 = 179.9819 \Omega$ ۱.۸ MΩ

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



شکل ۱.۲۵: بلند برقی دباد کے اشارے کا حصول

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

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

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

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

جواب: تمام مزاحمت برابر قیمت کے رکھیں۔

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

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

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

اس اشارات حاصل ہوتے ہیں۔ حاصل تجویز کریں۔

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

سوال ۱.۱۷: لوہا گھلانے والی بھٹنی تھنیں دیتے وقت معلوم ہوا کہ 3kV سے زیادہ برقی دباد پر مسائل پیدا ہوتے تھے۔ برقی دباد کو 3kV سے کم رکھنے کی حد اطسل برقی دباد کا واپسی اشارہ درکار ہے۔ واپسی اشارے کو شکل ۱.۲۵ کے منفی ایکلینیز میں $R_1 < R_2$ رکھتے ہوئے حاصل کیا جاتا۔ 3kV پر $V = 6 - 30\text{mW}$ کا اشارہ درکار ہے۔ کسی بھی مزاحمت میں

جو بات: $R = 8.33\text{M}\Omega$ اور $R_1 = 6R = 500R_2$ ہے۔

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 دھنی 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: 2.4V اور 2V

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

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

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

جوابات: $R, R, 2R$ اور R

سوال ۱.۲۳: صفحہ ۳۸ پر منفی کارکھ کیا گیا ہے۔ مساوات ۱۱.۵۳ کی خارجی مساوات ہے۔ داخلی اشارات

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

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

کے داخلی اشارات متفق کارکومہیا کے حباتے میں جیاں v_m کو مشترک اشارہ^{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 افزاش تفسیم تفرقہ افزاش 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 ہو گی جہاں $A = \frac{R_2}{R_1} = \frac{R_4}{R_3}$ کے برابر ہے اور مزاحمت کے قیتوں میں عنطی کے لئے $\epsilon = 0.05$ ہو گا۔

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 ہو گا۔

جوابات: ۱10، ۵500

سوال ۱.۲۵: $\pm 12\text{ V}$ پر چلے والے ایک حبابی ایکلیفائز کا حرارتی اشارہ $10.5\text{ V} - 10.5\text{ V} = 21\text{ k}\Omega$ اور $R_1 = R_3 = 1\text{ k}\Omega$ $R_2 = R_4$ کی صورت میں اگر مزاحمتون ہو سکتا ہے۔ اسے استعمال کرتے ہوئے $A_v = \frac{V_o}{V_p} = -40$ کا منفی حبابی ایکلیفائز بنایا جاتا ہے۔ داخلی اشارے کی وہ چوتھی V_p حاصل کریں جس پر حرارتی اشارہ گز جائے گا۔

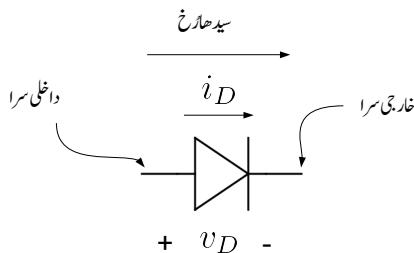
جواب: $|V_p| > 0.2625\text{ V}$

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 سلیکاٹر ڈائیوڈ اور جرمینیم ڈائیوڈ ہیں۔ سلیکان ڈائیوڈ کے خصوصیات جب میں ڈائیوڈ سے بہت بہتر ہیں۔ اسی لئے سلیکان ڈائیوڈ زیادہ مقبول ہیں۔ اس کتاب میں سلیکان ڈائیوڈ پر تی بصرہ کیا جائے گا۔ ڈائیوڈ کے دو سروں کے مابین برقی دباؤ v_D اور ڈائیوڈ میں سیدھے رخ برقی رو i_D کو تانپے کا درست طریقے اسی شکل میں دکھایا گیا ہے۔ ڈائیوڈ کے کارکردگی کی $i_D - v_D$ مساوات مندرجہ ذیل ہے۔

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



شکل ۲.۱: ڈائیوڈ کی علامت

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 لبریز برقی روڑ

q اسیکر ان کا برقی بار C

k بولٹمن مرنہ کا مستقل J/K

T کیلو ڈینیا ش حرارت

V_T حرارتی برقی دباؤ

n افزائچہ جو جس کی قیمت ایک تاو ہوتی ہے۔ مختلط ادوار میں بنائے گئے ڈائیوڈ کا عسموماً $1 = n$ جبکہ انحرادی دوسروں والے ڈائیوڈ کا $2 = n$ ہوتا ہے۔ اس کتاب میں $1 = n$ تصور کیا جائے گا۔

$n = 1$ لیتے ہوئے

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

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

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

ا۔ پانی اونٹنے کے درجہ حرارت یعنی $100^\circ C$ 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 آپس میں دکھایا گیا ہے۔ اس گراف سے واضح ہے کہ $0V > v_D > 0.5V$ کے احاطے میں ڈائیوڈ سے گزرتے برقی رو متبلی ظراہداز ہے۔ اگرچہ جب بھی $v_D > 0V$ ہو ڈائیوڈ کو سیدھا مائل تصور کیا جاتا ہے، حقیقت میں ڈائیوڈ کو $0.5V > v_D > 0V$ کی صورت میں ہی چالا تصور کیا جاتا ہے۔ یوں $i_D = I_S e^{\frac{v_D}{V_T}}$ کو ڈائیوڈ کی چالا برقی رو دباؤ کے بناءً کہتے ہیں۔ چالا ڈائیوڈ کی مدادات میں چونکہ

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

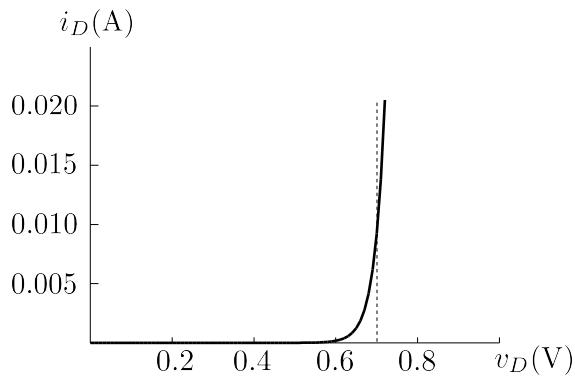
ہوتا ہے لہذا چالا ڈائیوڈ کی مدادات یوں لکھی جا سکتی ہے۔

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

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

مثال ۲.۴: 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

$$v_D = -10 \text{ V}$$

$$v_D = -1 \text{ V}$$

$$v_D = -0.1 \text{ V}$$

حل:

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

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

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

مثال ۲.۳: I_S کی قیمت در جریان 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 ۱°C بڑھنے سے نئی قیمت $1.15I_S$ ہو جائے گی۔ مسندہ ۱°C بڑھنے سے I_S مزید ۱۵% 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 رہ راست تناسب رکھتا ہے۔ میں ڈائیوڈ کے pn جوڑ کے رقبے کے ساتھ رہ 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۔

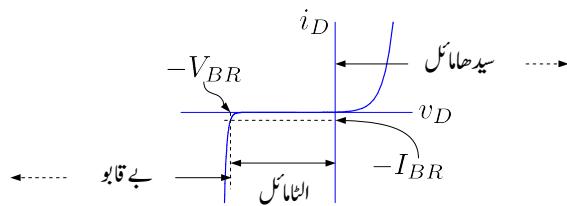
در حاصل مساوات ۲.۳ حاصل کرتے وقت ڈائیوڈ کی کمی چیز گیاں نظر انداز کی گئیں اور یوں اگر چہ یہ مساوات سیدھے مائل ڈائیوڈ کی کارکردگی کو بہتر بیان کرتا ہے، الٹے مائل ڈائیوڈ کی کارکردگی کو یہ پوری طرح صحیح بیان نہیں کرتا اور ڈائیوڈ کے بے قابل خط کو سراہر خط کر جاتا ہے۔ بے قابل خط پر آگے تبصرہ کیا جائے گا۔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

$$\cdot \text{سیدھا مائل} < v_D$$

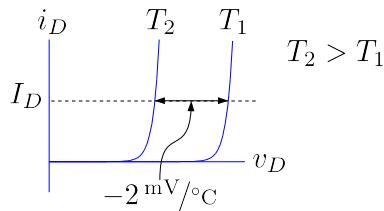
$$-V_{BR} < v_D < 0$$

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

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 برقیاتی تھہرما میر^{۱۲} ابنانے میں بروئے کار لایا گیا ہے۔

مثال ۲.۵: میں نے لاہور میں خوکرنیا زیگ^{۱۳} کے معتام پر واقع عطا گروپ^{۱۴} آفے انڈسٹریز^{۱۵} میں کام کرتے ہوئے قوی برقيات^{۱۶} کے میدان میں ۱۰۰ kW ۱.۵ MW کے لوپاگھانے کی بھیں^{۱۷} اُ بنائیں۔ قوی برقيات میں

reverse breakdown voltage^{۱۸}
thermometer^{۱۹}
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 شد 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 ونی درجہ حرارت میں اضافہ پیدا ہوا۔

- گرم ہونے کے بعد ڈائیوڈ میں برقی طاقت کا ضیاء حاصل کریں۔

- فی واثقہ کے ضیاء سے درجہ حرارت میں اضافہ کو ڈائیوڈ کا حرائق مراحتہ کرتے ہیں۔ ڈائیوڈ کا حرائق مراحتہ حاصل کریں۔

حل:

- $V_D = 0.724 - 0.708 = 0.016 \text{ V}$ یعنی $0.016 \text{ V} / 1^\circ \text{C}$ چونکہ 1°C درجہ حرارت پر ڈائیوڈ کی روشنی کا اضافہ $\frac{0.016}{0.002} = 8^\circ \text{C}$ ہے۔

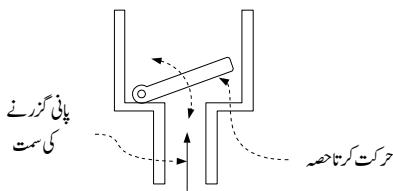
- ڈائیوڈ میں برقی طاقت کا ضیاء $W = 708 \times 1000 = 708 \text{ W}$ ہے۔

- حرائق مراحتہ $= \frac{8}{708} = 0.011 \text{ }^\circ\text{C/W}$

۲.۱ کامل ڈائیوڈ

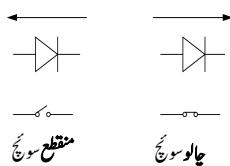
ڈائیوڈ سمجھنے کی حنا طریم کامل ڈائیوڈ کی بات کرتے ہیں۔ کامل ڈائیوڈ^{۲۲} حقیقت میں نہیں پایا جاتا مگر اسے سمجھنا آسان اور اسے سمجھ کر اصل ڈائیوڈ کی کارکردگی سمجھنا زیادہ آسان ہوتا ہے۔

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

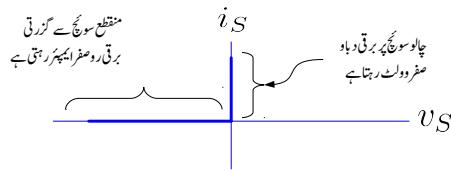
ڈائیوڈ کی کارکردگی دل کے والوں کی مانند ہے۔ دل کا والوں کو صرف ایک حباب گزرنے دیتا ہے۔ اسی طرح ڈائیوڈ برقی رو کو صرف سیدھے رنگ گزرنے دیتا ہے۔ شکل ۲.۵ میں پانی کے پانچ پر نسب والوں کا یہ گیا ہے جس کی کارکردگی شکل سے تی واثق ہے۔

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۔

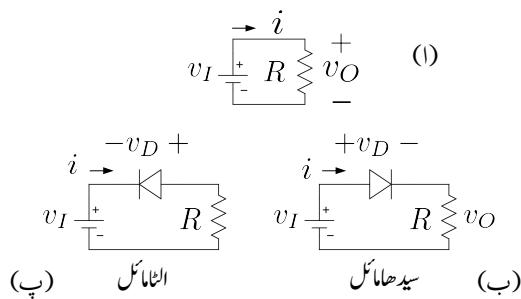
۲.۲ ڈائیوڈ کے چند ادوار

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 گزر ممکن ہے جبکہ شکل پ میں برقی رو ن کا گزر ناممکن ہے۔ شکل ب میں برقی دباؤ v_I ڈائیوڈ کو مامکن کرتا ہے کہ برقی رو کو سیدھے رخ گزرنے دے۔ ہم کہتے ہیں کہ ڈائیوڈ سیدھے رخ مائلہ کیا گیا ہے یا کہ ڈائیوڈ سیدھا مائلہ^۱ کیا گیا ہے۔ اس کے بر عکس شکل پ میں برقی دباؤ v_I ڈائیوڈ میں ائے رخ برقی رو گزارنے کی کوشش کرتا ہے۔ اس صورت میں ہم کہتے ہیں کہ ڈائیوڈ ائے رخ مائلہ کیا گیا ہے یا کہ ڈائیوڈ الٹا مائلہ^۲ کیا گیا ہے۔ ڈائیوڈ کے سیدھے مائل حال کو پلاس حال جبکہ اس کے الٹے مائل حال کو منفی 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^{r_۱}
reverse biased^{r_۲}

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)

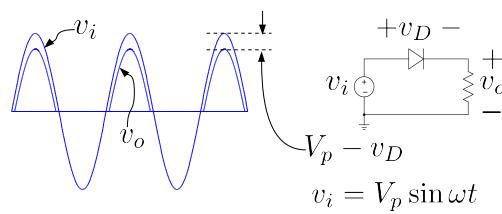
۲.۳.۱ نصف لہر سمت کاری

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۔

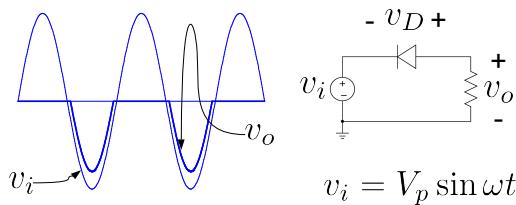
اس دور کی مدد سے بدلستا داخنی برقی دباؤ جو مثبت اور منفی حصوں پر مشتمل ہے سے ایک ایسی حنارتی برقی دباؤ حاصل کی گئی ہے جس میں داخنی برقی دباؤ کے صرف مثبت حصے موجود ہیں۔ بدلستا برقی دباؤ سے نصف لہر کی یک سمت برقی دباؤ کے حصوں کو نصف لہر سمت کاری^{۲۸} کہتے ہیں۔ یوں شکل ۲.۹ میں دئے دو رکن نصف لہر سمت کاری^{۲۹}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

^{۲۸} half wave rectification

^{۲۹} half wave positive rectifier



شکل ۲.۹: نصف لہر مثبت سمت کار

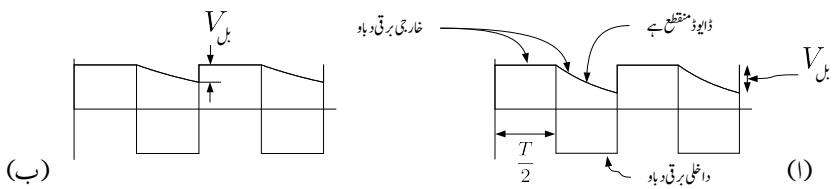


شکل ۲.۱۰: نصف لہر منفی سمت کار

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 بثت حصے ڈائیوڈ کو اٹھا مائل کرتے ہیں۔ یوں حنارجی برقی دباؤ میں داخنی برقی دباؤ کے صرف منفی حصے موجود ہوتے ہیں۔ اس دور کو نصف لہر منفی سمت کار^{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 1V رکھنے کی حد اطرد دس ملی سینٹڑے کے بعد $14 = 15 - 1 = 14 \text{V}$ درکار ہے۔ یوں

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

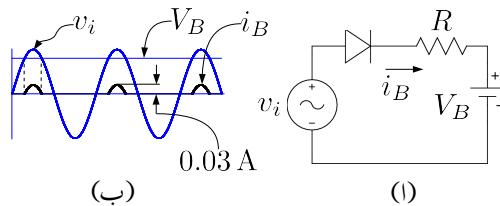
$$C = 1449 \mu\text{F}$$

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 1500V 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_i حاصل کر کے گرفت کریں۔ مسازہت R برقی رو کی چوٹی کو ڈائیوڈ اور بیسٹری کے قابل برداشت حد سے نیچے رکھتا ہے۔ حل: داخنی برقی دباؤ v_i کی قیمت مسلسل تبدیل ہوتا ہے جب تک v_i کی قیمت بیسٹری کے برقی دباؤ یعنی بارہ دو لفٹ سے کم رہے ڈائیوڈ اسماں کے گا اور اس میں برقی رو نہیں گزرتے 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 مسازہت پر اور ہم کے فتنوں سے ہم لکھ سکتے ہیں۔

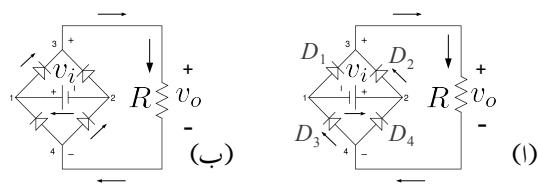
$$i_R = i_B = \frac{v_i - V_B}{R} = \frac{15 \sin 100\pi t - 12}{100} = 0.15 \sin 100\pi t - 0.12$$

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

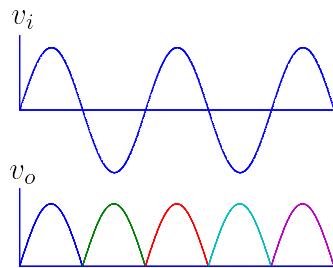
$$0.15 \sin \frac{\pi}{2} - 0.12 = 0.15 - 0.12 = 0.03 \text{ A}$$

۲.۳.۲ مکمل لہر سست کاری

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



شکل ۱۳: مکمل ایه رسمت کار



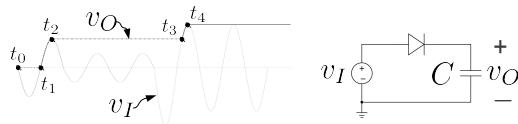
شکل ۲: مکمل ایمپرسٹ کار کے داخنی اور خارجی خط

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 مثبت 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 سمت 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 دباؤ v_I اور حنارجی برقی دباؤ v_O دونوں صفر وولٹ کے برابر ہیں۔ لمحے t_0 سے لمحے t_1 تک داخلی 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 خنارجی برقی دباؤ v_O خوش اسلوبی سے داخلی برقی دباؤ v_I کی پیروی کرتے ہوئے کپیسٹر کو بھرتا ہے۔ اس دوران دور میں برقی روکی مسافت مندرجہ ذیل ہے۔

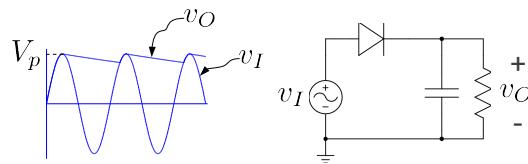
$$i = C \frac{dv_O}{dt}$$

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 نکالی کا کوئی راستہ موجود نہیں ہوتا لہذا کپیسٹر پر برقی دباؤ برفتار رہتا ہے جسے افتنی لکیرے دکھایا گیا ہے۔ t_3 گزرتے ہی v_I کی قیمت کپیسٹر پر بیٹے جانے والے برقی دباؤ سے بڑھ گیا ہے۔ یوں ڈائیوڈ ایک مرتبہ پھر سیدھا مائل ہوتے ہوئے چپا لو صورت اختیار کر لیتا ہے۔ t_3 تا t_4 دباؤ v_I کی پیروی دباؤ v_O کے بعد کپیسٹر پر برقی دباؤ تبدیل نہیں ہوتا۔ اس تحفظیے سے واضح ہے کہ دور داخلی اشارہ کی چوٹی حاصل کر کے اس پر برفتار رہتا ہے۔ اسی لئے اسے بیتے چوٹی حاصل کار کرنے ہیں۔ اگر اس دور میں ڈائیوڈ اسکے رنگی احبابے تو حنارجی اشارہ v_O منقی چوٹی حاصل کرے گا اور یوں اس دور کو منقی چوٹی حاصل کار کہا جائے گا۔

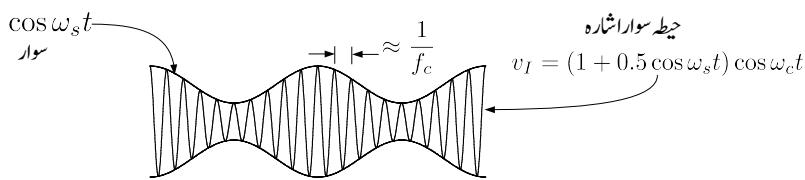
۲.۴ جیطہ اتار کار

بیتے چوٹی حاصل کار میں کپیسٹر کے موازی مزاحمت جوڑنے سے جیطہ اتار کار ۲۰ حاصل ہوتا ہے جسے شکل ۲.۱۶ میں دکھایا گیا ہے۔ جیسا کہ آپ دیکھ سکتے ہیں پوٹھی V_p کے فوراً بعد داخلی برقی دباؤ گھنٹتا ہے جبکہ حنارجی جانب

peak detector^{۲۸}
ڈائیوڈ کو نقطوں سے ظاہر کیا گیا ہے
AM demodulator^{۲۹}



شکل ۲.۱۶: جیٹ اتار کار



شکل ۲.۱۷: جیٹ سوار اشارہ

کپیٹر ای چوٹی پر رہ جاتا ہے۔ اس سے ڈائیڈ اسماں ہو جاتا ہے اور اس میں سے برقی روکا گزنا ممکن ہو جاتا ہے۔ ڈائیڈ کو منقطع تصور کریں تو ہمارے پاس بارے بھر اشہد کپیٹر C اور اس کے متوازی جبڑا مساحت R رہ جاتا ہے۔ کپیٹر کا بار اسی مساحت کے راستے خارج ہو کر اس پر برقی دباؤ کھاتا ہے۔ ایسا مندرجہ ذیل مساوات کے تحت ہوتا ہے۔

$$(2.9) \quad v_O = V_p e^{-\frac{t}{RC}}$$

اس مساوات میں چوٹی کو $t = 0$ تصور کیا گیا ہے۔ کپیٹر سے بار اس لمحے تک خارج ہوتا ہے جب تک کپیٹر پر برقی دباؤ v_O دور کے داخلی برقی دباؤ v_I سے زیاد رہے۔ جیسے ہی v_I کی مقدار ایک مرتبہ بھر v_O کی مقدار سے تجاوز کر جائے، اسی لمحے ڈائیڈ دباؤ سیدھا مامکن ہو کہ کپیٹر کو دباؤ بھرنا شروع کر دیتا ہے۔ شکل میں باریک لکسیر سے داخلی برقی دباؤ جبکہ موٹی لکسیر سے خارجی برقی دباؤ کھایا گیا ہے۔ جیٹ اتار کار میں RC کو یوں رکھا جاتا ہے کہ کپیٹر پر v_I کے چھٹیوں کے برابر برقی دباؤ ہے جو دراصل v_O ہی ہے۔ یوں اصل اشارہ دباؤہ صاحب ہوتا ہے۔

کسی بھی اشارہ یعنی اطلاع v_S کو ایک جگہ سے دوسری جگہ مقتول کرنے کی حراظر اسے بلند تعداد کے سائنس اشارہ v_C کے حیط پر حیط سوار کار کی مدد سے سوار کیا جاتا ہے۔ مختلی کے مقام پر پہنچنے کے بعد حیط سوار اشارے سے جیٹ اتار کار کی مدد سے اصل اشارہ یعنی اطلاع v_S کو دباؤہ صاحب کیا جاتا ہے۔ v_C کے حیط پر سوار کرنے سے صدای v_C کے مطابق تبدیل کرنے کو کہتے ہیں۔ اشارہ v_S کو سوار موج کہتے ہیں جبکہ اس کی تعداد کو

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 اپنے پرتوں پر قیمتی دباؤ گھشتاتے ہے۔ یہ وقف تقریباً $\frac{1}{f_c}$ کے برابر ہے ہے استعمال کرتے ہوئے مساوات ۲.۹ سے ممکنہ مکارانہ کی مدد سے وقف کے آخوند میں بر قی دباؤ

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

حاصل ہوتا ہے۔ یوں اس دوران بر قی دباؤ میں تبدیلی

$$|\Delta v_O| = \frac{V_p}{RCf_c}$$

حاصل ہوتی ہے یعنی اس وقف کے دوران حنارجی اشارے کی وقت کے ساتھ شرح تبدیلی

$$(2.12) \quad \frac{|\Delta v_O|}{\frac{1}{f_c}} = \frac{V_p}{RC}$$

ہے۔ جیسا کہ اس میں RC کو یوں رکھا جاتا ہے کہ بھیگے گئے اشارے v_s میں زیادہ سے زیادہ تبدیلی کو بھی پکڑا جاسکے۔ v_s میں تبدیلی کی شرح

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

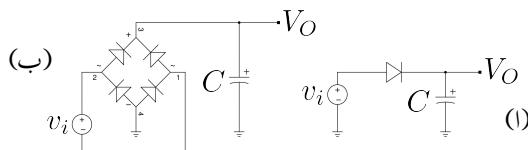
ہے جس کی زیادہ سے زیادہ قیمت $\omega_s t = \frac{n\pi}{2}$ پر حاصل ہوتی ہے جہاں $n = 1, 3, 5, \dots$ ہے۔ یہ قیمت

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

ہے۔ اس زیادہ سے زیادہ داخلی اشارے کے تبدیلی کی شرح کو جیسا کہ اس کے تحت تبدیلی کے شرح کے برابر رکھا جاتا ہے۔ $\omega_s t = \frac{n\pi}{2}$ پر مساوات ۲.۱۰ کے تحت $V_p = 1$ حاصل ہوتا ہے جسے مساوات ۲.۱۲ میں استعمال کرتے ہوئے یوں

$$(2.13) \quad \frac{1}{RC} = 0.5\omega_s$$

modulating frequency^{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

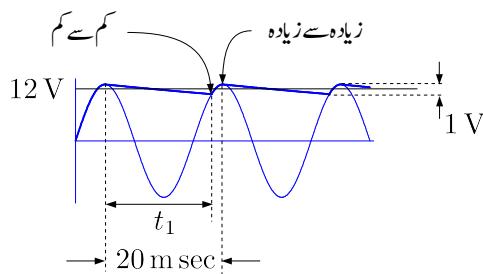
سمت کار کے بخارجی جبانب زیادہ قیمت کا پیسٹر نسب کر کے منبع برقی دباؤ حاصل ہوتا ہے جیسا شکل ۲.۱۸ اف سے میں دکھایا گیا ہے۔ اس پر کپیسٹر کے متوازنی برقی بوجھ لادا جاتا ہے جسے عموماً R_L سے ظاہر کیا جاتا ہے۔ منبع برقی دباؤ یعنی طاقت کے منبع کو گھریلو بجلی یا صنعتی بجلی فنراہم کرتے ہوئے یک سمت برقی دباؤ یک قیمت V حاصل کیا جاتا ہے۔

بے بوجھ منبع برقی دباؤ کی کارکردگی بالکل چوٹی حاصل کار کی 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 یک قیمت V میں بلور کم کے کم ہوتا کہ اسے یک سمت برقی دباؤ کے طور استعمال کرنا ممکن ہو۔ منبع برقی دباؤ اس طاقت 50 Hz کے سائنس نام v_i سے حاصل کرتا ہے اپنے C بھی اسی تعداد سے بھرتا ہے۔ v_i کے دو چوٹیوں کے مابین $= \frac{1}{50}$ (میں ملی سینیٹ) کے وقٹے کے دوران R_L کو کپیسٹر C طاقت میا کرتا ہے۔

مثال ۲.۹: ایک عدد $V = 12$ کا منبع برقی دباؤ درکار ہے جس سے $6\text{ k}\Omega$ داخلی مسازحت کے برقی بوجھ کو طاقت میا کرنا ہے۔ برقی بوجھ کو دی جانے والے برقی دباؤ کے قیمت میں کل تبدیلی $\pm 0.5V$ سے کم ہونا ضروری ہے۔ کپیسٹر C کی قیمت حاصل کریں۔

حل: شکل ۲.۱۹ میں ان معلومات کو دکھایا گیا ہے۔ کپیسٹر t_1 دورانیہ کے لئے برقی بوجھ کو طاقت فنراہم کرتا ہے اور یوں اس دوران اس سے بار کی نکایت ہوتی ہے۔ البتہ t_1 کو دو چوٹیوں کے درمیان وقٹے کے برابری عموماً تصور کیا جاتا ہے۔ یوں $ms = 20 t_1$ لیا جاتا ہے۔

اس سکنے کو دو طریقوں سے حل کرتے ہیں۔ پہلے مثال ۲.۷ کی طرح حل کرتے ہیں۔ کپیسٹر نکایت کا دورانیہ یہیں



شکل 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

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

لکھا جا سکتا ہے جس سے

$$C \times 1 = 40 \times 10^{-6}$$

$$C = 40 \mu\text{F}$$

حاصل ہوتا ہے۔

آپ نے دیکھا کہ دونوں طریقوں سے حل کرتے تقریباً ابر جوابات حاصل ہوتے ہیں۔ البتہ دوسرا طریقہ استعمال کرتے ہوئے صرف کاغذ اور فلم استعمال کرتے ہوئے جواب کا حصول ممکن ہے۔

کپیسٹر کی قیمت بڑھانے سے منع کے خنجری برقی دباؤ میں بڑھ کر جا سکتا ہے۔ حقیقت میں ڈائیوڈ میں برقی دباؤ کا گھٹاؤ اور داخنی بدلتے برقی دباؤ میں تبدیلی ہمارے متابو میں نہیں ہوتے لہذا اس طرح کی منع برقی دباؤ سے قطعی یک سست برقی دباؤ کا حصول ممکن نہیں ہوتا۔ جیسا درکار یک سست برقی دباؤ کی قیمت چند ولٹ زیادہ یا کم فتنہ میں برداشت ہو دہاں اس طرح کی منع استعمال کی جا سکتی ہے۔ یک سست برقی دباؤ کی قیمت زیادہ کم ہونے کے باوجود برقی دباؤ میں بڑھ کو کپیسٹر سے فتاہ اور لکھنا ممکن ہے۔

مشق ۲.۲: 10 mA کے برقی بوجھ کو حپلانے کی حفاظت 5 V کی منع برقی دباؤ درکار ہے جس میں بڑھ ± 0.1 V سے کم ہونا ضروری ہے۔ کپیسٹر کی قیمت حاصل کریں۔ اس قسم کی منع برقی دباؤ ای برقیاتی ادوار کو حپلانے کی حفاظت عموماً درکار ہوتی ہے۔

جواب: $1000 \mu\text{F}$

مندرجہ بالامثال کو مد نظر رکھتے ہوئے ہم دیکھتے ہیں کہ شکل ۲.۱۸ ب میں دکھائے منع برقی دباؤ میں درکار کپیسٹر کی قیمت شکل الف کے حوالے سے آدمی ہو گئی کیوں کہ اس میں ایک ڈائیوڈ یعنی آدھے سست کارکی جگہ منع ڈائیوڈ یعنی کمل سست کار استعمال کیا گیا ہے۔ کمل سست کار میں کپیسٹر ہر 10 ms 10 بھر احبابے گا۔ شکل ۲.۱۸ ب کے لئے حل کرتے ہوئے $t_1 = 10 \text{ ms}$ لیا جائے گا جس سے $C = 20 \mu\text{F}$ حاصل ہوتا ہے۔

کامل ڈائیوڈ تصور کرتے ہوئے خنجری برقی دباؤ کی زیادہ سے زیاد قیمت V_p جبکہ اس میں کل بڑھ لکھتے ہوئے ΔV

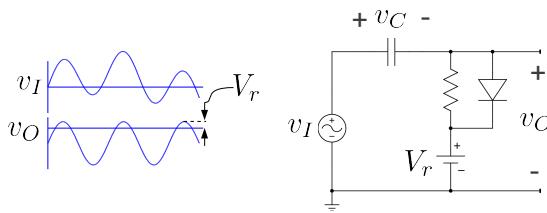
$$(2.18) \quad V_{\text{یکمی}} = V_p - \frac{\Delta V}{2}$$

حاصل ہو گا۔

۲.۶.۱ برقیاتی شکنخہ

عموماً برقیاتی اشارات مطلوب جگہ تک پہنچنے کا نیچہ اپنی اصل شکل کو حبّاتے ہیں۔ ایک عمومی مسئلہ اشارہ کے جیطے کا برقرار نہ رہنا ہے۔ آئیں اس کی ایک مثال دیکھیں۔

ripple^۵
voltage source^۵



شکل ۲.۲۰: شکنجه

آپ جانتے ہیں کہ بدلت برقی رومقت طیس پیدا کرتی ہے اور بدلتمقت طیس میں ان برقی دباؤ کو جسم دیتا ہے۔ یوں اگر پاریک اشاراتی تاروں کے متریب عام استعمال کے گھریلو یا صنعتی بجٹی کے تار گزرس تو ان میں بدلت برقی رو پاریک اشاراتی تاروں میں برقی دباؤ پیدا کرتا ہے جس سے اشارہ کا جیط متاثر ہوتا ہے۔ شکل ۲.۲۰ میں اشارہ v_I کا جیط یوں متاثر ہوا دکھایا گیا ہے۔ یہ اشارہ دراصل سائنس کل کا حصہ لیکن یہاں تک پہنچتے پہنچنے اس کا یہ حال ہو چکا ہے۔ شکل ۲.۲۰ میں دکھایا دراصل اشارہ کے بثت جیط کو V_r کی قیمت پر زبرد سقی کھلتا ہے جس سے اشارہ کی اصل صورت رونما ہو جاتی ہے۔ گویا یہ دور اشارہ کے جیط کو شکنجه میں پکڑے رکھتا ہے۔ اسی سے اس دور کا نام برقیلہ شکنجه^{۵۴} نہ کلائے ہے عسو ما چھونا کر کے صرف شکنجه کہتے ہیں اس دور کی کارکردگی پچھلے حصہ میں دکھلائے دور کی طرح ہے۔ اسے سمجھ کی حنا طسر ڈائیوڈ کا مسل ڈائیوڈ اور مزاہمہ R کو لامدہ دو تصور کریں۔ یہ بھی تصور کریں کہ داخلی اشارہ v_I کے جیط v_p کی مقدار حنارجی جناب جبڑے ہیئتی کی برقی دباؤ V_r سے زیاد ہے۔

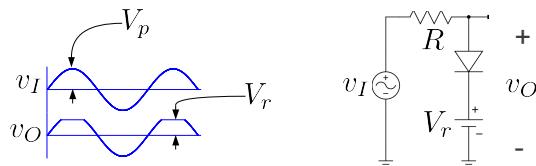
حنارجی جناب کی برقی دباؤ v_O پر غور کرتے معلوم ہوتا ہے کہ یہ کسی صورت V_r سے تجاوز نہیں کر سکتا یوں کہ جب بھی v_O کی مقدار V_r سے تجاوز کرے، ڈائیوڈ سیدھا مائل ہو جائے گا۔ سیدھے مائل ڈائیوڈ کی صورت میں v_O اور V_r برابر ہیں گے۔ کر خوف کے قانون برائے برقی دباؤ کے تحت سیدھے مائل ڈائیوڈ کی صورت میں

$$v_I = v_C + v_D + V_r$$

ہو گا۔ داخلی برقی دباؤ کے چوٹی پر v_D کو صفر وولٹ 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 مزاہمہ R نسب کی گئی ہے تاکہ اس کے راستے کپیسٹر کا بار حنارج ہو سکے اور یہ بعد میں آنے والی کم چوٹی کو بھی فت یو کر سکے۔



شکل ۷.۲۱: ایک طرف کا تراش

۷۔ برقیاتی تراش

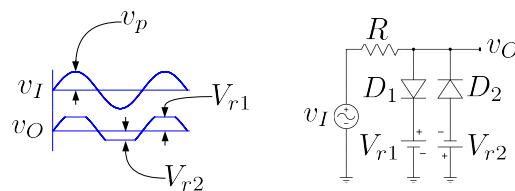
شکنچے کے دور میں کپیٹر کی جگہ مزاحمت استعمال کرنے سے برقیاتی تراش^۳ کا دور حاصل ہوتا ہے جسے شکل ۷.۲۱ میں دکھایا گیا ہے۔ برقیاتی تراش یا تراش ایک ایسا دور ہے جو اشارہ کے چوٹی کو ایک حناص حصے تھا اور نہیں کرنے دیتا بلکہ اسے کاٹ دیتا ہے۔ دکھایا در صرف ایک جناب کی چوٹی کاٹتا ہے لہذا اس کو ایک طرف کا تراش بھاہے گا جب تک داخلی برقی دباؤ کی قیمت V_r سے کم ہو ڈیوڈاں مالک یعنی منقطع رہتا ہے۔ اس صورت میں حنارجی برقی دباؤ داخلی برقی دباؤ کے برابر رہے گا یعنی ہو گا اور مزاحمت R میں برقی روکی مقدار صفر ایکٹر رہے گی۔ جیسے یہ داخلی برقی دباؤ کی قیمت V_r سے تھا وہ کر جبائے ڈیوڈ سیدھا مالک ہو جاتا ہے۔ جتنی دیر $v_I > V_r$ رہے اتنی دیر کے لئے ڈیوڈ کو حپاوسچ سمجھا جاتا ہے اور یہ اس دوران حنارجی برقی دباؤ کی قیمت V_r رہے گی۔ اس دوران مزاحمت اور ڈیوڈ دونوں میں برقی روکی مقدار

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

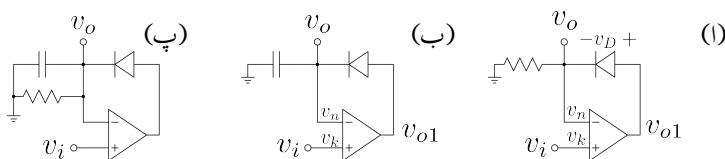
ہو گی۔

آپ نے دکھا کر یہ دور داخلی برقی دباؤ کو V_{r1} پر تراشتا ہے۔ اس دور میں ڈیوڈ کے استعمال سے دو طرائف کا تراش حاصل ہوتا ہے جسے شکل ۷.۲۲ میں دکھایا گیا ہے۔ اس دور میں جب تک v_I کی قیمت بثت ہو ڈیوڈ D_2 مالک رہتا ہے۔ یوں بثت داخلی برقی دباؤ کے لئے دور بالکل پچھلے دئے گئے ایک طرف کے تراش کی طرح کام کرتا ہے اور دور داخلی اشارہ کے بثت۔ چوٹی کو V_{r1} پر تراشتا ہے۔

متنی داخلی برقی دباؤ کی صورت میں ڈیوڈ D_1 مالک رہتا ہے اور یہ دور داخلی اشارہ کے متنی چوٹی کو V_{r2} پر تراشتا ہے۔ شکل میں داخلی اور تراشے گئے حنارجی برقی دباؤ بھی دکھائے گئے ہیں۔



شکل ۲.۲۲: دو اطراف کا تراش



شکل ۲.۲۳: کامل ادوار

۲.۸ حابی ایکلیفائز کی مدد سے ڈائیوڈ کے کامل ادوار

۲.۸.۱ کامل نصف لہر سست کار

ڈائیوڈ پر سببی نصف لہر سست کار کے خارجی اشارے کی چوٹی مہیا کر دہ داخنی اشارے کے چوٹی سے تقریباً ۰.۷ V کم ہوتی ہے۔ یہ حقیقت شکل ۲.۹ میں واضح کی گئی۔ حابی ایکلیفائز استعمال کرتے ہوئے ایسا کامل نصف لہر سست کار حاصل ہوتا ہے جس کے خارجی اشارے کی چوٹی داخنی اشارے کے چوٹی کے باکل برابر ہوتی ہے۔ شکل ۲.۲۳ الف میں ایسا کامل نصف لہر سست کار دکھایا گیا ہے جس میں خارجی اشارہ \$v_o\$ کو ڈائیوڈ کے خارجی سے سے سے حاصل کیا گیا ہے۔ ڈائیوڈ کی سست الشانے سے کامل نصف لہر سست کار حاصل ہو گا۔

تصور کریں کہ \$v = 0\$ V اور یوں حابی ایکلیفائز کا خارجی اشارہ \$v_{o1} = 0\$ بھی صفر وولٹ ہے۔ اب تصور کریں کہ داخنی اشارہ بیٹھت جانب بیٹھتا ہے۔ حابی ایکلیفائز کا خارجی اشارہ اس فدر بیٹھت جانب بیٹھ گا کہ \$v_n = v_k = v_i = v_o = v_i\$ ہو۔ یوں آپ دکھے سکتے ہیں کہ اس صورت میں ڈائیوڈ سیدھا مائل ہو گا۔ مزید یہ کہ \$v_{o1} = v_i + v_D\$ کے برابر ہو گا۔

اب تصور کریں کہ داخنی اشارہ منقی جانب بیٹھتا ہے۔ حابی ایکلیفائز کا خارجی اشارہ \$v_{o1} = 0\$ اس فدر منقی جانب بیٹھنے کی کوشش کرے گا کہ \$v_n = v_k = v_{o1}\$ ہو۔ البتہ \$v_{o1}\$ منقی ہوتے ہی ڈائیوڈ مائل ہو کر منقطع ہو جاتا ہے۔ یوں حابی ایکلیفائز کا خارجی اشارہ \$v_k\$ پر اثر انداز نہیں ہو پاتا۔ ایسی صورت میں حابی ایکلیفائز کا خارجی اشارہ کامل منقی یعنی \$V_{EE} = v_{o1} = v_k\$ ہو کر رہ جائے گا۔ ڈائیوڈ منقطع ہونے سے حابی ایکلیفائز کا منقی مدار دخنی مزاجحت \$R\$ کے ذریعے برقرار رہے۔ حابی ایکلیفائز کا داخنی برقرار رہنے کے ناطے مزاجحت میں بھی برقرار رہے۔

میں نہیں۔ یوں $v_k = IR = 0$ یعنی $V_0 = 0$ ہو گا۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ منقی داخنی اشارے کی صورت میں حسارتی اشارہ صفر رولٹ رہتا ہے۔

مثبت داخنی اشارے کی صورت میں $v_i = v_0$ جبکہ منقی داخنی اشارے کی صورت میں $V_0 = 0$ ہاصل ہوتا ہے جو کہ مثبت نصف لیورسٹ کار کی کار کردگی ہے۔

۲.۸.۲ کامیاب چوٹی حاصل کار

شکل ۲.۲۳ الف میں مزاحمت کی جگہ کپیسٹر نسب کرنے سے شکل ب حاصل ہوتا ہے جو کامیاب چوٹی حاصل کار کا دور ہے۔ $v_i = 0V$ اور $v_0 = 0V$ سے شروع کرتے ہوئے اس دور کی کار کردگی دیکھتے ہیں۔ داخنی اشارہ بیثت جنپ بڑھتے ہیں v_{01} اس متدرجہ ہوتا ہے کہ $v_k = v_n$ رہتا ہے۔ یوں $v_i = v_0$ رہتا ہے۔ جب داخنی اشارہ اپنے چوٹی پر پہنچتا ہے، اس لمحے کپیسٹر V_p اور یوں $v_k = V_p$ اور یوں $v_n = V_p$ ہوتا ہے۔ اس لمحے کپیسٹر بھی V_p بر قی دباو تک بھرا جاتا ہے۔ $v_k = v_D + v_{01} = V_p + v_D$ کے طریقہ اس لمحے کے درابر یوں $v_0 = V_p + v_D$ ہوتا ہے۔

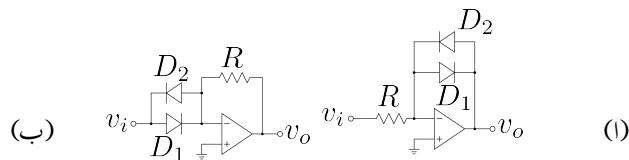
داخنی اشارہ اپنے چوٹی تک پہنچنے کے بعد کم ہونا شروع ہوتا ہے۔ حسابی ایکلیفیاٹر کا حسارتی اشارہ v_{01} کم ہو کر کو شش کرتا ہے کہ $v_k = V_p$ رکھ سکے۔ البتہ ڈائیوڈ کے حسارتی جنپ نسب کپیسٹر پر V_p بر قی دباو پایا جاتا ہے اور v_{01} کی قیمت جیسے ہی V_p سے کم ہوتا ہے اسی لمحے ڈائیوڈ اس مائل ہو کر منقطع ہو جاتا ہے۔ ڈائیوڈ منقطع ہونے سے کپیسٹر پر بار کے بخاتی کا کوئی راستہ نہیں رہتا اور یوں اس پر برقرار V_p بر قی دباو رہتا ہے۔ اس طرح $v_0 = V_p$ 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 ڈائیوڈ پر سبی چوٹی حاصل کار میں کپیسٹر پر داخنی اشارے کے چوٹی سے v_D بر قی دباو پایا جاتا ہے جبکہ موجودہ دور حقیقی چوٹی حاصل کرتا ہے۔

۲.۸.۳ کامیاب جیط اتار کار

شکل ۲.۲۳ پ میں کامیاب جیط اتار کار دکھایا گیا ہے۔ امید کی جباتی ہے کہ اس کی کار کردگی آپ خود سمجھ پائیں گے۔

۲.۸.۴ ڈائیوڈ لوگار تخمی ایکلیفیاٹر

حسابی ایکلیفیاٹر میں مزاحمت کی جگہ ڈائیوڈ نسب کرنے سے شکل ۲.۲۳ الف کا لوگار تخمی ایکلیفیاٹر میں 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 ڈائیوڈ منقطع 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 ڈائیوڈ استعمال کئے جاتے ہیں۔ یوں داخنی اشارہ بیثت یا منقی ممکن ہوتا ہے۔



شکل ۲.۲۳: لوگاریتمی ایمپلینیٹر

شبہ v_i کی صورت میں حصل کرتے ہیں۔ حسابی ایمپلینیٹر کے شبہ 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 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 ۵۵ لیتے ہوئے حاصل ہوتا ہے۔

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

شکل ب میں قدرتی اللٹے۔ لوگاریتم ایمپلینیٹر ۵۶ دکھایا گیا ہے۔ حسابی ایمپلینیٹر کے دونوں مداخل کو برقی زمین تصور کرتے ہوئے شبہ 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^{۵۴}
natural anti-log^{۵۱}

برقی روگزارے گا جو حسابی ایکلینیکر کے منفی مدا خال 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 قدرتِ الٰہ۔ 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 الٹے 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 الٹے لوگار تھمی ایکلینیکر استعمال کرتے ہوئے شکل ۲.۲۵ میں ضرب کار^{۵۸} 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

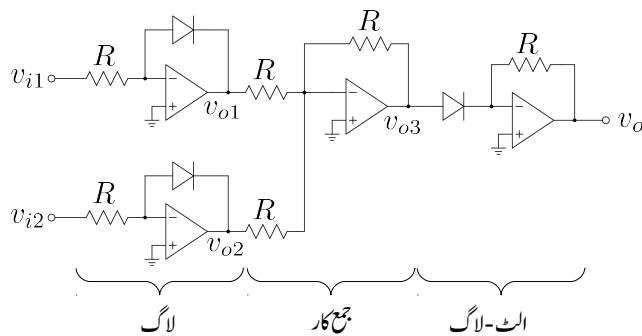
$$\begin{aligned} v_{o3} &= -(v_{o1} + v_{o2}) \\ &= V_T \ln \frac{v_{i1}}{I_S R} + V_T \ln \frac{v_{i2}}{I_S R} \\ &= V_T \ln \frac{v_{i1} v_{i2}}{I_S^2 R^2} \end{aligned}$$

اور الٹے 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 تقييم کار^{۵۸} 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 $U_1 = v_k$ ہو گا۔ D_1 کو منقطع اور U_1 کے منفی مدار خل کو برقرار رکھنے پر تصور کرتے ہوئے شکل ۲.۲۷ اف حاصل ہوتا ہے جو کہ سیدھا مایہ جمع کار ہے جس سے

$$v_o = -v_i$$

حاصل ہوتا ہے۔ شکل ۲.۲۷ اف میں v_1 بھی دکھایا گیا ہے۔ چونکہ اس کے دونوں جانب مزاجمتوں کے سرے صفر ولٹ پر ہیں لہذا اس صورت $v_1 = 0V$ رہے گا۔ شکل ۲.۲۷ ت میں بیتے v_i کی صورت میں v_0 اور v_1 دکھائے گئے ہیں۔

منفی v_i کی صورت میں v_{o1} بیتے ہو جائے گا جس سے D_2 الشامائیل ہو کر منقطع جبکہ D_1 سیدھا مائل ہو جائے گا۔ یوں U_1 حسابی ایپلیکیشن شکل ۲.۲۷ ب صورت اختیار کر لے گا جس کے لئے ہم لکھ سکتے ہیں

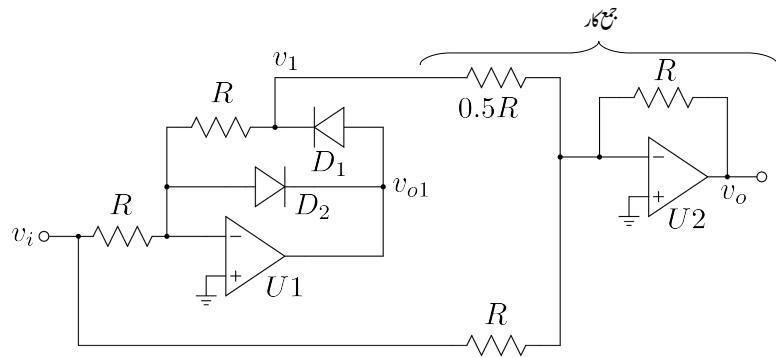
$$v_k = 0$$

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

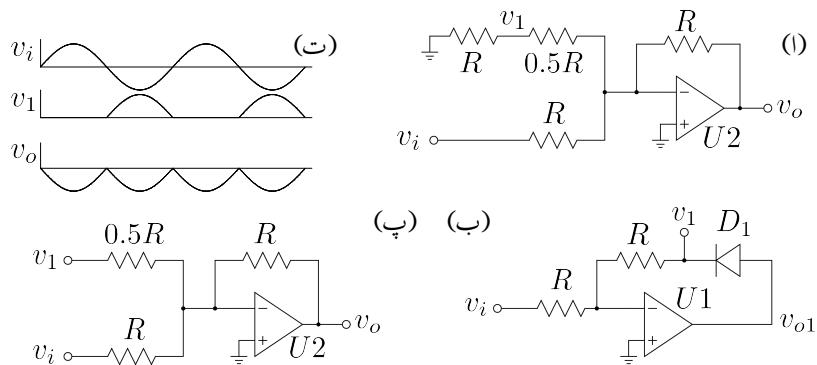
اور یوں

$$v_1 = -v_i$$

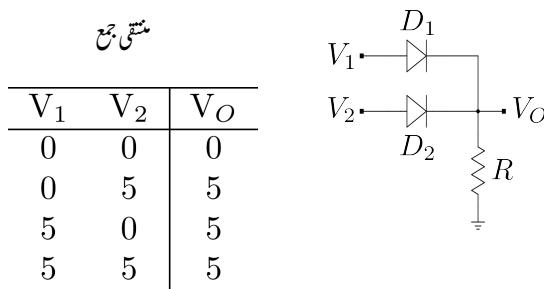
حاصل ہوتا ہے۔ آپ دکھ سکتے ہیں کہ $v_{o1} = v_1 + v_D$ ہو گا جیسا کہ D_1 پر برقراری ہو گا۔



شکل ۲.۲۶: کامل مکمل ایکسٹریمیٹ کار



شکل ۲.۲۷: کامل مکمل ایکسٹریمیٹ 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

$$v_o = -v_i - 2v_1$$

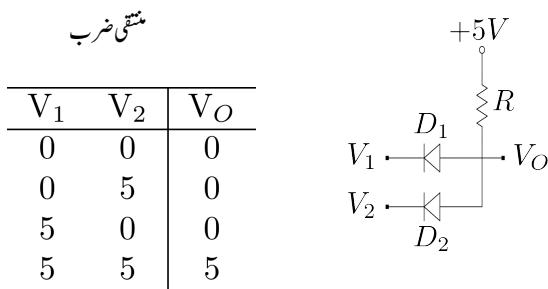
حاصل ہوتا ہے۔ شکل ۲.۲۷ میں متنقی v_i کی صورت میں v_1 اور v_o دکھائے گئے ہیں۔

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 اندازہ 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 گردیں۔ 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 پچ سو پاؤ (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 0 اسی کو ظاہر کرتا ہے۔

دوسری صورت V_1 صفر دباؤ جبکہ V_2 پانچ دباؤ کے برابر ہے یعنی $0 V = V_1$ جبکہ $V_2 = 5 V$ ہے۔ اس صورت کو جدول کے دوسری صف میں دکھایا گیا ہے۔ غور کرنے سے آپ دکھے سکتے ہیں کہ اس



شکل ۲.۲۹: متنی ضرب

صورت میں ڈائیوڈ D₂ سیدھا مائل جبکہ D₁ المائل ہے۔ یوں D₂ کو چپ لو سوچ جبکہ D₁ 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 D₁ سیدھا مائل جبکہ D₂ المائل ہو گا اور یوں $V_O = 5V$ ہو گا۔ جبدول کی آخری صفت میں دونوں ڈائیوڈ سیدھے مائل ہوں گے اور یوں $V_O = 5V$ ہو گا۔ اس دور کی جبدول متنی میخ میں ظاہر کرتی ہے لہذا یہ مختصر گیٹ ہے۔ اس شکل میں مزید ڈائیوڈ جوڑ کر داخلي اشارات کی تعداد بڑھائی جا سکتی ہے۔

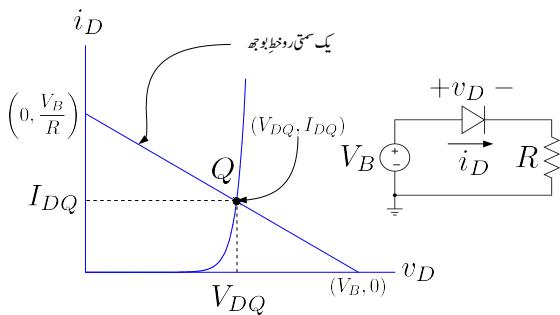
شکل ۲.۲۹ میں ڈائیوڈ پر مبنی ضرب گیٹ^{۱۰} دکھایا گیا ہے۔ پہلے جبدول میں دئے آخری صفت پر غور کرتے ہیں۔ اگر دونوں داخلي اشارات کی قیمتیں پانچ ولٹ (5V) ہوں تو مزاحمت میں برقی رو صندر ایکسپریس ہو گی لہذا جبارجی برقی دباؤ پانچ ولٹ ہو گا لیکن $V_O = 5V$ ہو گا۔ جبدول میں دئے بقیا ممکنات پر غور کرتے آپ آسانی 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 ہب کرڑا نسخہ^{۱۱} کے ادوار میں نہایت کارآمد ثابت ہوں گے۔ ڈائیوڈ کے ادوار میں اسے متعارف کرنے سے ان خط کا سمجھنا ابتدا آسان ہوتا ہے۔ گزشتہ صفات میں ڈائیوڈ کے ادوار حل کرتے سیدھے مائل ڈائیوڈ کو چپ لو سوچ جبکہ المائل ڈائیوڈ کو منقطع سوچ تصور کیا جاتا ہے۔ ایسا کرنے سے ڈائیوڈ کی حنایت نظر انداز ہو جاتی ہے۔ اگر چہ بیشتر مواقع پر ایسا کرنا درست ہوتا ہے، بہر حال کبھی کبھی ڈائیوڈ کی حنایت کو مد نظر رکھنا ضروری ہوتا ہے۔ اس حصے میں ایسا ہی کیا جائے گا۔

شکل ۲.۳۰ میں دکھائے گئے دور کو مثال بناتے ہیں۔ کرخونے کے قانون برائے برقی دباؤ کے مطابق اس دور کے

OR gate^{۱۲}
AND gate^{۱۳}
transistor^{۱۴}



شکل ۲.۳۰: خط بوچھ اور نقطہ مائل

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 سمجھتے؟ مائل ۲. یا یکسے سمجھتے؟ کارکردگی کہتے ہیں۔ ان ناموں کو عسموماً چھوٹا کر کے نقطہ مائل 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 سمجھتے؟ رو خط بوچھ کہا گیا ہے۔ اس نام کو چھوٹا کر کے اسے خلا بوچھ بھی کہتے ہیں۔ آئیں اس خط پر غور کرتے ہیں۔ خط بوچھ کی ڈھلوانی^{۱۵}

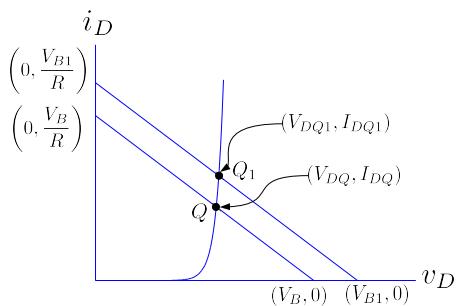
$$\frac{\Delta i_D}{\Delta v_D} = -\frac{1}{R}$$

DC bias point^{۱۴}

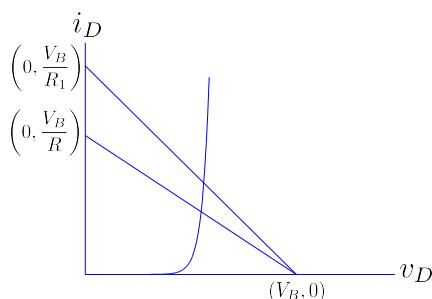
^{۱۴} گھوڑے پر بوچھ لادا جاتا ہے۔ یہاں R بطور برقی بوچھ کردار ادا کرتا ہے اور اس کے مساوات کے گراف کو خط بوچھ کہتے ہیں

DC load line^{۱۵}

^{۱۵} gradient



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^{۱۱} سے باسانی 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 گزتی 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

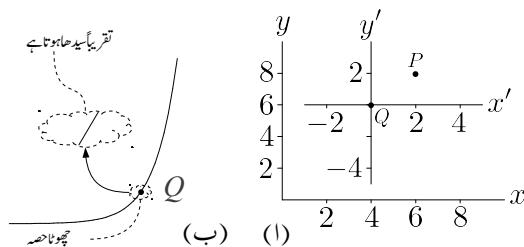
اس ہے میں کار تیکی محدود اور ترسیم پر غور کیا جائے گا جس کی اس کتاب میں کئی جگہ ضرورت پیش آئے گی۔ اگرچہ اس ہے کو کتاب کے آخر میں خیہ کے طور کھانا چاہئے حت مگر اس کی اہمیت کو دیکھتے ہوئے میں نے اس باب کا حصہ بنالیا ہے۔ طلبہ سے گزارش کی جاتی ہے کہ وہ اس ہے کو کوئی سمجھیں۔

۲.۱۱.۱ محدود کی منتقلی

شکل ۲.۳۳ میں دو کار تیکی محدود کھائے گئے ہیں۔ $y - x$ کار تیکی محدود میں دو نقطے $P(6, 8)$ اور $Q(4, 6)$ دکھائے گئے ہیں۔ $(y' - x')$ محدود میں یہی نقطے $P'(2, 2)$ اور $Q'(0, 0)$ بن جاتے ہیں۔

۲.۱۱.۲ خط کا چھوٹا حصہ سیدھا تصور کیا جاسکتا ہے

شکل ۲.۳۴ ب میں یہ حقیقت دکھایا گیا ہے کہ کسی بھی خط کے چھوٹے سے حصے کو سیدھا تصور کیا جاسکتا ہے۔ اگر کبھی آپ کسی خط کا چھوٹا حصہ لیں اور آپ کو لگے کہ یہ چھوٹا حصہ سیدھا تصور کرنے کے قابل نہیں ہے تو اس سے مزید چھوٹا حصہ لیجئے۔ اس شکل میں چھوٹے بلبے میں گھیرے خط کو بڑھے بلبے میں بڑھا پڑھا کر دکھایا گیا ہے جہاں اس کا سیدھا پان صاف واضح ہے۔



شکل ۲.۳۳: (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 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

$$\Delta t_2 = t_3 - t_2$$

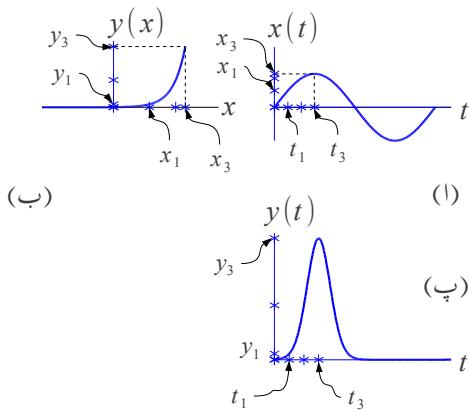
آپ جتنی چھپائیں رکھ سکتے ہیں۔ اس کے علاوہ کسی دو متری نکات کے درمیان فاصلہ مثلاً

$$\Delta t_5 = t_6 - t_5$$

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

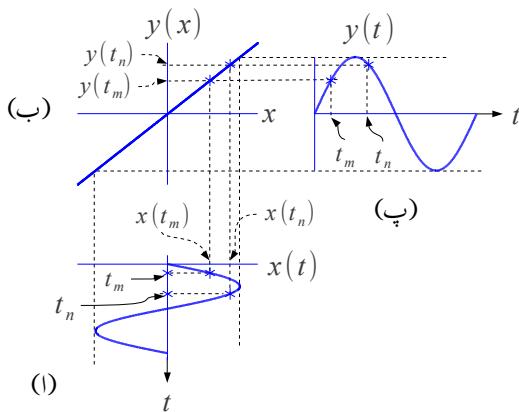
t_0	t_1	t_2	\dots	t_n
x_0	x_1	x_2	\dots	x_n

جدول ۲.۲ میں دئے x پر شکل ۲.۳ بے سے y کے قیمتیں حاصل کریں۔ یوں حاصل کو استعمال کرتے ہوئے (۲.۳) کا جدول $y(t)$ بال مقابل t کا جدول حاصل ہو گا جسے شکل ۲.۳ پر کی طرح گراف کریں۔

جدول ۲.۳: $y(t)$ بال مقابل t کا جدول

t_0	t_1	t_2	\dots	t_n
y_0	y_1	y_2	\dots	y_n

یہاں میں بستا ناچاہوں گا کہ اس مثال میں تق عمل (x) نام دار ہوتا۔ اس کو استعمال کرتے ہوئے تق عمل $x(t)$ کے تق عمل (y) حاصل کی گئی۔ (۲.۳) اور $y(t)$ کی ٹکنیک بالکل متفق ہیں۔ مندرجہ بالاتم عمل کو نہایت عمدگی اور نسبتاً زیادہ آسانی کے ساتھ بھی سر اخبار دیا جاتا ہے۔ آئیں اس بہتر طریقے کو شکل ۲.۳۵ کی مدد سے دیکھیں جہاں بدلتے اشارہ $(x(t))$ کو شکل ۲.۳۵ الف میں گما کر دکھایا گیا ہے۔ اس مثال میں بھی (x) کو سائن نس تصور کیا گیا ہے جبکہ تق عمل (x) کو سیدھا خط



شکل ۲.۳۵: سیدھا قاعمل اشارے کی شکل برقرار رکھتا ہے

لینی

$$(2.17) \quad y(x) = mx$$

تصور کرتے ہوئے شکل بے میں دکھایا گیا ہے۔^{۱۸} 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 لیکن

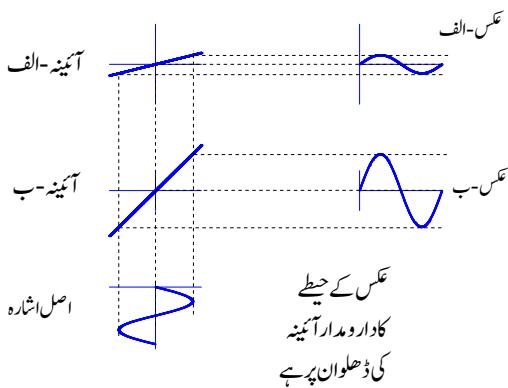
$$(2.18) \quad m = \left. \frac{\partial y}{\partial x} \right|_Q$$

شکل ۲.۳۵ میں دونوں نقطے t_n اور t_m کو مشاہداتے ہوئے پورے عمل کو سمجھایا گیا ہے۔ ان دونوں نقطوں پر $x(t_m)$ اور $x(t_n)$ حاصل کئے جاتے ہیں۔ ان کی قیمت جانتا ضروری نہیں، بلکہ اتنا درکار ہے کہ ان کی ناشاندہی گراف پر کرداری جائے۔

شکل الف اور شکل بے یوں بنائے جاتے ہیں کہ شکل بے کا x محمد شکل الف کے x مدد کے متوازی ہو اور ان کی جامات بھی برابر ہو۔ یوں شکل الف میں $x(t_m)$ اور $x(t_n)$ سے سیدھی لکیریں شکل بے تک لے جائیں۔ اس طرح شکل بے سے $y(t_m)$ اور $y(t_n)$ حاصل ہوں گے۔

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

^{۱۸} 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 جیٹے 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 لکیدی 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 حاصل (یا اصل) اشارہ، (t) y کو حناری (یا منعکس^{۱۹}) اشارہ جبکہ (x) y کو آئینے^{۲۰} 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 جیٹے بڑھتا ہے جبکہ آئینے کی ڈھلوان کھلانے سے عکس کا جیٹے 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 حیط $x(t)$ کے لیے کا گناہ گاہ 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۔

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

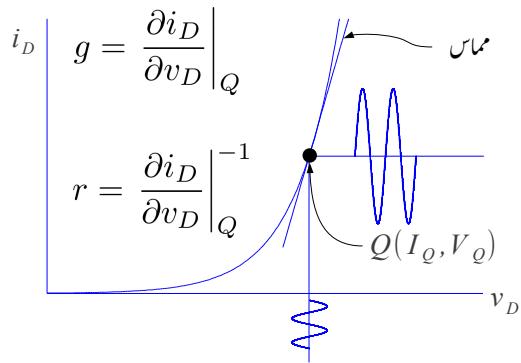
۲.۱۲ باریک اشاراتی تجزیہ

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 بدلنے بر قی دباؤ v_i کو سالمہ وار جوڑ کر حاصل کیا گیا ہے یعنی

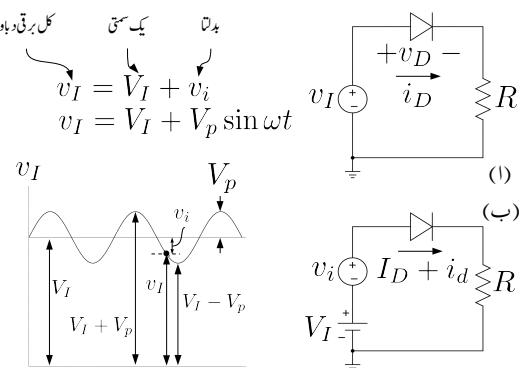
$$(2.23) \quad v_I = V_I + v_i$$

باریک اشارہ^۱ سے مراد وہ بدلتا اشارہ ہے جس کا حیط دور میں پائے جانے والے یک سمت بر قی دباؤ یا یک سمت بر قی روکی قیتوں سے نہیں کم ہو (یعنی $V_I <> v_i$)۔

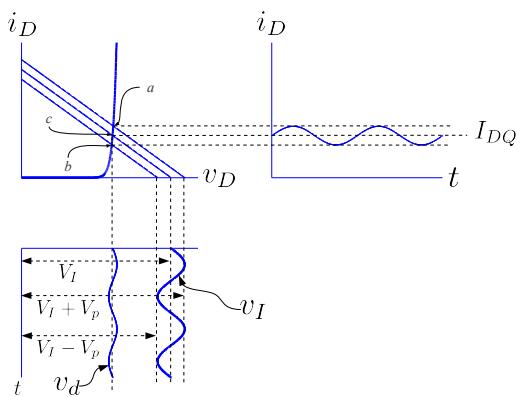
^۱ small signal



شکل ۲.۳۷: باریکے اشاراتی موصیت اور باریکے اشاراتی مزاجت



شکل ۲.۳۸: باریکے اشارہ



شکل ۲.۳۹: ڈائیوڈ پر باریکے اشارات

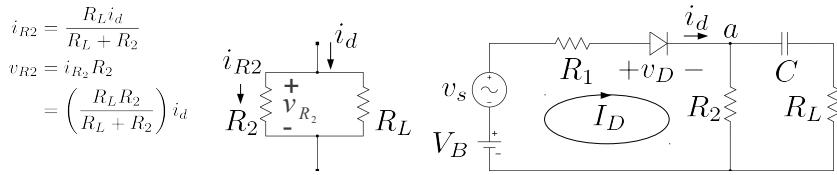
شکل ۲.۳۱ میں تغیر پذیر داخنی برقی دباؤ کا خط بوجھ پر اثر دکھایا گیا۔ اسی ترکیب کو یہاں استعمال کرتے ہوئے باریکے داخنی اشارہ v_I کی موجودگی میں ڈائیوڈ کی کارکردگی پر غور کیا جائے گا۔ تغیر پذیر داخنی برقی دباؤ v_I سے نپٹنے کی حناطہر مختلف لمحات پر وقت کوس کی تصور کرتے ہوئے ان لمحات پر داخنی برقی دباؤ کی 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 $V_I(t_1) = v_I(t_0)$ اور $V_I(t_0) = v_I(t_2)$ اور $V_I(t_2) = V_I - V_p$ اسکے حوالے پر خطيروں کے گھسنے کے لئے دو خطيروں کے درمیانی فاصلے $V_I + V_p$ کے میں ہے۔

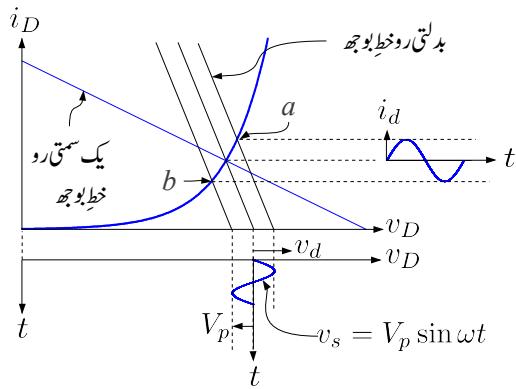
شکل ۲.۳۸ کے داخنی برقی دباؤ کے گراف کو گھستی کی سمت 90° کے زاویے گھس کر شکل ۲.۳۹ میں بنا یا گیا ہے۔ یوں تغیر پذیر داخنی برقی دباؤ سے خط بوجھ حاصل کرتے ہوئے دور میں بدلتا برقی روح حاصل کی جاتی ہے۔ یہ ترکیب شکل پر غور کرنے سے واضح ہو گی۔

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 کے 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 گزرے 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 مدد i_d - v_d بنائے جاسکتے ہیں جن سے v_d اور i_d کو پڑھا جاسکتا ہے۔

v_d اور i_d کو تخلیلی طریقے سے بھی حاصل کیا جاسکتا ہے۔ ایک نئی کی حنا طرز شکل ۲.۲۰ پر غور کرتے ہیں۔ اگر یہاں 0 = v_s رکھا جائے تو باہمی دائرے میں صرف یہی سست برقی رو I_D گزرا گی جس سے مزاحمت R₂ پر برقی دباؤ I_DR₂ پیدا ہو گا۔ یہی برقی دباؤ جو a پر پیلا جائے 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 R₂ 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 یہی سست برقی رو کے لئے کھلے سرے کردار ادا کرتا ہے لہذا R_L میں یہی سست برقی رو کی قیمت صفر کی پسند ہو گی اور اس پر یہی سست برقی دباؤ کی قیمت بھی صفر دوں ہو گا۔ کپیٹر C جو a پر پانچ جبارے والے یہی سست برقی دباؤ کو برداشت کرے گا اور یہ کپیٹر پر R₂ = I_DR₂ = V_C برقی دباؤ پیلا جائے گا۔ کرخوف کے قانون برائے برقی دباؤ کے لئے گزرنے کے قانون برائے کرخوف کے قانون برائے

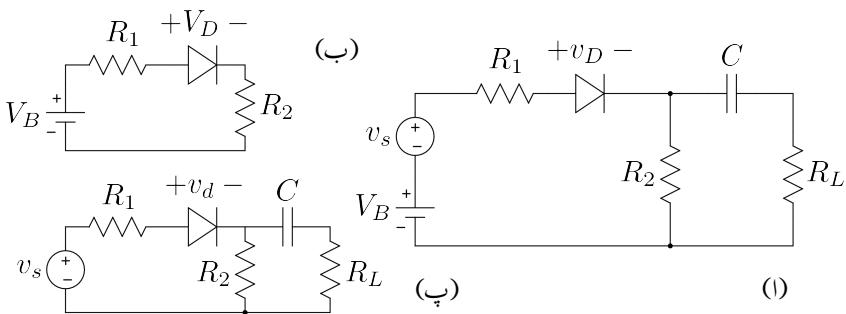
$$(2.27) \quad V_B = I_D R_1 + V_D + I_D R_2$$

آئیں اب شکل ۲.۲۰ میں یہی سست برقی دباؤ V_B برقرار رکھتے ہوئے v_s کو صفر سے بڑھایا جاتا ہے تاہم v_s << V_B رکھا جاتا ہے۔ اب کل برقی رو V_B + v_s اب کل برقی رو i_d = I_D + i_d پیدا کریں گے۔ I_D کی کہانی تبدیل نہیں ہوتی لیستہ i_d پر غور درکار ہے۔ مزاحمت R₁ اور ڈائیوڈ سے گزرتے ہوئے جو a پر پیچھے ہے جہاں اسے دورا سنتے ملتے ہیں۔ اس مثال کی حنا طرز کپیٹر کو یہی سست برقی رو کے لئے قصر دوڑ تصور کرتے ہوئے صورت حال کو شکل میں دکھایا گیا ہے۔ i_d کا کچھ حصہ R₂ میں گزرا گیا ہے۔

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

یوں R₂ میں کل برقی رو کی قیمت I_D + i_{R2} ہو گی۔ کرخوف کے قانون برائے برقی دباؤ کو باہمی دائرے میں استعمال کرتے ہوئے

$$\begin{aligned} V_B + v_s &= i_D R_1 + v_D + (I_D + i_{R2}) R_2 \\ &= (I_D + i_d) R_1 + (V_D + v_d) + \left[I_D + \left(\frac{R_L}{R_L + R_2} \right) i_d \right] R_2 \end{aligned}$$



شکل ۲.۲۲: دور کا یک سمت اور بدلتے ہے میں تقسیم

لکھا جائے گا جہاں دوسرے متد پر استعمال کیا گی۔ اس مساوات کو دو مساوات میں بیوں لکھا جا سکتا ہے۔

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

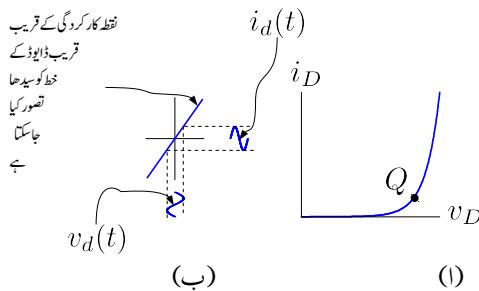
$$(2.30) \quad v_s = i_d R_1 + v_d + i_d \left(\frac{R_L R_2}{R_L + R_2} \right)$$

مندرجہ بالا مساوات کا پہلا جزو یک سمت خط بوجھ کی مساوات ہے جبکہ اس کا دوسرا جزو بدلتا رہ خط بوجھ کی مساوات ہے۔ شکل ۲.۲۰ کو شکل ۲.۲۲ میں دوبارہ لکھا گیا ہے جہاں اصل دور کے ساتھ ساتھ دو مزید دور کھائے گئے ہیں۔ شکل ۲.۲۲ ب میں صرف یک سمت منبع V_B استعمال کرتے ہوئے اصل دور کے وہ حصے دکھائے گئے ہیں جن میں یک سمت برقی رو I_D گزرتی ہے۔ اس میں کر خوف کے قانون برائے برقی دباؤ سے مساوات ۲.۲۹ کا پہلا جزو حاصل ہوتا ہے۔ اسی طرح شکل ۲.۲۲ پ میں صرف بدلتا منبع v_s استعمال کرتے ہوئے اصل دور کے وہ حصے شامل کئے گئے ہیں جن میں بدلتا برقی رو i_d گزرتی ہے۔ اس شکل میں ڈائیوڈ پر برقی دباؤ کو v_d لکھتے ہوئے اس بات کی وضاحت کی گئی ہے کہ ڈائیوڈ پر بدلتے برقی دباؤ کی بات کی جا رہی ہے۔ اس دور پر کر خوف کے قانون برائے برقی دباؤ سے مساوات ۲.۲۹ کا دوسرا جزو حاصل ہوتا ہے۔ بدلتا رد خط بوجھ کی مساوات میں ڈائیوڈ کا باریکے اشارات مزاحمت r_d استعمال کرتے ہوئے ہے اور بیوں اس خط سے i_d حاصل کیا جا سکتا ہے۔

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

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

اور $v_d = i_d r_d$ کے استعمال سے v_d حاصل کیا جا سکتا ہے۔
بیوں اصل شکل کو شکل ب اور شکل پ کے طرز پر بناتے ہوئے یک سمت اور بدلتا برقی رو (اور بدلتے برقی



شکل ۲.۳۳: ڈائیوڈ کے باریک اشارات کا حصول

دباو) باری باری حاصل کئے جاسکتے ہیں۔ یہ نہایت اہم اور عمومی ترکیب ہے جسے برقیات کے میدان میں عموماً استعمال کیا جاتا ہے۔ اس کتاب میں اس ترکیب کا بار بار استعمال کیا جاتا گا۔

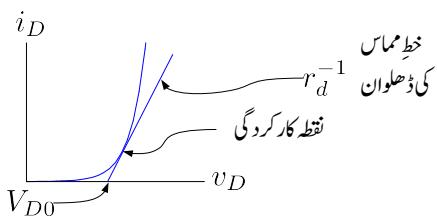
۲.۱۲.۲ باریک اشاراتی مزاجمت

تفیر پذیر دھنی برقی دباو میں باریک اشارات کو ظفر انداز کرتے ہوئے حاصل نقطہ مائل کو شکل ۲.۳۹ میں c سے ظاہر کیا گیا ہے۔ باریک اشارہ کی موجودگی میں یہ نقطہ تبدیل ہوتے ہوئے a اور b کے درمیان رہتا ہے۔ ان دو نقطوں کے مابین ڈائیوڈ کا خط تصریب آیکی سیدھی لکسیر کی مانند ہے۔^{۲۷} یاد رہے کہ مزاجمت کی برقی دباو بالقابل برقی روکاخط سیدھی لکسیر ہوتا ہے۔ اگر نقطہ c پر $i_d - v_d$ کا کادرتی محدود بنا جائے^{۲۸} اور گراف کو a سے b تک محدود کر دیا جائے تو اس نقطے میں ڈائیوڈ کے مصادوں کا گراف عام مزاجمت کا گراف معلوم ہوتا ہے۔ شکل ۲.۳۳ الف کے نقطہ کارکردگی Q کے تصریب فتریب 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 سچ اشاراتی محدود ($v_D - i_D$) جبکہ شکل ۲.۳۳ ب میں باریک اشاراتی محدود ($v_d - i_d$) استعمال کئے گئے ہیں۔ شکل ب میں یہ بھی دیکھتے ہیں کہ نقطہ کارکردگی پر ڈائیوڈ کے باریک اشاراتی مزاجمت r_d کو استعمال کرتے ہوئے ڈائیوڈ کے باریک اشاراتی برقی دباو $v_d(t)$ پر اس کے باریک اشاراتی برقی رو $i_d(t)$ کا خط بھی نہیں آسانی کے ساتھ حاصل کیا جاسکتا ہے۔ باریک اشارہ کی موجودگی میں ڈائیوڈ نقطے مائل کے فتریب فتریب رہے گا۔ یوں اگر نقطہ c کو (V_{DQ}, I_{DQ}) لکھا جائے تو نقطے a کو ($V_{DQ} + \Delta V_{DQ}, I_{DQ} - \Delta I_{DQ}$) لکھا جاسکتا ہے ($V_{DQ} - \Delta V_{DQ}, I_{DQ} + \Delta I_{DQ}$)

^{۲۷} ۲.۱۱.۲ میں دیکھا گیا کہ کسی بھی خط کے باریک ہے کو سیدھا تصور کیا جاسکتا ہے
^{۲۸} ۲.۱۱.۱ میں محدود 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 کوڈائیوڈ کا باریکے اشاراتی مزاحمت^۵ 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^۶ دکھایا گیا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ نقطہ کارکردگی پر خط مماس سے ڈائیوڈ کا باریکے اشاراتی مزاحمت r_d حاصل کیا جا سکتا ہے۔ آئندہ r_d کو چپ ڈائیوڈ کے سادت (یعنی سادت ۲.۷) کے خط مماس سے حاصل کریں۔ نقطہ کارکردگی پر چپ ڈائیوڈ کا خط مماس حاصل کرنے کی حراطر چپ ڈائیوڈ کی سادت کا تقریب^۷ 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^{۴۵}
tangent^{۴۶}
differentiation^{۴۷}

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۔

$$(2.35) \quad r_d = \left(\frac{di_D}{dv_D} \right)^{-1} \Big|_{I_{DQ}} = \frac{V_T}{I_{DQ}}$$

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 روپر باریک اشاراتی مزاحمت حاصل کریں۔
حل: مساوات ۲.۳۵ کے تحت $i_D = 15 \text{ mA}$ پر

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

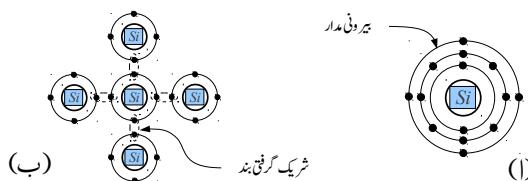
اور $i_D = 25 \mu\text{A}$

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

۲.۱۳ طبیعتِ نیم موصل اشیاء

ڈائیوڈ نیم موصل^{۸۸} مواد سے بنائے جاتے ہیں۔ اس حصہ میں نیم موصل اشیاء کی طبیعت پر خورکیا جائے گا۔ اگرچہ بر قیاتی پر زہ جبات جب مسینیم یا سیکان دونوں سے بنائے جا سکتے ہیں، حقیقت میں سیکان کی عمدہ خوبیوں کی بدولت بر قیاتی پر زہ جبات زیادہ تر سیکان سے ہی بنایا جاتا ہے۔ اسی وجہ سے اس کتاب میں صرف سیکان پر بحث کی جائے گی۔
کیئی دوڑھ جدول^{۸۹} کے چوتھے قطعہ یعنی چوتھے جماعت^{۸۰} میں کاربن C^{۸۱}، سیکان Si^{۸۲}، جب مسینیم Ge^{۸۳}

semiconductor^{۸۸}
periodic table^{۸۴}
group^{۸۰}
carbon^{۸۱}
silicon^{۸۴}



شکل ۲.۲۵: سیکان ایٹم اور سیکان فتلہ میں شریک گرفتی بند

^{۸۳} وغیرہ پائے جاتے ہیں۔ ان تمام عناظر ^{۸۳} کے ائمی نمونہ ^{۸۵} کے بیرونی مدار ^{۸۶} میں چار الیکٹران ^{۸۷} پائے جاتے ہیں۔ یوں ان کی کھیاں گرفتہ ^{۸۸} 4+ یا 4- مسکن ہے۔ اس جماعت کے عناظر میں کیسے گرفتہ بند ^{۸۹} بناتے ہیں۔ برقياتی پر زہ جات بنانے کی حفاظت 99.9999999 ^{۹۰} 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 باریکے مقدار میں، متفق اجزاء کی ملاوٹ ^{۹۰} کے اس کے موصلیت ^{۹۱} کو تبدیل کر کے اسے موصل بنایا جاتا ہے۔ اسی لئے سیکان کو نیم موصل ^{۹۲} پکارا جاتا ہے۔ وزن کے لحاظے میں کے بیرونی ٹھوس سطح کا 28% سیکان پر مشتمل ہے۔ عام ریت سیکان اور آرسین کا مسرکب SiO_2 ہے۔ سیکان کا ایٹمی عدد ^{۹۳} یا تقریباً عدد 14 ہے۔ یوں اس کے بیرونی مدار میں چار الیکٹران پائے جاتے ہیں۔ اس کے بیرونی مدار میں آٹھ الیکٹران پورا کرنے کی حفاظت یہ چار فتر بھی سیکان ایٹمی کے ساتھ شریک گرفتی بند بنانا کر سیکان کا قلم ^{۹۴} بناتا ہے۔ شکل ۲.۲۵ میں اس کی سادہ صورت دکھائی گئی ہے۔ حقیقتی صورت میں حرارت 0 K پر موجود سیکان کے فتلہ میں تمام شریک گرفتی بند 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 جگہ جگہ شریک گرفتی بند منقطع ہونا شروع ہو جاتے ہیں۔ شریک گرفتی بند میں قید الیکٹران اس بند کے ٹوٹنے سے آزاد ہو جاتا ہے۔ بند کے ٹوٹنے سے سیکٹران خارج ہو کر آزاد منفی بار کے طور سیکان میں حرارت کرتا ہے اور یوں یہ فتلہ کی موصلیت میں کروار ادا کرتا

germanium	^{۸۳}
elements	^{۸۳}
atomic model	^{۸۵}
shell	^{۸۱}
electrons	^{۸۲}
valency	^{۸۸}
covalent bond	^{۸۹}
doping	^{۹۰}
conductance	^{۹۱}
semiconductor	^{۹۲}
atomic number	^{۹۳}
crystal	^{۹۴}

ہے۔ اس طرح شریک گرفتی بند کی قید سے آزاد ہوا السیکران جواب سلیکان میں آزادی سے حرکت کر سکتا ہو کو آزاد الیکٹرون^{۹۵} یا مترکے الیکٹرون^{۹۶} کہتے ہیں۔ اسی طرح شریک گرفتی بند ٹونے کی وجہ سے السیکران کے اخراج سے اس مقام پر غالبہ غلاء رہ جاتا ہے اور یہاں موجود سلیکان کا ایم بیت با اختیار کر لیتا ہے۔ مثبت ایم بیت موجود شریک گرفتی بندوں سے السیکران کھینچ کی کوشش کرتا ہے اور کبھی کبھار ایسا کرنے میں کامیاب ہو جاتا ہے۔ یوں اس ایم کا بار دوسرے ایم کو مقتول ہو جاتا ہے اور ساتھ ہی ساتھ اس خلاء کا معتام بھی تبدیل ہو کر دوسرے ایم کے معتام پر مقتول ہو جاتا ہے۔ ایسا بار بار ہونے سے خلاء مسلسل بلکہ تبدیل کرتا ہے۔ خلاء اور بیت ایم کا معتام ایک ساتھ حرکت کرتے ہیں گیا کہ خلاء از خود بیت بار ہو۔ یوں سلیکان میں آزادی سے حرکت کرتے بیت خلاء کو آزاد خول^{۹۷} یا مترکے خول^{۹۸} کہتے ہیں۔ آزاد خول بالکل آزاد الیکٹرون کی طرح سلیکان کی موصلیت میں کردار ادا کرتا ہے۔ آزاد خول کا بار السیکران کے بارے کے برابر مسکن بیت ہوتا ہے۔

حرارت سے شریک گرفتی بند ٹونے کی وجہ سے پیدا آزاد الیکٹرون (مغلی بار) کو حرارتی الیکٹرون^{۹۹} جبکہ اس سے پیدا آزاد خول (بیت بار) کو حرارتی خول^{۱۰۰} بھی کہتے ہیں۔ چونکہ ایک شریک گرفتی بند ٹونے سے ایک آزاد السیکران اور ایک آزاد خول وجود میں آتے ہیں لہذا حرارتی السیکران اور حرارتی خول کی تعداد ہر صورت برابر ہتی ہے۔ حرارت سے پیدا السیکران اور خول کو اقلیتی الیکٹرون^{۱۰۱} اور اقلیتی خول^{۱۰۲} بھی کہتے ہیں۔ حرارت سے آزاد السیکران اور آزاد خول کے پیدائش کے عمل کو حرارتی پیدائش^{۱۰۳} کہتے ہیں۔ حرارت پیدائش کے شرح^{۱۰۴} کا انحصار درجہ حرارت پر ہے۔

آزاد السیکران اور آزاد خول سلیکان میں بالترتیب حرکت کرتے ہیں اور ایسا کرتے ہوئے کبھی کبھار آپس میں دوبارہ جبڑھ جاتے ہیں۔ ان کے جبڑھنے سے ایک آزاد السیکران اور ایک آزاد خول کا وجود حستم ہو جاتا ہے۔ اس عمل کو دوبارہ جو نما^{۱۰۵} جبکہ اس کی شرح کو دوبارہ جو نے کے شرح^{۱۰۶} کہتے ہیں۔ یہم جب حرارتی پیدائش کی شرح اور دوبارہ جبڑھنے کی شرح برابر ہو تو اس صورت کو حرارتی توازن^{۱۰۷} کہتے ہیں۔ یہم موصل اشیاء کی طبیعیات سے معلوم ہوتا ہے کہ حرارتی پیدائش سے پیدا آزاد السیکران کی تعدادی کثافت^{۱۰۸} یا آزاد خول کی تعدادی کثافت p کو مندرجہ ذیل مساوات سے حاصل کیا جاتا ہے۔

$$(2.38) \quad p_i^2 = n_i^2 = BT^3 e^{-\frac{E_\sigma}{kT}}$$

جبان

free electron ^{۹۵}
mobile electron ^{۹۶}
free hole ^{۹۷}
mobile hole ^{۹۸}
thermal electron ^{۹۹}
thermal hole ^{۱۰۰}
minority electrons ^{۱۰۱}
minority hole ^{۱۰۲}
thermal generation ^{۱۰۳}
thermal generation rate ^{۱۰۴}
recombination ^{۱۰۵}
recombination rate ^{۱۰۶}
number density ^{۱۰۷}

n_i حسراڑی اسیکٹر ان کی تعداد فی متر مربع سنجی میزہ ہے۔

p_i حسراڑی خول کی تعداد فی متر مربع سنجی میزہ ہے۔

B کی مقدار ہر عصہ کے لئے مختلف ہے۔ سیکان کے لئے اس کی قیمت 5.4×10^{31} ہے۔

T جتنی حسراڑت ہے۔ اس کی اکائی کیلو ان K ہے۔

k بولٹزمن کا مستقل $8.62 \times 10^{-5} \text{ eV/K}$

E_G یہ شریک گرفتی بند منقطع کرنے کے لئے درکار توatalی ہے جس کی قیمت سیکان کے لئے 1.12 eV ہے۔

یاد رہے کہ حسراڑی اسیکٹر ان اور حسراڑی خول کی تعداد اور کثافتیں برابر ہوتی ہیں۔ لیکن

(۲.۳۹)

$$n_i = p_i$$

۲.۱۴ منفی قلم کا نیم موصل

کیساںی دوڑی جدول کے پانچیں جماعت میں نائشووجن N ، فاسفورس P و غیرہ پائے جاتے ہیں۔ ان عنصر کے ایٹھوں کے بیرونی مدار میں پانچ اسیکٹر ان پائے جاتے ہیں۔ نائشووجن کو مثال بناتے دیکھتے ہیں کہ سیکان کے قسم میں ان عنصر کی، نہایت باریک مقدار میں، موجودگی کے کیا اثرات مرتباً ہوتے ہیں۔

سیکان کے قسم میں سیکان کے ایٹم ایک حناص ترتیب سے جائز ہوتے ہیں۔ سیکان کے قسم میں اصل کے جوانے والے ملاؤ نائشووجن کے ایٹھوں کی تعداد نہایت کم ہوتی ہے اور یوں نائشووجن کے ایٹھوں کی موجودگی کا قتلہ میں ایٹھوں کے ترتیب پر کوئی اثر نہیں ہوتا۔ شامل کے جوانے والے ملاؤ نائشووجن کے ایٹم قتلہ میں جگہ جگہ سیکان ایٹم کی جگہ لے کر قتلہ کا حصہ بن جاتے ہیں۔ شکل ۲.۳۶ میں نائشووجن کے ایٹم کو سیکان کے قسم میں بتے دکھایا گیا ہے۔ نائشووجن ایٹم کے بیرونی مدار میں موجود پانچ اسیکٹر انوں میں سے چار اسیکٹر ان قسم میں مستریب چار سیکان ایٹھوں کے ساتھ شریک گرفتی بند بنانے ہیں جبکہ پانچواں اسیکٹر ان فاتحہ جاتا ہے۔ اس فاتحہ اسیکٹر ان کا نائشووجن ایٹم کے ساتھ کمزور بند 10^8 ہوتا ہے جسے اسیکٹر ان کی حسراڑی توatalی جلد منقطع کر کے اسیکٹر ان کو آزاد کر دیتی ہے۔ اس طرح آزاد اسیکٹر ان قتلہ میں مکمل آزادی کے ساتھ حسرت کر سکتے ہیں جس سے قتلہ موصل ہو جاتا ہے۔ قتلہ میں نائشووجن ایٹھوں کی تعداد تبدیل کر کے اس کی موصیت پر فتاہ رکھا جاتا ہے۔ شکل ۲.۳۶ میں ایک آزاد اسیکٹر ان^۹ کو سیکان ایٹھوں کے مابین دکھایا گیا ہے۔ یوں اگر شامل کے گئے ملاؤ نائشووجن ایٹھوں کی تعداد اور کثافت N_D ایٹم فی متر مربع سنجی میزہ ہوتے اس سے پیدا آزاد اسیکٹر انوں کی کثافت n_{n0} تقریباً اتنی ہو گی لیکن

(۲.۳۰)

$$n_{n0} \approx N_D$$

bond¹⁰⁸
free electron¹⁰⁹

اس مسادات میں ساری 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 ساری توازن کی صورت میں آزاد اسیکٹران کی کثافت n_{n0} اور آزاد خود کی کثافت p_{n0} کے ضرب کا برابر اٹل ہوتا ہے یعنی

$$(2.31) \quad n_{n0} p_{n0} = n_i^2$$

جہاں کسی بھی درجہ ساریت پر n_i^2 کی قیمت مسادات ۲.۳۸ سے حاصل ہو گی۔ یوں مقنی نیم موصل سیکان میں آزاد خود کی 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 اکثریت الیکٹرونوں^{۱۰} کی کثافت شامل کے جوانے والے ملاوٹی ایٹموں کی تعداد پر منحصر ہے جبکہ اس میں اقلیت غول^{۱۱} کی کثافت درجہ ساریت پر منحصر ہے۔ مقنی نیم موصل میں آزاد اسیکٹران کی تعداد آزاد خود کی تعداد سے کئی درجہ زیادہ ہو گی۔

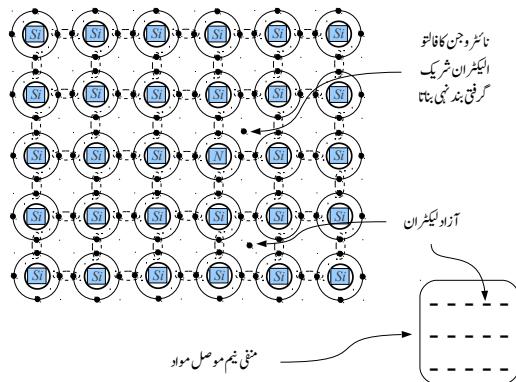
اس مثال میں نائشو جن کی شمولیت سے سیکان میں تحرک آزاد اسیکٹران یعنی متکرے منفی بار^{۱۲} نے موصلیت پیدا کی۔ ایسے سیکان کو منفی قسم کا نیم موصل یا منفی نیم موصل^{۱۳} کہتے ہیں۔ یوں مقنی نیم موصل تیر کرنے کی خاطر سیکان میں کیا تی وری جس دوں کے پانچیں جماعت کے عنابر طور ملاوٹ شامل کے جاتے ہیں۔ کسی بھی مکمل 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 بارکھت ہے۔ یوں اگرچہ قائم کا کل بار اب بھی صفر ہی ہے لیکن جس مدتام پر نائشو جن کا بثت ایٹم موجود ہوا سل معتام پر کل بار بثت ہو گا اور جس معتام 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 بارہ والے نائشو جن ایٹم پائے جاتے ہیں۔ یوں مقنی قسم کے نیم موصل قائم میں بثت بارہ کا کر 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 بندوب میں گیس کے ایٹم یا مائیکرول

حرکت کرتے ہیں۔ اسی درجہ سے آزاد اسیکٹران کو کبھی کہاں الیکٹرون گھیر^{۱۴} نہیں کہا جاتا ہے۔

ان دو اقسام کے باروں کا تذکرہ کرتے عسو ما کافر^{۱۵} بار^{۱۶} اور متکرے بار^{۱۷} کی بات کی جاتی ہے۔ یوں مقنی قسم کے نیم موصل مادے میں موصلیت صرف متکرے باروں کی وجہ سے پیدا ہوتی ہے۔ ساکن بار کا قائم کے موصلیت پیدا کرنے

majority electrons^{۱۰}
minority holes^{۱۱}
mobile negative charge^{۱۲}
 n -type semiconductor^{۱۳}
electron gas^{۱۴}
immobile charges^{۱۵}
mobile charges^{۱۶}



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 مشاہد ناشرو جن کی شمولیت سے پیدا آزاد ایکٹران کو اشتینکریکٹ ایکٹران^۷ بھی کہتے ہیں۔

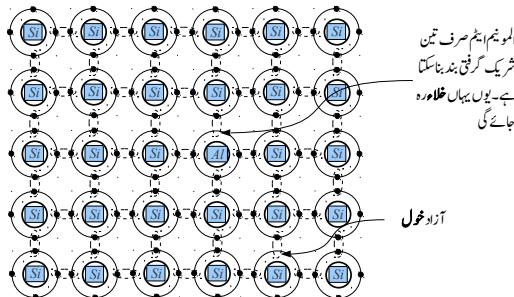
۲.۱۵۔ ثابت قلم کا نیم موصل

کیمیائی دوری جدول کے تیسرا جماعت میں بوران B، المونیم Al وغیرہ پائے جاتے ہیں جن کے بیرونی مدار میں صرف تین ایکٹران ہوتے ہیں۔ سیکان کے قلم میں اس جماعت کے عنصر کی شمولیت کے اثرات دیکھنے کی خاطر المونیم کی شمولیت کو مثال بناتے ہیں۔ سیکان کے قلم میں سیکان کے ایم ایکٹران اس ترتیب سے ہجڑے ہوتے ہیں۔ سیکان کے قلم میں ہطور ملاوٹ شامل کئے جانے والے المونیم ایٹوں کی تعداد بہت کم ہونے کی بنا پر یہ قلم میں ایٹوں کے ترتیب پر اضافہ نہیں ہوتے۔ شامل کئے جانے والے ملاوٹی المونیم کے ایٹم قلم میں جگ جگ سیکان ایٹم کی جگ لے کر قلم کا حصہ بن جاتے ہیں۔

شکل ۲.۲۷ میں المونیم کے ایٹم کو سیکان کے قلم میں بنتے دکھایا گیا ہے۔ قلم میں بنتے المونیم ایٹم کے بیرونی مدار میں موجود تین ایکٹران قلم میں ترتیب ترتیب سیکان ایٹوں کے ساتھ شریک گرفتی بند بنائیتے ہیں۔ المونیم ایٹم کے بیرونی مدار میں چوتھے ایکٹران کی عدم موجودگی کی بنا پر قلم ترتیب چوتھے سیکان ایٹم کے ساتھ شریک گرفتی بند بنانا ممکن نہیں ہوتا۔ یوں اس بند 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 قلم ترتیب کوئی شریک گرفتی بند مقطوع ہو جائے اور ہالے ایکٹران حnarج ہو جائے۔ حnarج شدہ ایکٹران بھٹکتا بھٹکتا المونیم کے قلم ترتیب خلاء کو پر کر کے بیساں شریک گرفتی بند کو جسم دیتا ہے۔ ایسا ہونے سے المونیم ایٹم منی بار اختیار کر

^۷ majority electrons



شکل ۲.۲۷: الموئم اینٹم فتل میں سلیکان اینٹم کی جگہ لیتا ہے

لیتا ہے جبکہ جہاں سے الیکٹران خارج ہوا اس مفتام پر مشتمل آزاد خول^{۱۸} رہ جاتا ہے۔ اس مبتہ آزاد خول کو خول الف کہتے ہوئے گفتگو آگے بڑھاتے ہیں۔ اسی طرح حرارتی توانائی نو پیدا خول الف کے قدریب کسی اور شریک گرفتہ بننے کے متعلق کے یہاں سے الیکٹران خارج کرتے ہوئے خول ب پیدا کرے گا اور خارج الیکٹران خول الف تک پہنچ کر اسے پر کر کے یہاں خول کے وجود کو حستم کر دے گا۔ اسی طرح خول پ پیدا ہونے سے خول ب پر ہو گا غنیرہ غنیرہ۔ یہ آزاد خول مسلسل جگہ تبدیل کرے گا جبکہ منفی الموئم اینٹم سا کن رہتا ہے۔ مسلسل حرارت پر مشتمل آزاد خول (آزاد خول) کی بدولت فتل کی موصلیت وجود میں آتی ہے جبکہ ساکن منفی پار (الموئم اینٹم) کا فتل کی موصلیت میں کوئی کردار نہیں۔ یہ مبتہ نیم موصل مواد میں برقی روکا ہے اور آزاد خول کے حرارت سے ہوتا ہے۔

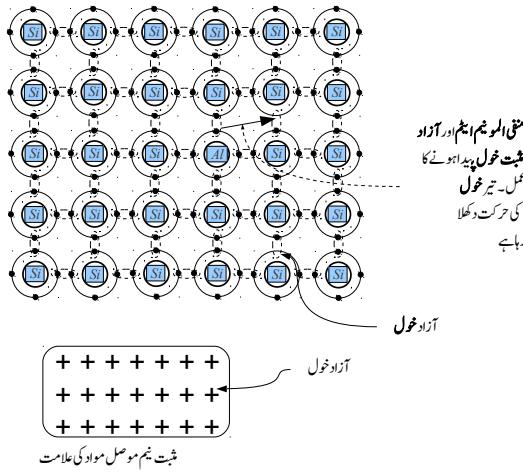
چونکہ اس طرح کے فتل میں خول بطور مبتہ بار کردار ادا کرتا ہے اور یہی موصلیت کو جسم دیتا ہے لہذا اسے مبتہ قسم کی نیم موصل مواد یا شبیت نیم موصل^{۱۹} کہتے ہیں۔ مبتہ نیم موصل مواد کو ظہر کرنا بھی شکل ۲.۲۸ میں دکھایا گیا ہے جہاں (+) آزاد خول کے وجود کو جاہرا گر کرتا ہے ناکہ گل برقی پار کو۔

اس طرح آزاد خول فتل میں مکمل آزادی کے ساتھ حرارت کر سکتے ہیں جس سے فتل موصل ہو جاتا ہے۔ فتل میں الموئم اینٹوں کی تعداد تبدیل کر کے اس کی موصلیت پر فوت یورکما حاصل جاتا ہے۔ آزاد خول نیم موصل مواد کے وجود میں بالکل اسی طرح حرارت کرتے ہیں جیسے بندوب میں گیس کے اینٹم یا مالکیوں حرارت کرتے ہیں۔ اسی وجہ سے آزاد خول کو کبھی کبھی رخول^{۲۰} بھی کہا جاتا ہے۔ سلیکان میں بسیروں مواد مثلاً Al کے شمولیت کے پیدا آزاد خول کا اکثریتی رخول^{۲۱} بھی کہتے ہیں۔ مبتہ نیم موصل سلیکان بننے والے وقت اگر اس میں شامل کئے جانے والے ملاؤنی اینٹوں کی کثافت N_A اینٹم فی مساحت سینئنی میٹر ہوتے اس میں حرارتی آزاد خول کو نظر انداز کرتے ہوئے اکثریتی آزاد خول کی کثافت p_{n0} بھی تقریباً اتنی ہو گی لیکن

(۲.۳۳)

$$p_{p0} = N_A$$

free hole^{۱۸}
p-type semiconductor^{۱۹}
hole gas^{۲۰}
majority holes^{۲۱}



شکل ۲.۲۸: آزاد خول کی حرکت اور ثابت نیم موصل مواد ظاہر کرنے کی علامت

جبکہ حسراحتی متوازن صورت میں اس میں آزاد الیکٹرونوں کی کثافت مساوات ۲.۲۹ کے تحت

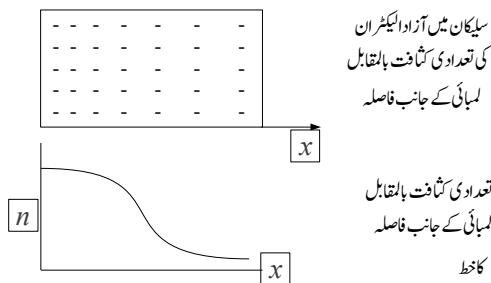
$$(2.29) \quad n_{p0} = \frac{n_i^2}{p_{p0}} \approx \frac{n_i^2}{N_A}$$

ہو گا۔ ثابت نیم موصل میں اکثریتی خول^{۱۲۲} کی کثافت شامل کئے جانے والے ملاوی اینجنوں کی تعداد پر منحصر ہے جبکہ اس میں اقلیتی الیکٹرونوں^{۱۲۳} کی کثافت درجہ سرارت پر منحصر ہے۔

۲.۱۶ مال برداری

آزاد الیکٹران اور آزاد خول^{۱۲۴} اور بہاؤ^{۱۲۵} کے ذریعہ سیکان میں حسراحت کر کے ایک متمام سے دوسرے متمام منتقل ہو سکتے ہیں۔ کائنات میں فتراتی مال برداری^{۱۲۶} ان دونوں طریقوں سے ہوتی ہے۔ پانی میں سیاہی کا پھیلاؤ اور دریا میں پانی کا بہاؤ انہیں کی بدولت ہے۔

majority holes ^{۱۲۷}
minority electrons ^{۱۲۸}
diffusion ^{۱۲۹}
drift ^{۱۲۵}
transportation ^{۱۲۶}



شکل ۲.۲۹: تعدادی کثافت میں ناہواری نفوذ پیدا کرتا ہے

۲.۱۶.۱ نفوذ

نفوذ سے مراد اسیکٹر ان اور خول کی وہ بلازتیب حرکت ہے جو حرارتی توانائی کی وجہ سے پیدا ہوتی ہے۔ سیکان میں آزاد اسیکٹر ان (آزاد خول) کی یہ سال تعدادی کثافت کی صورت میں آزاد اسیکٹر ان (آزاد خول) کے نفوذ سے بر قی رو پیدا نہیں ہوتی البتہ اگر کسی طرح آزاد اسیکٹر ان (یا آزاد خول) کی تعدادی کثافت ایک مفتام پر زیادہ کردی جائے تو اس صورت میں زیادہ تعدادی کثافت والے مفتام سے کم تعدادی کثافت کے مفتام کی جانب آزاد اسیکٹر انوں (خولوں کا) باؤ ہو گا جس سے بر قی رو کو نفوذ کر قی رو^{۱۴} کہتے ہیں۔ اس حقیقت کو شکل ۲.۲۹ کی مدد سے بہتر سمجھا جاسکتا ہے جہاں مندرجہ سیکان کے ایک سالاخ 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 والے جانب نفوذ کریں گے۔ اس طرح سالاخ میں روایتی بر قی رو کی سمت بائیں جانب ہو گی۔ پانی میں رنگ نفوذ کے ذریعہ حل ہوتا ہے۔ آزاد خول کے نفوذی بر قی رو کی مساوات شکل ۲.۵۰ کی مدد سے حاصل کرتے ہیں۔ شکل میں سیکان کی مثبت نیم موصل سالاخ دکھائی گئی ہے جس کا رقبہ عصودی تراش A ہے۔ شکل میں نقطہ الف پر آزاد خولوں کی تعدادی کثافت (p) جبکہ اس کے متريب Δp فاصلہ Δx پر نقطہ ب پر تعدادی کثافت $p + \Delta p$ ہے۔ ان دو نقطوں پر سالاخ کے چھوٹی سی لمبائی Δx میں کل خولوں کی تعداد $pA\Delta x$ اور $(p + \Delta p)A\Delta x$ ہو گی۔ یہ تصور کرتے ہیں کہ سالاخ میں خول صرف لمبائی کے جانب سرکت کرتے ہیں۔ اس طرح حصہ الف کے آدھے خول، یعنی $pA\Delta x/2$ ، بائیں جانب اور آدھے دائیں جانب سرکت کریں گے۔ اسی طرح حصہ ب کے آدھے خول، یعنی $(p + \Delta p)A\Delta x/2$ ، بائیں اور آدھے دائیں جانب سرکت کریں گے۔ یوں ان دونوں نقطوں کے درمیان نقطہ دار لکیر پر دائیں جانب گزرتے کل خولوں کی تعداد

$$\frac{pA\Delta x}{2} - \frac{(p + \Delta p)A\Delta x}{2} = -\frac{\Delta pA\Delta x}{2}$$

ہوگی۔ خول کے بار کو q لکھتے ہوئے اس لکیر سے دائیں جناب گزرتے کل بار کی مقدار کو یوں لکھا جاسکتا ہے۔

$$\Delta Q_p = -\frac{q \Delta p A \Delta x}{2}$$

I_p میں عمل میں آتی ہے۔ اس طرح ساخ میں بر ق رو = $\Delta Q_p / \Delta t$ ہوگی یعنی

$$I_p = \frac{\Delta Q_p}{\Delta t} = -\frac{q \Delta p A \Delta x}{2 \Delta t}$$

اس بر ق رو کی کثافت J_p کو یوں لکھا جاسکتا 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 جاسکتا 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

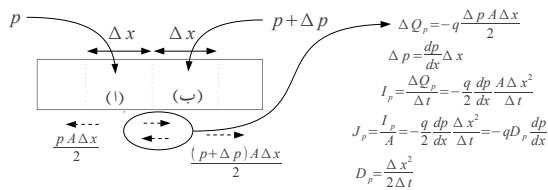
$$(2.39) \quad J_p = -q D_p \frac{dp}{dx}$$

یہ مساوات نفوذی بر ق رو کی کثافت یا لٹافٹ نفوذی رو^{۱۸} کو بیان کرتا ہے۔^{۱۹} جہاں

J_p آزاد خلوں سے پیدا نفوذی بر ق رو کی کثافت^{۲۰} ہے۔

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

diffusion current density^{۱۸}
نفوذ کے ذریعے مال برداری کے اس قسم کو افغان FickAdolf نے دریافت کیا
diffusion current density^{۱۹}



شکل ۲.۵۰: آزاد خول سے حاصل نفوذی برقی رو

D_p خول کے نفوذ کا مستقل^{۱۳۱} ہے۔ سیکان میں $s/m^2/s$ میں D_p کے برابر ہوتا ہے۔

p آزاد خول 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^{۱۳۲} ہے جس کی قیمت سیکان کے لئے $s/m^2/s$ میں $34 cm^2$ ہے۔

۲.۱۶.۲ بیاو

آزاد اسیکٹر ان اور آزاد خول کے حرکت کرنے کا دوسرا ذریعہ بہاؤ^{۱۳۳} ہے۔ بیاو سے پیدا برقی رو کو بہاد برقی رو^{۱۳۴} کہتے ہیں۔ اگر سیکان کے ایک سالانہ جس کی لمبائی L ہو، کے دوسروں کے مابین برقی رو کو V مہیا کی جائے تو اس سالانہ میں برقی اشتہ^{۱۳۵} E پیدا ہو گی جس کا

$$E = \frac{V}{L}$$

کے برابر ہے۔ برقی رو کی شدت آزاد اسیکٹر ان اور آزاد خول کو اس را دے گا۔ آزاد خول کا رفتار برقی شدت کی سمت میں جبکہ آزاد اسیکٹر ان کا رفتار اس کے الٹے سمت میں بڑھے گا۔ برقی شدت سے پیدا باروں کے رفتار کو رفلار بہاؤ^{۱۳۶} کہتے ہیں۔ آگے صرف آزاد اسیکٹر ان پر گفتگو کرتے ہیں اگرچہ یہ سب کچھ آزاد خول کے لئے بھی درست ہے۔ اس گفتگو میں آزاد اسیکٹر ان کو صرف اسیکٹر ان کہیں گے۔

hole's diffusion constant ^{۱۳۱}
electron's diffusion constant ^{۱۳۲}
drift ^{۱۳۳}
drift current ^{۱۳۴}
electric field intensity ^{۱۳۵}
drift speed ^{۱۳۶}

ایکٹر ان کی رفتار کے دو حصے ایں۔ ایک حصہ حسراتی رفتار ہے جبکہ دوسرا حصہ بیا و کی رفتار پر رفتار
بیا و ہے۔ اگر سیلیکان کے سلاخ میں ہر معتام پر حسرات یکساں ہوتے اس سلاخ میں حسراتی رفتار
کی اوسط قیمت پر برادر ہوگی۔ حسراتی رفتار بلا ترتیب ہے اور یوں سستی حسراتی رفتار کی اوسط قیمت صدر ہوتی
ہے۔ لہذا اس صورت میں سستی حسراتی رفتار کا سیلیکان میں برقی روپیدہ اکرنے میں کوئی کردار نہیں۔ اس
کے بر عکس ایکٹر ان کی سستی رفتار ہماوے^{۱۳۷} بر قی شدت کے الٹ سمت میں ہوتی ہے اور اس کی اوسط قیمت بر قی
شدت پر منحصر ہوتی ہے۔ یوں بر قی شدت کے موجودگی میں سیلیکان میں برقی دو سستی رفتار بیا و کے وجہ سے
ہوتی ہے۔ سستی رفتار بیا و پر اب گفتگو کرتے ہیں۔

برقی شدت کی وجہ سے حسرت کرتے بار وقت افوق تأسیکن ایٹوں کے ساتھ ٹکرائی تو انہی ضائع کر دیتے ہیں
اور ان کی لحاظی سستی رفتار ہماوے^{۱۳۸} صدر 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 کسی اوسط رفتار سے سیلیکان میں
برقی شدت کے الٹ سمت حسرت کرتے ہیں۔ اس اوسط سستی رفتار کو اوسط سستی رفتار ہماویا صرف سستی رفتار
ہماویکتہ 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 نیوٹن^{۱۳۹} کے مادت $F = m_n a$ 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

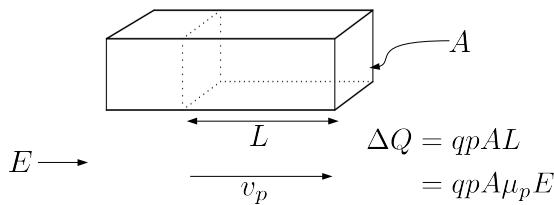
$$v_n = \frac{v_{t_n}}{2} = -\frac{qEt_n}{2m_n}$$

اس مادت 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^{۱۴۰} کہتے ہیں۔ اگر سستی رفتار بیا و کو $s/cm/s$ اور برقی شدت کو V/cm میں
ناپا جائے تو سیلیکان میں ایکٹر ان کی حرکت پذیری μ_n کی قیمت $1350 cm^2/Vs$ ہے۔ اسی طرح آزاد خول کے لئے

drift velocity ^{۱۴۷}
instantaneous drift velocity ^{۱۴۸}
Newton's law ^{۱۴۹}
electron mobility ^{۱۴۰}



شکل ۲.۵۲: برقی شدت سے برقی روکاپیدا ہونا

ہم لکھ سکتے ہیں۔

$$(2.52) \quad v_p = \mu_p E$$

جب اسیکان میں آزاد خول کی حرکت پذیری μ_p کی قیمت $480 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ کے لگ بھگ ہے۔ سیکان کے سطح پر حرکت پذیری کی قیمت گہرائی پر حرکت پذیری کے قیمت سے دس گناہکے کم ہو سکتی ہے۔ یہاں گہرائی پر الیکٹرون کی حرکت پذیری اور گہرائی پر غول کی حرکت پذیری کی بات کی گئی۔ شکل ۲.۵۲ میں مشتمل سیکان کا سلانخ دکھایا گیا ہے جس میں آزاد خول کی تعداد کثافت p فی مربع منٹی میسر ہے۔ اگر اس سلانخ میں برقی شدت E ہو تو اس میں آزاد خول کی سری رفتار v_p اسی سمت میں ہو گی۔ یہ ایک سینڈ میں آزاد خول اس سلانخ میں v_p منٹی میسر کافی صاف ہے کہ اس سلانخ کے لمبائی L کا حجم اور اتنے حجم میں $p \times A \times L$ آزاد خول ہوں گے۔ اس اتنے حجم میں کل آزاد بار $\Delta Q = qpAL$ ہو گا۔ اگر v_p منٹی میسر لمبائی کی بات کریں تو اتنے سلانخ میں موجود آزاد خول کا بارہ $\Delta Q = qpAv_p$ ہو گا۔ سلانخ کے دائیں جانب سچھے یوں ہر سینڈ $qpAv_p$ بارگزے گا اور یوں اس سلانخ میں برقی روکاپیدا I_p کی قیمت $qpAv_p$ ہو گی۔ اس برقی روکاپیدا کی ثابتت J_p

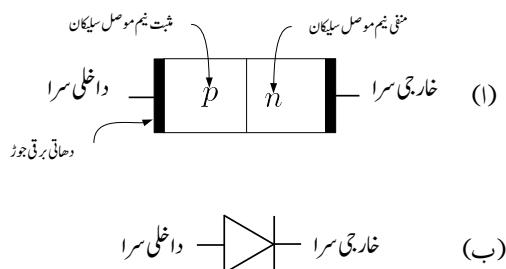
$$(2.53) \quad J_p = \frac{I_p}{A} = qp v_p = qp \mu_p E$$

ہو گا۔ باکل اسی طرح آزاد اسیکٹران کے لئے بھی مساوات لکھی جو سکتی ہے۔ آزاد اسیکٹران کے بار کو $(-q)$ لکھتے ہوئے چونکہ اس کے لئے $v_n = \mu_n E$ ہے لہذا آزاد اسیکٹران 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 اسیکٹران اور آزاد خول کے موجودگی میں برقی روکاپیدا باروں کی وجہ سے پیدا ہو گی اور یوں اس صورت میں ہم لکھ سکتے ہیں۔

$$(2.55) \quad J_\sigma = qn\mu_n E + qp\mu_p E = q(n\mu_n + p\mu_p)E$$



شکل ۷.۵۲: ڈائیوڈ کی بناؤ اور اس کی علامت

اس مساوات میں

$$(7.56) \quad \sigma = (n\mu_n + p\mu_p)$$

لختے سے اے یوں لکھا جاسکتا ہے۔

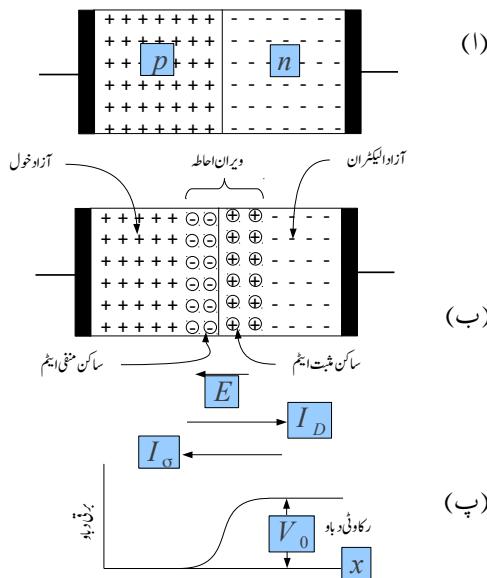
$$(7.57) \quad J_\sigma = q\sigma E$$

یہ مساوات بر قی ثابت کی بدولت یہاوسے پیدا بر قی رو کی مساوات ہے جس میں σ سیکان کے موصلیت کا مستقل^{۱۳۱} ہے۔ مساوات ۷.۵۷ در حقیقت قانون^{۱۳۲} اور ام^{۱۳۳} ہے۔

۷.۲. بثت اور منفی اقسام کے نیم موصل مواد کا ملابض

بثت نیم موصل مواد کے ملابض سے ڈائیوڈ جو دیگر میں آتا ہے۔ شکل ۷.۵۲ میں اس کی بناؤ اور علامت دکھائی گئی ہے۔ حقیقت میں ڈائیوڈ سیار کرتے وقت سیکان کی ایک ہی پستہی پر منفی اور بثت قسم کے نیم موصل احاطے ملا کر بنائے جاتے ہیں۔ تصور کریں کہ بثت نیم موصل اور منفی نیم موصل سیکان کو جوڑا جاتا ہے۔ اس وقت کا صورت حال شکل ۷.۵۳ میں دکھایا گیا ہے۔ غفوڑ کی وجہ سے بثت نیم موصل حصے سے آزاد خول منفی نیم موصل حصے کی جانب حرکت کریں گے اور اسی طرح منفی نیم موصل حصے سے آزاد الیکٹران بثت نیم موصل حصے کی جانب حرکت کریں گے۔ بثت نیم موصل حصے سے خلوں کے نکل جانے سے یہاں سرحد کے فتحیب سا کن منفی ایم نمودار یا بے پرده ہوں گے۔ اسی طرح منفی نیم موصل حصے سے الیکٹران کے نکل جانے سے یہاں سرحد کے فتحیب سا کن بثت ایم نمودار یا بے پرده ہوں گے۔ بثت نیم موصل حصے میں داخل الیکٹرانوں میں سے چند سرحد کے فتحیب آزاد خلوں سے مسل کر جنم ہو جائیں گے جبکہ بقیا اس حصے میں بطور اقلیتی بار اس

conductivity^{۱۳۱}
Ohm's law^{۱۳۲}



شکل ۲.۵۳: رکاوٹی برقی دباؤ

وقت تک بسیں گے جب تک یہ کسی خول کے ساتھ مل کر حستم نہ ہو جائیں۔ اسی طرح مخفی حصے میں داخل آزاد خلوں میں سے جنديں اس آزاد اسیکٹر انوں سے مل کر حستم ہو جائیں گے جبکہ بقیا اس حصے میں بطور اقلیتی بار اس وقت تک بسیں گے جب تک یہ کسی آزاد خول کے ساتھ مل کر حستم نہ ہو جائیں۔ یہ صورت حال شکل ۲.۵۳ ب میں دکھائی گئی ہے جہاں سکن ایٹم کو گول دائزے میں بند کیا گیا ہے۔ آزاد اسیکٹر انوں اور آزاد خلوں کے اس حسرت سے پیدا نہ فروزی برقی روکو I_D لکھتے ہیں جہاں یچے کرکے نہ فروز کے مسئلہ D لکھنے سے اس برقی روکی بطور نہ فروزی برقی روپ پہچان کی گئی ہے۔ یہ موصل سیکان از خود بے بار^{۱۳۴} ہوتا ہے۔ شکل ب کے دونوں جانب بے بار یہ موصل سیکان ہے جبکہ ان کے درمیانی سرحد پر بار بردار سکن ایٹم نہ موجود ہو چکے ہیں۔ اس درمیان نہ خطے کو ویران خطے کہتے ہیں۔ یہاں سرحد کے دامیں جانب مثبت ایٹم جبکہ اس کے باہم جانب منفی ایٹم موجود ہیں۔ آپ جانب ہیں کہ ایک جانب مثبت بار اور دوسرے جانب منفی بار کا وجود برقی شدتے E ^{۱۳۵} پیدا کرتا ہے اور ان کے مابین برقی دباؤ^{۱۳۶} V_0 پایا جاتا ہے۔ یہاں ویران نہ خطے میں برقی شدت E پایا جائے گا۔ اگر منفی یہ موصل حصے سے حسرتی تو انکی کی بدلتے حسرتے حسرتی کرتا آزاد خول^{۱۳۷} بھشتتا ہو اور ان نہ خطے میں داخل ہو

neutral^{۱۳۳}depletion region^{۱۳۴}electric field intensity^{۱۳۵}voltage^{۱۳۶}^{۱۳۴} یاد ہے کہ یہ موصل سیکان میں حسرتی توہاں کی بدلتے ہو وقتے حسرتی بار پیدا ہوتے رہتے ہیں۔

جسے تو اس پر برقی سخت کی وجہ سے برقی قوت $F = qE$ عمل کرے گی جو اسے بثت نیم موصل سے میں دھکیل دے گی۔ اسی طرح اگر بثت نیم موصل سے آزاد خول دیران خطے میں داخل ہو جائے تو اسے بھی بثت نیم موصل سے میں دھکیل دیا جاتا ہے۔

اگر بثت نیم موصل سے آزاد الیکٹران حسرا تی تو ان کی بدولت حسرا کت کرتا ہے اس نے خلے پیچے جسے تو اس پر برقی قوت $-qE = F$ عمل کر کے اسے منفی نیم موصل سے میں دھکیل دے گی۔ اسی طرح اگر منفی نیم موصل سے آزاد الیکٹران دیران خطے میں داخل ہو جائے تو اسے بھی منفی نیم موصل سے میں دھکیل دیا جاتا ہے۔

آپ دیکھ سکتے ہیں کہ یہ برقی سخت سے پیدا ہوا کا عمل ہے۔ اس عمل سے پیدا برقی رو I_B کو شکل میں دھکایا گیا ہے۔ چونکہ اس خطے میں کسی قوم کا آزاد بارزیا دیر نہیں ٹھہر سکتا اس لئے اسے ویران خط ^{۱۳۸} کہتے ہیں۔

برقی رو I_S کی مقدار کا دار و مدار حسرا تی تو ان کے حسرا کت کرتے آن آزاد الیکٹرانوں اور آزاد خولوں پر ہے جو دیران خطے میں بھک جائیں۔ اس کے بر عکس برقی رو I_D کی مقدار دو نوں نیم موصل خطوں میں شامل کئے گئے ملاوی ایٹھوں کی تعدادی کشافت اور کاولی برقی دباؤ V_0 پر ہے۔ یوں I_D کی مقدار V_0 بڑھنے سے کم ہوتی ہے۔

جس لمحہ بثت اور منفی نیم موصل سیکان کا آپس میں جو راحبے اس لمحے ^{۱۳۹} صرف I_D برقی روپائی جائے گی۔ جیسے دیران خطے کے حدود پر صیں گے دیے گئے اور V_0 کی مقدار ایس پر صیں گے اور یوں I_D کی مقدار بھٹکے گی جبکہ I_S کی مقدار بڑھے ^{۱۴۰} آگی۔ آحسن کاران دو قسموں کی برقی رو کی مقدار ایسی برابر ہو جائیں گی (یعنی $I_D = I_S$) اور نیم موصل جبڑا سیکان متوازن صورت اختیار کرے گا۔

متوازن صورت حال کے حصول کے بعد اگر کسی وجہ سے I_D کی قیمت بڑھ جائے تو اس سے مزید بار بردار ایٹھ نمودار ہوں گے جس سے E اور V_0 کی قیمت میں اضافہ ہو گا جس سے I_D کے اضافے کی روک مختام ہو گی اور ایک سرتباً دوبارہ متوازن صورت حال پیدا ہو گا۔ اس کے بر عکس اگر کسی وجہ سے I_D کی قیمت میں کمی آئے تو چونکہ I_S اسکلچا پاوا ^{۱۴۱} رہتا ہے لہذا بار بردار ایٹھوں کی تعداد میں کمی آئے گی جس سے E اور V_0 کی قیتوں میں کمی آئے گی۔ رکاوی دباؤ میں کی I_D کے گھنے کو روکے گی اور ایک سرتباً دوبارہ متوازن صورت حال پیدا ہو گا۔

شکل میں دھکایا برقی دباؤ V_0 نفوذ کے عمل کو روتا ہے۔ اسی لئے اسے رکاوی برقی دباؤ ^{۱۴۲} کہتے ہیں۔ سیکان میں رکاوی برقی دباؤ کی عموی قیمت 0.6 V تا 0.8 V رہتی ہے۔ اس کی اوسط قیمت کو عوام 0.7 V لیا جاتا ہے۔

مثال ۲.۱۲: اگر ڈائیوڈ کے سروں کے مابین برقی تار جوڑی جسے تو کیا رکاوی برقی دباؤ کی وجہ سے برقی تار میں برقی رو پیدا ہو گی؟ حل: ہرگز نہیں۔ اگر ایسا ممکن ہو تو ہم ڈائیوڈ سے لگاتار تو ان کا حاصل کر سکتے ہو تو جو کہ فتنوں برائے بقائے تو ان کی خلاف ہے۔

حقیقت میں ڈائیوڈ کے سروں پر نیم موصل اور دھلتی برقی تار کے جوڑ پر برقی دباؤ پیدا ہوتا ہے جو رکاوی برقی دباؤ کے عین

^{۱۳۸} depletion region: جو دیران خطے پر ایسیں ہو اوتا ہے اسی I_S صفر ہوتا ہے
^{۱۳۹} ایک سرتباً کی قیمت حسرا تی تو ان کے حسرا کت کرتے آزاد بارزوں کے دیران خطے میں بھٹکے پر مختصر ہے۔ دیران خطے کے حدود پر بڑھنے سے ایسا ہونے کے امکانات بڑھ جاتے ہیں۔
^{۱۴۰} اسیں دیران خطے کے حدود نہیں کم تبدیل ہوتے ہیں لہذا I_S کی قیمت کو غیر تغیر پذیر یعنی اٹل تصور کیا جاتا ہے۔

^{۱۴۱} اسیں دیران خطے کے حدود نہیں کم تبدیل ہوتے ہیں لہذا I_S کی قیمت کو غیر تغیر پذیر یعنی اٹل تصور کیا جاتا ہے۔
^{۱۴۲} blocking voltage:

برابر اور اس کے الٹے جواب ہوتا ہے۔ اس طرح بیرونی برقی تار میں برقی رو نہیں پیدا ہوتی۔ نیم موصل اور برقی تار کے جوڑ پر پیدا برقی دباؤ ان کے آپس میں چونے سے پیدا ہوتا ہے۔

مثال ۲.۱۳: رکاوٹی برقی دباؤ V_0 کو وولٹ میٹر^{۱۵۳} سے کیے نا جاتا ہے۔ حل: رکاوٹی برقی دباؤ کو وولٹ میٹر سے ناپنا ممکن نہیں۔ رکاوٹی برقی دباؤ ناچیتے وقت جیسے ہی میٹر کی برقی تاریں ڈائیوڈ کے سروں کو چھوتے ہیں، ان سروں پر برقی دباؤ پیدا ہوتا ہے جو رکاوٹی برقی دباؤ کے بالکل برابر اور اس کے الٹے سمت میں ہوتا ہے۔ یوں وولٹ میٹر صفر وولٹ جواب دیتا ہے۔

۲.۱۸ الٹامائل ڈائیوڈ

اٹھ ماکل ڈائیوڈ میں برقی رو نہیں گزرتی یعنی الٹامائل ڈائیوڈ **متفعل**^{۱۵۴} رہتا ہے۔ اس حقیقت پر اس حصہ میں غور کیا جائے گا۔ اٹھ ماکل ڈائیوڈ کی کارکردگی سمجھنا اس میں اٹھی جواب برقی رو پر غور کرنے سے زیادہ آسان ہوتا ہے۔ اٹھ ماکل ڈائیوڈ پر شکل ۲.۵۳ کی مدد سے غور کرتے ہیں جس ان بیرونی منبع برقی رو^{۱۵۵}، ڈائیوڈ میں اٹھی جواب برقی رو I گزارتا ہے۔ **مفعہ برقی رو** اس آلمہ کو کہتے ہیں جو در کار برقی رو مہیا کر سکے۔ تصویر کریں کہ I کی قیمت ڈائیوڈ کے اندر ورنی بہساوے پیدا برقی رو I_S سے کم ہے۔ عام حالات میں اٹھ ماکل 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۔

بیرونی ڈائیوڈ، برقی رو موصل تار میں الیکٹرانوں کی حرکت سے پیدا ہوتی ہے۔ برقی تار میں الیکٹران برقی رو I کے الٹے جواب حرکت کرتے ہیں۔ یوں شکل میں ڈائیوڈ کے دوینیں جواب یعنی اس کے منفی نیم موصل حصے سے آزاد الیکٹران نکل کر برقی تار میں داخل ہوتے ہیں جس سے اس خطے میں مزید ایٹم بے پرده یعنی بار بردار ہو کر ویران خطے کی لمبا بڑھاتے ہیں۔

ای طرح شکل میں ڈائیوڈ کے دوینیں جواب یعنی اس کے مثبت نیم موصل حصے میں برقی تارے الیکٹران بچتے ہیں۔ آزاد خول اس سرے کے جواب حرکت کر کے ان الیکٹرانوں کے ساتھ موصل کر ختم ہوتے ہیں۔ مثبت نیم موصل میں آزاد خولوں کے حناتے کی وجہ سے یہاں بار بردار ایٹموں کی تعداد بڑھتی ہے اور یہاں کے دیر ان خطے کا رقبہ بھی بڑھتا ہے۔

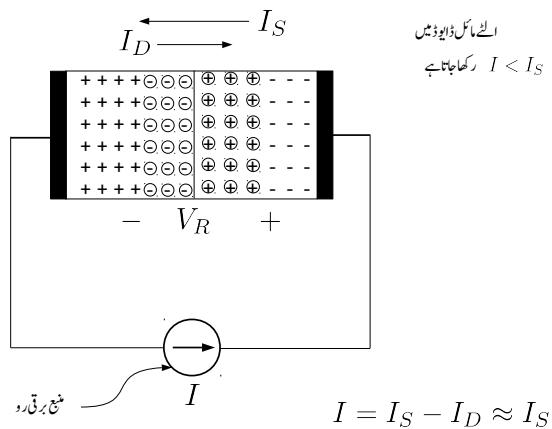
ڈائیوڈ میں ویران خطے کے بڑھنے سے رکاوٹی برقی دباؤ کی قیمت میں V_R کا اضافہ ہوتا ہے جس سے غزوی برقی رو I_D کی قیمت نہیں کم ہوتی ہے۔ یہ اضافی رکاوٹی برقی دباؤ یعنی V_R ڈائیوڈ کے سروں پر نمودار ہو جاتا ہے جسے وولٹ میٹر کی مدد سے نا جاتا ہے۔

کر خوف کے وسائلوں برائے برقی رو کے تحت

(۲.۵۸)

$$I = I_S - I_D$$

volt meter^{۱۵۳}
cut off^{۱۵۳}
current source^{۱۵۵}



شکل ۲.۵۲: الٹا مائل ڈائیوڈ

اگر I_D کی قیمت نہیات کم ہو جائے، جیسا کہ عسوماً ہوتا ہے، تو اس صورت میں اس مساوات کو یوں لکھ سکتے ہیں۔

(۲.۵۹)

$$I \approx I_S$$

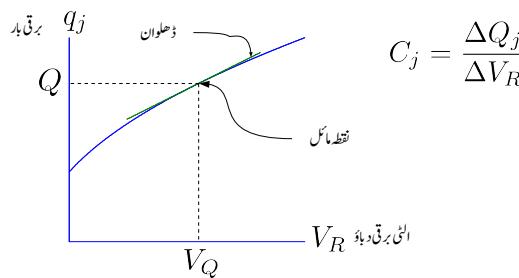
اس مساوات کے تحت اگلے مائل ڈائیوڈ میں الٹی جناب برقی روکی قیمت I_S کے برابر ہوتی ہے۔ مساوات ۲.۳ میں کہتا ہے۔ I_S کی قیمت نہیات کم ہوتی ہے اور اسے عسوماً صفر تصور کیا جاتا ہے۔ یوں ڈائیوڈ کو الٹا مائل کرنے سے اس میں الٹی جناب لمحاتی برقی روکی گزرتی ہے جو رکاوٹی برقی دباؤ کو تیزی سے اتنا بڑھادیتا ہے کہ ڈائیوڈ میں صرف I_S کے برابر برقی درجہ جبائے۔ آپ نے دیکھا کہ اگر منبع برقی دباؤ^{۱۵۸} کے ذریعے ڈائیوڈ کو الٹا مائل کیا جائے تو جب تک اگلے برقی دباؤ کی قیمت ڈائیوڈ کے برداشت کی حد سے تجاوز نہ کر جائے اس وقت تک ڈائیوڈ میں الٹی جناب صرف I_S برقی روگزرا گی جو کہ ایک نہیات کم محدود ہے۔ اس لئے اگلے مائل ڈائیوڈ کو منقطع^{۱۵۹} تصور کیا جاتا ہے۔ یہاں یہ بتانا ضروری ہے کہ حقیقت میں اگلے مائل ڈائیوڈ میں I_S سے کئی گستاخ زیادہ برقی روگزرتی ہے اور اس کی قیمت درحقیقت اگلے لاگو برقی دباؤ پر مختصہ ہوتی ہے۔ اس کی وجہ یہ ہے کہ اوپر دیا گیا نظر یہ حقیقی حالات کا ایک سادہ نمونہ ہے جو اگلے مائل صورت کی پیچیدگیاں نظر 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 روگزرا سکتا ہے۔ چونکہ حقیقت میں الٹی جناب گزرتی برقی روکی قیمت بھی نہیات کم ہوتی ہے لہذا اگلے مائل ڈائیوڈ کو منقطع ہی تصور کیا جاتا ہے۔

^{۱۵۶} میں کہتے برداشتیں الٹی جناب کو اس ہے گزرتی برقی الٹی میں ڈائیوڈ کے دورانیے جس

^{۱۵۷} reverse recovery time

^{۱۵۸} voltage source

^{۱۵۹} cut off



شکل ۲.۵۵: بار بال مقابل الشامائیل ڈائیوڈ بطور کپیسٹر

۲.۱۸.۱ الشامائیل ڈائیوڈ بطور کپیسٹر

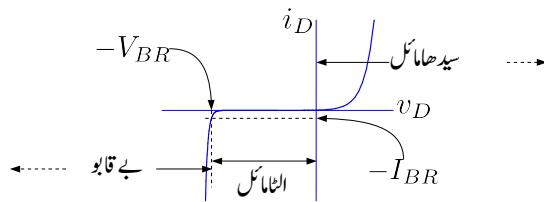
آپ نے دیکھا کہ ڈائیوڈ میں جوڑ کے ایک جہانب مثبت ایٹم اور دوسری جہانب منفی ایٹم نمودار ہو جاتے ہیں۔ یوں جوڑ کے ایک جہانب ویران نظر میں ثابت ہر (+q) اور دوسری جہانب ویران نظر میں اس کے برابر مگر منفی بار یعنی (-q) پیدا ہوتا ہے۔ ان دونوں جہانب کے درمیان رکاوٹی برقی باد V_0 پیدا ہوتا ہے۔ اگر ڈائیوڈ پر الٹی برقی باد V_R باہر سے لਾ گئی جب تے تو مزید بار بردار ایٹم نمودار ہوتے ہیں جس سے جوڑ کے دونوں جہانب بار کی مقدار بڑھ جاتی ہے اور رکاوٹی برقی باد میں V_R کا اضافہ ہو جاتا ہے۔ جوڑ پر بار q اور بیسروٹی برقی باد V_R کا خط شکل ۲.۵۵ میں دکھایا گیا ہے۔ یہاں ایک لمحہ رک کر غور کریں کہ کیا ویران نظر کے دونوں جہانب بار کے تہہ اور ان کے مابین رکاوٹی برقی باد ایک کپیسٹر ۱۶۰ انجیں ہن جاتے۔ یقیناً ایسا ہی ہے۔ آپ کپیسٹر کی مساوات

$$(2.20) \quad Q = CV$$

سے بخوبی آشنہ ہوں گے۔ اس مساوات میں برقی باد اور بار خلی تعلق رکھتا ہے اور مساوات کا مستقل یعنی C کپیسٹر کی قیمت ہے۔ شکل ۲.۵۵ میں برقی باد اور بار کا تعلق متر مختلف ہے۔ اس خط پر کسی بھی نقطہ پر C_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 کپیسٹر کی قیمت درحقیقت اس نقطہ پر خط کے ڈھلوان کے برابر ہوتا ہے۔ یوں اس خط کی مدد سے کسی بھی نقطہ پر ڈائیوڈ کی کپیسٹس حاصل کرنے کی حنا طریقہ اس نقطہ پر ماس کا خط بنائیں اور اس خط کی ڈھلوان حاصل کریں۔ یہی ڈائیوڈ کی کپیسٹس ہو گی۔ ڈائیوڈ کی کپیسٹس C_j کی قیمت مساوات ۲.۲۲ سے بھی حاصل کی جا سکتی 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 کپیشنز یا ڈیکمینٹر^{۱۱۱} کہتے ہیں۔

سیدھے مالک ڈائیوڈ کی اٹی کپیشنز 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 مالکا بلکہ برداشت برقی دباؤ^{۱۱۲} 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 قوہ^{۱۱۳} کی وجہ سے یا پھر زینز اٹر^{۱۱۴} سے ڈائیوڈ میں کیدم بے فتا برقی روگزرنگ اسکتا 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

^{۱۱۱} junction capacitance^{۱۱۲} break down voltage^{۱۱۳} avalanche^{۱۱۴} کلارنس میل و ان زینز ZenerMelvinClarence نے زینز ڈائیوڈ کیجاد 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 بڑھے گی جس سے ڈائیوڈ میں الٹی جانب بے قت بربوت رو گز رے گی۔ یہ تمام بالکل بر فنا توانہ گرنے کی طرح کام عمل ہے اور اسی لئے اس عمل کو بے قابل بوجہ قوہ^{۱۹۵} 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 کھیچ سے ہی الیکٹران ایٹھوں سے جدابہ سکیں تو اس برقی دباؤ پر یکم الٹی جانب بے قت بربوت رو گز رے گی۔ اس طرح الٹی جانب برقی رو گزارنے والے ڈائیوڈ کو زینر ڈائیوڈ^{۱۹۶} کہتے ہیں اور اس برقی دباؤ V_Z کو زینر برقی دباؤ^{۱۹۷} کہتے ہیں۔ زینر ڈائیوڈ کے خطے کے بے قت ابو حصے کی ذہلوان انتہائی زیادہ ہوتی ہے۔ زینر ڈائیوڈ اس کے عمل اولاد 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 تودہ کے عمل کی نشانی ہوتی ہے جبکہ سات ولٹ سے زیادہ برقی دباؤ پر بے قت ابو ہونا تودہ کے عمل کی نشانی ہوتی ہے۔ پانچ تا سات ولٹ کے مابین بے قت ابو ہونا زینر اور تودہ دونوں کی وجہ سے ممکن ہوتا ہے۔

۲.۱۹ زینر برقی دباؤ بالمقابل درجہ حرارت

تقریباً V_7 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 C° ۱ بڑھانے سے $7V$ زینر ڈائیوڈ کی زینر برقی دباؤ $7.07V$ ہو جائے گا۔

۲.۲۰ سیدھا مائل ڈائیوڈ

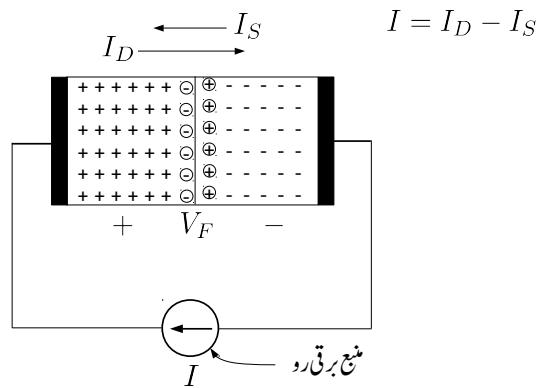
سیدھے مائل چال ڈائیوڈ پر شکل ۲.۵ کی مدد سے غور کرتے ہیں جہاں ڈائیوڈ کو بیرونی مٹھ برچھ رو^{۱۹۸} کی مدد سے I فسراہم کی گئی ہے۔ بیرونی برقی رو I، ڈائیوڈ کے دونوں سروں پر اکثریت بار فسراہم کرتی ہے لیکن منفی نیم موصل خطے کی مدد سے اسی میں مثبت ایٹھوں کے ساتھ مسل کرنا ہمیں بے بار بستاتے ہیں جبکہ مثبت نیم موصل خطے میں میں ہمیں کردہ آزاد خول اس جانب ویران خطے میں منفی ایٹھوں کے ساتھ مسل کرنا ہمیں بے بار بستاتے ہیں۔ یوں ویران خطے کی لمبائی کم ہو جاتی ہے اور یہاں کی رکاوٹی برقی

avalanche breakdown^{۱۹۵}

zener diode^{۱۹۶}

zener voltage^{۱۹۷}

current source^{۱۹۸}



شکل ۲.۵۷: سیدھا مائل ڈائیوڈ

دباو کی قیمت بھی کم ہو جاتی ہے۔ رکاوٹی برقی دباو کی قیمت کم ہونے سے نفوذی برقی رو I_D میں اضافہ ہوتا ہے۔ کرخونے کے مساوات برقی رو کے مطابق یہ

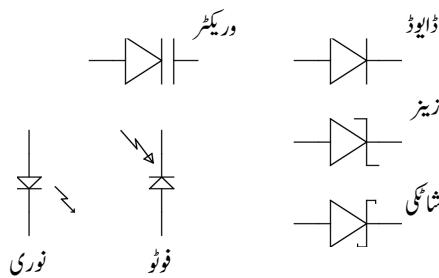
$$(2.23) \quad I = I_D - I_S$$

ہو گا۔ سیدھے مائل ڈائیوڈ کی رکاوٹی برقی دباو میں V_F ولٹ کی کمی آتی ہے۔ یہ برقی دباو یعنی V_F ڈائیوڈ کے سروں پر نمودار ہوتا ہے جسے ولٹی میٹر^{۱۹۴} کی مدد سے نیا چاہتا ہے۔ V_F تاپے وقت ڈائیوڈ کا شہت نہیں موصل سر ازیادہ برقی دباو پر ہوتا ہے۔ اسی طرح اگر ڈائیوڈ کو منع برقی دباو V_F سے سیدھا مائل کیا جائے تو ڈائیوڈ کی اندرونی رکاوٹی برقی دباو میں V_F ولٹ کی کمی پیدا ہو گی اور اس میں مساوات ۲.۶۲ کے تجھے برقی رو گزرا گی۔

۲.۲۰.۱ سیدھے مائل ڈائیوڈ کی نفوذی کپیسٹنس

حصہ ۱.۱۸ میں ائمہ مائل ڈائیوڈ کے دیران خطے کی دونوں جانب باروں کے جمع ہونے سے پیدا کیا جاتا ہے کیا جس کی پیسٹنس پر غور کیا گی۔ آخوند 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^{۱۹۵} کا کہا جائے گا۔ آپ حبانتے 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 طور پر اسکینڈ ہوتا ہے اور

^{۱۹۴} volt meter
^{۱۹۵} diffusion capacitance



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 مستناسب 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۔ کیمنس یہ کیمنس ہے جو بلند تر تعداد کی حد تعین کرتا ہے۔ استعمال کرتے تیز رفتار عددی اداروں میں یہ کیمنس ہے جو بلند تر تعداد کی حد تعین 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 کا نام شاگنی ڈائیوڈ ہے۔ ڈائیوڈ کے علامت میں انگریزی حروف تھجی S کی شمولیت سے رشاگنی ڈائیوڈ کی علامت حاصل ہوتی ہے۔ رشاگنی ڈائیوڈ مخفی نیم موصل اور دھات مسئلہ پاٹیجمن 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 دباد کے pn ڈائیوڈ کے درامیہ کے کئی درجے کہے۔ اس طرح $I_D = 1 \text{ ms}$ پر شاکلی ڈائیوڈ کا خوفزدہ کپیٹر مسافت 10 ps سے 2.22 ms تک ہوتا ہے جو کہ $C_d = 0.4 \text{ pF}$ حاصل ہوتا ہے۔

ان ڈائیوڈ میں نہایت کم بارہ ذخیرہ ہوتا ہے۔ یوں انہیں انتہائی تیزی سے سیدھے مائل ہپا لو حوال سے ائے مائل منقطع حوال یا ائے مائل منقطع حوال سے سیدھے مائل ہپا لو حوال میں لایا جا سکتا ہے۔ نہایت بلند تعداد پر چلنے والے ادوار میں ان کا استعمال عام ہے۔

یہاں یہ بتانا ضروری ہے کہ نیم موصل اور دھات کا ہر جوڑ شاکلی ڈائیوڈ نہیں بناتا۔ کسی بھی ڈائیوڈ کو استعمال کرنے کی خطا اس کے سروں پر دھاتی برقی تار جوڑ جاتا ہے۔ ایسے جوڑ جہاں شاکلی ڈائیوڈ پیدا نہیں ہوتا کو مرزا گھٹٹو جوڑ^{۱۴۳} کہتے ہیں۔ مرزا گھٹٹو 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 الٹ مائل کرنے والے برقی دباد V_R پر مخصوص ہے۔ یوں V_R تبدیل کر کے C_z کی قیمت تبدیل کی جاسکتی ہے۔ یوں الٹ مائل ڈائیوڈ بطور فتاہ تبدیل کیسٹر کے استعمال کیا جا سکتا ہے جس میں ریڈیو کو کسی چیز سے پریوں 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 تجباٹش کا زیادہ سے زیادہ رکھا جاتا ہے۔ ان ڈائیوڈ کو وریکٹر ڈائیوڈ^{۱۴۴} 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 مثبت۔ منفی جوڑ پر روشنی چکانے سے ویران خطے میں ضایافی ذرے یعنی فوٹون^{۱۴۵} شرکیے گرفتہ ہندے ہو تو توڑ کر آزاد الیکٹران اور آزاد خول پیدا کرتے ہیں۔ ویران خطے میں برقی شدت ان باروں کو یہاں سے باہر نکال جاتے ہیں۔ یوں ڈائیوڈ میں ائے رنگ برقی رو گزرتی ہے۔ ایسے ڈائیوڈ کو شرکیے ڈائیوڈ^{۱۴۶} یا فوٹو ڈائیوڈ کارا جاتا ہے۔ فوٹو ڈائیوڈ کو بطور شرکیے چادر^{۱۴۷} 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 ہند توڑتا ہے۔ یوں روشنی کی شدت بڑھا کر زیادہ آزاد بار پیدا کئے جا سکتے ہیں۔

ohmic contact^{۱۴۸}

varactor diode^{۱۴۵}

photon^{۱۴۶}

covalent bond^{۱۴۷}

photo diode^{۱۴۸}

solar panel^{۱۴۹}



شکل ۲.۵۹: ضیائی وابستہ کار اور ضیائی ذرائع ابلاغ

۲.۲۱.۳ نوری ڈائیوڈ

فوٹو ڈائیوڈ کے بر عکس نوری ڈائیوڈ^{۱۸۰} میں جب سیدھے رخ بر قی رو گزاری جبائے تو بازوں کے ملاپ سے روشنی پیدا کی جاسکتی ہے۔ ایک الیکٹران اور ایک خول کے ملاپ سے ایک فوٹان وجود میں آتا ہے۔ یوں بر قی روکے بڑھانے سے پیدا رہنی کی شدت بڑھتی ہے۔ اس کی علامت میں تیر دال لکیس سے روشنی حناج کرنے کا عمل دکھ کر پچھان کی جاتی ہے۔

۲.۲۱.۴ ضیائی وابستہ کار

شکل ۲.۵۹ الف میں ضیائی وابستہ کار^{۱۸۱} دکھایا گیا ہے جسے نوری ڈائیوڈ اور شمی ڈائیوڈ کو ایک ہی ڈبلے میں یوں بند کرتے بنایا گیا ہے کہ نوری ڈائیوڈ سے حناج شعاعیں شمی ڈائیوڈ پر پڑیں۔ یوں اگر ضیائی وابستہ کار کے بالائی جانب نوری ڈائیوڈ میں بر قی رو گزاری جبائے تو اس کے دائیں جانب شمی 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 جانب سے دوسری جانب بر قی اشارہ منقطع کیا جاتا ہے۔ اس آر کو ایسے معمتمات پر استعمال کیا جاتا ہے جہاں دو دوار کو بر قی طور پر منقطع رکھتے ہوئے ان کے مابین معلومات کی ترسیل کی ضرورت ہو۔

ضیائی وابستہ کار کے استعمال سے دو دوار کے مابین بر قی شور^{۱۸۲} کے منتقلی کو رونے میں مدد ملتی ہے۔ اس کا استعمال عددی دوار^{۱۸۳} کے علاوہ قدر^{۱۸۴} میں بھی بہت اہم ہے جہاں پانچ دوار پر چلنے والے مختلط 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 جھوٹکا لگتے کے امکانات کو ختم کیا جاتا ہے۔

۲.۲۱.۵ ضیائی ذرائع ابلاغ

شکل ۲.۵۹ ب میں ضیائی ذرائع ابلاغ^{۱۸۵} کا نظم دکھایا گیا ہے جس کی کارکردگی کچھ یوں ہے۔ نوری ڈائیوڈ اور شمی ڈائیوڈ کے مابین شیش ریشہ^{۱۸۶} یوں نسب کیا جاتا ہے کہ نوری ڈائیوڈ سے حناج شعاعیں شیش ریشہ میں داخل ہوں

light emitting diode LED ^{۱۸۰}
optocoupler ^{۱۸۱}
electrical noise ^{۱۸۲}
digital circuits ^{۱۸۳}
power electronics ^{۱۸۴}
optical communication ^{۱۸۵}
optical cable ^{۱۸۶}

اور شیش ریٹھ کے دوسرے سرے سے خارج ہوتی شعاعیں شمی ڈائیڈ پر پڑیں۔ یوں ایک جناب نوری ڈائیڈ میں برقی روگزارنے سے تار کے دوسری جناب برقی دباؤ حاصل ہوتا ہے۔ اس نظم کو استعمال کرتے ہوئے ایک مفتام سے دوسرے مفتام اشارہ بھیجا جاتا ہے۔ موجودہ نظام ابلاغ اسی پر مختص 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 اصل بنانے سے پہلے اس کا ریاضی نمونہ^{۱۸۷} تیار کیا جاتا ہے۔ اس ریاضی نمونے پر مختلف تجربے کئے جاتے ہیں۔ ان تجربات کے نتائج کو مد نظر رکھتے ہوئے فیروائیں کو بہتر بنایا جاتا ہے اور صرف اس وقت اصل تیار کیا جاتا ہے جب ڈیزائن کامیاب ثابت ہو۔ موجودہ دور میں کپیوٹر کا استعمال اس پہلو سے نہایت اہم ہے۔ یہاں یہ بستانا ضروری ہے کہ انجینئرنگ مفتاہت کے بغیر، کپیوٹر کے ریاضی نمونے استعمال کرتے کبھی بھی کوئی چیز تیر نہیں کی جا سکتی۔ کپیوٹر صرف ایک آلهہ ہے اور اس سے حاصل جوابات کی اہمیت کپیوٹر استعمال کرنے والے کی قابلیت پر مختص ہے۔

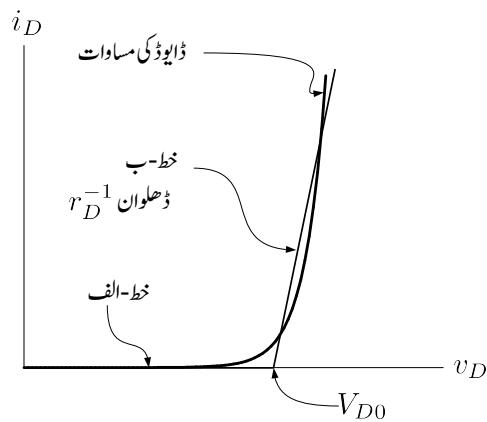
۲.۲۲.۱ سیدھے خطوط کا ریاضی نمونہ

ڈائیڈ کی برقی دباؤ ڈائیڈ کی مساوات سے حاصل کی جا سکتی ہے۔ عموماً اوقات ہمیں عصموی جوابات مطلوب ہوتے ہیں اور ہم اس مساوات کو حل 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

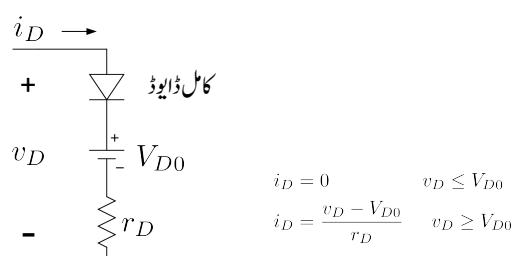
$$(2.27) \quad i_D = \begin{cases} 0 & v_D < V_{D0} \\ \frac{v_D - V_{D0}}{r_D} & v_D \geq V_{D0} \end{cases}$$

اور ان مساوات سے شکل ۲.۲۱ میں دکھایا و سچے اشاراتی سیدھے خطوط کا ریاضی نمونہ^{۱۸۸} حاصل ہوتا ہے۔ ڈائیڈ کے سچے اشاراتی سیدھے خطوط کے ریاضی نمونے کو استعمال کرتے ہوئے i_D اور v_D کے تقریباً درست جوابات و سچے حدود کے اندر حاصل کئے جا سکتے ہیں۔ بعض اوقات ہمیں کسی ایک نقطے کے متريک و ترتيب رتبتے ہوئے زیادہ درست جواب درکار ہوتا ہے۔ شکل ۲.۲۲ الف میں اس نقطے Q پر ڈائیڈ کی مساوات کا خط ماسن دکھایا گی

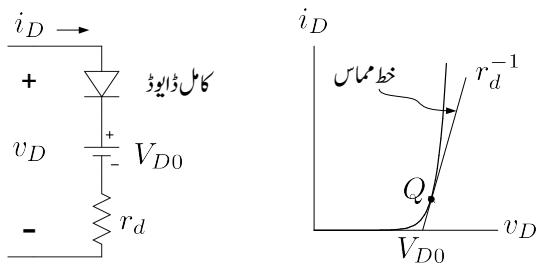
mathematical model^{۱۸۶}
piece wise linear model^{۱۸۸}



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^{۱۸۹} 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۔

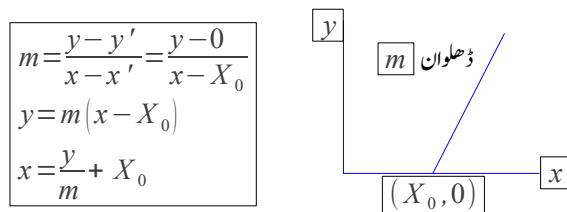
$$m = \frac{y - 0}{x - X_0}$$

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

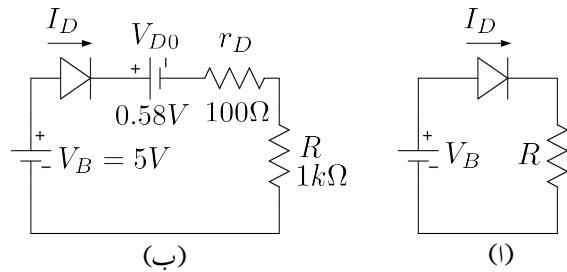
$$V_D = V_{D0} + I_D r_D = 0.58 + 4.018 \times 10^{-3} \times 100 = 0.9818\text{ V}$$

حاصل ہوتا ہے۔

۲.۲۲.۲ کامل ڈائیوڈ ریاضی نمونہ

مندرجہ بالا ریاضی نمونوں میں سیدھے مائل ڈائیوڈ پر بر قی دباؤ v_D کو مختلف طریقوں سے پیش کیا گی۔ عموماً دور میں مختلف بر قی دباؤ کی قیمتیں v_D سے کمی 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 کا 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 ۲.۶۲: سیدھے خطوط ڈائیاگریاضی نمونے کی مثال

حل: سپھے 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 ڈائیوڈ 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۔

۲۴۲۰۳ ڈاپوڈ کاپسٹ تعداد باریک اشاراتی ریاضی نمونہ

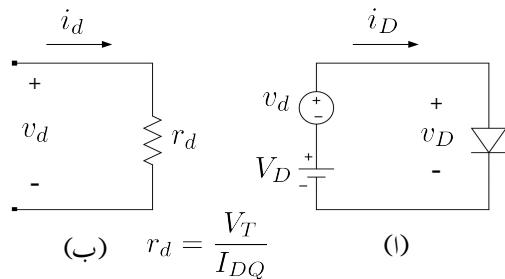
حصہ ۲.۱۲ میں باریکے اشاراتی مساحت v_d پر تذکرہ کیا گی۔ اس حصے میں اس پر مزید غور کیا جائے گا۔ شکل ۲.۲۵ میں V_D ڈائیوڈ کا نقطہ کار کر دی گی تینیں کرتا ہے جبکہ v_d باریکے اشارہ ہے۔ یوں کسی بھی لمحے ڈائیوڈ پر کل برقراری دیا جائے گا۔

$$(2.19) \quad v_D = V_D + v_d$$

ہو گا اور اس میں بر قی رو

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

وہی۔ اور I_D کے سمت مقداریں ہیں۔ دراصل یہ V_{DO} اور I_{DO} ہی ہیں۔ صفر اس تارہ لینی $V = 0$ کی ہوگی۔



شکل ۲.۲۵: پست تحدیداریکے اشاراتی ریاضی نوٹ

صورت میں $v_D = V_D$ ہو گا اور ڈائیوڈ کی مسادات سے

$$(2.21) \quad i_D = I_S e^{\frac{V_D}{V_T}} = I_{DQ}$$

حاصل ہوتا ہے۔ بدلتے اشارہ کی موجودگی میں ڈائیوڈ کی مسادات کو یوں لکھ سکتے ہیں۔

$$(2.22) \quad i_D \approx I_S e^{\frac{v_D}{V_T}} = I_S e^{\frac{V_D + v_d}{V_T}} = I_{DQ} e^{\frac{v_d}{V_T}}$$

جہاں مسادات ۲۴۲.۷۱ استعمال کیا گی۔ سلسلہ مکارا^{۱۹۱} سے اسے مزید یوں لکھ سکتے ہیں۔

$$(2.23) \quad i_D = I_{DQ} \left[1 + \frac{1}{1!} \frac{v_d}{V_T} + \frac{1}{2!} \left(\frac{v_d}{V_T} \right)^2 + \dots \right]$$

اس مسادات میں اگر v_d کی قیمت V_T کے قیمت سے بہت کم ہو (یعنی $v_d < < V_T$) تو پہلے دو جزو کے علاوہ بقیہ کو نظر انداز کرنا ممکن ہو گا اور اسے یوں لکھا جاسکتا ہے۔

$$(2.24) \quad i_D \approx I_{DQ} \left(1 + \frac{v_d}{V_T} \right)$$

جس سے حاصل ہوتا ہے

$$(2.25) \quad i_D \approx I_{DQ} + \left(\frac{I_{DQ}}{V_T} \right) v_d = I_{DQ} + \frac{v_d}{r_d}$$

جہاں مسادات ۲۳۵ میں حاصل کیا گی؛ ڈائیوڈ کا باریکے اشاراتی مراہم خاص کیا گی۔ چونکہ $i_D = I_{DQ} + i_d$ ہوتا ہے لہذا مسادات ۲۷.۲ کا پہلا جزو نظر کا کردگی پر یک سمت رفتہ،

$(e^x = 1 + \frac{x}{1!} + \frac{x^2}{2!} + \dots)$ Maclaurin's series^{۱۹۱}

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

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

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

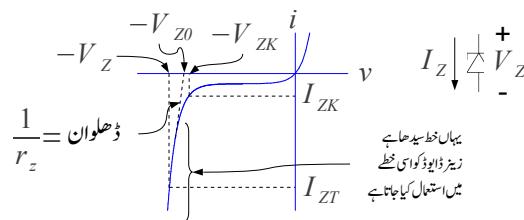
ڈائیڈ کا پہتے تعداد باریکے اشاراتی ریاضی نمونہ شکل ۲.۲۵ ب میں دکھایا گیا ہے۔ آپ تسلی کر سکتے ہیں کہ پہتے تعداد باریکے اشاراتی ریاضی نمونہ بھی بر قرروں i_d پر مساوات ۲.۲۶ کی طرح بر قرروں v_d دیتا ہے۔ ڈائیڈ کا باریکے اشاراتی ریاضی نمونہ صرف ڈائیڈ کے باریکے اشاراتی مزاجمت r_d پر مشتمل ہے۔

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^{۱۹۲} حاصل ہوتا ہے جسے شکل ۲.۲۶ میں دکھایا گیا ہے۔ وسیع طیکے اشارات کے استعمال کے لئے اس ریاضی نمونے میں وسیع اشارہ کے کپیسٹر C_D استعمال کئے جائیں گے۔

۲.۲۳ زینرڈائیڈ اور اس کاریاضی نمونہ

شکل ۲.۲۷ میں زیر ڈائیڈ کے بر قرروں v_d اور اس کی علامت دکھائی گئی ہے۔ اس کی علامت میں انگریزی حروفِ تجھی Z شامل کر کے اس کی بہچان کی جاتی ہے۔ سیدھا مائل زینرڈائیڈ بالکل ایک عام ڈائیڈ کے مانند کام کرتا ہے اور اسے آپ عام ڈائیڈ کی جگہ استعمال کر سکتے ہیں۔ اس سے ڈین میں رکھیں کہ عام ڈائیڈ استعمال کرتے وقت ہم کبھی نہیں ہپاتے کہ یہ الٹ بر قرروں گزرنے والے جبکہ زینرڈائیڈ کو عسوماً ان معمتمات پر



شکل ۲.۲۷: زینر ڈائیوڈ کے خط پر اہم نقطے

استعمال کیا جاتا ہے جہاں اس میں الٹی برقی رو ہی گزاری جاتی ہے۔ زینر ڈائیوڈ کے خط پر جہاں برقی رو 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 عوامی اسلامی رکھا جاتا ہے لہذا، جیسا شکل ۲.۲۷ میں دکھایا گیا ہے، اس پر برقی دباؤ اور اس میں برقی رو عالم ڈائیوڈ کے الٹ نالی جاتی ہے۔ اس طرح اگر خط پر منقی تیس وولٹ ۳۰V پر زینر گھنٹا جائے تو صنعت کا اس کی قیمت $V_{ZK} = 30V$ فراہم کرے گا۔ اسی طرح صنعت کا، زیر برقی دباؤ V_Z کی عوامی قیمت کسی حساس برقی رو I_{ZT} پر ناپ کر فراہم کرتا ہے۔ زینر ڈائیوڈ کو عوامی اس کے زیر برقی دباؤ سے بھی پکا جاتا ہے لیکن $V_Z = 10V$ کی صورت میں اسے دس وولٹ کا تھیس کہا جائے گا۔ اگر زینر ڈائیوڈ پر برقی دباؤ V_Z اور اس میں گزرتی برقی رو I_Z ہو تو اس میں برقی طاقت کے ضایع^{۱۹۵} P کا تخمینہ یوں لگایا جاتا ہے۔

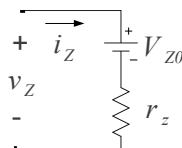
$$(2.77) \quad P = V_Z \times I_Z$$

صنعت کا زینر ڈائیوڈ میں برقی طاقت کے ضایع کی مقدرہ حد بھی فراہم کرتا ہے۔ زینر ڈائیوڈ استعمال کرتے وقت اس حد سے کسی صورت تحاباً کرنے سے زینر ڈائیوڈ تباہ ہو جاتا ہے۔ یوں اگر $0.25W$ اور $5.6V$ کے زینر میں $0.25mA$ کا برقی رو گزرا ہو تو اس میں برقی طاقت کا ضایع $56mW = 5.6 \times 0.01$ ہو گا جو کہ اس زینر ڈائیوڈ کے طاقت کے ضایع کی حد لیکن $0.25W$ کے کم ہے لہذا زینر ڈائیوڈ صبح سلامت کام کرتا ہے گا اس کے بر عکس اگر اسی زینر میں $100mA$ برقی رو گزرا ہو تو اس میں برقی طاقت کا ضایع $5.6 \times 0.1 = 0.56W$ ہو گا جو کہ $0.25W$ سے زیاد ہے۔ اس صورت زینر ڈائیوڈ گرم ہو کر تباہ ہو جائے گا۔ ڈیزائن انجینئر^{۱۹۶} عوامی 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 $22mA$ سے زیادہ برقی رو نہیں گزرنے دے گا۔ $22mA$ پر طاقت کا ضایع $5.6 \times 0.022 = 0.123W$ ہو گا جو کہ تقریباً $0.25W$ کا نصف ہے۔

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

^{۱۹۴} knee

^{۱۹۵} power loss
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

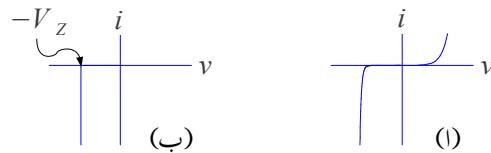
$$(2.29) \quad \Delta v_Z = \Delta i_Z r_z$$

آپ دیکھ سکتے ہیں کہ r_z کی قیمت جتنی کم ہو برقدباد کے تبدیلی سے برقدباد میں اتنی کم تبدیلی روٹا ہو گی۔ زینرڈائیڈ کا ریاضی نمونہ حاصل کرنے کی حاضر اس کے خط کو نقطہ (V_Z, I_Z) سے ڈھلوان $\frac{1}{r_z}$ کے نقطے دار کیسے افقي محور تک پہنچایا جاتا ہے جہاں یہ محور کو V_{Z0} — پر گمراہتا ہے۔ اس خط کی مساوات کو یوں لکھا جاسکتا ہے۔

$$(2.30) \quad v_Z = V_{Z0} + i_Z r_z$$

اس مساوات سے زینرڈائیڈ کا ریاضی نمونہ حاصل ہوتا ہے جسے شکل ۲.۲۸ میں دکھایا گیا ہے۔ زینرڈرامحتہ کے فتریب خط کافی زیادہ مژرتا ہے جبکہ زیادہ برقدباد (یعنی $I_Z > > I_{ZK}$) پر یہ خط تقیریباً سیدھا رہتا ہے۔ زینرڈائیڈ کا عمومی استعمال اس سیدھے نقطے میں ہی کیا جاتا ہے۔

زینرڈائیڈ کو عموماً یہ گھنٹے کے فتریب استعمال نہیں کیا جاتا۔ زینرڈرامحتہ کے فتریب خط کو نظر انداز کرتے ہوئے اور $r_z = 0$ لیتے ہوئے زینرڈائیڈ کے خط کو سادہ شکل دی جا سکتی ہے جسے شکل میں دکھایا گیا ہے۔ شکل ۲.۲۷ میں زینرڈائیڈ کا بیرونی برقدباد روپ مصباح پر کرد کھایا 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 لمبی برقدباد نظر انداز ہوتی ہے۔



شکل ۲.۲۹: زینرڈائوڈ کا خط اور اس خط کی سادہ شکل

جیسا اپر ذکر ہوا کہ زینرڈائوڈ کو عسموماً اسی مائل کیا جاتا ہے اور ایسا کرتے وقت زینرڈائوڈ کے فتریب خط کے استعمال سے گزینہ کیا جاتا ہے۔ اگر زینرڈائوڈ کے فتریب خط کو نظر انداز کیا جائے اور $r_z = r_z$ تصور کیا جائے تو زینرڈائوڈ کے خط کو شکل ۲.۲۹-ب کے طرز پر بنایا جاتا ہے۔ اس سادہ خط کے مطابق زینرڈائوڈ وہی صورت اختیار کر سکتا ہے۔ پہلی صورت میں اس پر برقی دباؤ تبدیل ہو سکتی ہے مگر اس میں برقی روکی قیمت صدر رہتی ہے لیکن

$$(2.81) \quad \begin{aligned} 0 &\leq |v_Z| < |V_Z| \\ |i_Z| &= 0 \end{aligned}$$

اس صورت میں اے نقطہ حالت میں تصور کیا جائے گا۔ دوسری صورت میں اس پر برقی دباؤ V_Z رہتا ہے جبکہ اس میں برقی روکی تبدیل ہے لیکن

$$(2.82) \quad \begin{aligned} |v_Z| &= |V_Z| \\ 0 &\leq |i_Z| \leq |I_{Zmax}| \end{aligned}$$

جبکہ I_{Zmax} وہ برقی روہ ہے جس پر زینرڈائوڈ میں برقی طاقت کا ضیاع متاثر ہو داشت حد کے برابر ہوتا ہے۔ اس صورت میں اے بے تابو حالت میں تصور کیا جائے گا۔

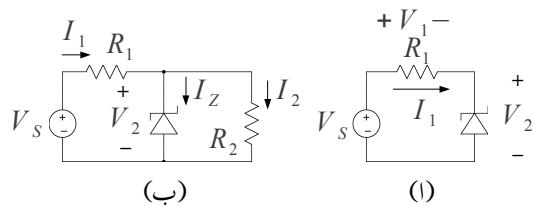
شکل ۲.۲۹-ب زیادہ آسانی اور جلدی سے متاثر ہو سکتی ہے اسی وجہ سے اس کا حاصل کرنے میں رکھ کر اس دور کو عسموماً اسی منبع برقی دباؤ (یعنی برقی دباؤ کی منبع) کے طور استعمال کیا جاتا ہے جس کی حرارتی یا سخت برقی دباؤ کی قیمت V_Z کے برابر ہوتا ہے۔ اس پر جیسا شکل ب میں دکھایا گیا ہے، برقی یوچہ کو مسماحت R_2 کی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

مثال ۲.۷۰: شکل ۲.۷۰-الف میں زینرڈائوڈ V_Z کی قیمت ۵.۶ V ہے جبکہ

۔۔۔ مندرجہ ذیل V_S پر کامیل زینرڈائوڈ کے برقی دباؤ اور اس میں گزری برقی روکی حاصل کریں۔

$$V_S = 3 \text{ V}$$

$$V_S = 8 \text{ V}$$



شکل ۷۔ زینرڈ ایوڈ کا استعمال

$$V_S = 20 \text{ V}$$

حل: شکل ۷۔۲ ب کو استعمال کرتے ہوئے حل کرتے ہیں۔

- ا۔ لگو برقی دباؤ $V_S = 3V$ کو شش کرے گا کہ زینرڈائیوڈ میں برقی روگزارے۔ البتہ زینرڈائیوڈ کے مطابق زینرڈائیوڈ میں V_Z سے کم برقی دباؤ پر مفتوح رہتا ہے یعنی مساوات ۲.۸۱ کے تحت $I_Z = 0$ ہو گا۔ یوں اس دور میں مزاحمت R_1 پر اوہم کے قانون سے

$$V_1 = V_S - V_2 = I_1 \times R_1 = 0$$

$$V_2 = V_S$$

$$V_2 = 3 \text{ V}$$

حاصل ہوتا ہے یعنی زینرڈ ایوڈ پر V 3 بر قی دباو ہو گا جبکہ اس میں صفر بر قی رو ہو گا۔

- ۲۔ اس مرتبہ لاگو برقی دباؤ سے زیادہ ہے لہذا زینٹر ڈائیوڈ برقی روگزارے گا۔ مساوات ۲.۸۲ کے تحت اس صورت زینٹر ڈائیوڈ پر V_Z ۵.۶ V کا برقی دباؤ ہو گا جبکہ مساحت پر اوہم کے قانون کے تحت

$$\begin{aligned}V_1 &= V_S - V_Z = I_1 \times R_1 \\&= 8 - 5.6 = I_1 \times 1000 \\I_1 &= 2.4 \text{ mA}\end{aligned}$$

ہو گا۔ چونکہ یہی برقی روز یہ سرڈاں کو سے بھی گزرتا ہے لہذا $I_7 = 2.4 \text{ mA}$ حاصل ہوتا ہے۔

- ۳۔ یہاں بھی لاگو برقی دماوند سرڈابوڑ میں بر قی روگزارنے کی صلاحیت رکھتا ہے لہذا

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

حاصل ہوتا ہے جس سے $I_7 = 14.4 \text{ mA}$ حاصل ہوتا ہے۔

مثال ۲.۱۸: شکل ۲.۷۰ الف میں زینرڈ ایڈ کے متوازی مسازamt $R_2 = 1\text{ k}\Omega$ جو کر شکل ۲.۷۰ ب حاصل ہوتا ہے۔ مثال ۲.۱۷ میں دئے معلومات استعمال کرتے ہوئے برقی دباؤ V_2 حاصل کریں۔

ا۔ گزشته مثال میں $V_S = 3\text{ V}$ پر دیکھا گیا کہ زینرڈ ایڈ منقطع رہتا ہے اور یوں $I_Z = 0$ ہو گا۔ منقطع زینرڈ کو دوسرے کالا جبا سلتا ہے۔ ایسا کرنے سے دو سلسلہ وار مسازamt رہ جاتے ہیں جن سے

$$V_2 = \frac{V_S \times R_2}{R_1 + R_2} = \frac{3 \times 1000}{1000 + 1000} = 1.5\text{ V}$$

حاصل ہوتا ہے۔ چونکہ زینرڈ ایڈ میں صفر برقی رو گزرتا ہے لہذا ادونوں مسازamt میں برابر برقی رو گزرے گا جسے یوں حاصل کیا جاسلتا ہے۔

$$I_1 = I_2 = \frac{V_S}{R_1 + R_2} = \frac{3}{2000} = 1.5\text{ mA}$$

۲۔ یہاں $V_S = 8\text{ V}$ ہونے سے یوں معلوم ہوتا ہے کہ زینرڈ ایڈ بے-وتا بوجاں میں ہو گا مگر غور کرنے سے ثابت ہوتا ہے کہ ایسا نہیں ہے۔ یہ ایک دلچسپ مثال ہے جسے حل کرنے سے سوچ میں وسعت پیدا ہوتی ہے۔

شکل ۲.۷۰ ب کے تحت زینرڈ ایڈ دو ہی صورتوں میں رہ سکتا ہے یعنی منقطع یا بے فتاب۔ اب نہیں دو صورتوں کو مساوات ۲.۸۱ اور مساوات ۲.۸۲ بیان کرتے ہیں۔

آئیں موجودہ مثال میں زینرڈ کو منقطع تصور کریں۔ منقطع زینرڈ ایڈ کا دور پر کسی قسم کا کوئی اثر نہیں ہوتا اور اسے کمکل طور کالا جبا سلتا ہے۔ ایسا کرنے سے ہمارے پاس دو سلسلہ وار مسازamt رہ جاتے ہیں جن سے

$$V_2 = \frac{V_S \times R_2}{R_1 + R_2} = \frac{8 \times 1000}{1000 + 1000} = 4\text{ V}$$

حاصل ہوتا ہے۔ $V_2 = 4\text{ V}$ ہونے سے صاف ظاہر ہے کہ زینرڈ ایڈ منقطع رہے گا۔ یوں زینرڈ ایڈ کو منقطع تصور کرنا درست ہے۔ منقطع زینرڈ ایڈ میں $I_Z = 0$ رہے گا جبکہ مسازamt میں

$$I_1 = I_2 = \frac{V_S}{R_1 + R_2} = \frac{8}{2000} = 4\text{ mA}$$

حاصل ہوتا ہے۔

اسی مثال کو یوں بھی حل کر سکتے ہیں کہ پہلے تصور کیا جائے کہ دور میں زینرڈ ایڈ نہیں لگا گیا۔ 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 صورت میں $V_2 = V_Z = 5.6 \text{ V}$

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

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

حاصل ہوتے ہیں۔ کر خوف کے متanon برائے برقی روکے

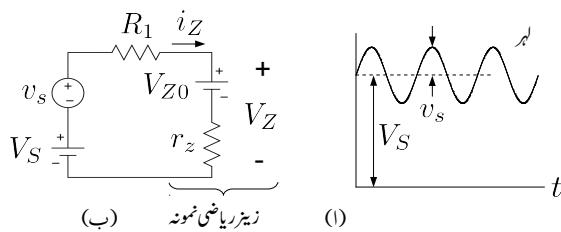
$$I_1 = I_2 + I_Z$$

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

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

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 زیاد 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۔

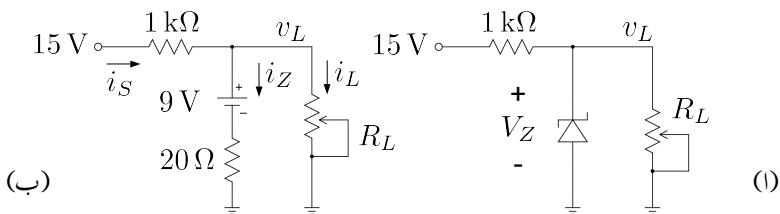
مثال ۲.۱۹: شکل ۲.۷۰ الف میں $R_1 = 1\text{ k}\Omega$ اور $v_s = 1.2 \sin \omega t$ ، $V_S = 15\text{ V}$ میں زینرڈ ایڈیٹے کے ریاضی نمونے کے حبزوں کی صورت میں حنارتی برقی دباؤ V_Z حاصل کریں۔
حل: شکل ۲.۷۰ الف میں زینرڈ ایڈیٹے کا ریاضی نمونے استعمال کرتے ہوئے شکل ۲.۷ ب حاصل ہوتا ہے۔ حنارتی برقی دباؤ حاصل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

مثال ۲.۲۰: شکل ۲.۲۷ میں زینر منع کے متوازی برقی بوجھ R_L نسب کیا گیا ہے تاکہ برقی بوجھ کو مستقر برقرار رکھے۔ برقی بوجھ 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 بوجھ کی مسماحت $2\text{k}\Omega$ تا $9\text{k}\Omega$ تبدیل ہو سکتی ہے۔ ان حدود میں بوجھ پر برقی دباؤ v_L کا تنمیہ لکھئیں۔

حل: شکل ب میں اس کا باریک مساوی دور دکھایا گیا ہے۔ ہم تصور کرتے ہیں کہ زینرڈ ایڈ بے فتا ب صورت میں رہتا ہے۔ یہی زینرڈ ایڈ اور برقی بوجھ پر تقریباً $9\text{k}\Omega$ رہتے ہیں اور

$$i_S = \frac{15 - 9}{1000} = 6\text{ mA}$$

ہوگا۔ 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 یا معلومات حاصل کرتے ہیں۔ یوں

$$i_L = \frac{9}{6000} = 1.5 \text{ mA}$$

اور

$$i_Z = 6 \text{ mA} - 1.5 \text{ mA} = 4.5 \text{ mA}$$

ہوں گے۔ اس طرح حقیقت میں برقی بوجھ پر

$$(2.83) \quad v_L \Big|_{R_L=6 \text{ k}\Omega} = V_{Z0} + i_Z r_z = 9 + 4.5 \times 10^{-3} \times 20 = 9.09 \text{ V}$$

پائے جائیں گے۔

آپ نے دیکھ کر برقی بوجھ کا $2 \text{ k}\Omega$ تبدیل ہونے سے اس کی برقی رو ۴.۵ mA ۹.۰۳ V تبدیل ہوتی ہے۔ زینر منع کا برقی دباؤ صرف 9.03 V ہے۔ یعنی 9.03 V تبدیل ہوتا ہے۔ چونکہ ہم نو ولٹ کی منع بنانے کے تھے لہذا نو ولٹ کی نسبت سے دیکھتے ہوئے بوجھ کے برقی دباؤ میں صرف

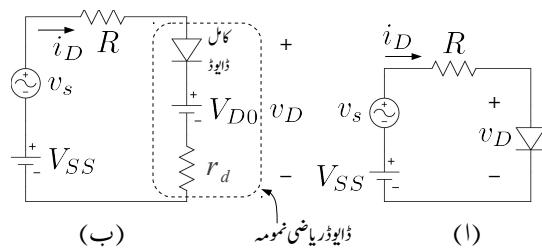
$$\frac{9.09 - 9.03}{9} \times 100 = 0.66 \%$$

کی تبدیلی آتی ہے۔ زینر منع کے برقی دباؤ میں تبدیلی کا دار و مدار زینر ڈائیوڈ کے برقی رو میں تبدیلی پر ہے۔ اگر کسی طرح زینر ڈائیوڈ کے برقی رو میں تبدیلی کو کم کیا جائے تو منع سے حاصل برقی دباؤ میں تبدیلی مزید کم ہوگی۔ جسے ۲.۲۲ میں ایسا کرنا کہایا جائے گا۔

۲.۲۲ یک سمت اور بدلتے متغیرات کے حساب کی علیحدگی

شکل ۲.۷۳ الف میں ڈائیوڈ کا دور دکھایا گیا ہے۔ اس دور میں ڈائیوڈ کی جگہ اس کا ہماریکے اشاراتی ریاضی نمائش (شکل ۲.۷۲) نسبت نے شکل ۲.۷۳ بے حاصل ہوتا ہے۔ اس دور کو حل کرنے سے حاصل ہوتا ہے

$$(2.85) \quad \begin{aligned} V_{SS} + v_s &= V_{D0} + i_D(R + r_d) \\ &= V_{D0} + (I_D + i_d)(R + r_d) \\ &= V_{D0} + I_D R + I_D r_d + i_d R + i_d r_d \end{aligned}$$



شکل ۲.۷: یک سمت اور بدلے متغیرات کی میکنیگری

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

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

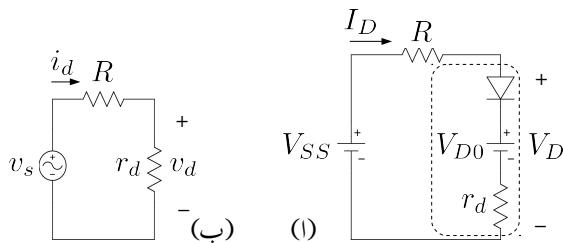
بدلے متغیرات کے موجودگی میں مساوات ۲.۸۵ کو پوں حل کر سکتے ہیں۔

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

جہاں مساوات ۲.۸۶ کی مدد سے دوئیں اور باعین بازو کے یک سمت مقداروں کی نشاندہی کرتے ہوئے انہیں کاٹ کر مساوات کا دوسرے جبز حاصل کیا گی۔ اسی طریقے میں اور مساوات ۲.۸۷ کے دوسرے جبز کے ادار 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 ادار بالعموم اور ٹرانزسٹر کے ادار بالخصوص حل کئے جاتے ہیں۔ اس طریقے میں ادار 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 طریقہ مساوی باریکے اشاراتی دور بنایا جاتا ہے جس میں تمام یک سمت منبع بر قی 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 بر قی دور کے مانند حل کرتے ہوئے باریکے اشاراتی بر قی دباؤ اور باریکے اشاراتی بر قی 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 داخلی 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 کر کر دیگی پر غور کیا جائے گا جہاں آپ دیکھیں گے کہ جیٹھ اتار کا حنا رجی بر قی دباؤ کے داخلی بر قی دباؤ کے مربع کے راستے ناساب ہوتا ہے۔ اس حصے میں آپ یہ بھی دیکھیں گے کہ کم طاقت والے اشارے کی طاقت کو جیٹھ اتار کا نیا اجھا سکتا ہے۔

شکل ۲.۷۵ میں مزاحمت R_S کو ریڈیو اسٹارڈ v_i فنر اہم کیا گیا ہے۔ دراصل جس بھی دور کو ریڈیو اسٹارڈ فنر اہم کیا جا رہا ہوا اس دور کے داخلی مزاحمت کو R_S سے ظاہر کیا جاتا ہے۔ ذرا لاغع ابلاغ^{۱۹۷} کے ادوار میں R_S کی قیمت عموماً $\Omega = 50$ ہوتی ہے۔ آپ جانتے ہیں کہ سائنس بر قی دباؤ $V_p \cos \omega t$ کی موثر^{۱۹۸} قیمت کو $V_{rms} = \frac{V_p}{\sqrt{2}}$ کے برابر ہے۔ یوں مزاحمت R_S میں بر قی طاقت کے ضیاء کو

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

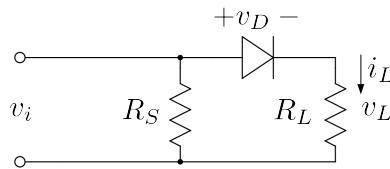
لکھا جب سکتا ہے۔ اس طاقت کو ناپنے کی عندرض سے R_S کے متوازن ڈایوڈ اور مزاحمت R_L نسب کے گئے ہیں جہاں سلمہ وار جبڑے ڈایوڈ اور R_L کے کل مزاحمت کی قیمت R_S کے قیمت سے بہت زیادہ رکھ جاتی ہے تاکہ ان کی شمولیتے داخلی اشارے پر بوجھنے والے اگرچہ ایسا تصور کرنا ضروری نہیں لیکن ہم اس حصے میں تصور کریں گے کہ ڈایوڈ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

^{۱۹۹} کسی بھی خدا راقص عمل $(x)f$ کو سلمہ طاقت

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

سے ظاہر کیا جا سکتا ہے۔ اسی طرح اس شکل میں ڈایوڈ اور مزاحمت R_L کے بر قی دباؤ اور داخلی بر قی دباؤ $v_i = V_p \cos \omega t$ کے سلمہ طاقت 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 کارکا خارجی برقی دباؤ کے چوٹی کے برابر ہوتا ہے۔ مساوات ۲.۹۳ کا قانون 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 قانون مرحلہ کی دسیری شکل ہے جس کے تحت کم طاقت پر مسماحت R_L کا یک سمت برقی دباؤ اور R_S میں طاقت کا ضائع راست تناسب کا تسلیق 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 ۲۰۰ 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 بنانے کا مرحلہ آتا ہے۔ اس قسم کا نہایت مقبول کپیوڑ پروگرام سپاٹس ۲۰۰ کہلاتا ہے۔ آپ سے گزارش کی جاتی ہے کہ سپاٹس ۲۰۰ کا بھرپور استعمال کریں۔ اس سے میں سپاٹس میں استعمال کے جانے والے ڈائیڈ کے ریاضی نمونے پر تبصرہ کیا جائے گا۔ یہاں سے بتانا ضروری ہے کہ بر قیافیت 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 سچے اشاراتی ریاضی نمونے ہے۔ اس ریاضی نمونے میں ڈائیڈ کے مثبت اور منفی خطلوں 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۔

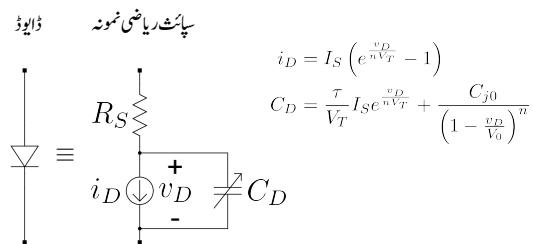
ڈائیڈ کے سائیلک سست رو حوال کو اس کے $v_D - i_D$ مساوات سے ہی حاصل کیا جاتا ہے جبکہ بدلت رو حوال میں ڈائیڈ کی تغیری پذیر کمیشن C_D بھی کردار ادا کرتا ہے۔ شکل میں $C_D - v_D - i_D$ کی مساواتیں دی گئی ہیں۔ باریک اشاراتی تجزیے کے وقت سپاٹس پروگرام ڈائیڈ کا باریک اشاراتی مزاجمت r_d اور اس کی باریک اشاراتی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

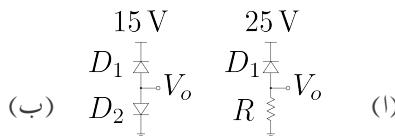
diode square law detector^{۲۰۰}
spice^{۲۰۱}
^{۲۰۲} پی اسپاٹس کپیوڑ پروگرام کیلئے فونی، برنسٹلے کے یونور سٹی میں تیار کیا گیا۔

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	اخنوجی حصہ
0 s	TT	τ_T	اوسط دورانیہ عبور
0 F	CJ0	C_{j0}	صفر بر قی دباؤ پر الٹی کپیشن
0.5	M	m	حصہ شدہ بندی
$\infty \text{ V}$	BV	V_{ZK}	ناتابیں برداشت بر قی دباؤ
10^{-19} A	IBV	I_{ZK}	ناتابیں برداشت بر قی رو
1 V	VJ	V_0	رکاوٹی بر قی دباؤ



شکل ۲.۲: ڈائیوڈ کا سپاٹس ریاضی نمونہ



شکل ۲.۷: لٹر برقی روکی ناپ

سوالات

سوال ۱: ایک ڈائوڈ جس کا $n = 1$ میں برابر ہے میں 1 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 $V_0 = 0.2 \text{ V}$ ناپا جاتا 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 کلیکاں ہیں جن کا 1 اور $n = 10 \text{ mA}$ اور $n = 1$ میں برقی دباؤ میں تبدیل ہے۔ 25°C پر $V_0 = 0.11 \text{ V}$ ناپا جاتا ہے۔

۰. اثاراتا برقی رو حاصل کریں۔

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

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

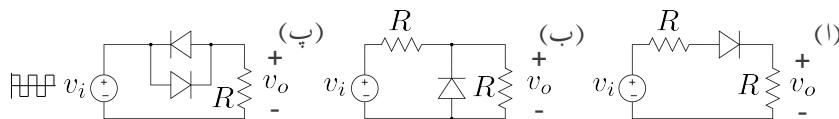
سوال ۵: ایک ڈائوڈ کی برقی رو g_{f} کی حداتی ہے۔ $1 = n$ اور $2 = n$ کی صورت میں برقی دباؤ میں تبدیلی حاصل کریں۔

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

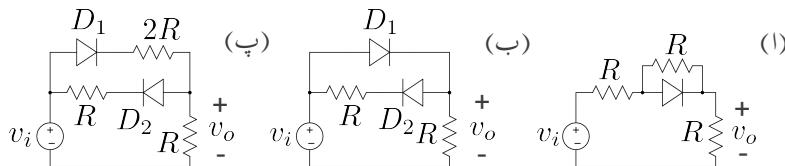
سوال ۶: ایک ڈائوڈ کی برقی رو g_{f} کی حداتی ہے۔ $1 = n$ اور $2 = n$ کی صورت میں برقی دباؤ میں تبدیلی حاصل کریں۔

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

سوال ۷: ایک ڈائوڈ میں 2 A کیم اس 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 مزاجمت 20°C کہتے ہیں۔
جو بابت: 1.28W اور 19.53°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 $1V \pm 1$ لیں۔

جو بابت: (الف) صرف بیت $0.5V$ جیتے کا مستطیل اشارہ۔ (ب) صرف بیت $0.5V$ جیتے کا مستطیل اشارہ۔ (پ) بالکل داخنی اشارے کی طرح $1V \pm 1$ کا مستطیل اشارہ۔

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 $1V \pm 1$ لیں۔

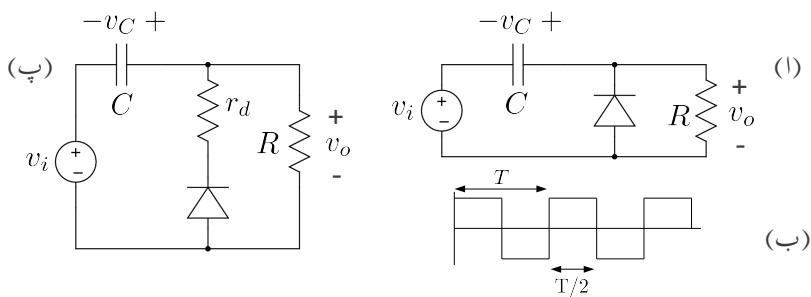
جو بابت: (الف) مستطیل اشارہ جس کا بیت $0.15V$ جبکہ منی جیٹ صفر وولٹ ہے۔ (ب) مستطیل جس کا بیت $0.5V$ جبکہ منی جیٹ $0.7V$ ہے۔ (پ) مستطیل $0.3V \pm 1$ جیٹ۔

سوال ۲.۸۰: شکل ۲.۷۸ کے تینوں ادوار میں کامل ڈائیوڈ تصور کرتے ہوئے داخنی اشارے v_i کو سائن-منیتھ ہوئے حnarجی اشارے v_o حاصل کریں۔ داخنی اشارے کا جیٹ $1V \pm 1$ لیں۔

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-منیتھ ہوئے حnarجی اشارے v_o حاصل کریں۔ داخنی اشارے کا جیٹ $1V \pm 1$ لیں۔

سوال ۲.۸۲: شکل ۲.۷۹ میں $15V \pm 1$ جیتے کا مستطیل داخنی اشارہ مہیا کیا جاتا ہے۔ کامل ڈائیوڈ تصور کرتے ہوئے حnarجی اشارات حاصل کریں۔

حل: (ا) بیت داخنی اشارے کی صورت میں ڈائیوڈ سیدھا مائل ہو گا لیں $v_o = 7.5V$ ہو گا۔ منی داخنی اشارے کے وقت ڈائیوڈ اسماں میں ہو گا لیں $v_o = 5V$ ہو گا۔ (ب) بیت v_i کے وقت D_1 سیدھا مائل اور یوں



شکل ۲.۸۰: شکنجه

سوال ۲.۱۴: شکل ۲.۸۰ افے میں ٹھنچہ دکھایا گیا ہے۔ اسے شکل ب میں دکھایا گا تار مستطیلی داخلي اشارہ میں کاملاً ڈیا ڈیا تھا جس کا حیطہ $10V \pm 10V$ ہے۔ $\frac{T}{2} = RC$ کی صورت میں کاملاً ڈیا ڈیا تھا جس کا حیطہ $10V \pm 10V$ ہے۔

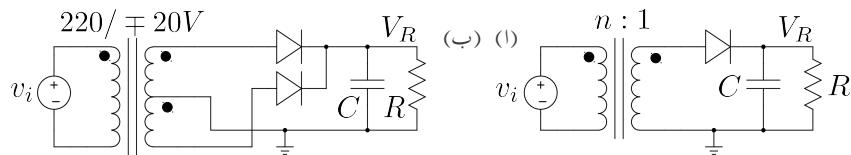
جواب: داخلي اشارہ متفق ہوئے ہی حنارجی اشارہ 0V ہو جاتا ہے جبکہ کپیٹر جلدی سے $v_C = 10V$ پہنچتا ہے۔ داخلي اشارہ متفق ہوئے ہی حنارجی اشارہ 20V ہو جاتا ہے جو $T/2$ سینکڑوں میں گھستے ہوئے 7.36V رہ جاتا ہے۔

سوال ۲.۱۵: شکل ۲.۸۰ پ میں ڈیا ڈیا کی مزاجحت r_d کو واضح دکھاتے ہوئے ٹھنچہ دکھایا گیا ہے۔ اسے شکل ب میں دکھایا گا تار مستطیلی داخلي اشارہ میں کاملاً ڈیا ڈیا تھا جس کا حیطہ $10V \pm 10V$ ہے۔ اور $RC = \frac{T}{2}$ اور $r_d C \ll T$ کی صورت میں حنارجی اشارے کا خط کھیجیں۔

جواب: پہچلنے والی کو طرح داخلي اشارہ متفق ہونے کے لئے پر $v_C = 10V$ اور حنارجی اشارہ 20V ہوتا ہے۔ $\frac{T}{2}$ سینکڑ بعد حنارجی اشارہ $V = 7.36$ جبکہ $v_C = -2.64$ ہوتے ہیں۔ جیسی ہی داخلي اشارہ متفق ہوتا ہے اس کے لئے $v_0 = -12.64V$ ہوگا۔ $r_d C \ll T$ ہونے کے ناطے یہ صورت زیادہ دیر نہیں پائی جائے گی اور جلدی کپیٹر r_d کے راستے 10V پر پہنچ جائے گا۔ یوں داخلي اشارہ متفق ہونے کے لحاظ پر حنارجی اشارے پر متفق سوئی نسبتی دیا پیا جائے گا۔

سوال ۲.۱۶: شکل ۲.۸۰ افے میں گھریلو اپ ۲۰۵ کی بجلی استعمال کرتے ہوئے بارہ ولٹ کی منع بٹانی گئی ہے۔ $R_L = 1.2 k\Omega$ ہے جبکہ یک سمت برقی دباؤ میں بلٹ ۱V $\pm 1V$ سے کم رکھنا ہے۔ ٹرانسفارمر کی شرح 1 : n اور کپیٹر کی قیمت حاصل کریں۔ واپس ۵۰Hz تعداد کی $220 \cos \omega t$ ہے جس کی موثر ۲۰۶ قیمت V ہے۔ ڈیا ڈیا برقی دباؤ کے گھٹاؤ کو ظسل انداز کریں۔

جواب: $n = 23.93$ ، $100 \mu F$



شکل ۲.۸: بارہوولٹ کے برقی دباؤ کی منع

سوال ۲.۱۶: شکل ۲.۸ ب میں تدریجی ڈیفیرمر استعمال کرتے ہوئے دیوڈ کی مدد سے مکمل سمت کا حاصل کیا گی۔ ڈیفیرمر کے داخلی جناب گزشتہ سوال کی طرح واپس اکی بھلی فنراہم کی گئی ہے۔ ڈیفیرمر کے داخلی جناب 220V موثریت کا برقی دباؤ فنراہم کیا جاتا ہے۔ خارجی جناب ڈیفیرمر 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 بلٹ حاصل کریں۔ کامسل 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 روکس گستاخنے سے ڈیوڈ کے برقی دباؤ میں تبدیلی حاصل کریں۔ برقی روکس گستاخنے سے ڈیوڈ کے برقی دباؤ میں تبدیلی حاصل کریں۔

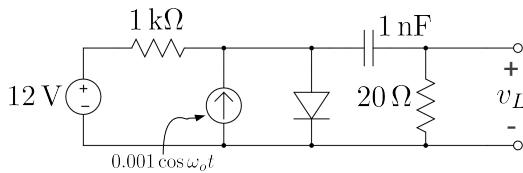
جواب: 115 mV, 57 mV:

سوال ۲.۲۰: ڈیوڈ کے مساوات $i_D = I_0 e^{\frac{v_D}{V_T}}$ کا مکارانہ سلسلہ میں حاصل کریں۔ اگر $V_T \ll v_D$ ہو تو اس سلسلہ کے صرف پہلے دو حصے لیتے ہوئے ثابت کریں کہ $i_D \approx I_0 + \frac{v_d}{r_d}$ کا حابستا ہے جہاں $r_d = \frac{V_T}{I_0}$ کے رابرے۔

سوال ۲.۲۱: شکل ۲.۸ میں ڈیوڈ کا دور کھایا گیا ہے۔ $I_S = 10 \text{ fA}$ اور $V_T = 25 \text{ mV}$ لیتے ہوئے ڈیوڈ میں یک سمت برقی دوہرانے کے طریقے میں حاصل کریں۔

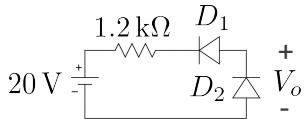
جواب: $V_D = 0.7 \text{ V}$ تصور کرتے ہوئے 11.3 mA حاصل ہوتا ہے جسے استعمال کرتے ہوئے V_D کی قیمت 0.69383 V حاصل ہوتا ہے۔ اسی طرح متوازن حل کرتے ہوئے 11.306 mA ، 0.69384 V ، 11.306 mA حاصل ہوتے ہیں۔ یوں اس آخری جواب کو یک سمت برقی روکس گستاخنے۔

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۔

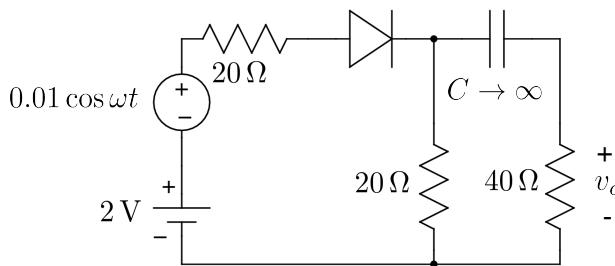
۲. نقطہ مائل پر ڈائیوڈ کی مسازاحت r_d حاصل کریں۔

۳. بدلتا برقی دباؤ v_o حاصل کریں۔

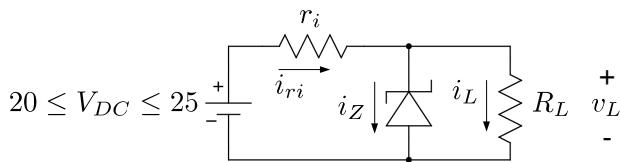
۴. نقطہ مائل پر بدلتا راو، خط پوچھ کھینچیں۔

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 رہا ہو۔ $R_L = 60\Omega$ ہے۔



شکل ۲.۸۳: خط بوجھ کا سوال

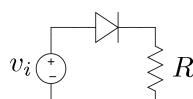


شکل ۲.۸۵: زینر ڈائیوڈ کا سوال

۱. r_i کی وہ قیمت حاصل کریں جس پر یک سست برقی دباؤ 20 V اور 25 V تبدیل کرتے ہوئے زینر ڈائیوڈ پر 12 V برفتار اریں۔

۲. زینر ڈائیوڈ میں زیادہ سے زیادہ طاقت کا ضمیم 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 ضمیم $1.5384 W$ 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 $0 A$ ہوتی ہے۔

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

جواب: زینترڈائوڈ آدھے لہر کے لئے چا اور ہستا ہے۔ آدھے لہر کی اوسط برقی رو $\frac{V_p}{\pi R}$ کے برابر ہے۔ یہ $R = 98.676 \Omega$ حاصل ہوتا ہے۔

باب ۳

ٹرانزسٹر (دوجو ڈنگن)

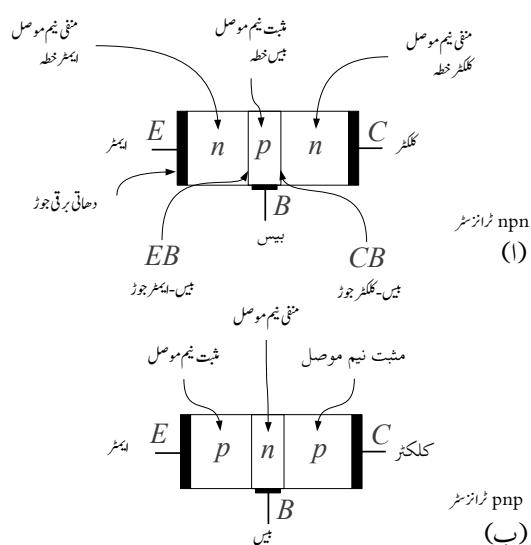
برقیات میں دو اقسام کے پڑھ جاتے ہیں۔ ان میں مزاحمت، کپیسٹر، امالہ اور ڈائیوڈ کو خیہر عاملہ اپر زہ جاتے پکار جاتا ہے جبکہ ٹرانزسٹر کے دیگر اقسام کو عاملہ آپر زہ جاتے پکار جاتا ہے۔ برقیات کی ترقی ٹرانزسٹر کی ایجاد کی وجہ سے ہے۔ اس باب میں دوجو ڈنگن پر غور کیا جائے گا۔ دوجو ڈنگن پر ٹرانزسٹر کو عموماً صرف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

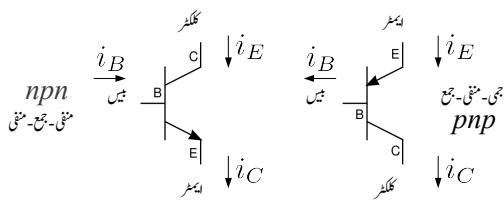
شکل ۳.۱ میں دو اقسام کے ٹرانزسٹروں کی بناءٹ دکھائی گئی ہے۔ شکل اف۔ میں دو منی نیم موصل خطوں کے مابین ایک ثابت نیم موصل خط سیٹاگیا ہے۔ اس قم کے ٹرانزسٹر کو منفی-ججھ-منفی ٹرانزسٹریا npn ٹرانزسٹر کہتے ہیں۔ ان تین نیم موصل خطوں کو ایمپٹ خط^۵، بیئر خط^۶ اور کلکٹر خط^۷ کہتے ہیں۔ شکل میں ان کی وضاحت کی گئی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



شکل ۳.۲: ٹرانزسٹر کے علامات

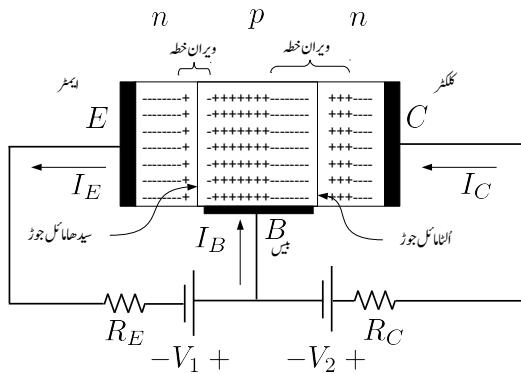
جدول ۳.۲: ٹرانزسٹر کے تین مختلف انداز کارکردگی

انداز کارکردگی	نیس-بیٹری جوڑ	نیس-کلکٹر جوڑ
افزاں نہیں کارکردگی	سیدھا مثال	غیر سیدھا مثال
غیر افزاں نہیں کارکردگی	سیدھا مثال	سیدھا مثال
متفہ حالت	الشامل	الشامل

موصل p خطوں کے درمیان دو $n-p$ جوڑ بین جنہیں نیس-بیٹری جوڑ اور نیس-کلکٹر جوڑ BC جوڑ کہتے ہیں۔ شکل ۳.۲ میں دو جوڑ ٹرانزسٹر کے دو اقسام کے علامات دکھائے گئے ہیں۔ نیس-بیٹری جوڑ پر تیسر کا نشان ٹرانزسٹر میں اس جوڑے گزرتی بر قی روکی صحیح سمت دکھاتا ہے۔ یوں npn ٹرانزسٹر میں بیٹری سرے کے بر قی روکی جوڑ کی جانب کو جبکہ باقی دو سروں پر بر قی روکی سمت ٹرانزسٹر کے اندر جوڑ کو ہوگی۔ npn ٹرانزسٹر میں بیٹری سرے پر بر قی روکی جوڑ کے باقی دو سروں پر بر قی روکی سمت ٹرانزسٹر کے باہر جوڑ کو ہوگی۔ ٹرانزسٹر کے نیس-بیٹری جوڑ اور نیس-کلکٹر جوڑ کو سیدھا مثال یا الٹا مثال کر کے ٹرانزسٹر کو تین مختلف طریقوں پر چلا جائیسا کرتا ہے۔ جدول ۳.۲ میں ٹرانزسٹر مثال کرنے کے تین مکنے طریقے دکھائے گئے ہیں۔ ٹرانزسٹر کو بطور ایسا لیٹرا استعمال کرنے کی مناطر اسے افزاں نہیں کارکردگی کا اندھہ اور اس میں ٹرانزسٹر کے غیر افزاں نہیں کارکردگی کا اندھہ حالت اور متفہ حالت دونوں استعمال ہوتے ہیں۔

۳.۲ افزاں نہیں کارکردگی - جمع - متفہ npn ٹرانزسٹر کی

شکل ۳.۳ میں متفہ - جمع - متفہ npn ٹرانزسٹر کو اس طرح بر قی دیا جائیا کئے گئے ہیں کہ اس کا نیس-بیٹری جوڑ سیدھا مثال جبکہ اس کا نیس-کلکٹر BC جوڑ الٹا مثال ہو۔ یوں نیس-بیٹری جوڑ پر سیدھا اور ان خطے کی لمبائی کم ہو جوडے گی جبکہ نیس-کلکٹر BC جوڑ پر سیدھا اور ان خطے کی لمبائی بڑھ جوडے گی۔ شکل میں متفہ - جمع - متفہ npn ٹرانزسٹر کے بر قی سروں پر بر قی روکی سمتیں دکھائی گئی ہیں۔ شکل میں نیس-بیٹری خطے کے لمبائی کو بڑھا جائز کر دکھایا گیا ہے۔ npn ٹرانزسٹر کی کارکردگی کا دار و مدار دو n خطوں کا انتہائی مستریب ہونے پر ہے۔ یوں حقیقت میں



شکل ۳.۳: بیس-بیس-بیس جوڑ سیدھا مائل جبکہ بیس-کلکٹر جوڑ اسٹامائل کیا گیا ہے

بیس خطے کی لمبائی چند مائیکر میٹر μm ہوتی ہے۔ شکل ۳.۲ میں اس ٹرانزسٹر میں باروں کے حرکت کی وضاحت کی گئی ہے۔ بیس-بیس-بیس جوڑ بالکل ڈائیوڈ کی مانند عمل کرتا ہے۔ بیرونی برقی دباؤ کی وجہ سے آزاد الیکٹرون یہ بیس خطے سے بیس خطے میں داخل ہوتے ہیں۔ ان الیکٹرونوں کو شکل میں مداخلہ الیکٹرون^{۱۴} کہا گیا ہے۔ اسی طرح بیس خطے سے آزاد خول یہ بیس خطے میں داخل ہوتے ہیں۔ ان خولوں کو شکل میں مداخلہ خول^{۱۵} کہا گیا ہے۔ منفی-مخفی ٹرانزسٹر کی کارکردگی مداخلہ الیکٹرون پر مخصوص ہوتی ہے جبکہ مداخلہ خول اس میں کوئی کردار ادا نہیں کرتے۔ چونکہ مداخلہ الیکٹرونوں کی تعداد بیس خطے میں ملادوئی ایٹموں کی تعداد کثافت^{۱۶} N_D پر مخصوص ہے جبکہ مداخلہ خولوں کی تعداد بیس خطے میں ملادوئی ایٹموں کی تعداد کثافت N_A پر مخصوص ہے لہذا ٹرانزسٹر کے بیس خطے میں N_D کی قیمت بیس خطے میں N_A کی قیمت سے کمی درجہ زیادہ رکھی جاتی ہے۔ شکل ۳.۵ میں منفی-مخفی $n-p-n$ ٹرانزسٹر میں باروں کی حرکت دکھائی گئی ہے جو نکل روانی برقی رواور الیکٹران کے بیساوی کیستین آبس میں الٹ ہوتے ہوئے ہیں لہذا اس ٹرانزسٹر کے بیس سرے پر الیکٹران کا بیساو اندھر کی جانب ہو گا۔ فرض کریں کہ بیس سرے پر ہر سینٹہ x الیکٹران ٹرانزسٹر میں داخل ہوتے ہیں۔ الیکٹران کا برقی بار^{۱۷} $-q$ ۔ لکھتے ہوئے یوں بیس سرے پر برقی رو I_E کی قیمت

$$(3.1) \quad I_E = xq$$

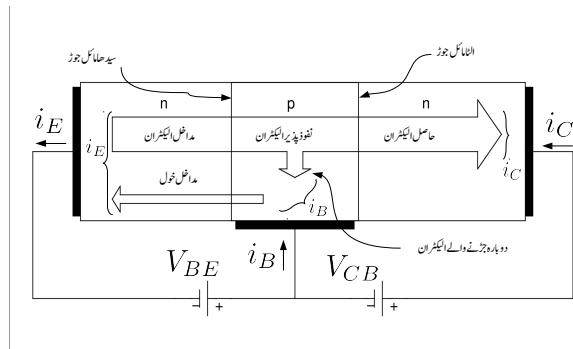
ہو گی۔ بیرونی برقی دباؤ بیس-بیس-بیس جوڑ کو سیدھا مائل کئے ہوئے ہے۔ یوں اس بیس جوڑ میں بالکل سیدھے مائل ڈائیوڈ کی طرح برقی رو کا گزر ہو گا اور تمام کے تمام x الیکٹران بیس خطے میں پہنچ جائیں گے۔^{۱۸} بیس خطے میں مداخلہ الیکٹران ہر جانب نفوذ پذیر ہوں گے۔ جیسا پہلے ذکر ہوا بیس خطے کا بیشتر حصہ ویران خطے بن چکا ہے۔ بیس خطے میں مداخلہ

injected electrons^{۱۹}
injected holes^{۲۰}
number density^{۲۱}
charge^{۲۲}

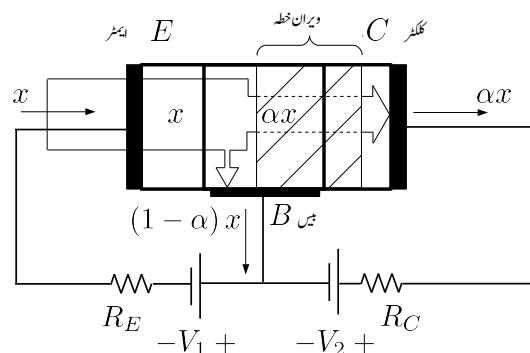
^{۱۴} یہاں خول کے بیساو کو نظر انداز کیا گیا ہے۔ اس کی بات آگے جا کر ہو گی

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

۱۸۳



شکل ۳.۲: npn ٹرانزسٹر میں باروں کی حرکت



شکل ۳.۵: npn ٹرانزسٹر میں اسیکٹرانوں کا بیباو

السیکھ ان اس باریکے لمبائی والے بیس خطے سے ٹرانزسٹر کے بیرونی سرے B تک پہنچ کی کوشش کریں گے۔ ایسے الیکٹرون حسراحتی تو انہی کی بدلتے بیس خطے میں ہر جانب غفوڑ پذیر ہوں گے تاہم بیرونی برقی دباؤ V_I کی وجہ سے ان کی اوس طرف تار برقی سرے B کی جانب ہوتی ہے۔ ان الیکٹرونوں میں سے متعدد الیکٹرون ان سفر کے دوران میں گلکشہ جوڑ کے ویران خطے میں داخل ہو جاتے ہیں کہ اس ویران خطے سے منفی بار تیزی سے دامیں جانب یعنی گلکشہ خطے میں مقتول ہو جاتے ہیں۔ یوں x الیکٹرونوں کا بیشتر حصہ گلکشہ خطے میں پہنچ جاتا ہے اور یہاں سے ٹرانزسٹر کے بیرونی گلکشہ سرے پہنچ کر برقی رو I_C پیدا کرتا ہے۔ گلکشہ خطے پہنچنے والے الیکٹرونوں کی تعداد کو αx لکھا جا سکتا ہے جہاں α کی قیمت عموماً 0.99 ہوتی ہے۔ یوں گلکشہ سرے پر برقی رو I_C کی قیمت

(۳.۲)

$$I_C = \alpha x q$$

ہوگی۔ بقایا الیکٹرون یعنی $x(1 - \alpha)$ الیکٹرون ٹرانزسٹر کے بیرونی بیس سرے پہنچ کر برقی رو I_B کو جنم دیتے ہیں یعنی

(۳.۳)

$$I_B = (1 - \alpha)x q$$

ان تین مساواتوں سے حاصل ہوتا ہے

(۳.۴)

$$\begin{aligned} I_E &= x q \\ I_C &= \alpha x q = \alpha I_E \\ I_B &= (1 - \alpha)x q = (1 - \alpha)I_E \\ I_E &= I_B + I_C \end{aligned}$$

ان سے مزید حاصل ہوتا ہے

(۳.۵)

$$\begin{aligned} I_C &= \alpha I_E = \frac{\alpha}{1 - \alpha} I_B = \beta I_B \\ I_E &= I_C + I_B = (\beta + 1)I_B \end{aligned}$$

جہاں

(۳.۶)

$$\beta = \frac{\alpha}{1 - \alpha}$$

لکھا گیا ہے۔ مساوات ۳.۵ کو گذروں میں دوبارہ لکھتے ہیں۔

(۳.۷)

$$I_C = \alpha I_E$$

(۳.۸)

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

(۳.۹)

$$I_E = (\beta + 1)I_B$$

چونکہ $1 \approx \alpha$ ہوتا ہے لہذا مساوات ۳.۷ سے ظاہر ہے کہ I_C کی قیمت قریباً I_E کے برابر ہو گی۔ مساوات ۳.۸ سے ظاہر ہے کہ β ٹرانزسٹر کی افزائش برقی رو ہے۔

مساوات ۳.۲ کو یوں بھی لکھ سکتے ہیں

$$(3.10) \quad \alpha = \frac{\beta}{\beta + 1}$$

مثال ۳.۳ مندرجہ ذیل کے حاصل کریں۔

.۱ $\alpha = 0.9$

.۲ $\alpha = 0.99$

.۳ $\alpha = 0.999$

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 ۳.۴ $\beta = 74$ کے α کے حاصل کریں۔

$$\alpha = \frac{\beta}{\beta+1} = \frac{74}{74+1} = 0.987$$

مثال ۳.۵: ایک ٹرانزسٹر میں ہر سینٹ $10^{15} \times 6$ الیکٹران میس-ایٹم جوڑ سے گزرتے ہیں۔ اگر $\alpha = 0.993$ ہوتے اس کے برقی سروں پر برقی رو حاصل کریں۔
حل: الیکٹران کا بار $C = 1.6 \times 10^{-19}$ - لیتے 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 اہمیت β سے منسلک ہے۔ مساوات ۳.۸ کہتا ہے کہ $I_C = \beta I_B$ ہے۔ لیکن ٹرانزسٹر سے کا برقی رو میس سے کے برقی رو کے β گناہ ہے۔ یوں اگر β کی قیمت ۳۵ ہوتے تو میس کے برقی رو کم یا زیادہ کرنے سے ٹرانزسٹر

سرے پر برقی روکی قیست 35 گن کمیازیاہ ہو گی۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ یہیں سرے پر تجوڑی مقتدار میں برقی روکلکٹر سرے پر زیادہ مقتدار کے برقی روکوت بول کرتی ہے۔ اس عمل کو افراٹھ^{۱۸} کہتے ہیں۔ یہیں β کو ٹرانزسٹر کی افراٹھ برقی رو^{۱۹} کہتے ہیں گے۔ ٹرانزسٹر کے افراٹھ کی صلاحیت یہ کہ جب سے برقيات کے میدان کا وجود ہے۔ ٹرانزسٹر کا جوٹ بالکل سادہ ڈائیوڈ کی طرح کردار ادا کرتا ہے۔ یہیں اس جوٹ کے برقی روکو

$$I_E = I'_S \left(e^{\frac{V_{BE}}{V_T} - 1} \right)$$

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 I'_S کو

$$I_E = \frac{I_C}{\alpha} \left(e^{\frac{V_{BE}}{V_T} - 1} \right)$$

$$I_C = I_S \left(e^{\frac{V_{BE}}{V_T} - 1} \right)$$

$$I_B = \frac{I_S}{\beta} \left(e^{\frac{V_{BE}}{V_T} - 1} \right)$$

(۳.۱۲) لکھا جا سکتا ہے۔ اس کتاب میں مساوات ۳.۱۲ کے استعمال کے جوابیں گے۔ آپ نے دیکھا کہ I_B کمیازیاہ کرنے سے I_C بھی کمیازیاہ ہوتی ہے۔ حقیقت میں V_{BE} کمیازیاہ کرنے سے I_B کمیازیاہ کیا جاتا ہے۔ یہیں ٹکٹر جوٹ پر برقی رو کو V_{BE} کمیازیاہ کرنے سے I_E کے تحت کمیازیاہ ہو گی اور I_B بھی کمیازیاہ ہو گی۔ اور I_B کی شرح β ہے گا۔ اب تک کی گفتگو سے ظاہر ہے کہ $n-p-n$ ٹرانزسٹر میں مداخل خلوں کا I_C کے پیدا کرنے میں کوئی کردار نہیں۔ ای لئے جیا شروع میں ذکر ہوا مداخل خلوں کی تعداد کم سے کم رکھی جاتی ہے۔

مندرجہ بالا گفتگو میں یہیں ٹکٹر جوٹ کو انٹ مائل رکھ گی۔ ای لئے مائل ڈائیوڈ کی طرح اس جوٹ میں اٹی جناب برقی رو I_S گزرے گی۔ ڈائیوڈ کی طرح حقیقت میں اٹی برقی رو کی اصل قیمت تجذیبی سے حاصل I_S کی قیمت سے کئی درجہ زیادہ ہوتی ہے اور اس کی قیمت اٹی برقی رو پر تمحصر ہوتی ہے۔ ٹرانزسٹر میں اس برقی رو کو I_{CB0} لکھا جاتا ہے۔ I_{CB0} سے مسرا دینٹر سرے کو ٹھیک سرے رکھتے ہوئے یہیں ٹکٹر جوٹ پر اٹی برقی رو ہے۔ اور

¹⁸ gain
¹⁹ current gain

ساوات حاصل کرتے وقت I_{CB0} کو نظر انداز کیا گیا ہے۔ پوں حقیقت میں

$$(m, \bar{m}) \quad I_C = \alpha I_E + I_{CB0}$$

I_{CB0} کی قیمت در بحث حرارت 10°C بہانے سے تقریباً دنیوں ہوتی ہے۔ جب یہ ٹرانزستروں میں I_{CB0} متابل نظر انداز ہوتا ہے لہذا اس کتاب میں ہم I_{CB0} کو نظر انداز کریں گے۔

npn ٹرانزستروں کی صورت افراہندہ رہتا ہے جب اس کے پیسے۔ یعنی جو سیدھا مالک جبکہ اس کے پیسے۔

مکلکش جوڑ کو غیر پالو کھا جائے۔ یوں ٹرانزستروں کو افراہندہ مالک رکھنے کی حنا طریقہ اس کے پیسے۔ مکلکش جوڑ پر بر قی دباؤ V_{BE} مثبت رکھی جاتی ہے جبکہ اس کے پیسے۔ مکلکش جوڑ پر بر قی دباؤ V_{BC} کو یا تو منفی رکھا جاتا ہے اور یا اسے پالو کر دہ برقی دباؤ پر 0.5V سے کمر کھا جاتا ہے۔ سیدھے مالک پیسے۔ یعنی جوڑ کسی بھی سیدھے مالک منفی جوڑ کی طرف برقی دباؤ کو 0.7V پر تصور کسی جاتا ہے۔

اب تک کے بحث میں β کو مستقل تصور کیا گیا۔ درحقیقت میں β کی قیمت از خود C_i پر محصر ہوتی ہے۔ شکل ۳.۶ میں کسی ایک ٹرانزسٹر کو مثال بناتے ہوئے β اور C_i کا تعلق دکھایا گیا ہے۔ کسی بھی ٹرانزسٹر کو عموماً کسی حساس برداری کو لگا بھگ استعمال کیا گیا 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 کی قیمت کو ٹرانزسٹر کا β تصور کیا جاتا ہے۔ اس کتاب میں C_i کے تبدیلی سے β کے تبدیلی کو نظر انداز کیا جائے گا۔

$$(\mathbf{r}, \mathbf{l}, \mathbf{r}) \qquad \qquad \beta = h_{FE} = \frac{I_C}{I_p}$$

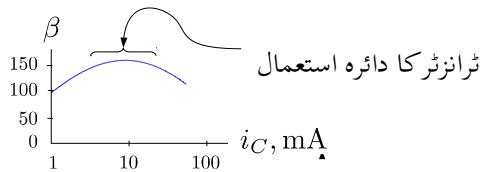
ٹرانزسٹر کو اشارے کی افزاش کے لئے استعمال کیا جاتا ہے جو کہ یک سمت نہیں بلکہ بدلتی بر قدر دو یا بیلٹ برقی رو ہوتا ہے۔ یوں ٹرانزسٹر استعمال کرتے تو یہ ہمیں اس کے ΔI_C سے زیادہ پہنچی ہے۔ اس شر کو h_{fe} کہتے ہیں یعنی

$$(r.15) \quad h_{fe} = \frac{\Delta i_C}{\Delta i_B} = \frac{i_c}{i_h}$$

یوں h_{FE} کوڑا نہ سُر کا یک سمت افراٹھ برقے روجبکہ h_{fe} کو اس کا بدلہ افراٹھ برقے روکہ جاتا ہے۔ اگرچہ h_{fe} کے قیستیں مختلف ہوتی ہیں لیکن ان میں فرق بہت زیادہ نہیں ہوتا۔ اس کتاب میں h_{fe} اور h_{FE} میں فرق کو نظر انداز کرنے ہوئے انہیں ایک ہی قیمت کا تصویر کرتے ہوئے β کے ظاہر کھانے گا۔

۳۰۳ غیر افزاش نده کرده بر قی دیا و

شکل ۷.۳ میں ٹرانزسٹر کے سیدھے مائل میں -بیٹھ جوڑ پر $V_{BE} = 0.7\text{V}$ جبکہ اس کے بیس-گلکٹر جوڑ پر $V_{BC} = 0.5\text{V}$ دکھائے گئے ہیں۔ جیسا کہ شکل میں دکھایا گیا ہے اس صورت میں بر قی دبایا جائے تو V_{CE} کی قیمت 0.2V ہوتی ہے اگر بیس-گلکٹر جوڑ پر بر قی دبایا کو اس حد (یعنی پاؤ کردہ بر قی دبایا) سے بڑھایا جائے تو V_{CE} کی قیمت 0.2V سے کم ہو جائے گی اور ٹرانزسٹر غیر افراہنده صورت اختیار کرے گا۔ لہذا افراہنده حال ٹرانزسٹر پر بر قی دبایا



شکل ۳.۳: افناش بالقابل بر قی رود

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

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

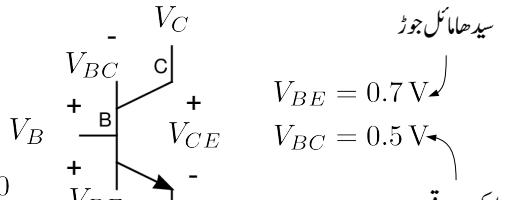
$$V_{CE} = V_C - V_E$$

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

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

$$= 0.7 - 0.5$$

$$= 0.2 \text{ V}$$



شکل ۳.۴: ٹرانزسٹر کی غیر افناشی کردہ بر قی دباد

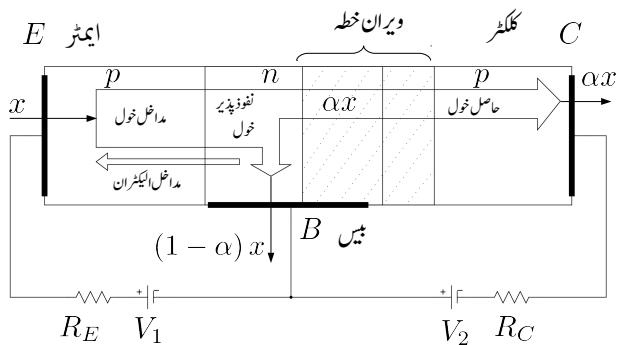
V_{CE} کی قیمت 0.2 V سے زیادہ رہتی ہے۔ V_{CE} کے اس قیمت کو ٹرانزسٹر کا غیر افناشی کردہ بر قی دباد غیر افناشی کہتے ہیں۔ یعنی

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

۳.۴ افناشی کردہ حال جمع-منفی-جمع ٹرانزسٹر کی کارکردگی

شکل ۳.۸ میں pnp ٹرانزسٹر کے تیس-پیٹر جوڑ کو سیدھا مائل کرتے ہوئے اسے افناشی کردہ خلط میں رکھا گیا ہے۔ pnp ٹرانزسٹر کی کارکردگی بالکل npn ٹرانزسٹر کی طرح ہے۔ منرق صرف اتنا ہے کہ npn ٹرانزسٹر میں بر قی دباد ٹرانزسٹر میں الیکٹرون کی حرکت سے ہوتا ہے جبکہ pnp ٹرانزسٹر میں بر قی دباد ٹرانزسٹر میں خولہ کی حرکت سے ہوتا ہے۔

$$V_{CEsat}$$



شکل ۳.۸ pnp ٹرانزسٹر میں خول کا بیباو

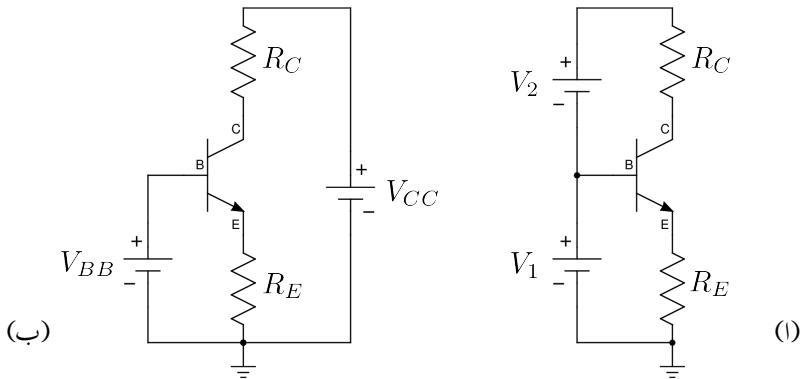
جیسا شکل میں دکھایا گیا ہے، بیرونی الگ برقی دباؤ V_1 ہے۔ یہیں جوڑ کو سیدھا مائل کرتا ہے جس سے بیٹھے میں خول داحتل ہوتے ہیں اور یہیں خلطے میں بیٹھے میں اسیکٹر ان داحتل ہوتے ہیں۔ چونکہ یہیں خلطے میں اسیکٹر ان کی تعدادی کثافت بیٹھے میں خول کی تعدادی کثافت سے کمی درجے کم رکھی جاتی ہے لہذا بیٹھے میں داحتل ہونے والے خولوں کی تعدادی کثافت سے بیٹھے داحتل ہونے والے اسیکٹر انوں کی تعدادی کمی درجے زیادہ ہوتی ہے۔ یہیں خلطے کی لمبائی نہایت کم ہوتی ہے اور یہیں یہیں خلطے میں داحتل ہونے والے خولوں کا بیشتر حصہ یہیں۔ گلکشہ جوڑ پر پائے جانے والے دیران خلطے تک پہنچتا ہے۔ دیران خلطے میں خول داحتل ہوتے ہی یہاں پائے جانے والے برقی میدان کی وجہ سے گلکشہ میں دھکیل دئے جاتے ہیں۔ یہیں بیٹھے یہیں میں حسارج کے جبانے والے خولوں کا بیشتر حصہ گلکشہ پہنچ کر I_C پیدا کرتا ہے۔ گلکشہ کے دھاتی جوڑ پر پہنچنے والا ہر خول، ٹرانزسٹر میں باہر سے آنے والے اسیکٹر ان کے ساتھ مسل کر حستم ہوتا ہے۔ یہیں بیرونی دور میں برقی رو اسیکٹر ان کے حسکت سے جبکہ pnp کے اندر برقی رو خول کے حسکت سے پیدا ہوتا ہے۔

V_{EC} اور V_{EB} کے pnp ۳.۳.۱

V_{CE} pnp ٹرانزسٹر کے سیدھے مائل یہیں۔ بیٹھے جوڑ پر $V_{BE} = 0.7\text{V}$ پایا جاتا ہے اور $0.2\text{V} = \text{غیر انسان دہدہ}$ پر ٹرانزسٹر غیر انسان دہدہ ہو جاتا ہے۔ V_{EC} pnp ٹرانزسٹر میں کہیں ایسا ہی ہوتا ہے پس جوڑ کے نام لئے لکھے چلتے ہیں لیکن V_{EB} کے سیدھے مائل بیٹھے۔ یہیں جوڑ پر $0.7\text{V} = V_{EB}$ پایا جاتا ہے اور $0.2\text{V} = \text{غیر انسان دہدہ}$ پر ٹرانزسٹر غیر انسان دہدہ ہو جاتا ہے۔

۳.۵ نقطہ کار کردگی اور یک سمت ادوار کا تحلیلی تجزیہ

ٹرانزسٹر کے ساتھ مساحات (مساحتیں) اور یک سمت منبع برقی دباؤ (برقی رو) مسلک کر کے اسے تین مختلف طرز پر چلایا جا سکتا ہے۔ ان تین طرزیوں کو جدول میں بیان کیا گیا ہے۔ ٹرانزسٹر کے نقطے کار کردگی (قططے مائل) پر اس کے یک سمت برقی رو کو I_E, I_C, I_B اور یک سمت برقی دباؤ کو V_{BC}, V_{BE}, V_{CE} لکھتے ہیں۔ ڈیڑھ کے نقطے



شکل ۳.۲: ٹرانزسٹر کو افزائندہ حال مائل کرنے کے طریقے

مائل کی طرز پر ان قیتوں کے لکھنے کا درست انداز V_{CEQ} , I_{EQ} , I_{BQ} , I_{CQ} ، غیرہ ہے۔ اس کتاب میں جہاں عملی کی گنجائش نہ ہوہاں ان قیتوں کو پہلی طرز پر لکھا جائے گا جیسے I_C کو I_{CQ} لکھا جائے گا۔ اس چھے میں ٹرانزسٹر کے یک سمت ادوار حل کرنے پر غور کیا جائے گا جہاں ٹرانزسٹر کے مختلف حال یعنی افزائندہ حال، غیر افزائندہ حال اور مقتضی حال باری باری دیکھے جائیں گے۔

۳.۵.۱ افزائندہ ٹرانزسٹر کے یک سمت ادوار کا حل

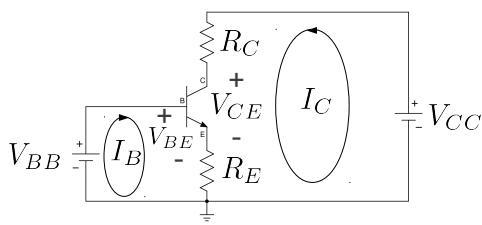
ٹرانزسٹر کی علامت استعمال کرتے ہوئے شکل ۳.۵ کو شکل ۳.۶ کا لفٹ میں دوبارہ لکھا یا گیا ہے۔ شکل ۳.۶ کو شکل ۳.۷ کے طرز پر بھی بنایا جائتا ہے جہاں V_1 کی جگہ V_{BB} لکھا گیا ہے اور $(V_1 + V_2)$ کی جگہ V_{CC} لکھا گیا ہے۔ ٹرانزسٹر ادوار کو عسموماً شکل ۳.۷ کی طرز پر بنایا جاتا ہے۔

مثال ۳.۷: شکل ۳.۶ کی قیمت تین ولٹ اور V_2 کی قیمت آٹھ ولٹ ہونے کی صورت میں اس کے مساوی دور شکل ۳.۷ میں V_{BB} اور V_{CC} کی قیمتیں حاصل کریں۔
حل:

$$(3.17) \quad V_{BB} = V_1 = 3 \text{ V}$$

$$(3.18) \quad V_{CC} = V_1 + V_2 = 3 + 8 = 11 \text{ V}$$

لہذا V_{BB} کی قیمت تین ولٹ جبکہ V_{CC} کی قیمت گیارہ ولٹ ہے۔



$$\begin{aligned} V_{BB} &= V_{BE} + (I_B + I_C) R_E \\ &= V_{BE} + I_E R_E \\ I_E &= \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_E} \approx I_C \\ V_{CC} &= I_C R_C + V_{CE} + I_E R_E \\ &\approx I_C R_C + V_{CE} + I_C R_E \\ V_{CE} &= V_{CC} - I_C (R_C + R_E) \end{aligned}$$

شکل ۳.۱۰: ٹرانزسٹر کا بنیادی دور

شکل ۳.۱۰ میں ٹرانزسٹر کا دور دکھایا گیا ہے۔ داخلی جبابد کرخوف کے متاثر برائے برقی دباؤ کی مدد سے ہم ٹرانزسٹر میں برقی رو I_C یوں حاصل کر سکتے ہیں۔

$$\begin{aligned} V_{BB} &= V_{BE} + (I_B + I_C) R_E \\ V_{BB} &= V_{BE} + I_E R_E \\ I_E &= \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_E} \\ I_C &= \alpha I_E \\ I_B &= \frac{I_E}{\beta + 1} \end{aligned} \quad (3.19)$$

جہاں دوسرے متدم پر $I_B + I_C = I_E$ لکھا گیا ہے۔ ٹرانزسٹر کے ادوار حل کرتے ہوئے عسموں I_C کو کے برابری تصور کیا جاتا ہے۔ ٹرانزسٹر کے سیدھے مائل نیس۔ یہ سڑک پر برقی دباؤ کو V_{BE} لکھا جاتا ہے جس کی عسمی قیمت کسی بھی سیدھے مائل ڈائوڈ کی طرح 0.7V تصور کی جاتی ہے۔ لیکن

$$(3.20) \quad V_{BE} = 0.7\text{V}$$

اسی طرح خارجی جبابد کرخوف کے متاثر برائے برقی دباؤ کی مدد سے ٹرانزسٹر کے مابین برقی دباؤ V_{CE} یوں حاصل کی جاتی ہے۔

$$\begin{aligned} V_{CC} &= I_C R_C + V_{CE} + (I_B + I_C) R_E \\ V_{CC} &= I_C R_C + V_{CE} + I_E R_E \\ V_{CE} &= V_{CC} - I_C R_C - I_E R_E \\ V_{CE} &\approx V_{CC} - I_C (R_C + R_E) \end{aligned} \quad (3.21)$$

جہاں آہنری متدم پر $I_C \approx I_E$ لیا گیا۔ حاصل کردہ برقی دباؤ V_{CE} کی قیمت غیر امنزانتدہ V_{CE} سے کم ہونے کی صورت میں ٹرانزسٹر غیر امنزانتدہ ہو گا اور مندرجہ بالا جوابات درست نہیں ہوں گے۔ اس صورت حال پر آگے جا کر تجزیہ کیا جائے گا۔

مثال ۳.۵: شکل ۳.۱۰ میں

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

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

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

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

ہونے کی صورت میں برقی رو I_C اور برقی دباؤ V_{CE} حاصل کریں۔
حل: مساوات ۳.۱۹ کی مدد سے

$$I_E = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_E} = \frac{1.2 - 0.7}{1000} = 0.5 \text{ mA}$$

$$I_C \approx I_E = 0.5 \text{ mA}$$

اور مساوات 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 منزینہ V_{CE} سے زیاد ہے لہذا ٹرانزسٹر امنزینہ حال ہے اور یوں تمام حاصل کردہ جوابات درست ہیں۔

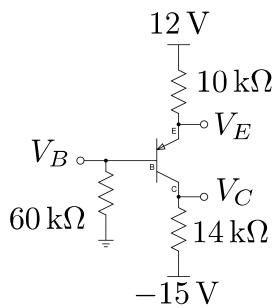
مثال ۳.۶: مثال ۳.۵ میں ٹرانزسٹر کی امنزائش برقی رو $99 = \beta$ تصور کرتے ہوئے برقی رو I_C اور برقی دباؤ V_{CE} کا حاصل قیمتیں حاصل کریں۔ ان قیتوں کا گریٹر نتیجہ مثال میں حاصل کی گئی قیتوں سے موازنہ کریں۔

$$\text{حل: مساوات ۳.۱۰ سے } \alpha = \frac{\beta}{\beta+1} = \frac{99}{99+1} = 0.99 \text{ ہے۔}$$

$$\text{یوں جبکہ مساوات ۳.۲۱ سے } I_C = \alpha I_E = 0.99 \times 0.5 \text{ mA} = 0.495 \text{ mA}$$

$$\begin{aligned} V_{CE} &= V_{CC} - I_C R_C - I_E R_E \\ &= 12 - (0.495 \times 10^{-3} \times 10000) - (0.5 \times 10^{-3} \times 1000) \\ &= 6.55 \text{ V} \end{aligned}$$

چونکہ حاصل کردہ V_{CE} کی قیمت غیر منزینہ V_{CE} سے زیاد ہے لہذا ٹرانزسٹر امنزینہ حال ہے اور یوں تمام حاصل کردہ جوابات درست ہیں۔



شکل ۳.۱۱: ٹرانزسٹر کے β کا حصول۔

آپ دیکھ سکتے ہیں کہ α کی قیمت ایک (1) تصور کر کے یعنی اس کے اثر کو نظر انداز کرتے ہوئے I_C کی قیمت 0.495 mA کے مقابلے 0.5 mA حاصل ہوتی ہے۔ دونوں جوابات میں صرف 1.01% 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 مثالوں میں حاصل کئے گئے برقرار باد V_{CE} میں 0.76% فرقہ فرق ہے یعنی

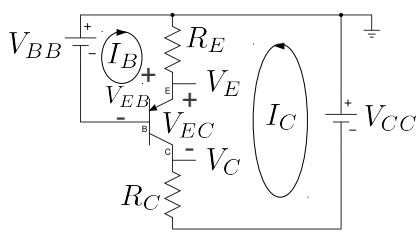
$$\left| \frac{6.55 - 6.5}{6.55} \right| \times 100 = 0.76\%$$

گزشتہ دو مثالوں سے ظاہر ہے کہ ٹرانزسٹر کے ادوار حل کرتے ہوئے α کی قیمت ایک (1) تصور کی جا سکتی ہے۔ ٹرانزسٹر کے ادوار فلتم و کاغذ 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۔ $I_C \approx I_E$ لیئے کامطلب I_B کو نظر انداز کرنا ہے۔

مثال ۳.۳: شکل ۳.۱۱ میں $V_B = 1.884 \text{ V}$ اور $V_E = 2.584 \text{ V}$ میں ٹرانزسٹر کا حاصل کریں۔ مزید V_C کا بھی تخمینہ لائیں۔
حل: شکل کو دیکھ کر

$$I_B = \frac{1.884}{60000} = 31.4 \mu\text{A}$$

$$I_E = \frac{12 - 2.584}{10000} = 0.942 \text{ mA}$$



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

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

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

شکل ۳.۱۲: جمع مخفی جمع ٹرانزسٹر کا سادہ دور

لکھ جائے گیں جن سے

$$\beta + 1 = \frac{I_E}{I_B} = \frac{0.942 \text{ mA}}{31.4 \mu\text{A}} = 30$$

$$\beta = 29 \text{ حاصل ہوتا ہے۔ اس طرح}$$

$$I_C = \beta I_B = 29 \times 31.4 \mu\text{A} = 0.91 \text{ mA}$$

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

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

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

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

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

ہیں۔ I_C اور V_{EC} حاصل کریں۔
حل: یہیں حساب کرخونے کے لئے انون 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

۱۹۵

لکھا جاسکتا ہے جہاں دوسرے متدم پر $I_E + I_B + I_C$ کو لکھا گیا ہے۔ یوں

$$I_E = \frac{V_{BB} - V_{EB}}{R_E} = \frac{1.2 - 0.7}{1000} = 0.5 \text{ mA}$$

$$I_C \approx I_E = 0.5 \text{ mA}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اسی طرح کر خوف کے فتاون براۓ برقی دباؤ کی 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 جاسکتا ہے۔ اگر $I_C \approx I_E$ ہے تو اسے تب

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

حاصل ہوتا ہے۔ اس مثال کا مثال ۳.۵ کے ساتھ موازنہ کریں۔

مثال ۳.۶: شکل ۳.۱۳ میں دکھائے گئے ٹرانزسٹر دور میں

$$V_{CC} = 15 \text{ V}$$

$$V_{BB} = 1.1 \text{ V}$$

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

$$R_E = 900 \Omega$$

$$\beta = 36$$

ہیں۔ اس دور میں ٹرانزسٹر کے تینوں سروں پر برقی دباؤ اور برقی رو رہ حاصل کریں۔ حل: ٹرانزسٹر کے داخلی جانب کر خوف کے فتاون براۓ برقی 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 برابری تصور کیا جاتا ہے لیکن چونکہ یہاں خصوصی طور پر تسامبرتی روماگی گئی ہے اسی وجہ سے اس کی اصل قیمتیں حاصل کرتے ہیں۔

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

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

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

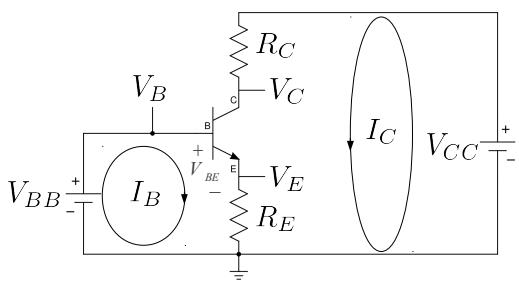
آپ دیکھ سکتے ہیں کہ β کی قیمت کم ہونے کی صورت میں I_E اور I_C کی قیتوں میں فرق بڑھ جاتا ہے اگرچہ انہیں پھر بھی، فتحم و کاغذ کی مدد سے حل کرتے ہوئے، برابری تصور کیا جاتا ہے۔
ٹرانزسٹر کے سروں پر بر قی دباؤ حاصل کرتے ہیں۔

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

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

$$\begin{aligned}V_B &= V_E + V_{BE} \\ &= 0.4 + 0.7 \\ &= 1.1 \text{ V}\end{aligned}$$

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



$$\begin{aligned}
 V_{BB} &= V_{BE} + (I_B + I_C) R_E \\
 &= V_{BE} + I_E R_E \\
 I_E &= \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_E} \approx I_C \\
 V_C &= V_{CC} - I_C R_C \\
 V_E &= I_E R_E \\
 V_B &= V_E + V_{BE} \\
 &= I_E R_E + V_{BE} \\
 V_{CE} &= V_C - V_E \\
 &= V_{CC} - I_C R_C - I_E R_E
 \end{aligned}$$

شکل ۳.۱۲: ٹرانزسٹر دور کی مثال

چونکہ ٹرانزسٹر کے یہس پر 1.1 V لاگو کیا گیا ہے لہذا میٹر پر بر قی دباؤ کو یوں بھی حاصل کیا جاسکتا 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

$$V_{CC} = 15 \text{ V}$$

$$V_{BB} = 1.1 \text{ V}$$

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

$$R_E = 900 \Omega$$

$$\beta = 36$$

ہیں۔ اس دور میں ٹرانزسٹر کے تینوں سروں پر بر قی دباؤ اور بر قی رو حاصل کریں۔
حل: ٹرانزسٹر کے داخلی جانب کر خوف کے وتنوں بر قی دباؤ کی مدد سے I_E حاصل کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned}
 V_{BB} &= I_E R_E + V_{EB} \\
 I_E &= \frac{V_{BB} - V_{EB}}{R_E} \\
 &= \frac{1.1 - 0.7}{900} \\
 &= 0.44 \text{ mA}
 \end{aligned}$$

عموماً I_C اور I_E کے بھی تینیں 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 بر قی دباد حاصل کرتے ہیں۔

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

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

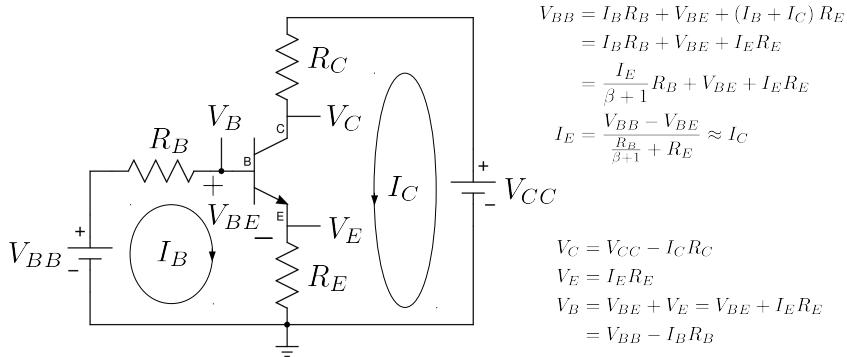
$$\begin{aligned}V_B &= V_E - V_{EB} \\ &= -0.4 - 0.7 \\ &= -1.1 \text{ V}\end{aligned}$$

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

چونکہ یہ سی پر بر قی دباد -1.1 V لگ کر بھی حاصل کی جاتا ہے لہذا $V_E = V_B + V_{EB}$

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

۳.۵ نقطہ کار کردگی اور یک سمت ادوار کا تحلیلی تجزیہ



شکل ۳.۲۷: مزاحم سفر در جہاں تینوں سروں کے ساتھ مزاحمت منسلک ہیں

شکل ۳.۲۸ میں دکھائے دور کے داخلی جبانب R_B نصب کیا گیا ہے۔ اس دور کو بھی گزشتہ دوروں کی طرح حل کیا جاتا ہے۔ داخلی جبانب کرخونے کے وقت ان برائے برقی دباؤ کی مدد سے

$$\begin{aligned}
 V_{BB} &= I_B R_B + V_{BE} + (I_B + I_C) R_E \\
 V_{BB} &= \frac{I_E}{\beta + 1} R_B + V_{BE} + I_E R_E \\
 I_E &= \frac{V_{BB} - V_{BE}}{\frac{R_B}{\beta + 1} + R_E} \approx I_C
 \end{aligned} \tag{۳.۲۲}$$

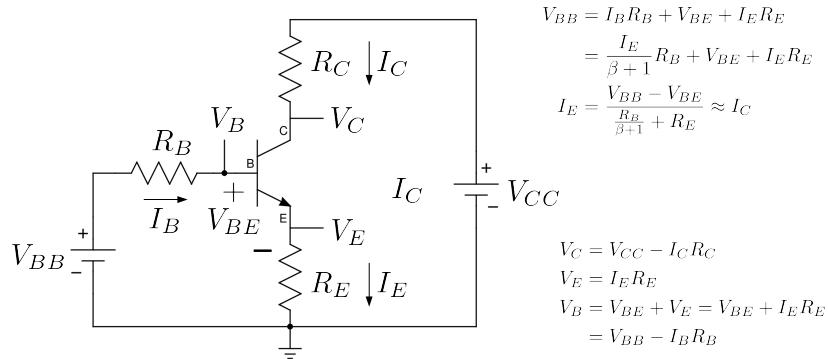
صصل ہوتا ہے۔ اسی طرح دور کے خارجی جبانب ہم لکھ سکتے ہیں

$$V_{CC} = I_C R_C + V_{CE} + (I_B + I_C) R_E \tag{۳.۲۳}$$

$$V_{CC} = I_C R_C + V_{CE} + I_E R_E \tag{۳.۲۴}$$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C - I_E R_E \tag{۳.۲۵}$$

$$V_{CE} \approx V_{CC} - I_C (R_C + R_E) \tag{۳.۲۶}$$



شکل ۳.۱۵

مثال ۳.۱۵: شکل 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 پڑا ن سٹر کے تینوں سروں پر پڑا ن سٹر کے بر ق روکھے گئے ہیں۔ یہ میں حبائب

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

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

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

لما جا سکتا 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 حنارتی جواب

$$V_{CC} = I_C R_C + V_{CE} + I_E R_E \\ \approx (R_C + R_E) I_C + V_{CE}$$

←

$$V_{CE} = 15 - 4.04 \times 10^{-4} \times (5600 + 900) = 12.374 \text{ V}$$

حاصل ہوتا ہے۔ چونکہ V_{CE} ہے لہذا اثر انزست امنز اسندہ حال ہے اور V_{CE} کا یہی درست جواب ہے۔

مثال ۳.۱۶: شکل ۳.۱۶ میں

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

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

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

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

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

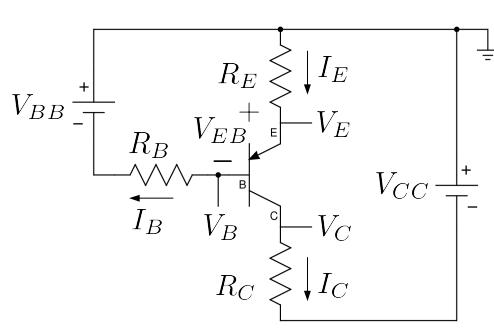
$$\beta = 27$$

ہونے کی صورت میں I_C اور V_{EC} حاصل کریں۔
حل: بیس حساب

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

←

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



$$\begin{aligned}V_{BB} &= I_E R_E + V_{EB} + I_B R_B \\&= I_E R_E + V_{EB} + \frac{I_E}{\beta+1} R_B \\I_E &= \frac{V_{BB} - V_{EB}}{\frac{R_B}{\beta+1} + R_E} \approx I_C\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_C &= -V_{CC} + I_C R_C \\V_E &= -I_E R_E \\V_B &= V_E - V_{EB} = -I_E R_E - V_{EB} \\&= -V_{BB} + I_B R_B\end{aligned}$$

شکل ۳.۱۶

حاصل ہوتا ہے۔ اسی طرح ہم لکھ سکتے ہیں۔

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

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 ٹرانزسٹر افنسٹر انڈسٹریل ہی ہے اور یہی درست جوابات ہیں۔

ٹرانزسٹر کو افنسٹر انڈسٹریل حال رکھنے کی حرکت را اس کے بیس۔ ٹرانزسٹر جوڑ کو سیدھا مائل جبکہ اس کے بیس۔ لکلکھر جوڑ کو غیرہ چاہا جاتا ہے۔ اب تک دکھائے گئے ادوار میں ایسا کرنے کی حرکت درود منع برقراری دباؤ یعنی V_{BB} اور V_{CC} استعمال کرنے کے لئے ٹرانزسٹر کے دونوں جوڑوں کو صرف ایک عدد منع برقراری دباؤ کی مدد سے بھی درست مائل کیا جا سکتا ہے۔ اس عمل کو دیکھتے ہیں۔

شکل ۳.۱۷۔۱ الف میں داخلی جناب R_1 اور R_2 نسبت کئے گئے ہیں۔ شکل ۳.۱۷۔۲ میں اسی درکو قدر مختلف طرز پر بنایا گیا ہے جہاں داخلی جناب کے حصے کو نقطہ دار لکھیے گئیں۔

مسئلہ تھوڑن کے مطابق کسی بھی خطی دور کا مساوی تھوڑن دور حاصل کی جا سکتا ہے جو ایک عدد تھوڑن مسازاً ہے۔ R_{th} اور ایک عدد تھوڑن برقراری دباؤ V_{th} پر مشتمل ہوتا ہے۔

جن دو برقراری سروں پر تھوڑن مساوی دور کا ہواں سروں کو آزاد یعنی کھلے سرے رکھ کر یہاں کا برقراری دباؤ حاصل کیا جاتا ہے۔ یہی تھوڑن برقراری دباؤ V_{th} کہلاتا ہے۔ یہ عمل شکل ۳.۱۷۔۲ پر میں دکھایا گیا ہے۔ اسی طرح تھوڑن

مزاہت R_{th} حاصل کرنے کی حرکت دوسرے اندر ونی منع بر قی دباؤ کو قصر دو^{۲۱} کر کے انہیں دوسروں پر بر قی مزاہت حاصل کی جاتی ہے۔ یہی تھونن مزاہت ہوتی ہے۔ یہ عمل شکل ۳.۱۷ میں دکھایا گیا ہے۔ یہاں پر بھی

$$(3.27)$$

$$V_{th} = \frac{R_1 V_{CC}}{R_1 + R_2}$$

$$\frac{1}{R_{th}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

$$R_{th} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

یوں نقطے دار لکیر میں گھیرے ہے کامساوی تھونن دور شکل ۳.۱۷ میں دکھایا گیا ہے۔ شکل ۳.۱۷ میں داخنی جبانب اس مساوی تھونن دور کے استعمال سے شکل ۳.۱۷ میں حاصل ہوتا ہے جو کہ ہو بھو شکل ۳.۱۷ میں دکھایا ہو رہے۔ فنر قرف اتنا ہے کہ V_{th} کو V_{BB} اور R_{th} کو R_B لکھا گیا ہے۔ شکل ۳.۱۷ میں دکھائے دور کو بالکل شکل ۳.۱۶ میں دکھائے دور کی طرح حل کیا جاتا ہے۔ آئیں اس کی ایک مثال دیکھیں۔

مثال ۳.۱۳: شکل ۳.۱۳الف 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 بر قی رو I_C اور اس پر بر قی دباؤ V_{CE} حاصل کریں۔

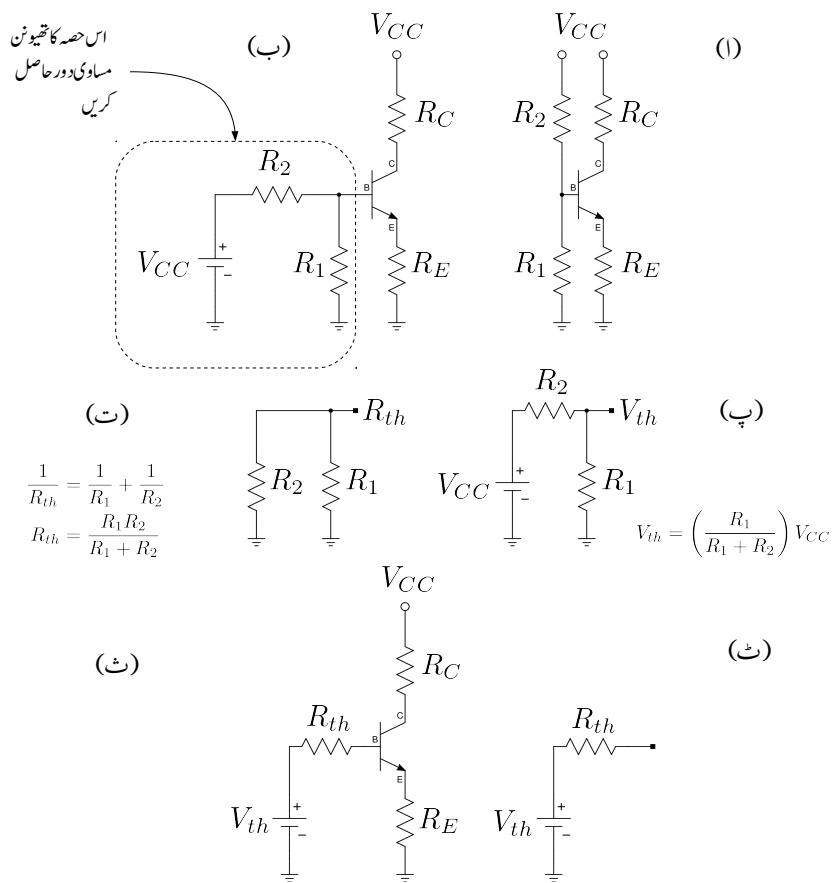
حل: اس طرح کے ادوار حاصل کرنے کا طریقہ شکل ۳.۱۷ میں متقدم بقدم دکھایا گیا ہے۔ مساوات ۳.۲۷ کی مدد سے

$$V_{th} = \frac{12 \times 8900}{8900 + 99000} = 0.9898 \text{ V}$$

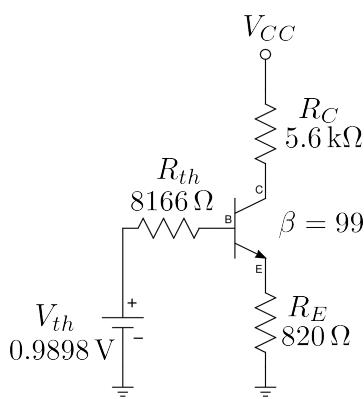
$$R_{th} = \frac{8900 \times 99000}{8900 + 99000} = 8166 \Omega$$

ان مساوی تھونن مقداروں کو استعمال کرتے ہوئے شکل ۳.۱۸ میں مساوی دور دکھایا گیا ہے جسے حل کر کے V_{CE} کی نیت چونکہ حاصل کر دیں۔ چونکہ V_{CE} کی نیت V_{CE} کے زیادہ ہے لہذا ٹرانزسٹر افسزائندہ حال ہے اور یوں حاصل کر دی جوابات درست ہیں۔

^{۲۱} اندر ونی منع بر قی دو کو کھلے سرے کیا جاتا ہے



شکل ۷۔۳: ایک عدد منبع برقی دباؤ کی مدد سے ٹرانزسٹر کا مائل کرنا



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

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

شکل ۱۸.۳: مسئلہ تھونن کی مدد سے دور حل کرنے کا عمل

مثال ۳.۱۹: شکل ۳.۱۹ میں

$$\begin{aligned}V_{CC} &= 20 \text{ V}, \quad R_C = 10 \text{ k}\Omega, \quad R_B = 200 \text{ k}\Omega \\R_E &= 100 \Omega, \quad \beta = 99\end{aligned}$$

بہل۔ نقطہ کار کر دگی حاصل کریں۔
حل: بڑا نظر کے گلشن پر کروخون کے متanon برائے برقی روکی مدد سے

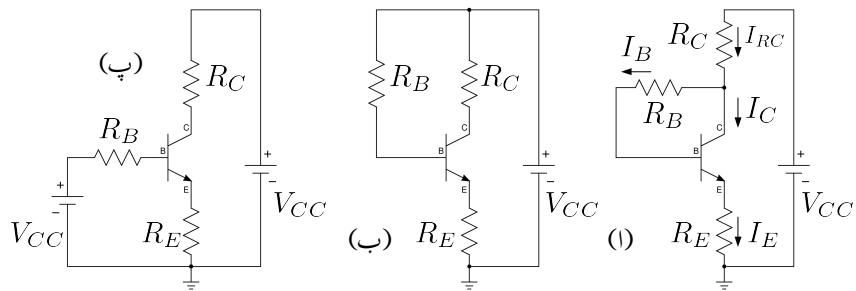
$$I_{RC} = I_B + I_C$$

لکھ جاتا ہے۔ جو نہ I_B + I_C = I_E ہوتا ہے لہذا I_{RC} = I_E ہو گا۔ یوں کروخون کے متanon برائے برقی دباو کے استعمال سے

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

$$i_B = \frac{I_E}{\beta+1} \text{ کر تے حاصل ہوتا ہے}$$

$$I_E = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_C + \frac{R_B}{\beta+1} + R_E}$$



شکل ۳.۱۹: ایک عدد منبع برقی دباد کے استعمال سے نقطہ کار کردگی کے دیگر اشکال

دنے گئے قیمتیں پر کرتے ہوئے

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

حاصل ہتا ہے۔ کر خوف کے وسائلون برائے برقی دباد کو حنری جانب یوں لکھا جاتا ہے

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

جس سے

$$V_{CE} = V_{CC} - I_E (R_C + R_E) \\ = 20 - 1.595 \times 10^{-3} \times (10000 + 100) \\ = 3.89 \text{ V}$$

حاصل ہتا ہے۔

مثال ۳.۱۵: شکل ۳.۱۹ ب میں

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

میں۔ نقطہ کار کردگی حاصل کریں۔

حل: شکل پے میں اسی کو دوبارہ بنایا گیا ہے جہاں داخلی اور خارجی حبانب بالکل علیحدہ واضح نظر آتے ہیں۔ داخلی حبانب کرخونے کے قانون برائے برتنی دباؤ سے

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

لکھا جاسکتا ہے جس میں دی گئی قیمتیں پر کرنے سے

$$\begin{aligned}I_E &= \frac{V_{CC} - V_{BE}}{\frac{R_B}{\beta+1} + R_E} \\&= \frac{20 - 0.7}{\frac{500000}{99+1} + 1000} \\&= 3.21 \text{ mA}\end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اسی طرح خارجی حبانب

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

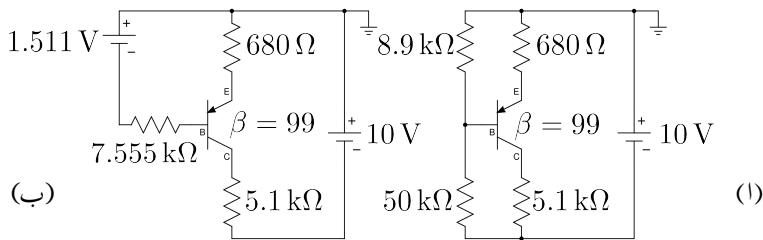
میں لپٹتے ہوئے $I_C \approx I_E$

$$\begin{aligned}V_{CE} &= V_{CC} - I_C (R_C + R_E) \\&= 20 - 3.21 \times 10^{-3} (1000 + 1000) \\&= 13.58 \text{ V}\end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے۔

مثال ۳.۱۶: شکل ۳.۲۰ میں I_C اور V_{EC} حاصل کریں۔
حل: مسئلہ تھونن کی مدد سے شکل ۳.۲۰ بے حاصل ہوتا ہے جس میں

$$\begin{aligned}V_{th} &= \frac{-10 \times 8900}{8900 + 50000} = -1.511 \text{ V} \\R_{th} &= \frac{8900 \times 50000}{8900 + 50000} = 7.555 \text{ k}\Omega\end{aligned}$$



شکل ۳.۲۰

بیں-بیں شکل بے

$$\begin{aligned} 1.511 &= 680 \times I_E + 0.7 + 7555 \times I_B \\ &= 680 \times I_E + 0.7 + 7555 \times \frac{I_E}{99+1} \end{aligned}$$

لکھتے ہوئے

$$I_C \approx I_E = 1.07 \text{ mA}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اسی طرح شکل بے میں

$$\begin{aligned} 10 &\approx I_C (680 + 5100) + V_{EC} \\ &= 1.07 \times 10^{-3} \times (680 + 5100) + V_{EC} \end{aligned}$$

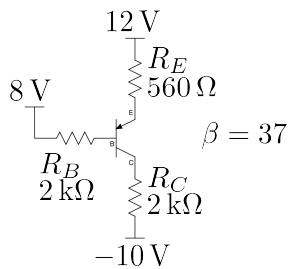
جیسی

$$V_{EC} = 3.81 \text{ V}$$

حاصل ہوتا ہے۔ چونکہ حاصل V_{EC} کی قیمت 0.2 V سے زیاد ہے لہذا براز سٹر افزاں نہ ہی ہے اور یہی درست جوابات ہیں۔

مثال ۳.۲۱: شکل ۳.۲۱ میں براز سٹر کے تینوں سروں پر برقی دباؤ حاصل کریں۔
حل: میں جواب کرخونے کے متanon برائے برقی دباؤ سے

$$12 - 8 = I_B R_B + V_{EB} + I_E R_E$$



شکل ۳.۲۱

کھاب سکتا ہے جس میں $I_B = \frac{I_E}{\beta+1}$ 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 مزاجت میں بر قی طاقت کا ضیاء حاصل کریں۔ ٹرانزسٹر کے دونوں جو ڈریجی طاقت کا ضیاء حاصل کریں۔

حل: مزاجت R_E میں 0.3214 mA بر قی روے اس میں بر قی طاقت کا ضیاء $P_{RE} = I_E^2 R_E$ یعنی μW 84.7 ہے۔ اسی طرح $R_C = I_E$ لیتے ہوئے R_C میں $578 \mu\text{W}$ حاصل ہوتا ہے۔ ٹرانزسٹر کے لیٹر سے پر بر قی دباد V_E کی قیمت $I_E R_E = 0.26 \text{ V}$ اور یوں اس کے یہیں سے پر $0.26 + 0.7 = 0.96 \text{ V}$ ہو گا۔ یوں R_1 میں طاقت کا ضیاء $\frac{0.96 \times 0.96}{8900} \mu\text{W}$ یعنی 104 mW جبکہ R_2 میں $(12 - 0.96)^2 \over 99000 \text{ mW}$ یعنی 1.23 mW ہو گا۔

ٹرانزسٹر کے لیٹر پر $V_C = 12 - 0.3214 \text{ mA} \times 5.6 \text{ k}\Omega = 10.2 \text{ V}$ ہے لہذا اس کا یہیں۔ $V_C - V_B = 10.2 - 0.96 = 9.24 \text{ V}$

$I_E = 0.3214 \text{ mA} = 2.97 \text{ mW}$ ہو گا۔ یہ میں ٹرانزسٹر کے گزرتا ہے جس کے برابر ہی لیا گیا ہے۔ میں ۰.۷V پر برقی دبادے اس ہو گز پر طاقت کا ضمیم $0.3214 \text{ mA} \times 0.7 \text{ V} = 0.225 \text{ mW}$ ہو گا۔

مندرجہ بالا مثال سے یہ حقیقت سامنے آتی ہے کہ عمومی استعمال میں طاقت کے ضمیم کا بیشتر حصہ یہ میں ٹرانزسٹر کے گزرتا ہے۔ کم طاقت کے ٹرانزسٹر عموماً پلاسٹک ڈبیا میں بند ہیا کے جاتے ہیں۔ پلاسٹک ڈبیا سے ٹرانزسٹر کے تیفون سرے باہر نکلے پائے جاتے ہیں۔ زیادہ طاقت کے ٹرانزسٹر کو عموماً دھاتی ڈبے میں بند ہیا کیا جاتا ہے۔ ایسے ٹرانزسٹر کے یہ میں ٹرانزسٹر کو ٹھنڈار کنکی حناظر ٹرانزسٹر کو دھاتی ڈبے کے ساتھ جوڑا جاتا ہے۔ جوڑے دھات میں گرمی کے منتقلی سے جوڑ ٹھنڈا ہوتا ہے۔ ہوا لگنے سے دھاتی ڈبے ٹھنڈا رہتا ہے۔ اگر ضرورت دریہش آئے تو دھاتی ڈبے کو ان خود زیادہ بڑی جامت کے سرد کار کے ساتھ جوڑا جاتا ہے جس سے گرمی کی منتقلی مزید بڑھ جاتی ہے۔

جب بھی کوئی دور بنا یا جاتا، اس میں استعمال تمام اجزاء میں طاقت کا ضمیم حاصل کیا جاتا ہے۔ اگر کسی پر زے میں طاقت کا ضمیم اس پر زے کی برداشت حد سے تجاوز کر جائے تو اس پر زے جبل کر تباہ ہو جائے گا۔ ایسی صورت سے بچنے کی حناظر یا تو ڈینائن کو تبدیل کیا جاتا ہے گا اور یا پھر زیادہ برداشت والا پر زہ استعمال کیا جائے گا۔

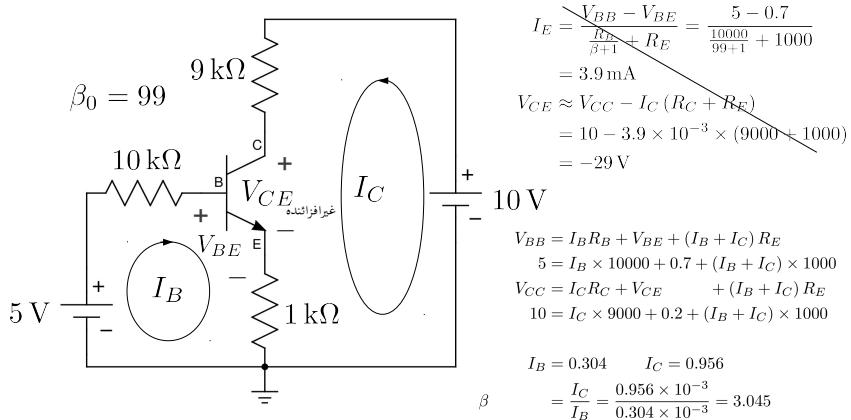
۳.۵.۲ غیر افناشندہ ٹرانزسٹر کے دور کا حل

شکل ۳.۲۲ میں دکھائے دور میں اگر ٹرانزسٹر کو افناشندہ حال تصور کرتے ہوئے حل کیا جائے تو V_{CE} کی قیمت منفی نہیں وہ لے $V = -29$ ۔ حاصل ہوتی ہے جو کہ غیر افناشندہ V_{CE} کے کم ہے۔ یہ ٹرانزسٹر کو افناشندہ تصور کرنا درست نہیں اور اس جواب کو رد کرنا ہو گا۔ شکل میں اس جواب پر توجیہ لکیں گے کہ رد کیا گیا ہے۔ ٹرانزسٹر ادوار حل کرتے ہوئے اسی طرح پہلے ٹرانزسٹر کو افناشندہ حال تصور کرتے ہوئے دور کو حل کیا جاتا ہے۔ اگر حاصل V_{CE} کی قیمت غیر افناشندہ V_{CE} سے زیادہ یا اس کے برابر ہو تو جواب کو درست تسلیم کر لیا جاتا ہے ورنہ ان جوابات کو رد کرتے ہوئے ٹرانزسٹر کو غیر افناشندہ تصور کر کے دور کو دوبارہ حل کیا جاتا ہے۔ غیر افناشندہ ٹرانزسٹر پر پائے جانے والے برقی دبادے V_{CE} کی قیمت غیر افناشندہ V_{CE} تین ۰.۲V ہوتی ہے۔ مزید یہ یہ کہ مساوات ۳.۸ اور مساوات ۷.۳ کو مطابقت ہے اور مساوات ۷.۳ کو مطابقت ہے۔ میں β_0 کو زیر بیان کئے گئے۔ ان حقائق کو مدد نظر رکھتے ہوئے غیر افناشندہ 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 جہاں $V_{BE} = 0.7 \text{ V}$ اور $V_{CE} = 0.2 \text{ V}$ لایا جاتا ہے۔ شکل ۳.۲۲ میں دور کے حل کرنے کا درست طریقہ دکھایا گیا ہے جہاں $I_C = 0.956 \text{ mA}$ اور $I_B = 0.304 \text{ mA}$ ہے۔ ان قیمتیں سے غیر افناشندہ ٹرانزسٹر کی افناش = $3.045 = \frac{\beta}{\beta_0}$ ہے جو کہ اس کے دئے گئے افناش = ۹۹ ہے۔

اگر دور حل کرنے سے پہلے ہی غیر افناشندہ β معلوم ہوتے اے بالکل افناشندہ حال کی طرح حل کیا جاتا ہے۔ قوی برقیات کے میں ان میں ٹرانزسٹر بطور برقیاتی سوچ استعمال کیا جاتا ہے جہاں اے فی سیکنڈ کی مرتبے غیر افناشندہ اور منقطع کیا جاتا ہے۔ افناشندہ صورت میں یہ چالا سوچ اور منقطع

۳.۵ نقطہ کار کردگی اور یک سمت ادوار کا تحلیلی تجزیہ

۲۱۱



شکل ۳.۲۲: غیر افزاں اسٹریم میکٹر ٹرانزسٹر کا حل

صورت میں منقطع سوچ کا کردار ادا کرتا ہے۔ تخلیق کار قبل از تخلیق فیصلہ کرتا ہے کہ ٹرانزسٹر کو کس حد تک غیر افزاں اسٹریم میکٹر کیا جائے گا۔

مثال ۳.۱۹: شکل ۳.۲۲ میں

$$\begin{aligned} V_{CC} &= 10 \text{ V} \\ R_C &= 9 \text{ k}\Omega \\ R_B &= 10 \text{ k}\Omega \\ R_E &= 1 \text{ k}\Omega \\ \beta_0 &= 99 \end{aligned}$$

ہی رکھتے ہوئے V_{BB} کی وہ قیمت دریافت کریں جہاں ٹرانزسٹر افزاں اسٹریم میکٹر کا حل اتھر کر لیتا ہے۔

حل: جس لمحے ٹرانزسٹر افزاں اسٹریم میکٹر کا حل اتھر کر لیتا ہے اس وقت دور حل کرنے کی حنا طریقہ اس کی عسمی افزاں β_0 متابل استعمال ہوتی ہے یعنی مساوات ۳.۸ اور مساوات ۳.۹

وتاہل استعمال ہیں۔ مزید یہ کہ اس لمحے پر $V_{CE} = 0.2 \text{ V}$ ہے گا لہذا ہم لکھ سکتے ہیں کہ

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

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

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

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

مثال ۳.۲۰: شکل ۳.۲۲ میں

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

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

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

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

$$\beta_0 = 90$$

رکھتے ہوئے R_B کی قیمت دریافت کریں جس سے ٹرانزسٹر اس حد تک غیر افنسائزندہ صورت اختیار کر لے گا کہ اس کی $30 = \text{غیر افنسائزندہ } \beta$ ہو۔ اس کو یوں بھی بیان کیا جاتا ہے کہ ٹرانزسٹر کو تین گناہ غیر افنسائزندہ کریں یعنی غیر افنسائزندہ β کی قیمت β_0 سے تین گناہ کم ہو۔

حل: یہاں غیر افنسائزندہ β کی قیمت دی گئی ہے ہے استعمال کیا جائے گا۔ یوں

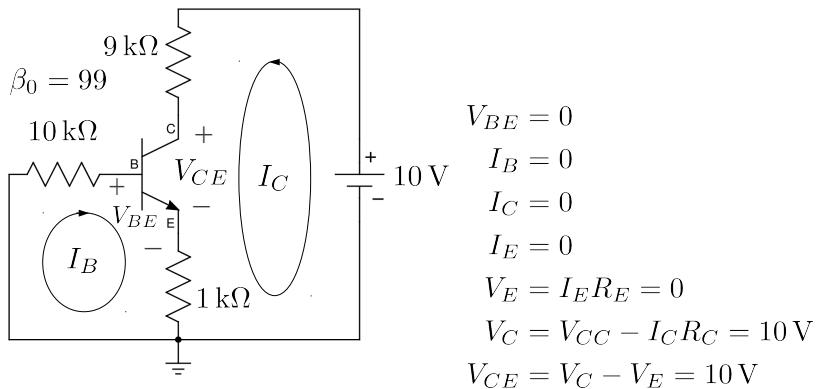
$$\alpha = \frac{\beta}{\beta + 1} = \frac{30}{30 + 1} = 0.9677$$

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

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

$$10 = 0.2 + 9709 \times I_E$$

$$I_E = 1.009 \text{ mA}$$



شکل ۳.۲۳: منقطع حال ٹرانزسٹر۔ یہس-بھر جوڑ سیدھا مائل نہیں ہے

اے استعمال کرتے ہوئے

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

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

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

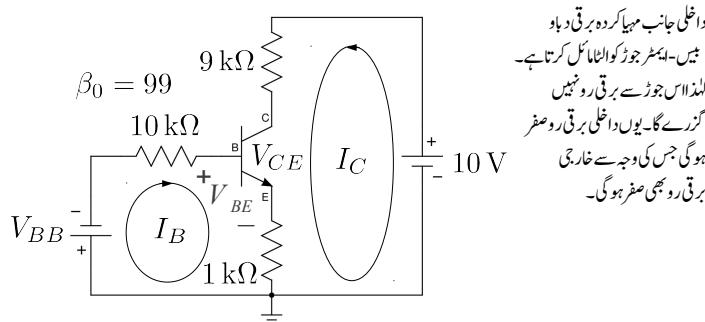
$$R_B = 101.1 \text{ k}\Omega$$

حاصل ہوتا ہے۔

۳.۵.۳ منقطع ٹرانزسٹر کے دور کا حل

جدول کے تحت یہس-بھر جوڑ کو غیر-چپ او کرنے سے ٹرانزسٹر منقطع صورت اختیار کر لیتا ہے۔ حقیقت میں ٹرانزسٹر کو منقطع کرنے کی حاضر اس کے یہس-بھر جوڑ کو عموماً الشامائیں کیا جاتا ہے۔ ایسا کرتے وقت اس بات کا دھیان رکھا جاتا ہے کہ الٹ برقی دباؤ اس جوڑ کے متاثر 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 برقی رو نہیں گزرتی۔ عموماً یہ صورت، دور کو دیکھتے ہی واضح ہو جاتی ہے جیسے شکل ۳.۲۳ میں ہے۔ اس شکل میں داخلي جانب کوئی برقی دباؤ مہیا نہیں کیا گی۔ یوں ٹرانزسٹر کا یہس-بھر جوڑ غیر-چپ او ہو گا۔ لہذا داخلي جانب برقی رو I_B کی قیمت صفر ہو



شکل ۳.۲۲: اسٹامائل داخنی جوڑ

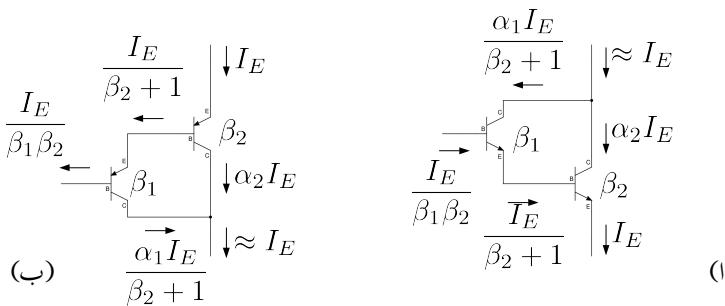
گی۔ I_B صفر ہونے کی وجہ سے ٹرانزسٹر کے باقی دو سروں پر بھی بر قی رو کی قیمت صفر ہو گی۔ جیسا شکل میں حل کر کے دکھایا گیا اس صورت میں $V_{CE} = V_{CC}$ ہو گا۔

مثال ۳.۲۱: شکل ۳.۲۲ میں داخنی جوڑ اسٹامائل ہے اور یوں ٹرانزسٹر منقطع ہو گا۔ اگرچہ اس دور کو دیکھتے ہی آپ کہہ سکتے ہیں کہ یہ منقطع ہے، ہم پھر بھی اسے حل کر کے دیکھتے ہیں۔ ایسا کرتے ہوئے تصور کریں کہ ٹرانزسٹر اندازائندہ حال 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 بر قی رو کی سمت عسوی سمت کے الٹے ہے۔ جب بھی ٹرانزسٹر میں اٹی جانب یک سمت بر قی رو پیدا کرنے کی کوشش کی جائے یہ منقطع صورت اختبار کر لیتا ہے لہذا اس جواب کو رد کرتے ہوئے ٹرانزسٹر کو منقطع تصور کیا جائے گا اور اس کے تمام سروں پر بر قی رو کی قیمت صفر کی حبائے گی۔ یوں $V_{CE} = 10\text{V}$ ہو گا۔



شکل ۲۵. سازه‌های لستگشن جوڑیاں

۳۶

شکل ۲۵۔۳ میں دو عدد $n-p-n$ ٹرانزسٹر کو مخصوص طرز پر جو زاگیا ہے جسے $n-p-n$ ڈارلکٹن جوڑے ۳۳ یا دار لگکھٹر ٹرانزسٹر کہتے ہیں۔ شکل ب میں $p-n-p$ ڈارلکٹن جوڑے دکھائی گئی ہے۔

شکل اف میں اگر Q_2 کے ہنگام پر I_E بر قی روپا ہجاتے تو اس کے گلکھر پر $\alpha_2 I_E$ اور اس کے بیس پر $\frac{I_E}{\beta_2+1}$ بر قی روپا ہجاتے گا۔ Q_2 کے بیس پر بر قی رو Q_1 کے ہنگام پر بر قی رو ہی ہے لہذا Q_1 کے ہنگام پر $\frac{I_E}{\beta_2+1}$ ہی روپا ہجاتے گا یوں Q_1 کے گلکھر پر $\alpha_1 \frac{I_E}{\beta_2+1}$ اور اس کے بیس پر $\frac{I_E}{(\beta_1+1)(\beta_2+1)}$ روپا ہجاتے گا جو قدریباً $\frac{I_E}{\beta_1 \beta_2}$ کے براء ہے۔ یہ تمام شکل پر بھی دکھائے گے ہیں۔ یوں اس جوڑی کو از خود ٹرانزستر تصور کیا جا سکتا ہے جس کی افزائش $\beta_1 \beta_2$ کے براء۔ اسی طرز پر تین ٹرانزستر جوڑ کر $\beta_1 \beta_2 \beta_3$ حاصل ہو گا۔ یقیناً از وہ ٹرانزستر جوڑ کر زیادہ β حاصل کرنا ممکن ہے۔

مشال ۳.۲۲: شکل ۳.۲ کو حل کریں۔
حل: میں جانب کر خوف کے وقت ان برائے بر قی دباؤ سے

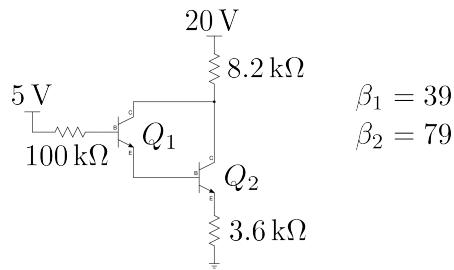
$$5 = I_{B1} \times 100000 + V_{BE1} + V_{BE2} + I_{E2} \times 3600$$

لکھ جا سکتا ہے۔ اس میں $I_{B1} = \frac{I_{E2}}{(\beta_1+1)(\beta_2+1)}$ اور $V_{BE} = 0.7 \text{ V}$

$$5 = \frac{I_{E2}}{40 \times 80} \times 100000 + 0.7 + 0.7 + I_{E2} \times 3600$$

$$I_{E2} = 0.991 \text{ mA}$$

۲۳ جناب سُڈنی ڈارلنگٹن نے اس شکل کو دریافت کیا۔
npn darlington pair ۲۴



شکل۔۳۔۲۶: دو ٹرانزسٹر کا دو مرحلہ اسٹینگن جوڑی کا دور

حصہ مل 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

$$I_{B2} = I_{E1} = \frac{I_{E2}}{\beta_2 + 1} = \frac{0.991 \times 10^{-3}}{79 + 1} = 12.39 \mu\text{A}$$

$$I_{B1} = \frac{I_{E1}}{\beta_1 + 1} = \frac{12.39 \times 10^{-6}}{39 + 1} = 309.7 \text{ nA}$$

حصہ مل ہوتے ہیں۔

۳۔ قمین نقطے سے نقطہ کار کر دگی کا انحراف

۳۔۱۔ تبدیلی β سے لاحق مسائل استوار نے کا شرط

مثال ۳۔۱ سے ظاہر ہے کہ α کی قیمت میں ذرا سی تبدیلی سے β کی قیمت میں نہیں تبدیلی پیدا ہوتی ہے۔ ٹرانزسٹر بنانے والوں کی کوشش ہوتی ہے کہ ان کے کسی ایک قم کے تمام ٹرانزسٹروں کے β کی قیمت یکساں ہو۔ ان کے تمام تر کوششوں کے باوجود ایسا ممکن نہ ہو سکا ہے اور کسی بھی ایک قم کے ٹرانزسٹروں کے عسوی β_0 کی قیمت دو حصوں کے مابین رجتی ہے لیکن

(۳.۲۸)

$$\text{بندہ } \beta \approx 3 \times \beta_{\text{کم}} \quad \text{کمتر}$$

مزید یہ کہ بندہ β کی قیمت ستر β کے تقریباً تین گناہوں ہے یعنی

(۳.۲۹)

$$\beta = 3 \times \beta_{\text{کمتر}} \quad \text{بندہ } \beta$$

آنیں ایک مثال کی مدد سے دیکھیں کہ اس سے کس قسم کا مسئلہ پیدا ہو سکتا ہے۔

مثال ۳.۲۳: شکل ۳.۲۷ کے دور میں

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

$$V_{BB} = 2.7 \text{ V}$$

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

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

$$R_B = 100 \text{ k}\Omega$$

ہیں۔ مزید یہ کہ اس دور میں استعمال کئے جانے والے ٹرانزستر کے عموی افزاش بر قی رو β_0 کی قیمت ایک سو ہے (یعنی $100 = \beta_0$)۔

۱. اس صورت میں عموی نقطے کا کردگی پر بر قی رو I_{CQ} اور بر قی دباؤ V_{CEQ} حاصل کریں۔

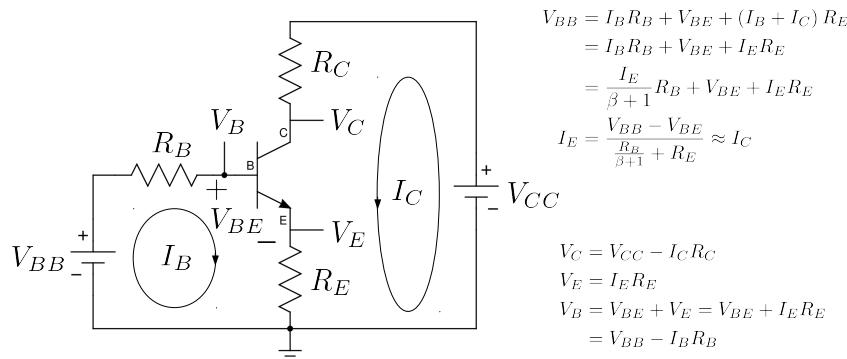
۲. ستر β اور بندہ β پر بھی I_C اور V_{CE} کی قیمتیں حاصل کریں۔

حل:

۱. مساوات ۳.۲۲ اور مساوات ۳.۲۳ کی مدد سے عموی بر قی رو اور عموی بر قی دباؤ حاصل کرتے ہیں

$$\begin{aligned} I_{EQ} &\approx I_{CQ} = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{\frac{R_B}{\beta_0 + 1} + R_E} \\ &= \frac{2.7 - 0.7}{\frac{100000}{100+1} + 1000} \\ &= 1.004975 \text{ mA} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{CEQ} &\approx V_{CC} - I_{CQ} (R_C + R_E) \\ &= 12 - 1.004975 \times 10^{-3} \times (9000 + 1000) \\ &= 1.95 \text{ V} \end{aligned}$$



شکل ۷.۲۷: مثال ۷.۲۳ کا دور

چونکہ حاصل کردہ V_{CE} کی قیمت نیز افراہند، V_{CE} سے زیاد ہے لہذا ایک ایڈزائیور ایجاد کر دیا گی اور یوں حاصل کردہ جوابات درست ہیں۔

۲۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ $50 = \frac{\beta + 1}{\beta}$ اور $150 = \frac{1}{\beta}$ کے برابر ہیں چونکہ ان دو حدوں کے مابین عسمی قیمت 100 ہے یعنی

$$\beta_0 = \frac{\beta + 1}{2} = \frac{150 + 50}{2} = 100$$

اور آپ دیکھ سکتے ہیں کہ $\beta_0 \approx \frac{1}{\beta}$ ہے۔

β_0 کی قیمت استعمال کرتے ہوئے حاصل ہوتا ہے

$$\begin{aligned}
 I_{EQ} \approx I_{CQ} &= \frac{V_{BB} - V_{BE}}{\frac{R_B}{\beta_0 + 1} + R_E} \\
 &= \frac{2.7 - 0.7}{\frac{100000}{50+1} + 1000} \\
 &= 0.6755 \text{ mA}
 \end{aligned}$$

یہ قیمت عسمی قیمت سے 32.78% ہے یعنی

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

اور

$$\begin{aligned} V_{CEQ} &\approx V_{CC} - I_{CQ} (R_C + R_E) \\ &= 12 - 0.6755 \times 10^{-3} \times (9000 + 1000) \\ &= 5.245 \text{ V} \end{aligned}$$

آپ دیکھ سکتے ہیں کہ ستر β استعمال کرتے ہوئے جو بات تبدیل ہو گئے ہیں۔ حاصل کردہ V_{CE} کی قیمت غیر امنزائلد V_{CE} سے زیاد ہے لہذا اڑانز سٹر اب بھی امنزائلد حال ہو گا۔

$= 150$ ہنر β کی قیمت استعمال کرتے ہوئے حاصل ہوتا ہے۔

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

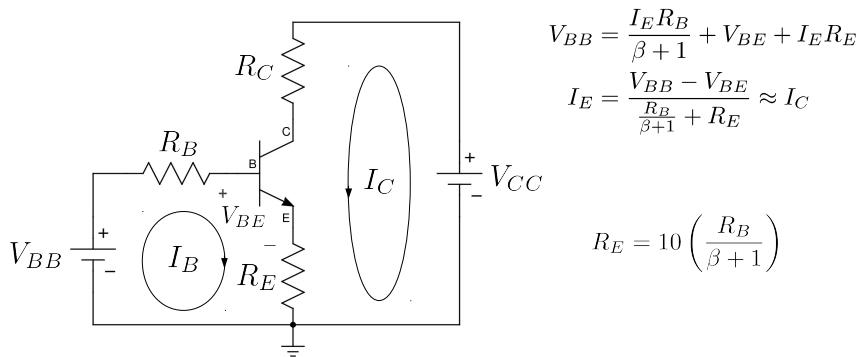
اور

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

چونکہ حاصل کردہ V_{CE} کی قیمت غیر امنزائلد V_{CE} سے کم ہے لہذا اڑانز سٹر غیر امنزائلد حال ہو گا اور یہ بطور ایمپلیفائز کام نہیں کرے گا۔

مثال ۳.۲۳ سے ایک اہم حقیقت سامنے آتی ہے۔ چونکہ ایک ہی قلم کے دو عدد اڑانز سٹر کے β کی قیمتیں اس کے عسوی قیمت β_0 سے انحراف کر سکتے ہیں لہذا ادو بالکل ایک ہی طرح بنائے گئے ادوار میں اڑانز سٹروں کے نقطہ کار کردگی اپنی معنی جگہ سے سرکے سکتی ہے۔ جیسا اس مثال میں دکھایا گیا، عین ممکن ہے کہ کسی ایک دور میں اڑانز سٹر امنزائلد حال اور دوسرے میں غیر امنزائلد حال ہو۔ آج کل لاتھ اور رقیاتی آلات مثلاً موبائل فون و غیرہ بنائے جاتے ہیں اور ایسے ہر ایک عدد آکل میں لاتھ اور اڑانز سٹر استعمال ہوتے ہیں۔ ان آلات کے درست کار کردگی کے لئے ضروری ہے کہ ان میں استعمال کئے گئے اڑانز سٹر ڈیزائن کردہ تقطیع کار کردگی پر ہی رہیں۔ آئیں دیکھتے ہیں کہ ایس طرح ممکن بنایا جا سکتا ہے۔

شکل ۳.۲۸ میں مزاجحتوں اور منبع برقی دباؤ کی مدد سے اڑانز سٹر مائل کی گئی ہے۔ یاد رہنی کی حناصر مساوات ۳.۲۲ اور مساوات ۳.۲۳ کو یہاں دوبارہ پیش کرتے ہیں۔



شکل ۳.۲۸: تبدیلی β سے لائق مسئلہ استوار نے کا شرط

$$(3.30) \quad \begin{aligned} V_{BB} &= I_B R_B + V_{BE} + (I_B + I_C) R_E \\ &= \frac{I_E}{\beta + 1} R_B + V_{BE} + I_E R_E \\ I_E &= \frac{V_{BB} - V_{BE}}{\frac{R_B}{\beta + 1} + R_E} \approx I_C \end{aligned}$$

$$(3.31) \quad \begin{aligned} V_{CC} &= I_C R_C + V_{CE} + (I_B + I_C) R_E \\ &= I_C R_C + V_{CE} + I_E R_E \\ V_{CE} &= V_{CC} - I_C R_C - I_E R_E \\ &\approx V_{CC} - I_C (R_C + R_E) \end{aligned}$$

مساویات ۳.۳۰ کے مطابق اگر چہ I_C پر β کے اثر کو حستم نہیں کیا جائے تو R_E کی قیمت کو کم کرنا ممکن ہے یعنی

$$(3.32) \quad R_E \gg \frac{R_B}{\beta + 1}$$

عموماً شکل ۳.۲۸ کے طرز پر بنائے گئے ادوار میں β کے اثرات کو کم کرنے کی خاطر R_E کی قیمت کو کم کرنا ممکن ہے یعنی

$$(3.33) \quad R_E = \frac{10R_B}{\beta_0 + 1}$$

R_E کے قیمت کو $\frac{R_B}{\beta+1}$ کے ساتھی میں بڑھانے سے دیگر معاملات متاثر ہوتے ہیں۔ مساوات ۳.۳۳ کا نتیجہ اور میں اہم کردار ادا کرتا ہے۔ مساوات ۳.۳۳ کو تبدیل کر کر β سے لاحقہ مسائل استوار نے کا شرط کہتے ہیں۔ آئین مساوات ۳.۳۳ کے تحت بنائے گئے دور کی مثال دیکھیں۔

مثال ۳.۲۸ میں شکل ۳.۲۸:

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

$$V_{BB} = 1.8 \text{ V}$$

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

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

$$R_B = 10.1 \text{ k}\Omega$$

ہیں جبکہ β_0 کی عسمی قیمت 100 ہے۔ اس دور میں برقی رو I_C اور V_{CE} کی ممکن حصہ دار حاصل کریں۔ حل: اس مثال میں دیکھیں R_B اور R_E کے قیمتیں مساوات ۳.۳۳ کے عین مطابق ہیں۔ جیسا مثال میں دیکھا گیا کہ $\beta = 50$ اور $\beta_0 = 150$ بندر β ہیں۔

۱۔ پر برقی رو اور برقی دبادھ 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۔ کمتر انسانیش 50 = سائز β پر ان کی قیمتیں

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

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

ہوں گی۔ بر قی روپی عصموی قیمت سے ۸.۲٪ کم ہو گئی ہے یعنی

$$\frac{1 \times 10^{-3} - 0.918 \times 10^{-3}}{1 \times 10^{-3}} \times 100 = 8.2\%$$

۳۔ بند ترانزسٹر کی قیمتیں ۱۵۰ = بند β پر ان کی قیمتیں

$$I_{EQ} \approx I_{CQ} = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{\frac{R_B}{\beta + 1} + R_E} = \frac{1.8 - 0.7}{\frac{10100}{150+1} + 1000} = 1.031 \text{ mA}$$

$$\begin{aligned} V_{CE} &\approx V_{CC} - I_{CQ} (R_C + R_E) \\ &= 12 - 1.031 \times 10^{-3} \times (9000 + 1000) \\ &= 1.69 \text{ V} \end{aligned}$$

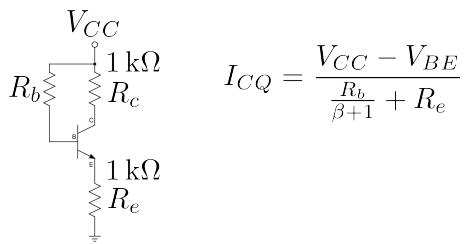
ہوں گی۔ بر قی روپی عصموی قیمت سے ۳.۱٪ بڑھ گئی ہے یعنی

$$\frac{1.031 \times 10^{-3} - 1 \times 10^{-3}}{1 \times 10^{-3}} \times 100 = 3.1\%$$

مثال ۳.۲۴ میں آپ نے دیکھا کہ مساوات ۳.۳۳ پر پورے اترتے دور میں بر قی روکی قیمت اس کی عصموی قیمت سے دس فی صد سے کم اخراج کرتی ہے۔ اس مثال میں زیادہ سے زیاد اخراج ۸.۲ فی صد رہا ہے۔ منع بر قی دباؤ اور مزاجستون کے استعمال سے ٹرانزسٹر مالک کرتے ہوئے تحقیق کار مساوات ۳.۳۳ کو بروئے کارلا کر اس بات کو یقینی بناتا ہے کہ ٹرانزسٹر تحقیق کردہ نقطے کارکردگی سے زیادہ تباہ و نہیں کرے گا۔ بعض اوقات ٹرانزسٹر استعمال کرنے سے پہلے اس کا β نپا جاتا ہے۔ ایسی صورت میں چونکہ β کی قیمت تجیکے مطابق معلوم ہوتی ہے لہذا مساوات ۳.۳۳ کے تحت دور تحقیق دینا لازم نہیں ہوتا۔ آئیں ایسی مثال، یکھیں جس میں مساوات ۳.۳۳ کو استعمال نہیں کیا گی۔

مثال ۳.۲۵: شکل ۳.۲۹ میں $R_b = 150 \text{ k}\Omega$, $V_{CC} = 12 \text{ V}$, $I_{CQ} = 50$ ہے۔ V_{CEQ} اور β کی قیمت تجیکے مطابق حملہ احتیاط کر کر خوف کے قانون بر قی دباؤ کے مطابق

$$\begin{aligned} V_{CC} &= I_B R_b + V_{BE} + I_E R_e \\ &= V_{BE} + I_E \left(\frac{R_b}{\beta + 1} + R_e \right) \end{aligned}$$



شکل ۷.۲۹

بے جہاں دوسرے مت مپر $I_E \approx I_{EQ}$ کا استعمال کیا گیا۔ یہ $I_E = (\beta + 1) I_B$ لکھتے ہوئے

$$\begin{aligned} I_E &\approx I_C = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{\frac{R_b}{\beta+1} + R_e} \\ &= \frac{12 - 0.7}{\frac{150000}{49+1} + 1000} \\ &= 2.825 \text{ mA} \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے۔ حنارتی جانب ہم لکھ سکتے 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۔

۷۔۴۔۲ تبدیلی V_{BE} سے نقطہ کارکردگی کا سرکے جانا

ڈائیڈ کے باب میں صفحہ ۸۳ پر شکل ۷.۲ میں درج حسارت کے تبدیلی سے سیدھے مالک ڈائیڈ کی برقی دباؤ V_D کا تبدیل ہونا دکھایا گیا۔ اس باب کے حصہ ۷.۹ میں آپ دیکھیں گے کہ ٹرانزسٹر کا V_{BE} بھی بالکل اسی طرح درج حسارت کے ساتھ تبدیل ہوتا ہے۔ مساوات ۷.۳۰ پر دوبارہ غور کرنے سے معلوم ہوتا ہے کہ V_{BE} کے تبدیل ہونے سے I_C تبدیل ہو گا اور یہ نقطہ کارکردگی اپنے معین جگہ سے سرکے جباۓ گا۔ آئیں نقطہ کارکردگی کے سرکے کا تجھیں لائیں اور اس سے خبات حاصل کرنے کے طریقے سمجھیں۔

و مختلف درجہ حسارت V_{BE2} اور V_{BE1} پر T_1 اور T_2 کے لحاظ میں مساوات ۳.۳۰ کے تحت و مختلف برقی رہیں اور I_{C2} اور I_{C1} حاصل ہوں گے جیسا

$$(3.33) \quad I_{C1} = \frac{V_{BB} - V_{BE1}}{\frac{R_B}{\beta+1} + R_E}$$

$$(3.35) \quad I_{C2} = \frac{V_{BB} - V_{BE2}}{\frac{R_B}{\beta+1} + R_E}$$

برقی روکی تبدیلی حاصل کرتے ہیں۔

$$(3.36) \quad \Delta I_C = I_{C2} - I_{C1} = \frac{V_{BE1} - V_{BE2}}{\frac{R_B}{\beta+1} + R_E} = - \left(\frac{\Delta V_{BE}}{\frac{R_B}{\beta+1} + R_E} \right)$$

جیسا (۳.۳۶) کھا گیا ہے۔ اگر ٹرانزسٹر کا یہ دور مساوات ۳.۳۳ پر پورا اترت ہوتا ہے تو مندرجہ بالامساوات میں R_E کی قیمت $\frac{R_B}{\beta+1}$ کے لحاظ میں اس صورت میں اسے بہت زیاد ہو گی اور اس کے لحاظ میں اسے بہت کم ہو گا۔

$$(3.37) \quad \Delta I_C = - \left(\frac{\Delta V_{BE}}{\frac{R_B}{\beta+1} + R_E} \right) \approx - \left(\frac{\Delta V_{BE}}{R_E} \right)$$

مساوات ۳.۳۷ کے نتیجے میں V_{BE} کی وحیب سے نقطہ کارکردگی کے سرکے جانے کی مساوات ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ R_E بھانے سے I_C میں تبدیلی کم کی جا سکتی ہے۔

۳.۷.۳ نقطہ کارکردگی سوارنے کے اساباب

حس۔ ۳.۷.۱ اور حس۔ ۳.۷.۲ میں نقطہ کارکردگی سرکے جانے کے وجوہات بتائے گئے۔ اس سلسلے کو نہایت عمدگی سے یوں پیش کیا جا سکتا ہے۔ کوئی بھی تابع تفاضل عمل مثلاً $(I_C(\beta, V_{BE}, \dots))$ جو آزاد متغیرات V_{BE} ، β ، وغیرہ کے تابع ہو، کی قیمت ان آزاد متغیرات پر مختصر ہو گی۔ یوں اگر ان آزاد متغیرات میں $\Delta\beta$ ، ΔV_{BE} ، ... کی باریکے تبدیلی پیدا ہو تو تابع تفاضل کی قیمت میں کل باریکے 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 جاتا ہے۔

$$(3.41) \quad \Delta I_C = S_\beta \Delta \beta + S_{V_{BE}} \Delta V_{BE} + \dots$$

جب اس $S_{V_{BE}}$ وغیرہ کو نقطہ کارکردگی کے سوارنے کے اباجے^{۱۵} کہا جائے گا۔ آئین ان اس باب کا تخمینہ لکھیں۔

$$(3.42) \quad S_{V_{BE}} = - \left(\frac{1}{\frac{R_B}{\beta+1} + R_E} \right) \approx - \frac{1}{R_E}$$

حاصل ہوتا ہے۔

مساویات ۳.۳۹ میں نقطہ کارکردگی سوارنے کے اباجے کو تقسیق کے ذریعہ سمجھیا گیا ہے۔ جہاں تغیرات میں کم تبدیلی پائی جائے وہاں تقسیق لیتے ہوئے درست جوابات حاصل ہوتے ہیں۔ ٹرانزistor کے β میں تبدیلی کو کم تصور نہیں کیا جاتا ہے اسی سے S_β حاصل کرتے وقت مختلف برقي رو میں کل تبدیلی ΔI_C حاصل کی جاتی ہے جسے β پر تقسیم کرتے ہوئے S_β کی جاتا ہے۔ آئین اس عمل کو دیکھیں۔

S_β حاصل کرنے کی حناطہ مساوات ۳۰ کو دوبارہ دیکھتے ہیں۔ β_1 اور β_2 پر ہر قریبی دو یوں لکھ سکتے ہیں۔

$$(3.43) \quad I_{C1} = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{\frac{R_B}{\beta_1+1} + R_E} \approx \frac{\beta_1 (V_{BB} - V_{BE})}{R_B + (\beta_1 + 1) R_E}$$

$$(3.44) \quad I_{C2} = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{\frac{R_B}{\beta_2+1} + R_E} \approx \frac{\beta_2 (V_{BB} - V_{BE})}{R_B + (\beta_2 + 1) R_E}$$

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 حناطہ دوسری مساوات کو پہلی مساوات سے تقسیم کرتے ہوئے حاصل مساوات کے دونوں جواب سے ایک (1)

منفی کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned}
 \frac{I_{C2}}{I_{C1}} &= \left(\frac{\beta_2(V_{BB} - V_{BE})}{R_B + (\beta_2 + 1)R_E} \right) \times \left(\frac{R_B + (\beta_1 + 1)R_E}{\beta_1(V_{BB} - V_{BE})} \right) \\
 &= \frac{\beta_2[R_B + (\beta_1 + 1)R_E]}{\beta_1[R_B + (\beta_2 + 1)R_E]} \\
 \frac{I_{C2}}{I_{C1}} - 1 &= \frac{\beta_2[R_B + (\beta_1 + 1)R_E] - \beta_1[R_B + (\beta_2 + 1)R_E]}{\beta_1[R_B + (\beta_2 + 1)R_E]} \\
 \frac{I_{C2} - I_{C1}}{I_{C1}} &= \frac{\Delta I_C}{I_{C1}} = \frac{\beta_2 R_B + \beta_2 \beta_1 R_E + \beta_2 R_E - \beta_1 R_B - \beta_1 \beta_2 R_E - \beta_1 R_E}{\beta_1[R_B + (\beta_2 + 1)R_E]} \\
 \frac{\Delta I_C}{I_{C1}} &= \frac{(\beta_2 - \beta_1)(R_B + R_E)}{\beta_1[R_B + (\beta_2 + 1)R_E]} \\
 &= \frac{(R_B + R_E)}{\beta_1[R_B + (\beta_2 + 1)R_E]} \Delta \beta
 \end{aligned}$$

جب آخنے والے مدت پر $(\beta_2 - \beta_1)$ کو $\Delta \beta$ کے لئے حاصل کرتے ہیں۔ 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۔
مددات ۳.۳۱ میں مددات ۳.۳۲ اور مددات ۳.۳۵ استعمال کرنے ہوئے اسے یوں حاصل کر سکتا ہے۔

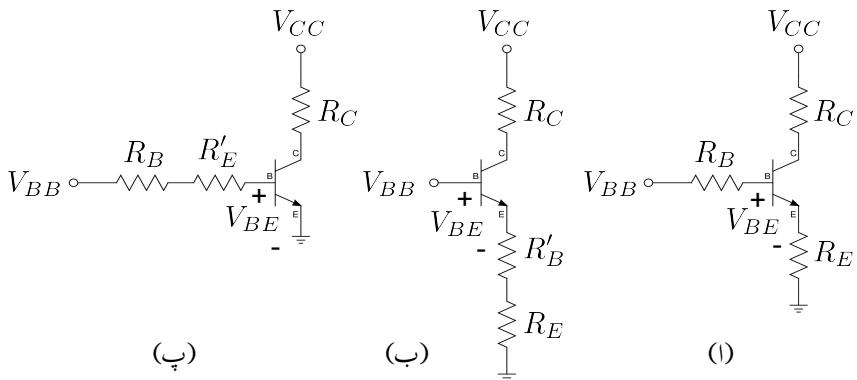
$$(3.36) \quad \Delta I_C = \frac{I_{C1}}{\beta_1} \left[\frac{R_B + R_E}{R_B + (\beta_2 + 1)R_E} \right] \Delta \beta - \frac{1}{R_E} \Delta V_{BE} + \dots$$

تمام نقطے کارکردگی سوارنے کے اسباب کی مدد سے بر قی I_C کے کل تبدیلی کو مندرجہ بالا مددات کے طرز پر
لکھا جا سکتا ہے۔ نقطے کارکردگی سوارنے کے اسباب کی قیمتیں متاثر کرنے ہوئے اس تبدیلی کو فاتحہ مقبول حد کے
اندر رکھا جا سکتا ہے۔

۳.۸ مزاحمت کا عکس

شکل ۳.۳۰ میں بر قی 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

ای طرح شکل ب میں برقی روکو I_{Cb} لکھتے ہوئے اس کی قیمت حاصل کرتے ہیں۔ ہم دیکھتے ہیں کہ R_E اور R'_B سلسلہ وار 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 ۳.۳۰ان میں یہ تصور دھایا گیا ہے۔ یہ

$$(3.38) \quad I_{Cb} = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R''_E} = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R'_B + R_E}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اگر اس مادات میں R'_B کی قیمت مادات ۳.۳۷ کے برابر ہوتے تو I_{Ca} اور I_{Cb} برابر ہوں گے لیکن اگر

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

ہوتے

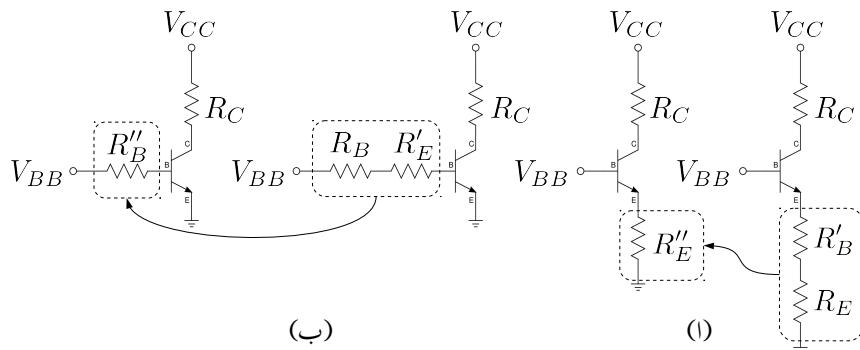
$$(3.40) \quad I_{Ca} = I_{Cb}$$

ہوگا، اگرچہ ان دو اسٹکال کے V_{CE} مختلف ہوں گے پوچھ

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

$$V_{CEb} = V_{CC} - I_C R_C$$

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 وار جبڑے ہیں اور ان کا کردار بالکل ایک ایسے مزاحمت R''_B کی طرح ہے جس



شکل ۳.۳۱: مزاجت کے عکس

کی تیزت (R_B + R'_E) کے برابر ہو شکل ۳.۳۱ ب میں یہ تصور کھایا 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 ہتا ہے اس مساوات میں اگر $\frac{R'_E}{\beta+1}$ کی تیزت مساوات ۳.۳۷ کے R_E کے برابر ہو یعنی اگر

$$(3.52) \quad \frac{R'_E}{\beta+1} = R_E$$

تہ

$$(3.53) \quad I_{Cc} = I_{Ca}$$

ہوں گے، اگرچہ مساوات ۳.۵۲ کو یوں بھی لکھا جا سکتا ہے۔

$$(3.54) \quad R'_E = (\beta + 1) R_E$$

مثال ۳.۲۶: شکل ۳.۳۰ افے میں

$$\begin{aligned}\beta &= 99 \\ V_{CC} &= 15 \text{ V} \\ V_{BB} &= 6.2 \text{ V} \\ R_C &= 5 \text{ k}\Omega \\ R_E &= 5 \text{ k}\Omega \\ R_B &= 50 \text{ k}\Omega\end{aligned}$$

۔۔۔

۱. شکل ۳.۳۰ افے 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 پے میں R''_E کی وہ قیمت حاصل کریں جس سے اس شکل پے کا برقی رو شکل افے کے 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 مساحت کے استعمال سے شکل ۳.۳۰ افے 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۔

۳

$$R'_E = (\beta + 1)R_E = (99 + 1) \times 5000 = 500 \text{ k}\Omega$$

حاصل ہوتا ہے۔ اس قیمت کو استعمال کرتے ہوئے شکل ۳.۳۱ 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۔

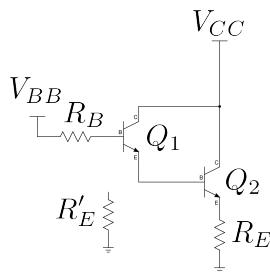
مساوات ۳.۴۹ اور مساوات ۳.۵۳ نتائج میں ٹرانزسٹر کے یہ سرے پر دیکھتے ہوئے R_E کا کردار بالکل ایسا ہوتا ہے جیسے یہ سرے کے ساتھ مزاحمت R'_E جبڑا ہو۔ اس تمام کو یوں بھی کہا جاتا ہے کہ لمبڑ پر جبڑے مزاحمت R_E ، ٹرانزسٹر کے یہ سرے سے بالکل R'_E معلوم ہوتا ہے۔ اسی لئے R_E کا عکس کہا جاتا ہے۔

ای طرح ٹرانزسٹر کے یہ سرے کے ساتھ جبڑے مزاحمت R_B کو اگر ٹرانزسٹر کے لمبڑ سرے سے دیکھا جائے تو یہ بالکل ایسا معلوم ہوتا ہے جیسے لمبڑ سرے کے ساتھ مزاحمت R'_B جبڑا ہے۔ اسی لئے R'_B کا عکس کہا جاتا ہے۔

مندرجہ بالا کا نپوڑی ہے کہ ٹرانزسٹر ادوار میں برقی رو I_C حاصل کرتے وقت، لمبڑ پر موجود مزاحمت کا عکس لیتے ہوئے اسے یہ سباب مقتل کیا جاتا ہے۔ اسی طرح ٹرانزسٹر کے یہ سباب مزاحمت کا عکس لیتے ہوئے لمبڑ سباب مقتل کیا جاتا ہے۔ یاد رہے کہ یہ صرف اور صرف حساب کتاب آسان بنانے کا یک گرہ۔ اصل ٹرانزسٹر دور کی جگہ کبھی بھی عکس استعمال کرتے حاصل دور کام نہیں کرے گا۔

مثال ۳.۲۷: شکل ۳.۳۲ میں یہ سباب R_E کا عکس حاصل کریں۔
حل: یہ سباب کرخونے کے متاثر برائے برقی دباؤ سے

$$V_{BB} = I_{B1}R_B + V_{BE1} + V_{BE2} + I_{E2}R_E$$



شکل ۳.۳۲: دارلینگن میں مزاحمت کا عکس

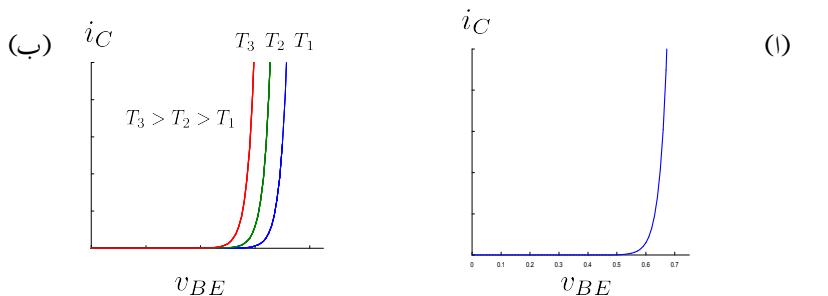
لکھتے ہوئے جس میں $I_{E2} = \frac{I_{B1}}{\beta_1\beta_2}$ لکھتا ہے۔

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

ماتا ہے جہاں $\frac{R_E}{\beta_1\beta_2}$ میں جایا ہے۔ اس مساوات کے تحت یہ سب جانب برقرار رہے۔ I_{B1} مزاحمت سے گزرتی ہے۔ پہلا مزاحمت R_B اور دوسرا R'_E ہے۔ یوں ٹرانزسٹر کے یہ سب جانب مزاحمت R'_E نظر آتا ہے اور یہی R_E کا یہ سب جانب عکس ہے۔

۳.۹ ٹرانزسٹر کے خط

ٹرانزسٹر کے تین سرے ہونے کی بدولت اس کے تین برقرار رہے۔ ان میں کسی دو کو آپس میں گراف کیا جاتا ہے۔



شکل ۳.۳۳: ٹرانزسٹر کے خط اور اس پر درجہ حرارت کے اثرات

$$i_C - v_{BE} \quad ۳.۶.۱$$

شکل ۳.۳۳ الف میں i_C ٹرانزسٹر کا v_{BE} خط، کھایا گیا ہے جو بالکل ڈائوڈ کے خط کی طرح کا ہے۔ npn کے مساوات مندرجہ ذیل ہیں۔

$$(3.55) \quad i_C = I_S \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T} - 1} \right) \quad npn$$

$$(3.56) \quad i_C = I_S \left(e^{\frac{v_{EB}}{V_T} - 1} \right) \quad pnp$$

جنہیں 1 کی صورت میں عسموماً

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

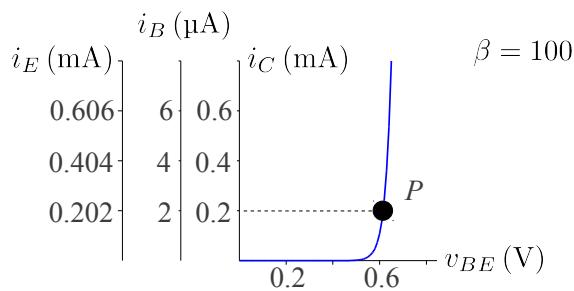
$$(3.58) \quad i_C \approx I_S e^{\frac{v_{EB}}{V_T}}$$

لکھا جاتا ہے۔ چونکہ $i_C = \alpha i_E$ اور $i_E = v_{BE} - v_{BE}$ اور $i_B = v_{BE} - v_{BE}$ میں 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 ۳.۳۴ میں ایک ہی گراف پر تینوں خطوں کے گراف کی مثال دی گئی ہے جس سے معقول ایک ہی اتفاق ہے جو v_{BE} کو ظاہر کرتا ہے جبکہ عتمودی مددوں کی تعداد تین ہے جو i_E ، i_B اور i_C کو ظاہر کرتے ہیں۔ $\beta = \frac{i_C}{i_E}$ میں دی گئی ہے جبکہ i_B کی mA میں اور i_C کی μA میں دی گئی ہے۔



شکل ۳.۳۷: برقی رو بالمقابل برقی دباؤ

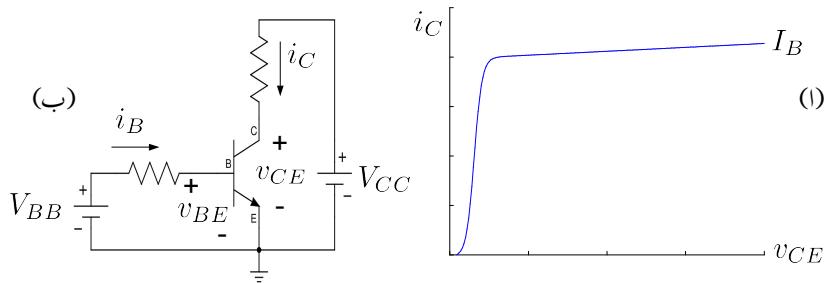
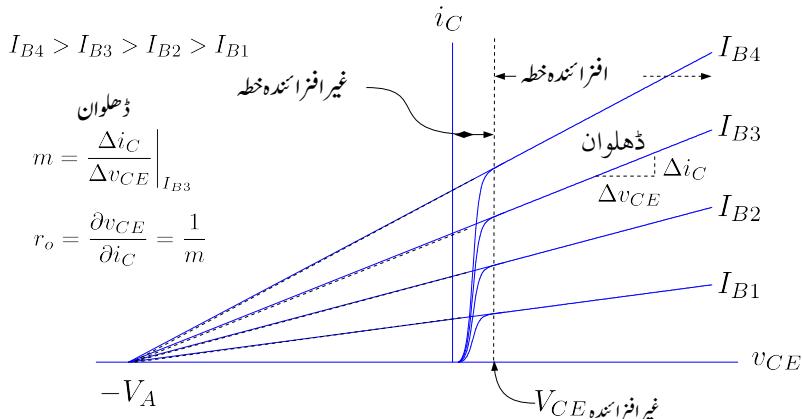
۱۰۰ تصور کرتے ہوئے نقطہ P پر $v_{BE} = 0.61$ V اور $i_B = 2 \mu$ A، $i_C = 0.2$ mA جبکہ $v_{BE} = 0.6$ V اور $i_E = 0.606$ mA ہیں۔ بالکل ڈائیوڈ کی طرح، جہاں اشد درستگی درکار ہے، ٹرانزسٹر کے ادوار کے یک سمت حل مصل کرتے وقت سیدھے مائل ہے۔ ۴۵° جو پر برقی دباؤ v_{BE} کو ۰.۷ V یا لیا جاتا ہے۔ اسی طرح یہاں بھی $v_{BE} = 0.5$ V سے کم برقی دباؤ پر قدر i_C کی قیمت متال نظر انداز ہوتی ہے اور اس صورت میں ٹرانزسٹر کے اس جو کو غیر-چپا لو تصور کیا جاتا ہے۔ یوں ٹرانزسٹر کے لئے بھی چپا لو کردہ برقی دباؤ کی قیمت ۰.۵ V ہے۔ بالکل ڈائیوڈ کی طرح i_C برقرار رکتے ہوئے، ایک ڈگری سنتی گریڈ درجہ حرارت بدھانے سے v_{BE} کی قیمت ۲ mV گھٹتی ہے یعنی

$$(3.61) \quad \frac{\Delta v_{BE}}{\Delta T} = -2 \text{ mV/}^{\circ}\text{C}$$

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

۳.۹.۲ خط $i_C - v_{CE}$

شکل ۳.۳۵ اف میں npn ٹرانزسٹر کے i_C بالمقابل v_{CE} کا گراف دکھایا گیا ہے جسے حاصل کرتے وقت i_B کو کسی ایک مقسروہ قیمت I_B پر رکھا گیا۔ شکل ۳.۳۵ ب میں ٹرانزسٹر کا وہ دور بھی دکھایا گیا ہے جسے گراف حاصل کرنے کی حاطر استعمال کیا گی۔ گراف حاصل کرنے سے قبل V_{BB} کو تبدیل کرتے ہوئے مقسروہ I_B پیدا کیا جاتا ہے۔ i_B کو برقرار I_B پر رکھنے کی حاطر V_{BB} کو اس کے بعد تبدیل نہیں کیا جاتا۔ اس کے بعد گراف حاصل کرنے کی حاطر V_{CC} کو فتح مافتدم صفر ولے ۰ V سے بڑھایا جاتا ہے اور ہر فتح م پر ٹرانزسٹر کی برقی دباؤ v_{CE} اور برقی دباؤ v_{CE} ناپے جاتے ہیں۔ یوں ناپ شدہ i_C اور v_{CE} کا گراف شکل اف میں دکھایا گیا ہے جہاں گراف کے اوپر I_B لکھ کر اس بات کی پاد دہانی کرائی گئی ہے کہ یہ گراف مقسروہ I_B پر حاصل کی گئی ہے۔ اسی طرز پر i_B کو مختلف قیمتیں پر رکھ کر مختلف $i_C - v_{CE}$ کے خط حاصل کئے جا سکتے 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 معتم آتا ہے جہاں i_C کی قیمت نہیں تیزی سے گھٹتے

شکل ۳.۳۵: $i_C - v_{CE}$ کے $n-p-n$ نسٹرشکل ۳.۳۶: $n-p-n$ کے خطوط اور اولیٰ بر قی دیاں

شروع ہوتی ہے۔ اس معتمام سے کم v_{CE} کے خط کو غیر افزاں نہ خط^{۲۶} جبکہ اس سے زیادہ v_{CE} کے خط کو افزاں نہ خط^{۲۷} کہتے ہیں۔ اس حصے میں ہم افزاں نہ خط پر غور کریں گے۔

افزاں نہ خطے میں $i_C - v_{CE}$ کے خط سیدھی شکل اختیار کر لیتے ہیں۔ ہر خط ایک حناء ڈھلوان رکھتا ہے۔ اگر ان تمام خطوط کو منقی v_{CE} کے حباب فذر ضی طور نقش کیا جائے تو یہ ایک ہی نقطہ پر جماليتے ہیں جہاں $v_{CE} = -V_A$ ہوتا ہے۔ اس فذر ضی نقش کو نقطہ دار لکسیر ہوں سے دکھایا گیا ہے۔ کسی بھی ٹرانزسٹر کے V_A کی قیمت کو بطور ثابت عدد کے بیان کیا جاتا ہے جسے الٹا بر قہ دباو^{۲۸} کہتے ہیں۔ دو جوڑے والے ٹرانزسٹروں کا اولیٰ بر قہ دباو پہ سو وہ تساوی ہوتا ہے۔ یہ معلومات ٹرانزسٹر ہنانے والے صعت کار مہیا کرتے ہیں۔

شکل ۳.۳۶ میں کسی ایک نقطے پر خط کی ڈھلوان m دکھائی ہے یعنی

$$m = \left. \frac{\Delta i_C}{\Delta v_{CE}} \right|_{I_B}$$

ٹرانزسٹر کے خارجی حباب حنارجی مسماحت^{۲۹} 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 فذر ضی نقش کے گئے نقطہ دار لکسیر کی ڈھلوان برابر ہیں لہذا ہم خنارجی مسماحت کو یوں بھی حاصل کر سکتے ہیں

$$(3.22) \quad r_o = \frac{V_A + V_{CE}}{I_C}$$

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

$$(3.23) \quad r_o \approx \frac{V_A}{I_C}$$

اگرچہ افزاں نہ خطے میں v_{CE} کے تبدیلی سے I_C کی قیمت تبدیل ہوتی ہے مگر اس تبدیلی کو یک سمت مطابعے کے دوران نظر انداز کیا جاتا ہے۔ البتہ بدلتے روپ مطابعے میں r_o اہمیت رکھتا ہے۔

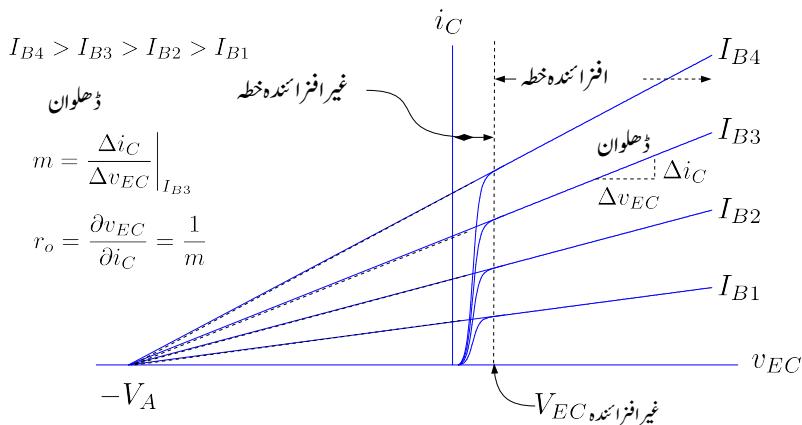
شکل ۳.۳۷ میں pnp ٹرانزسٹر کے v_{EC} - i_C خطوط دکھائے گئے ہیں۔ $0.2\text{ V} =$ غیر افزاں نہ V_{EC} ہی ہے۔ اس سے کم v_{EC} پر ٹرانزسٹر غیر افزاں نہ جبکہ اس سے زیادہ پر افزاں نہ ہوتا ہے۔

saturation region^{۲۱}

active region^{۲۲}

Early voltage^{۲۳}

۲۴ مطابعے کا پہلو اس کے ٹرانزسٹر نے اولیٰ جناب



شکل ۳.۳۷: $i_C - v_{EC}$ خطوط pnp ٹرانزسٹر

مثال ۳.۲۸: ایک ایسے pnp ٹرانزسٹر جس کی ارلی برقی دبادکی قیمت پچ سو ولٹ $V_A = 50\text{ V}$ ہے کہ خارجی مزاحمت $A = 100 \mu\text{A}$ ، 1 mA اور 10 mA کی برقی روپ حاصل کریں۔
حل:

۱

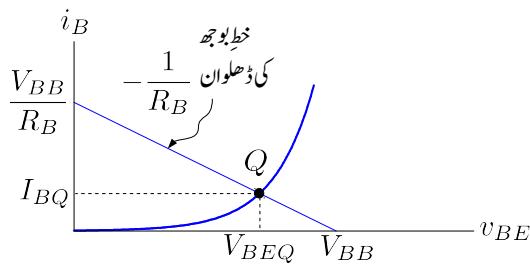
$$r_o \approx \frac{V_A}{I_C} = \frac{50}{100 \times 10^{-6}} = 500\text{ k}\Omega$$

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 سمت ادوار کا تر سیمی تجزیہ

اگر چہ ٹرانزسٹر ادار کو عموماً الجبرا طریقے سے حل کیا جاتا ہے مگر گراف کے استعمال سے بہت گہری سمجھ پیدا ہوتی ہے۔ اس طریقے کو سمجھنے کے بعد ٹرانزسٹر ادار تخلیق دینے میں آسانی پیدا ہوتی ہے۔ آئیں شکل ۳.۳۹ میں دئے دو رکورڈ کے مدد سے حل کرتے ہیں۔

۳.۱۰.۱ یک سمت رو خط بوچھ

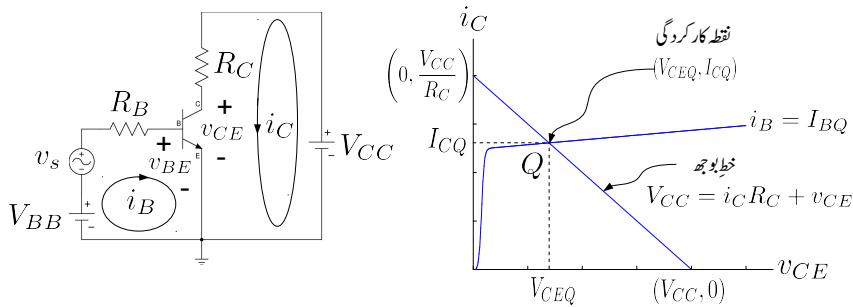
شکل ۳.۳۹ میں، بدلتے اشارہ v_s کو نظر انداز کرتے ہوئے، ٹرانزسٹر دور کے داخلي جانب ہم لکھ سکتے ہیں۔

$$(3.23) \quad V_{BB} = i_B R_B + v_{BE}$$

چونکہ ٹرانزسٹر کا نیس-ایٹر جوڑ بالکل ایک ڈائیوڈ کی مانند ہوتا ہے لہذا مندرجہ بالا مساوات کو داخلي جانب کا یک سمت بوچھ کا خط کہا سکتا ہے ٹرانزسٹر کے $i_B - v_{BE}$ خط پر اس کو مساوات کو کھینچنے سے نقطے مائل مساصل ہوتا ہے جس سے I_{BQ} اور V_{BEQ} حاصل ہوتے ہیں۔ یہ عمل شکل ۳.۳۸ میں دکھایا گیا ہے۔ اسی طریقہ بدلتے اشارات کو نظر انداز کرتے ہوئے، شکل ۳.۳۹ میں ٹرانزسٹر دور کے خارجي جانب ہم لکھ سکتے ہیں۔

$$(3.24) \quad V_{CC} = i_C R_C + v_{CE}$$

اس مساوات کو ٹرانزسٹر کے $i_C - v_{CE}$ خط پر گراف کیا گیا ہے۔ بوچھ کا خط بر قى دباؤ کے مور کو ($V_{CC}, 0$) پر اور بر قى رود کے مور کو $\left(0, \frac{V_{CC}}{R_C}\right)$ پر لکھا گیا ہے اور اس کی ڈھلوان $\frac{1}{R_C}$ ہے۔ یہاں اس بات کو مد 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 بوچھ کی مساوات میں i_C اور v_{CE} دو آزاد متغیرات ہیں۔ دو آزاد متغیرات کو حاصل کرنے کی حداطر دو مساوات درکار ہوتے ہیں۔ خط بوچھ کی مساوات پہلی مساوات ہے جبکہ ٹرانزسٹر کا $v_{CE} - i_C$ خط دوسرے مساوات کا گراف ہے۔ جہاں دو مساوات کے گراف ملتے ہیں یہی ان کا حل ہوتا ہے۔ شکل میں اسے نقطہ کار کردگی Q کہا گیا ہے اور اس نقطے پر متغیرات



شکل ۳.۳۹: یک سست خط بوجھ۔

کی قیمت (V_{CEQ}, I_{CQ}) ہے۔ یہ اس دور میں ٹرانزسٹر کے خارجی جانب برقی دباؤ کی قیمت جبکہ اس کے بیس۔ گلشن سروں کے مابین برقی دباؤ کی قیمت V_{CEQ} ہو گی۔

۳.۱۰.۲ باریکے اشارات

آنئیں اب شکل ۳.۳۹ میں باریکے اشارات پر غور کریں۔ باریکے اشارہ v_s کے موجودگی میں ٹرانزسٹر کے داخلی جانب کل برقی دباؤ $(V_{BB} + v_s)$ ہو گا اور ہم اس جانب خط بوجھ کی مساوات یہ لکھ سکتے ہیں۔

$$(3.22) \quad V_{BB} + v_s = i_B R_B + v_{BE}$$

خط بوجھ کی یہ مساوات پر کھینچنے سے شکل ۳.۳۰ میں دکھائی گئی ہے جہاں

$$(3.24) \quad v_s = V_p \sin \omega t$$

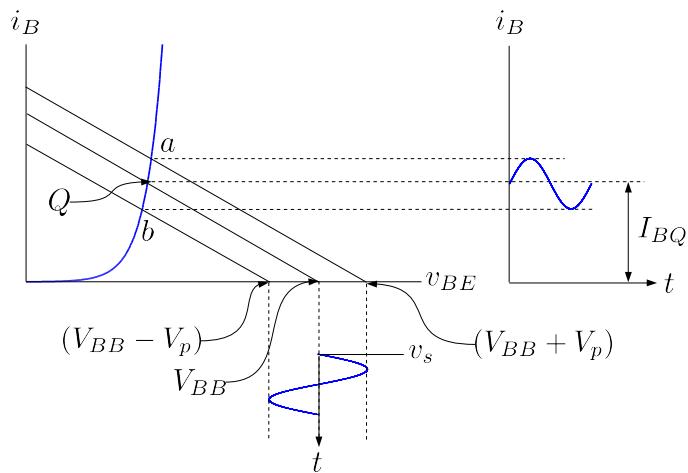
تصور کیا گیا ہے۔ آپ دکھ سکتے ہیں کہ خط بوجھ اپنی جگہ سے ہتا ہے جس کی وجہ سے نقطہ کارکردگی $i_B - v_{BE}$ پر Q کے قریب قریب رہتے ہوئے a اور b کے درمیان چال و تدبی کرتا ہے جس سے i_B کی قیمت بھی سے انحراف کرتی ہے۔ i_B کو یہ لکھا جا سکتا ہے۔

$$(3.28) \quad i_B = I_{BQ} + I_p \sin \omega t$$

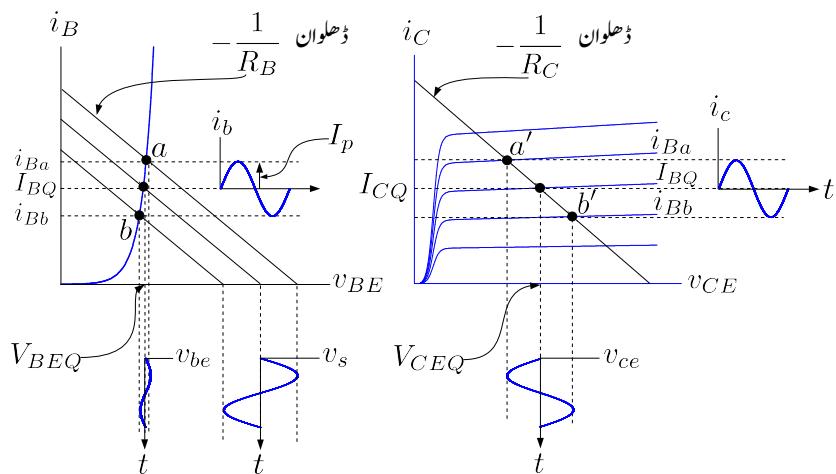
جہاں نقطہ کارکردگی کے قریب $v_{BE} - i_B$ خط کو سیدھا تصویر کیا گیا ہے۔ شکل ۳.۳۱ میں باریکے اشارہ v_s اور اس کے پیسے اکرہدہ i_c, v_{be}, i_b, v_{ce} اور v_{cc} اشارات دکھائے گئے ہیں۔ اور i_c, v_{be}, i_b, v_s اور v_{cc} ان سب سے 180° کے زاویے پر ہے یاد رہے کہ تمام اشارات کا دوری عرصہ یکساں ہے پونکہ ایک پلینٹ اسٹریٹ اسٹریٹ کے تعداد کو تبدیل نہیں کرتا۔

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

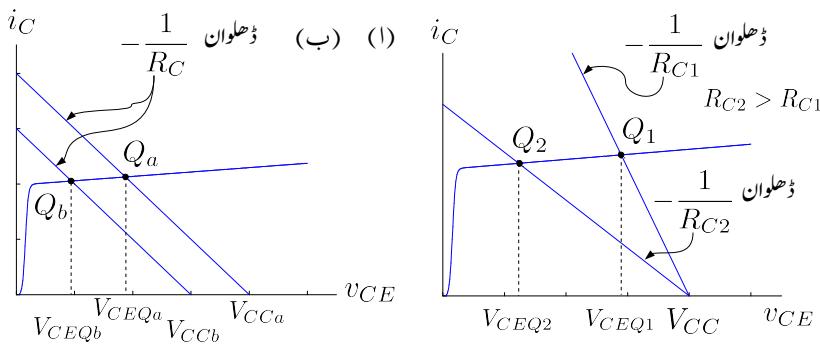
شکل ۳.۳۹ میں ایک سرتے R_{C1} کی قیمت R_{C1} رکھی گئی اور دوسرا سرتے R_{C2} اے R_{C2} رکھا گیا جبکہ بقا یا دور میں کوئی تبدیلی نہیں کی گئی۔ R_{C1} کی قیمت R_{C1} سے زیاد ہے۔ ان دونوں صورتوں کو شکل ۳.۳۲ میں



شکل ۱۰. یک سمت اشارات بذریعه گراف



شکل ۱۰. یک سمت اشارات



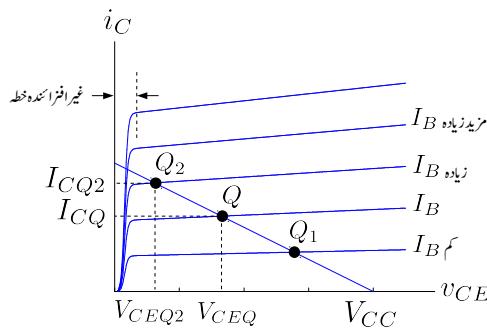
شکل ۳.۲۱: نظریہ کارکردگی پر منفع بر قی دباؤ اور مزاحمت کے اثرات

دھایا گیا ہے۔ R_{C1} کی صورت میں خط بوجھ ٹرانزسٹر کے $v_{CE} - i_C$ پر لگاتا ہے اور یوں ٹرانزسٹر کے اس نقطہ کارکردگی پر بر قی دباؤ v_{CE} کی قیمت V_{CEQ1} ہو گی۔ R_{C2} کی صورت میں خط بوجھ کی ڈھلوان کم ہو گئی ہے اور یہ نقطہ کارکردگی پر لگاتا 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 کارکردگی تبدیل ہوتا ہے۔ ان دونوں صورتوں میں خط بوجھ بر قی دباؤ کے تحدیکوں کو V_{CC} پر ہی لگاتا ہے۔ شکل ۳.۲۲ ب میں صرف بر قی دباؤ V_{CC} کے تبدیل ہونے کے اثرات کو دھایا گیا ہے جہاں کی قیمت V_{CCb} سے زیادہ رکھی گئی ہے۔ V_{CC} سے بڑھا کر V_{CCa} کرنے سے نقطہ کارکردگی Q_b سے منتقل ہو جاتا ہے جبکہ خط بوجھ کی ڈھلوان تبدیل نہیں ہوتی۔

۳.۱۰.۳ داخنی بر قی رو کے نقطہ کارکردگی پر اثرات

شکل ۳.۲۳ میں خط بوجھ مختلف داخنی بر قی رو I_B سے $i_C - v_{CE}$ پر نظر شکی گیا ہے۔ اگر داخنی بر قی رو کو سے بڑھا کر I_{B0} کر دیا جائے تو نقطہ کارکردگی Q سے منتقل ہو جائے گا۔ یوں بر قی دباؤ I_{CQ2} سے بڑھ کر I_{CQ} کی وجہ کے نتیجے میں V_{CEQ2} سے کم ہو کر V_{CEQ} کی وجہ کے نتیجے میں I_B کو مزید بڑھا کر I_{B0} سے بڑھ کر دیگر غیر امنزائندہ خط میں داخنی ہو جاتا ہے جہاں v_{CE} کی قیمت غیر امنزائندہ V_{CE} سے 0.2V بھی کم ہو جاتی ہے۔ I_B کو مزید بڑھانے سے تو i_C اور سہی v_{CE} کی قیمت میں خاطر خواہ تبدیلی رو منہ ہوتی ہے۔ یہی وجہ ہے کہ اس خطے کو غیر امنزائندہ خطہ کہتے ہیں۔

آپ دیکھ سکتے ہیں کہ I_B کی قیمت بڑھاتے ہوئے ٹرانزسٹر آخر کار غیر امنزائندہ خطے میں داخنی ہو جاتا ہے جہاں اس میں بر قی دباؤ I_{CQ} کی قیمت تقریباً $\frac{V_{CC}}{R_C}$ ہی رہتی ہے۔ غیر امنزائندہ خطے میں داخنی ہونے کے بعد I_B بڑھانے سے ٹرانزسٹر غیر امنزائندہ خطے کے مزید گہرائی میں پلا جاتا ہے۔ اس خطے میں ٹرانزسٹر مکمل طور پا لو ہوتا ہے اور یہ چپا لو بر قی سوچ کا کردار ادا کرتا ہے۔ یہ صورتِ حال شکل ۳.۲۳ میں دکھایا گیا ہے۔

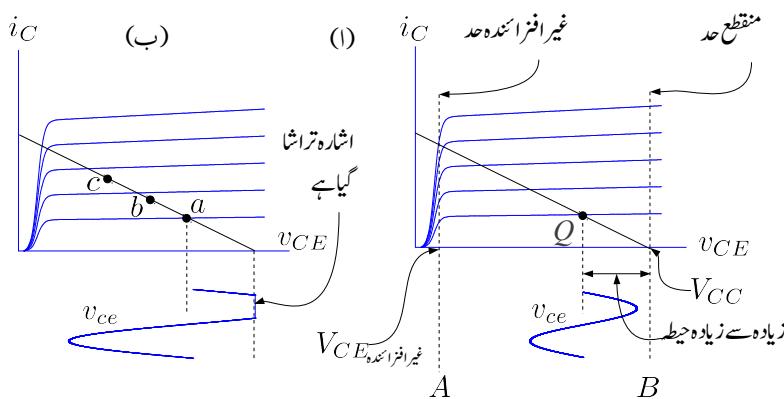


شکل ۳.۲۳: نقطہ کار کردگی بال مقابل داخلی بر قی رو

اس کے برعکس اگر I_B کی قیمت بتدربی کم کی جبائے تو نقطہ کار کردگی اس جانب حسکتے کرتا ہے جس جانب I_{CQ} کی قیمت کم ہوتی ہے۔ اگر I_B کو ہنسیت کم ایسا بالکل روک کر صفر کر دیا جبائے تو نقطہ کار کردگی افقی محور سے مکر اجایے گا جس $V_{CEQ} = 0A$ اس نقطے پر ٹرانزسٹر مکمل منقطع صورت اختیار کئے ہوتا ہے اور یہ ایک منقطع بر قی سونچ کا دردار ادا کرتا ہے۔

۳.۱۰.۵ حنارجی اشارہ کے حدود

مندرجہ بالا حصے میں ہم نے دیکھا کہ I_B کو بڑھا کر ٹرانزسٹر کو غیر افنسائزڈ کیا جاسکتا ہے جبکہ اسے گھٹا کر ٹرانزسٹر کو منقطع کیا جاسکتا ہے۔ ٹرانزسٹر کو بطور ایمپلیفیائر استعمال کرتے ہوئے اس بات کو یقینی رکھنا ضروری ہے کہ ٹرانزسٹر افنسائزڈ خطے میں ہی رہے۔ نقطہ کار کردگی تعین کرنے کے پیچے کئی وجہات ہو سکتے ہیں۔ شکل ۳.۲۴ میں نقطہ کار کردگی کو یوں رکھا گیا ہے کہ اشارہ کے عدم موجودی میں I_{BQ} کم ہو۔ موبائل فون میں ایسا ہی کیا جاتا ہے تاکہ اس کی بیٹری زیادہ وقت بغیر بھرے کے کام کر سکے۔ شکل الف میں اس ایمپلیفیائر کا حنارجی اشارہ v_{ce} دکھایا گیا ہے۔ اگر ایمپلیفیائر کا داخلی اشارہ v_s مزید بڑھ جبائے تو ظاہر ہے کہ v_{ce} بھی بڑھنے کی کوشش کرے گا لیکن جیسے شکل بے سے واضح ہے کہ ایسا نہیں ہو گا اگرچہ v_{ce} کا آدھا لہر صحیح بڑھ گیا ہے لیکن اس کا دوسرا حصہ تراش گیا ہے۔ اگر نقطہ کار کردگی کو a سے فدر بائیں نقطہ b پر منتقل کر دیا جبائے تو موجودہ v_{ce} بغیر تراش حاصل کیا جاسکتا ہے۔ آپ یہ بھی دیکھ سکتے ہیں کہ اگر نقطہ کار کردگی کو مزید بائیں، نقطہ c پر منتقل کر دیا جبائے تو لہر کا دوسرا حصہ تراشنا شروع ہو جبائے گا جیسے شکل ۳.۲۴ الف میں دکھایا گیا ہے کہ افنسائزڈ ٹرانزسٹر کے v_{CE} کی کم سے کم ممکنہ قیمت غیر افنسائزڈ V_{CE} ہے جبکہ اس کی زیادہ سے زیادہ ممکنہ قیمت V_{CC} ہے۔ ان حدود کو A اور B نے دار لکیسروں سے دکھایا گیا ہے۔ v_{ce} ان حدود سے تجاوز نہیں کر سکتا بلکہ اسے نقطہ کار کردگی Q کے ایک جانب حنارجی اشارے کی پوٹی A تک اور دوسرا سری جانب B تک بغیر تراش بڑھائی جاسکتی ہے۔ جیسے شکل الف میں دکھایا گیا ہے یوں ہم سائن-منحنی حنارجی اشارہ v_{ce} کی زیادہ چوٹی کی حد کا تعین اس شکل سے کر سکتے ہیں۔



شکل ۳.۳۲: مشارجی اشارہ کے حدود

۳.۱۰.۶ بدلتارو، خط بوجہ

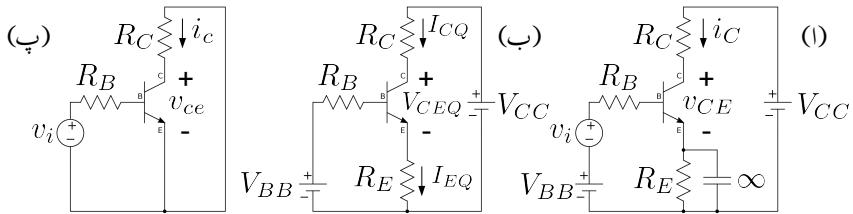
ثرازنسٹر ادار میں β اور V_{BE} کے تبدیلی سے نقطہ کار کر دگی کے تبدیلی کو روکنے کی خاطر R_E استعمال کی جاتا ہے۔ البتہ جیسے آپ صفحہ ۳۰۲ پر مساوات ۷۲۱ میں دیکھیں گے، R_E کے استعمال سے ثرازنسٹر ایپلیکیشن کی افسزاں کم ہو جاتی ہے۔ نقطہ کار کر دگی یک سمت رو سے تعین کیا جاتا ہے جبکہ افسزاں کا تعلق بدلتے اشارات 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 اف میں R_E کے متوازن احمد و دیقت کا کمپیٹر نسب کیا گیا ہے۔ یک سمت رو کمپیٹر سے نہیں گزرتی، لہذا نقطہ کار کر دگی حاصل کرتے وقت کمپیٹر کو نقطہ انداز کیا جائے گا۔ احمد و دیکمپیٹر کی برقرار رکاوٹ صفر اور ہم ہے جو R_E کے متوازن جبڑا ہے۔ یوں بدلتارو اشارہ R_E سے ہرگز نہیں گزرے گا بلکہ یہ کمپیٹر کے راستے گرے گا۔ بدلتارو کو مزاحمت کے متبادل راستے فنراہم کرنے والا کمپیٹر قصر ڈیکمپیٹر ۳۰۰ پکارا جاتا ہے۔ محمد و دیکمپیٹر کے کار کر دگی پر باب ۶ میں غور کیا جائے گا اس چھٹے میں احمد و دیکمپیٹر نسب کرنے کے اثرات پر غور کیا جائے گا۔ اس کتاب کے حصہ ۲.۱۲.۱ میں ڈائیوڈ ادار کے بدلتارو، خط بوجہ پر غور کیا گیا۔ آئندہ ثرازنسٹر کے بدلتارو، خط بوجہ پر غور کریں۔

شکل ۳.۲۵ اف کے مشارجی جواب

$$(3.29) \quad V_{CC} = i_C R_C + v_{CE} + i_E R_E \\ \approx v_{CE} + i_C (R_C + R_E) \quad \text{یک سمت رو، خط بوجہ}$$

بے جہاں $i_C \approx i_E$ لیا گیا ہے۔ ڈائیوڈ کی طرح یہاں مندرجہ بالامساوات کو یک سمت رو، خط بوجہ کارا جاتا ہے جسے عموماً چھوٹا کر کے صرف یک سمت رو، خط بوجہ ۳۶۱ میں۔ شکل ۳.۳۶ اف میں i_E کو یک سمت

bypass capacitor^{۵۰}
DC load line^{۵۱}



شکل ۳.۲۵۔ کپیٹر اور بدلنارو، خط بوجھ۔

i_e اور بدلنے i_e حسون میں لکھا گیا ہے۔ یک سمت اشارے کے لئے کپیٹر کھلے سرے کردار ادا کرتا ہے لہذا، جیسے شکل ۳.۲۶ ب میں دکھایا گیا ہے، صرف مزاحمت R_E سے گزرے گا۔ یوں ٹرانزسٹر کے بھٹپر $V_{EQ} = I_{EQ}R_E$ ہو گا۔ کپیٹر پر بھی یہی یک سمت برقی دبا پایا جائے گا۔

جیسے شکل ۳.۲۶ پ میں دکھایا گیا ہے، بدلنے اشارے کے لئے لامدد کپیٹر کی برقی رکاوٹ $\frac{1}{j\omega C_E} = 0$ ہو گی اور یوں i_e کپیٹر کے راستے گزرے گا۔ اس طرح ٹرانزسٹر کے بھٹپر برقی دبا پیدا کرنے میں کوئی کردار ادا نہیں کرے گا۔ صرف I_E کے بدلنے بھٹپر برقی دبادے $V_{EQ} = I_{EQ}R_E$ پیدا ہو گا۔ ان حقائق کو استعمال کرتے ہوئے مندرجہ بالامساوات میں متغیرات کو یک سمت اور بدلنے حسون میں لکھتے ہیں

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

بدلنے اشارات کے عدم موجودگی میں مساوات ۳.۲۷ کو یوں لکھا جاسکتا ہے

$$(3.71) \quad V_{CC} \approx V_{CEQ} + I_{CQ} (R_C + R_E)$$

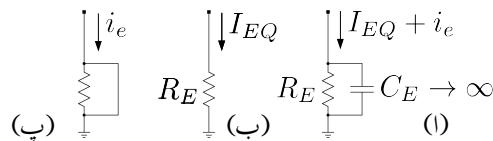
جہاں $I_{CQ} \approx I_{EQ}$ لیا گیا ہے۔ آپ تسلی کر لیں کہ بدلنے اشارے کے عدم موجودگی میں مندرجہ بالامساوات اور مساوات ۳.۲۹ کی ہی خط کو ظاہر کرتے ہیں لیہ زامساوات ۳.۷۱ بھی یک سمت رو، خط بوجھ کی مساوات ہے۔

شکل ۳.۲۵ ب کے بھی مساوات ۳.۷۰ حاصل ہوتا ہے لہذا شکل ۳.۲۵ ب درحقیقت شکل ۳.۲۵ ب کے مساوی یک سمت دور ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ یک سمت دور حاصل کرنے کی خاطر کپیٹر کو کھلے سرے اور بدلنے اشارہ v_i کو ضمیر کرتے ہوئے قیداً دور لایا جاتا ہے۔

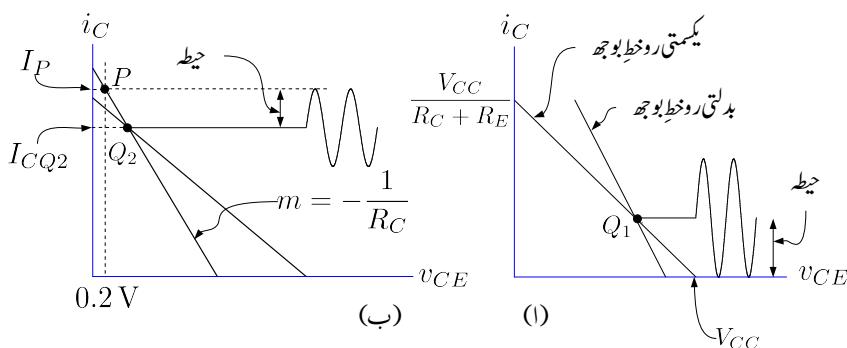
بدلنے اشارے کے موجودگی میں مساوات ۳.۷۰ کے یک سمت اجزاء کو مساوات کے ایک جانب جبکہ بدلنے اجزاء کو دوسرے جانب لکھتے ہیں۔

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

مساوات ۳.۷۰ کو 0 لکھتے ہوئے ہم دیکھتے ہیں کہ مندرجہ بالا



شکل ۳.۲۶: یک سمت اور بدلستاروں کی علیحدگی



شکل ۳.۲۷: بدلستاروں، خطوط بوچھ پر چہل وتدی

مساوات میں مساوی نشان کے دائیں جانب صفر لکھا جاسکتا ہے لہذا اس سے

$$(3.73) \quad i_c R_C + v_{ce} = 0 \quad \text{بدلستاروں، خطوط بوچھ}$$

حاصل ہوتا ہے جو بدلستاروں، خطوط بوچھ ہے جسے عموماً بدلستاروں، خطوط بوچھ ۳.۲۵ کا راحبانتا ہے۔ شکل ۳.۲۵ پے سے بھی یہی مساوات حاصل ہوتا ہے۔ بدلستاروں، مساوی نشان کی حاصل کرتے وقت تباہ یک سمت برقی دباد کی منبع اور تسام کپیٹر ون کو قصر دور کرتے ہوئے دور کا قطب یا حاصہ لیا جاتا ہے۔

مساوات ۳.۷۴ میں کیسے سمحت خط بوچھ کی مساحت $R_E = R_C + R_E$ ہے جبکہ مساوات ۳.۷۳ سے بدلستاروں، خطوط بوچھ کی مساحت $R_E = R_E$ ہے۔ بدلستاروں، خطوط بوچھ کی مساحت کا درکردگی کیسے سمحت روپ خط بوچھ پر پایا جاتا ہے گا جبکہ بدلستاروں، خطوط بوچھ کے عمد موجودگی میں دو بدلستاروں، خطوط بوچھ پر چہل وتدی کرے گا۔

شکل ۳.۷۷ انف میں کیسے سمحت روپ خط بوچھ پر Q_1 نقطہ کار کر دی گی ہے۔ بدلستاروں، خطوط بوچھ کے عمد موجودگی میں ٹرانزسٹر اسی نقطے پر رہے گا۔ بدلستاروں، خطوط بوچھ اسی نقطے پر کینچپا جاتا ہے۔ کیسے سمحت روپ خط بوچھ کی ڈھلوان $\frac{1}{R_E}$ ہے۔ اسی کیسے

طرح بدلتارو، خط بوچھ کی ڈھلوان $\frac{1}{R_c}$ برت $m = -$ ہے۔
بدلے اشارے کے موجودگی میں ٹرانزسٹر بدلتا رہے، خط بوچھ پر چھل مت دی کرے گا۔ سائنس نا بدلتے اشارے کے موجودگی میں i_C دکھایا گیا ہے۔ شکل میں زیادہ سے زیادہ ممکن مقنی جیٹ کا i_C دکھایا گیا ہے۔ اگر داخلی اشارے کو مزید بڑھایا جائے تو i_C کا خپلا یعنی منفی حصہ تراشاجبائے گا۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ نقطہ کار کردگی کو (V_{CEQ}, I_{CQ}) پر رکھتے ہوئے زیادہ سے زیادہ ممکن مقنی جیٹ I_{CQ} حاصل ہوتا ہے۔

شکل ۳.۷ ب میں یک سمت رو خط بوچھ پر Q_2 نقطہ کار کردگی ہے۔ سائنس نا بدلتے اشارے کے موجودگی میں i_C دکھایا گیا ہے۔ غیر امنزاسد V_{CE} بین ۰.۲ V پر نقطے دار عسدوی لکسیر لگائی گئی ہے جسے بدلتا رہے، خط بوچھ P پر گمراہا ہے۔ چونکہ ٹرانزسٹر غیر امنزاسد V_{CE} سے کم بر قی دباو پر قوت امنزاش کھو دیتا ہے لہذا i_C کی مشتمل چھوٹی شکل میں دکھائے I_P پر تراشی جائے گی۔ اس طرح i_C کا زیادہ سے زیادہ ممکن جیٹ $I_{CQ2} = I_P - I_{CQ2}$ کے برابر ہو گا۔ آئینہ بدلتارو خط بوچھ کے نقطہ کی مساوات حاصل کریں۔ $x - y = m$ محدود پر m ڈھلوان اور نقطے $(x' - y')$ سے گزرتے خط کی مساوات $(x - x') = m(x - x')$ ہوتی ہے۔ موجودہ مسئلہ میں $i_C - v_{CE}$ میں v_{CE} میں i_C کے لہذا اس کی مساوات (V_{CEQ}, I_{CQ}) پر بدلتارو خط بوچھ کی مساوات درکار ہے۔ بدلتارو خط بوچھ کے خط کی ڈھلوان $\frac{1}{R_c}$ پر چھوٹے تب i_C کے دونوں جانب ناتراشاجط I_{CQ} ہو گا۔ مساوات ۳.۷ میں یوں $v_{CE} = 2I_{CQ}$ پر $i_C = 2I_{CQ}$ رکھتے ہوئے

$$(3.73) \quad i_C - I_{CQ} = -\frac{1}{R_c} (v_{CE} - V_{CEQ})$$

شکل ۳.۷ میں نقطہ کار کردگی کو Q_1 اور Q_2 کے درمیان یوں رکھا جائے گا کہ i_C کا جیٹ دونوں جانب برابر تراشاجبائے۔ اس طرح زیادہ سے زیادہ ممکن جیٹ کا i_C حاصل کیا جائے۔ مساوات ۳.۷ میں کو استعمال کرتے ہوئے اس نقطے کو جو صل کرتے ہیں۔ شکل ۳.۷ میں یک سمت رو، خط بوچھ اور بدلتارو، خط بوچھ دکھائے گئے ہیں۔ غیر امنزاسد V_{CE} کو نظر انداز کرتے ہوئے ہم دیکھتے ہیں کہ اگر بدلتارو، خط بوچھ عسدوی محدود کو $2I_{CQ}$ پر چھوٹے تب i_C کے دونوں جانب ناتراشاجط I_{CQ} ہو گا۔ مساوات ۳.۷ میں یوں $0 = 2I_{CQ} + v_{CE}$ رکھتے ہوئے

$$2I_{CQ} - I_{CQ} = -\frac{1}{R_c} (0 - V_{CEQ})$$

یعنی

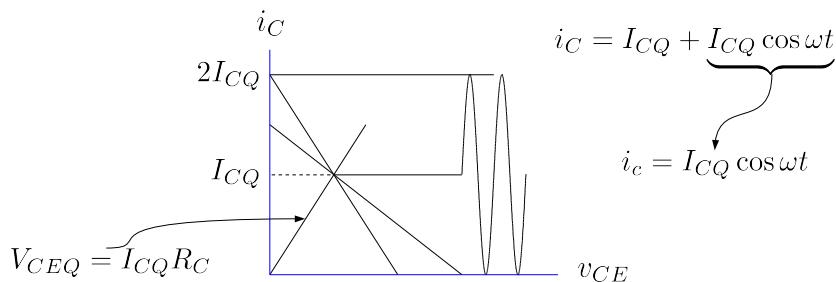
$$(3.75) \quad V_{CEQ} = I_{CQ} R_c$$

حاصل ہوتا ہے۔ اس مساوات کو بھی شکل میں دکھایا گیا ہے۔ جسالیے مساوات اور یک سمت رو خط بوچھ آپس میں ملتے ہیں وہ درکار نقطہ کار کردگی ہے۔ مساوات ۳.۷ میں $I_{CQ} \approx I_{EQ}$ لکھتے ہوئے اس میں مساوات ۳.۷ پر کرتے ہوئے دونوں جانب زیادہ سے زیادہ جیٹ حاصل کرنے کے لئے درکار نقطہ کار کردگی پر بر قی رو

$$I_{CQ} = \frac{V_{CC}}{2R_c + R_E}$$

حاصل ہوتی ہے۔ اس مساوات میں $R_c + R_E$ اور R_c کی ممکن R لکھتے ہوئے ایسا مساوات حاصل ہوتا ہے جو یاد رکھنے کے لئے زیادہ آسان ثابت ہوتا ہے یعنی

$$(3.76) \quad I_{CQ} = \frac{V_{CC}}{\frac{R_c}{R} + R_E}$$



شکل ۳.۳۸: زیادہ مکنے حیطہ حاصل کرنے کے لئے درکار نقطہ کار کردگی

اس مساوات کو مساوات ۳.۷۵ کے ساتھ ملاتے ہوئے

$$(3.77) \quad V_{CEQ} = \frac{R_{\text{ب}} V_{CC}}{R_{\text{ب}} + R_{\text{کم}}}$$

حاصل ہوتا ہے۔ مساوات ۳.۷۶ اور مساوات ۳.۷۷ زیادہ مکنے حیطے کا حنارجی بدلتا اشارہ حاصل کرنے کے لئے درکار نقطہ کار کردگی دیتے ہیں۔

مثال ۳.۲۹: شکل ۳.۳۵ میں $V_{CC} = 12 \text{ V}$ اور $R_E = 200 \Omega$, $R_C = 1 \text{ k}\Omega$ ہیں۔ کپیسٹر کی قیمت کو لاحر و تصور کرتے ہوئے بدلتے اشارے کا زیادہ مکنے حیطہ حاصل کرنے کے لئے درکار نقطہ کار کردگی حاصل کریں۔

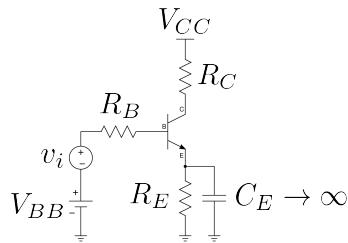
حل: مساوات ۳.۷۶ اور مساوات ۳.۷۷ میں $1200 = 1000 + 200$ اور $R_{\text{کم}} = \frac{12 \times 1000}{1200 + 1000} = 6 \Omega$ استعمال کرتے ہوئے

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

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

نقطہ کار کردگی حاصل ہوتا ہے۔ یوں حنارجی بر قی روکا زیادہ مکنے حیطہ 5.45 mA ہے۔

مثال ۳.۳۰: مندرجہ بالامثال میں $\beta = 37$ اور $V_{BB} = 10 \text{ V}$ حاصل کریں۔



شکل ۳.۳۹: بدلتارو، خط بوجہ کی مثال

حل: $R_B = 760 \Omega$ کے استعمال سے $R_E = \frac{10R_B}{\beta+1}$ حاصل ہوتا ہے۔ کرخونے کے مت نوں برائے برقی دباؤ کے استعمال سے

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

حاصل ہوتا ہے۔

مثال ۳.۴۰: شکل ۳.۴۰ 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 امنزاسڈ V_{CE} کو 0.2 V لیتے ہوئے R_E اور R_B ، V_{BB} اور R_E کے ایسی قیمتیں حاصل کریں کہ کم از کم $\pm 4 \text{ mA}$ کی ممکن ہو۔
حل: شکل ۳.۴۰ میں صورت حال دکھائی گئی ہے۔ یک سختے رہو، خط بوجہ اپنی مور کو V_{CC} پر جبکہ عسمودی مور کو $\frac{V_{CC}}{R_C + R_E}$ پر چھوتا ہے۔ بدلتارو، خط بوجہ کی ڈھالوان $\frac{1}{R_C}$ ہے۔ جب تک بدلتارو خط بوجہ Q_1 اور Q_2 کے درمیان یک سمت رو خط بوجہ پائے جائے اس وقت تک i_C کا حیطہ $\pm 4 \text{ mA}$ ممکن ہے۔ Q_1 اور Q_2 کے درمیان کسی اور ممتاں پر بدلتارو خط بوجہ پائے جانے کی صورت میں i_C کا حیطہ $\pm 4 \text{ mA}$ یا اس سے زیادہ ممکن ہوگا۔
پر پائے جانے والا بدلتارو، خط بوجہ کی صورت میں i_C کا حیطہ I_{CQ1} کی قیمت کے برابر ہو گا۔ اگر $I_{CQ1} = 4 \text{ mA}$ ہو تو i_C کا حیطہ $\pm 4 \text{ mA}$ ممکن ہو گا۔ یہ

(۳.۷۸)

$$I_{CQ1} = 4 \text{ mA}$$

Q_2 پر پائے جانے والا بدلتارو خط بوجہ، غیر امنزاسڈ V_{CE} پر عسمودی کھیچے خط کو نقطے P پر گمراہتا ہے۔ چونکہ V_{CE} سے کم برقی دباؤ پر ٹرانزسٹر قوت امنزاسڈ کھو دیتا ہے لہذا i_C کا حیطہ $i_P - I_{CQ2}$ کے برابر ہے۔ اس طرح اگر Q_2 پر برقی دباؤ $I_{CQ2} + 4 \text{ mA}$ پر نقطے P پر ہو تو i_C کا حیطہ $\pm 4 \text{ mA}$ ممکن ہو گا۔

کسی بھی سیدھے خط کی مساوات $m = \frac{\Delta y}{\Delta x} = y - y' = m(x - x')$ حاصل ہوتا ہے جہاں Δy اور Δx اس خط پر کسی دو نقطوں سے حاصل کئے جاسکتے ہیں۔ بلکہ، خط بوجہ 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

$$(3.79) \quad V_{CEQ2} = 5 \text{ V}$$

لکھا جا سکتا ہے۔ یک سمت رو، خط بوجہ کی مساوات شکل ۳.۷۹ کے حنارجی جانب کر خوف کے فتوں سے یوں لکھی جا سکتی ہے

$$(3.80) \quad V_{CC} = V_{CEQ2} + I_{CQ2} (R_C + R_E)$$

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

$$(3.81) \quad I_{CQ2} = \frac{V_{CC} - 5}{R_C + R_E} = \frac{12}{1200 + R_E}$$

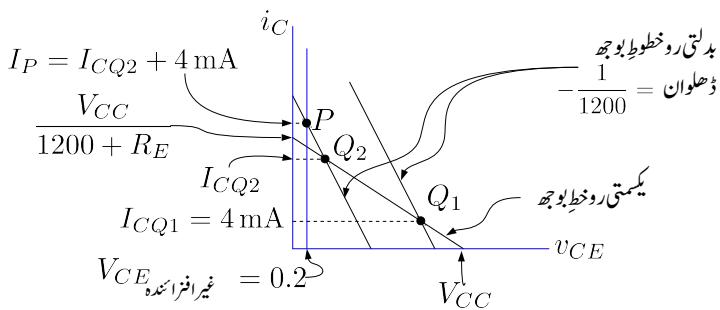
حاصل ہوتی ہے۔ نظر کارکردگی کو Q_1 اور Q_2 کے درمیان رکھنے کی حراطر I_{CQ} کامن درجہ ذیل مساوات پر پورا اترتالازم ہے۔

$$(3.82) \quad I_{CQ1} < I_{CQ} < I_{CQ2}$$

$$4 \text{ mA} < I_{CQ} < \frac{12}{1200 + R_E}$$

جس سے $R_E < 1.8 \text{ k}\Omega$ حاصل ہوتا ہے۔ آئیں اب V_{BE} اور β میں تبدیلی کے اثرات کو دیکھیں۔ شکل ۳.۷۹ کے داخلی جانب

$$(3.83) \quad V_{BB} = V_{BE} + I_{CQ} \left(\frac{R_B}{\beta + 1} + R_E \right)$$



شکل ۲.۵۰

یعنی

$$(3.83) \quad I_{CQ} = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{\frac{R_B}{\beta+1} + R_E}$$

لکھا جاسکتا ہے۔ مساوات ۳.۸۳ کا کوئی واحد حل نہیں پایا جاتا ہے بلکہ مختلف R_E لیتے ہوئے اسے حل کیا جاسکتا ہے۔ مثلاً اگر $R_E = 1 \text{ k}\Omega$ لیا جائے تو $\beta = 50$ پر $I_{CQ1} = 4 \text{ mA}$ حاصل ہوتا ہے۔ ہم دیکھتے ہیں کہ $V_{BE} = 0.8 \text{ V}$ اور $\beta = 50$ 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۔ اور $V_{BE} = 0.6 \text{ V}$ کی صورت میں مساوات ۳.۸۳ کی صورت میں

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

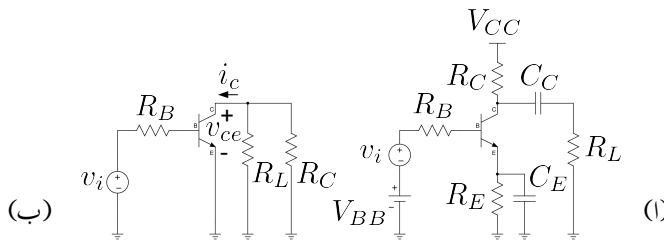
حاصل ہوتا ہے۔ $R_E = 1 \text{ k}\Omega$ حاصل ہوتا ہے جو کہ $I_{CQ2} = 5.45 \text{ mA}$ مساوات ۳.۸۲ سے زیاد ہے۔ یہ 4.45 mA

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

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

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

مطلوبہ جوابات ہیں۔



شکل ۳.۵

مثال ۳.۳۲: شکل ۳.۵ الف میں C_C کے ذریعے ایمپلیفیاٹر کو برقی پوجہ R_L کے ساتھ وابستہ کیا گیا ہے۔ ایسا کپیسٹر جو دھنون کی وابستگی پیدا کرتے ہوئے ایک حصے سے دوسرے حصے میں اشارے کی منتقلی کے بغیر کپیسٹر ۳۳ پکارا جاتا ہے۔ شکل میں i_C کا زیادہ سے زیادہ ممکنہ حیطہ اور اس کے لئے درکار فقط کارکردگی حاصل کریں۔ کپیسٹروں کی قیمت لاحقہ دو تصور کریں۔

حل: یک سمت رو کے لئے کپیسٹروں کو کھلے سرے کرتے ہوئے یک سمت رو، خط پوجہ کی مساوات حاصل کرتے ہیں۔

$$(3.85) \quad V_{CC} = i_C R_C + v_{CE} + i_E R_E$$

$$(3.86) \quad \text{یک سمت رو، خط پوجہ} \approx v_{CE} + i_C (R_C + R_E)$$

بدلتے اشارے کے عدم موجودگی میں اس مساوات کو یوں لکھ سکتے ہیں۔

$$(3.87) \quad \text{یک سمت رو، خط پوجہ} \approx V_{CEQ} + I_{CQ} (R_C + R_E)$$

شکل ب میں بدلتارو، خط پوجہ حاصل کرنے کی حاضر V_{CC} اور کپیسٹروں کو قصر دور کیا گیا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ بدلتے اشارے کے فقط ظریعے R_C اور R_L متوازی جستے ہیں۔ اس دور سے بدلتارو، خط پوجہ یوں حاصل ہوتا ہے۔

$$(3.88) \quad v_{ce} + i_c \left(\frac{R_C R_L}{R_C + R_L} \right)$$

چونکہ $i_c = i_c + i_{CQ}$ اور $i_C = I_{CQ} + i_{CQ}$ کو یوں لکھا جاتا ہے

$$(3.89) \quad i_C - I_{CQ} = - \left(\frac{R_C + R_L}{R_C R_L} \right) (v_{CE} - V_{CEQ}) \quad \text{بدلتارو، خط پوجہ}$$

جو کہ درکار بدلتا رہو، خط بوجھے ہے۔ یہ مساوات ۷.۳ کے طرز کی مساوات ہے لہذا مساوات ۷.۵ کی طرز پر یہاں بھی مساوات ۷.۸ اور

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

کو آپس میں حل کرتے ہوئے نقطہ کار کر دگی حاصل کرتے ہیں۔

$$V_{CC} = I_{CQ} \frac{R_C R_L}{R_C + R_L} + I_{CQ} (R_C + R_E)$$

جس سے

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

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

حاصل ہوتا ہے جو کہ زیادہ سے زیادہ مکنٹ جیط حاصل کرنے کے لئے درکار نقطہ کار کر دگی ہے۔ جیسے شکل ۳.۳۸ میں دکھایا گیا ہے یوں i_C کا زیادہ سے زیادہ ناتراشی خط مندرجہ بالا مساوات میں دئے I_{CQ} کے برابر ہو گا۔ چونکہ i_C متوالی جبڑے R_C اور R_L سے گزرتا ہے لہذا تقسیم بر قی رو سے R_L میں بر قی رو i_{RL} کی قیمت $\frac{R_C I_{CQ}}{R_L + R_C}$ ہو گی۔ سائنس اشارے کی صورت میں یوں

$$(3.93) \quad i_{RL} = \frac{R_C}{R_L + R_C} I_{CQ} = \frac{R_C}{R_L + R_C} \left(\frac{V_{CC}}{\frac{R_C R_L}{R_C + R_L} + R_C + R_E} \right)$$

ہو گی۔

مثال ۳.۳۳: شکل ۳.۵ میں $V_{CC} = 12 \text{ V}$ اور $R_C = R_L = 2 \text{ k}\Omega$ اور $R_E = 400 \Omega$ ہے۔ زیادہ سے زیادہ جیط کا i_C حاصل کرنے کے لئے درکار نقطہ کار کر دگی حاصل کریں۔

حل: چونکہ $R_{\text{بٹ}} = 1 \text{ k}\Omega$ جبکہ $R_{\text{یکمی}} = 2.4 \text{ k}\Omega$ ہے لہذا مساوات ۳.۹۱ کے تحت نقطہ کار کر دگی

$$I_{CQ} = \frac{12}{2400 + 1000} = 3.529 \text{ mA}$$

$$V_{CEQ} = 3.529 \times 10^{-3} \times 1000 = 3.529 \text{ V}$$

حاصل ہوتا ہے۔ یوں i_C کا زیادہ سے زیادہ مکنٹ جیط حاصل کرنے سے گزرتا بر قی رو i_{RL} کا زیادہ سے زیادہ مکنٹ جیط ۱.765 mA ہو گا۔

۳.۱۱ ٹرانزسٹر ریاضی نمونہ برائے و سچ اشارات

فلم و کاغذ استعمال کرتے ہوئے ٹرانزسٹر ادوار کے متالی مقبول حل حاصل کرنے کے طریقوں پر گزشتہ حصوں میں تبصرے ہوئے۔ ان طریقوں سے حاصل جوابات سے بہتر نتائج حاصل کرنے کی حرارت نسبتاً بہتر ریاضی نمونہ استعمال کے جباتے ہیں۔ آئین ایسے چند ریاضی نمونوں پر غور کرتے ہیں۔

۳.۱۱.۱ ایبرز-مال ریاضی نمونہ

ایبرز-مال ریاضی نمونہ ٹرانزسٹر کو افسنہ اسندہ، غیر افسنہ اسندہ اور منقطع تیزیوں خطوں میں نہایت عمدگی سے بیان کرتا ہے اور اسے استعمال کرتے ہوئے حقیقت کے بہت فتیریب نتائج حاصل ہوتے ہیں۔ یہ ریاضی نمونہ کم تعدد کے اشارات کے لئے استعمال کیا جاتا ہے۔ کمپیوٹر کاپ و گرام سپاٹھ ۱۳۹۴ ریاضی نمونے سے اخذ کردہ مال۔ برداری ریاضی نمونہ استعمال کرتا ہے جس پر اگلے حصے میں گفتگو ہو گی۔

عسوی طرز پر مائل کردہ npn ٹرانزسٹر کے مختلف مساوات لکھتے وقت مساوات میں (F) بطور زیر نوشتے استعمال کیا جائے گا جو عسوی طرز پر مائل کردہ ٹرانزسٹر کو ظاہر کرے گا۔

عسوی طرز پر مائل کردہ npn ٹرانزسٹر کے گلشنہ سرے پر بر قریب کی 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 بطور قریبی رو i_{EF} اور بیس بر قریبی 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 میں ۳.۹۴ اور مساوات میں ۳.۹۵ استعمال کئے گئے۔ اس آخری مساوات کو سزا دی جس کے لیے بھی لکھا جاسکتا ہے۔

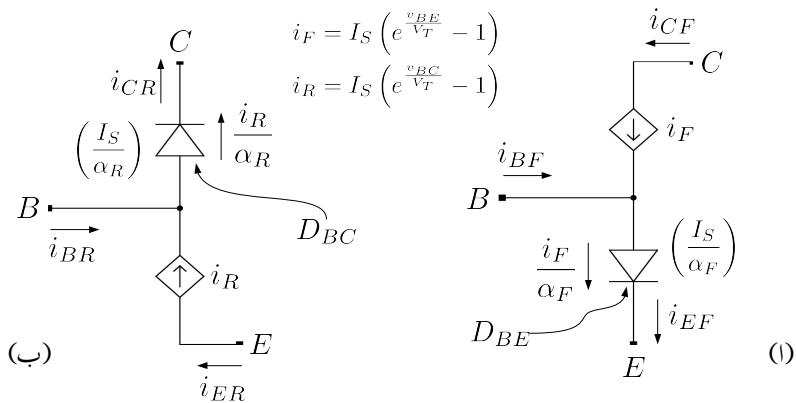
$$(3.96) \quad i_{BF} = I_S \left(\frac{1}{\alpha_F} - 1 \right) \left(e^{\frac{V_{BE}}{V_T}} - 1 \right) = \frac{I_S}{\beta_F} \left(e^{\frac{V_{BE}}{V_T}} - 1 \right)$$

جب

$$(3.97) \quad \left(\frac{1}{\alpha_F} - 1 \right) = \frac{1 - \alpha_F}{\alpha_F} = \frac{1}{\beta_F}$$

کا استعمال کیا گیا۔

ان مساوات سے آپ دیکھ سکتے ہیں کہ $i_{CF} = \alpha_F i_{EF}$ اور $i_{EF} = \beta_F i_{BF}$ اور $i_{CF} = \alpha_F i_{EF}$ یہی جو کہ ٹرانزسٹر کے جانے پہچانے مساوات ہیں۔ یوں شکل ۳.۵۲ االف عسوی طرز پر مائل npn ٹرانزسٹر کا و سچ اشاراتی ریاضی نمونہ ہے۔ مساوات میں ۳.۹۲، مساوات میں ۳.۹۵ اور مساوات میں ۳.۹۶ (یا اس کا مساوی مساوات میں ۳.۹۷) ٹرانزسٹر کے



شکل ۳.۵۲ npn ٹرانزسٹر کے ایبسر-مال ریاضی نمونے کا حصول

سرول پر برقی روکے مساوات ہیں۔ ایک ایسا دور جس کے تین سرے ہوں اور جسے حل کر کے اس کے سروں پر مبنی

تین مساوات حاصل ہوں کو ٹرانزسٹر کا ریاضی نمونہ تصور کیا جاتا ہے۔

شکل ۳.۵۲ میں تالیخ منچ رو ۳۰۰ کا استعمال کیا گیا ہے جس کی قوت یو 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 عدالتیوڈ استعمال کیا گیا ہے۔ جیسا کہ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ یہ ٹرانزسٹر کے یس-لیٹر جوڑ کا ڈائیوڈ D_{BE} ہے۔ مساوات ۲.۳ 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} یس-لیٹر جوڑ کے ڈائیوڈ کے 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 یادہ ان کی حناظر ڈائیوڈ کے متریب تو سین میں بت دکھا گیا ہے۔ آئیں شکل ۳.۵۲ کے تین سروں پر برقی رو حاصل کریں۔ ہم دیکھتے ہیں کہ i_{CF} اور i_F برابر ہیں یعنی

$$(3.102) \quad i_{CF} = I_S \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right)$$

بیٹر سے کی برقی رو i_{EF} اور ڈائوڈ D_{BE} میں گزرتی برقی رو $I_{D_{BE}}$ کہی آپس میں برابر ہیں لیکن

$$(3.103) \quad i_{EF} = \frac{I_S}{\alpha_F} \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right)$$

میں سے پر کر خوف کے وفاون برائے برقی رو کے تحت $i_{BF} = i_{EF} - i_{CF}$ ہو گا لیکن

$$(3.104) \quad i_{BF} = \frac{I_S}{\alpha_F} \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right) - I_S \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right)$$

ہم دیکھتے ہیں کہ مساوات ۳.۱۰۲، مساوات ۳.۱۰۳ اور مساوات ۳.۱۰۴ ہو ٹرانزسٹر کے مساوات ۳.۹۳، مساوات ۳.۹۵ اور مساوات ۳.۹۶ ہی ہیں۔ یوں شکل ۳.۵۲ الف میں دکھائے دور کو عسمی طرز پر مائل کر دہ ٹرانزسٹر کاریاضی نمونہ تصور کیا جاتا ہے۔

اب تصور کریں کہ ٹرانزسٹر کے بیٹر اور ٹلکسٹر سروں کو استعمال کے نقطے سے آپس میں بدل دیا جائے گئی میں۔ بیٹر جوڑ کو غیر چال جبکہ یہیں۔ ٹلکسٹر جوڑ کو سیدھا مائل کر دیا جائے۔ ایسا کرنے سے شکل ب ص حل ہوتا ہے جو غیر عسمی طرز پر مائل کردہ ٹرانزسٹر کاریاضی نمونہ ہے۔ شکل ب میں i_{CR}, i_{ER}, i_{BR} اور α_R لکھتے وقت (R) کو بطور زیرِ نوشت 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 نہیں کئے گئے ہیں لیکن جس سے کوشک الاف میں کہا گیا، اسی سے کوشک ب میں بھی E کہا گیا ہے۔ یوں شکل ب میں بیٹر اور ٹلکسٹر سروں پر برقی رو کی مستیں انہیں ہوں گی۔

شکل ب میں یہیں۔ ٹلکسٹر جوڑ کے ڈائوڈ کے لبریزی برقی رو I_{SBC} کی قیمت مندرجہ ذیل ہے

$$(3.105) \quad I_{SBC} = \frac{I_S}{\alpha_R}$$

یوں اس ڈائوڈ کے برقی رو کی مساوات مندرجہ ذیل ہوگی۔

$$(3.106) \quad i_{DBC} = \frac{I_S}{\alpha_R} \left(e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right)$$

شکل میں تابع منبع رو i_R کا بھی استعمال کیا گیا ہے جس کی قیمت بوساوات 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 ڈائوڈ کا برقی رو ہی i_{CR} سے بہتر ہے۔

$$(3.108) \quad i_{CR} = \frac{I_S}{\alpha_R} \left(e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right)$$

اسی طرح i_{ER} دراصل i_R ہی ہے لہذا

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

بیس سرے پر کر خوف کے فتاون براۓ برقی روے i_{BR} یوں 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 آخنری مساوات کو حاصل کرتے وقت مساوات ۱۰۸ اور ۱۰۹ مساوات ۱۰۹ استعمال کئے گے۔ اس آخنری مساوات کو مزید حل کر کے یوں بھی کیا جاتا 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 افنسز اندہ، غیر افنسز اندہ اور منقطع تینوں خطوں میں بیان کرنے کی حراطر شکل ۳.۵۲ الف اور شکل بے کے ادوار آپس میں متوازی جوڑ کر شکل ۳.۵۲ ج حاصل کیا جاتا ہے جو npn ٹرانزسٹر کا ایسبر-مال ریاضی نمونہ ہے۔ عمومی طرز پر مائل ٹرانزسٹر کا نیس-ایمٹر جوڑ سیدھا مائل (یعنی $V_B \geq 0$) ہوتا ہے جبکہ نیس-مائل جوڑ غیر حپلو (یعنی $V_B \leq 0.5V$) ہوتا ہے۔ یوں مشلاً اگر

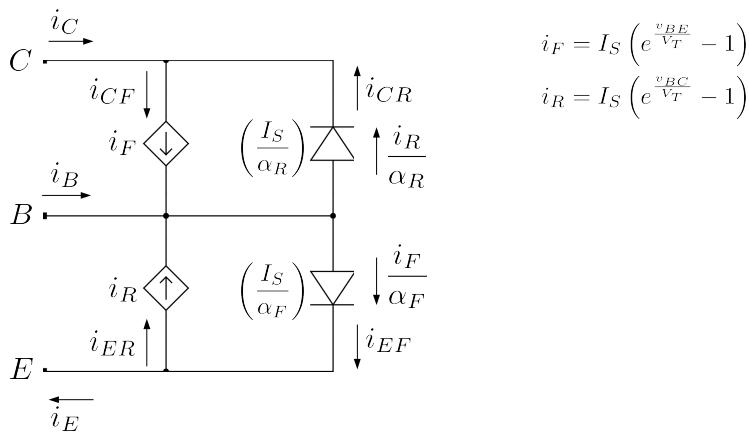
$v_{BE} = 0.65V$ اور $v_{BC} = -0.5V$ ہوں تو $I_S = 10^{-14} A$ اور $i_F = 1.957 mA$ لیتے ہوئے $i_R \approx i_F$ اور $i_R \approx 1.957 mA$ حاصل ہوتے ہیں۔ اس طرح i_R اور اس پر تبصرہ جبزو نظر انداز کئے جا سکتے ہیں۔ شکل ۳.۵۲ الف میں ایسا ہی کرتے ہوئے ریاضی نمونے کے وہ حصے دکھائے گئے ہیں جو عمومی طرز پر مائل npn ٹرانزسٹر کی کارکردگی دیتے ہیں۔ ریاضی نمونے کے بقیا حصوں پر کالا گیا گیا ہے۔ اسی طرح شکل بے میں غیر عمومی طرز پر مائل ٹرانزسٹر کی کارکردگی دینے والے حصے دکھائے گئے ہیں جبکہ بقیا حصوں پر کالا گیا گیا ہے۔

i_R اور i_F کے مساوات ایک جیسے اشکال رکھتے ہیں اور یوں معلوم ہوتا ہے جیسے ٹرانزسٹر کے دونوں جناب کی کارکردگی یکساں ہوگی۔ حقیقت میں ایسا نہیں۔ فنر پر کریں کہ $\alpha_F = 0.99$ اور $\alpha_R = 0.01$ اور $I_S = 10^{-14} A$ ہیں۔ اس ٹرانزسٹر کو عمومی طرز پر

$$V_{BE} = 0.65 V$$

پرمائل کیا جاتا ہے۔ یوں

$$I_F = 1.9573 mA$$



شکل ۳.۵۳: npn کا ٹرانزسٹر کا ایسبر-مال ماذل

حاصل ہوتا ہے جس سے

$$I_C = 1.9573 \text{ mA}$$

$$I_E = 1.9771 \text{ mA}$$

$$I_B = 19.573 \mu\text{A}$$

حاصل ہوتے ہیں۔ اس کے برعکس اگر ای ٹرانزسٹر کو غیر عسمی طرز پر

$$V_{BC} = 0.65 \text{ V}$$

پر مائل کیا جائے تب

$$I_R = 1.9573 \text{ mA}$$

حاصل ہوتا ہے۔ (ٹرانزسٹر کے سروں کے نام تبدیل کئے بغیر) اس سے

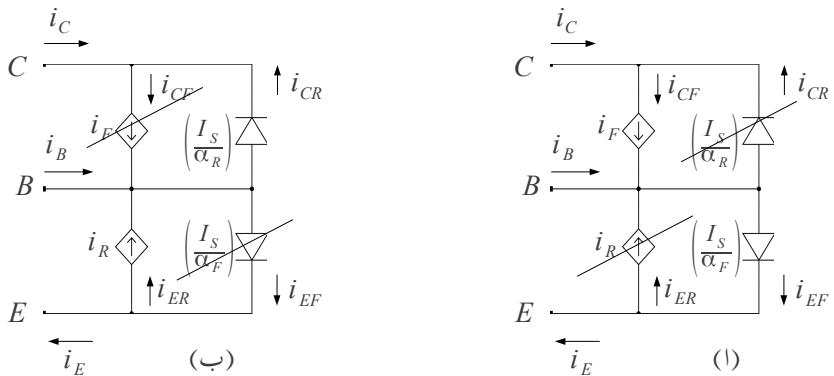
$$I_E = -1.9573 \text{ mA}$$

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

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

حاصل ہوتے ہیں۔ مندرجہ صاف نتائج ہے۔

غیر امنزائلڈ خلیے میں یہیں۔ ایکٹر جوڑ اور ہمیں۔ گلکٹر جوڑ دونوں سیدھے مائل ہو سکتے ہیں۔ ایسی صورت میں i_F اور i_R دونوں کی قیمتیں ناتاب نظر انداز ہوں گی اور پورا یا ضمی نمونہ استعمال ہو گا۔ شکل ۳.۵۳ کو دیکھتے ہوئے ہم لکھ



شکل ۳.۵۲: npn ایکسپریز مال ریاضی موسنے کی کارکردگی

جیسا ہے۔

$$(3.113) \quad i_E = i_{EF} - i_{ER} = i_{EF} - \alpha_R i_{CR}$$

$$(3.114) \quad i_C = i_{CF} - i_{CR} = \alpha_F i_{EF} - i_{CR}$$

$$(3.115) \quad i_B = i_E - i_C$$

مساویات ۱۰۲ اور مساویات ۱۰۸ کے استعمال سے مساویات ۱۱۳ کو یوں لکھا جا سکتا ہے۔

$$(3.116) \quad i_C = I_S \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right) - \frac{I_S}{\alpha_R} \left(e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right)$$

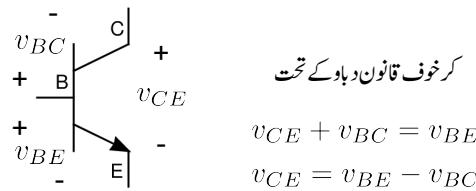
$$(3.117) \quad \approx I_S e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - \frac{I_S}{\alpha_R} e^{\frac{v_{BC}}{V_T}}$$

اسی طرح مساویات ۱۱۳ کو یوں لکھا جا سکتا ہے

$$(3.118) \quad i_E \approx \frac{I_S}{\alpha_F} e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - I_S e^{\frac{v_{BC}}{V_T}}$$

اس طرح مساویات ۱۱۵ سے حاصل ہوتا ہے

$$(3.119) \quad \begin{aligned} i_B &\approx \left(\frac{I_S}{\alpha_F} e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - I_S e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} \right) - \left(I_S e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - \frac{I_S}{\alpha_R} e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} \right) \\ &= \left(\frac{1}{\alpha_F} - 1 \right) I_S e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} + \left(\frac{1}{\alpha_R} - 1 \right) I_S e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} \\ &= \frac{I_S}{\beta_F} e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} + \frac{I_S}{\beta_R} e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} \end{aligned}$$



شکل ۳.۵۵: بڑا نز سٹر پر برقی دباؤ کا آپس میں تعلق

مادا۔ ۳.۱۱۶ میں $e^{\frac{v_{BC}}{V_T}}$ کو تو سین کے باہر نکالنے سے اسے یوں لکھا جاسکتا 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 ۳.۵۵ میں بڑا نز سٹر پر برقی دباؤ کے مابین تعلق بیان کیا گیا ہے یعنی

$$(3.121) \quad v_{CE} = v_{BE} - v_{BC}$$

جسے استعمال کرتے ہم اس مادا۔ کو یوں لکھ سکتے ہیں

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

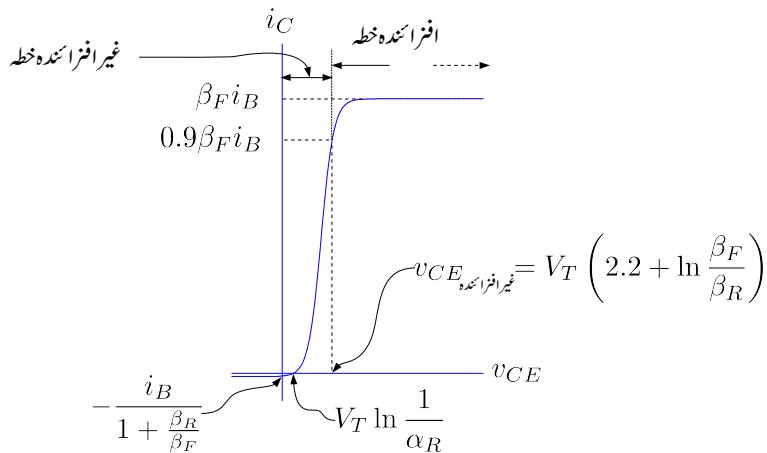
یہی طریقے مادا۔ ۳.۱۱۹ پر استعمال کرتے ہیں یعنی

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

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

مادا۔ ۳.۱۲۲ کو مادا۔ ۳.۱۲۴ پر تقسیم 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 ۱۱.۳.۵۶: ایک برز-مال یا خلی مونٹ سے حاصل کردہ ٹرانزسٹر کا خط

اس مساوات سے v_{CE} کی مساوات حاصل کی جا سکتی ہے یعنی

$$(11.124) \quad v_{CE} = V_T \ln \left(\frac{\frac{1}{\alpha_R} + \frac{(i_C/i_B)}{\beta_R}}{1 - \frac{(i_C/i_B)}{\beta_F}} \right)$$

مندرجہ بالا الجبرا سے ایسا معلوم ہوتا ہے جیسے ٹرانزسٹر کے بیکٹ اور گلکسٹر سروں کو آپس میں بدلا جا سکتا ہے۔ حقیقت میں ٹرانزسٹر یوں بنائے جاتے ہیں کہ عسوماً $i_C \approx 1$ اور $\alpha_F \approx 0.01$ اور $\alpha_R \approx 0.01$ کے برابر ہوتے ہیں۔ یوں β_F کی قیمت β_R کی قیمت سے کمی گتازیاہ ہوتی ہے اور ٹرانزسٹر صرف عمومی طرز پر سیدھا مائل کرنے سے ہی اس کی گھص کارکردگی حاصل کی جا سکتی ہے۔ مساوات ۱۱.۱۲۵ کو شکل ۱۱.۳.۵۶ میں دکھایا گیا ہے۔ شکل سے واضح ہے کہ v_{CE} کو زیادہ بڑھانے سے برقی روپ i_C بڑھتے بڑھتے برقراری قیمت ($\beta_F i_B$) حاصل کر لیتی ہے۔ شکل میں افزاں نہ خط اور غیر افزاں نہ خطوں کی نشاندہی بھی کی گئی 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 ۱۱.۱۲۶ سے اس حد پر برقی دباؤ v_{CE} یوں حاصل کیا جا سکتا ہے

$$(11.126) \quad V_{CE} = V_{CE, \text{نہیں افزاں نہ خط}} = V_T \ln \left(\frac{\frac{1+\beta_R}{\beta_R} + \frac{0.9\beta_F}{\beta_R}}{1 - 0.9} \right)$$

جسے غیر افزاں نہ خط، $V_{CE, \text{نہیں افزاں نہ خط}}$ لکھتے ہیں۔ عسوماً β_F کی قیمت β_R سے کمی گتازیاہ ہوتی ہے اور یوں اس مساوات کو اس

طرح بھی لکھا جا سکتا 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 $\beta_R = 0.01$ تو $V_{CE} = 0.2995 \text{ V}$ حاصل ہوتا ہے۔ اسی طرح اگر $\beta_F = 100$ اور $\beta_R = 0.15$ تو $V_{CE} = 0.21756 \text{ V}$ حاصل ہوتا ہے۔ اس کتاب میں جہاں حناص طور بستلایانے جائے ہاں $V_{CE} = 0.2 \text{ V}$ نہیں افراہندہ ہے بلکہ $V_{CE} = 0.1 \text{ V}$ ہے۔

صفحہ ۳۵۶ پر شکل ۳.۳۶ میں دیے گئے خطوط سے یہ عناطہ تاثر ملتا ہے کہ $i_C = 0 \text{ A}$ کے برابر $v_{CE} = 0 \text{ V}$ ہوتا ہے۔ شکل ۳.۵۶ سے صاف ظاہر ہے کہ ایسا ہرگز نہیں۔ $v_{CE} = V_T \ln \frac{1}{\alpha_R} i_C = 0 \text{ A}$ کے برابر ہوتا ہے۔ اسی طرح $v_{CE} = 0 \text{ V}$ کی قیمت بھی یہاں شکل پر دکھائی گئی ہے۔

کچھ ادوار مثلاً ٹرانزسٹر-ٹرانزسٹر منطق 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 ایبرز-مال ماؤل

شکل ۳.۵۷ میں ایبرز-مال ریاضی نمونے کا حصول دکھایا گیا ہے۔ شکل الف میں عمومی طرز پر مائل کردہ pnp ٹرانزسٹر کاریاضی نمونے دکھایا گیا ہے جبکہ شکل ب میں غیرعمومی طرز پر مائل کردہ ٹرانزسٹر کاریاضی نمونے دکھایا گیا ہے۔ ان دونوں کو متنازعی جوڑ کر شکل پ میں pnp ٹرانزسٹر کا مکمل ایبرز-مال ریاضی نمونے دکھایا گیا ہے۔ چونکہ عمومی طرز پر مائل کردہ pnp ٹرانزسٹر میں یہ متر بیس (B) جوڑ سیدھا مائل کیا جاتا ہے اس کا استعمال کیا جاتا ہے لہذا v_{EB} کا استعمال کیا جاتا ہے لہذا

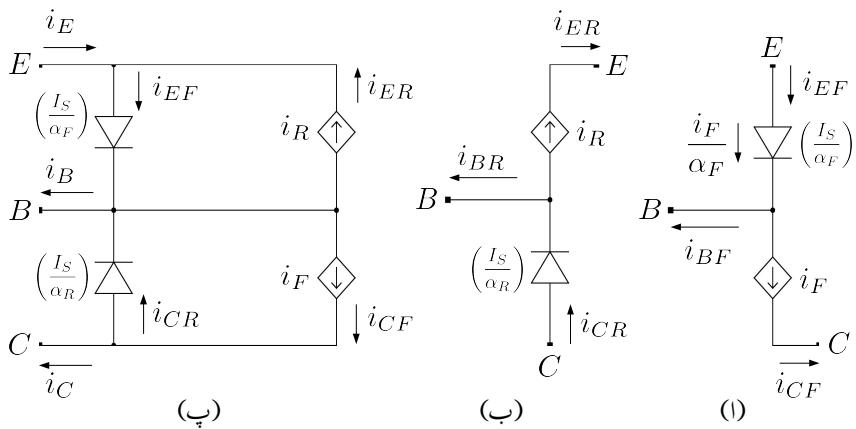
$$i_F = I_S \left(e^{\frac{v_{FB}}{V_T}} - 1 \right)$$

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

لکھے جائیں گے۔ امید کی جاتی ہے کہ آپ اس ریاضی نمونے کو خود سمجھ سکیں گے۔

۳.۱۱.۳ مال برداری ریاضی نمونے

شکل ۳.۵۹ الف میں عمومی طرز پر مائل (یعنی سیدھا مائل) npn ٹرانزسٹر کا ایک اور ریاضی نمونے دکھایا گیا ہے جہاں i_{CF} ، i_{EF} وغیرہ لکھتے ہوئے (F) کو بطور زیرنوشت استعمال کیا گیا ہے جوکہ عمومی طرز پر مائل ٹرانزسٹر کو ظاہر کرتا ہے۔ عمومی طرز پر مائل کردہ (یعنی سیدھا مائل کردہ) ٹرانزسٹر کا ہیس۔ یہ متر جوڑ سیدھا مائل جبکہ اس کا ہیس۔ گلکٹر جوڑ غیر چالوں کا ہے۔ اس شکل میں تابع منع رو i_F استعمال کیا گیا ہے۔ i_F وہ بر قی رو ہے جو یہ متر خطے اور گلکٹر خطے کے مابین ہیس خطے کے ذریعے باروں کی مال برداری سے پیدا ہوتا ہے۔ اسے سیدھے رخ مال برداری سے پیدا بر قی رو کہہ سکتے ہیں۔



شکل ۳.۵۷ pnp ٹرانزسٹر کا اتہبہر ز-مال ماذل

اس ریاضی نمونے میں ایک عدد ڈائوڈ استعمال کیا گیا ہے جو دراصل ٹرانزسٹر کے ہیس-بیٹر جوڑ کے ڈائوڈ D_{BE} کو ظاہر کرتا ہے۔ مساوات ۲.۷ میں ڈائوڈ کے لبریزی بر ق رو کو I_{SBE} لکھتے ہیں۔ موجودہ استعمال میں I_{SBE} کی قیمت مندرجہ ذیل ہے

$$(3.129) \quad I_{SBE} = \frac{I_S}{\beta_F}$$

شکل الف میں ڈائوڈ D_{BE} کے فتریب تو سین میں بند I_{SBE} کی قیمت $\frac{I_S}{\beta_F}$ کو یاد ہانی کے حن طر لکھ گیا ہے۔ اس طرح ڈائوڈ D_{BE} کے مساوات کو یوں لکھا جا سکتا ہے۔

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

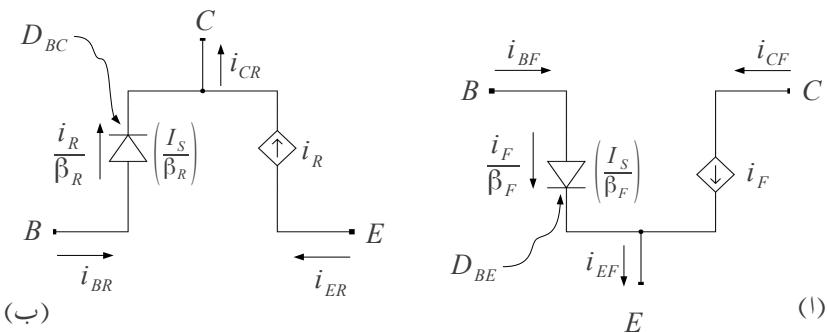
شکل الاف کو دیکھتے ہم لکھ سکتے ہیں

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

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

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

شکل ۳.۵۹ ب میں ٹرانزسٹر کے ہیس۔ لکھر جوڑ کو سیدھا مائل جبکہ ہیس۔ بیٹر جوڑ کو غیر چپ اور کھکھ ٹرانزسٹر کو غیر عمومی طرز پر (یعنی اٹا) مائل کیا گیا ہے۔ اس شکل میں ڈائوڈ D_{BC} استعمال کیا گیا ہے جو



شکل ۳.۵۸: ۳. npn ٹرانزسٹر کے مال برداری ریاضی نمونہ کا حصول

ٹرانزسٹر کے بیس-گلکشن 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 یادہانی کی حنا طریقہ ڈائیوڈ کے متریب اس قیمت کو تو سین میں بند لکھا گیا ہے۔ ڈائیوڈ کے علاوہ ایک عدد دو تا پہنچ برقی رو i_R استعمال کیا گیا ہے جو گلکشن خطوں کے مابین، نیس خطے کے ذیعے، باروں کے مال برداری سے پیدا برقی رو کو ظاہر کرتا ہے۔ استعمال ہونے والے i_R کا تابو مساوات مندرجہ ذیل ہے۔

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

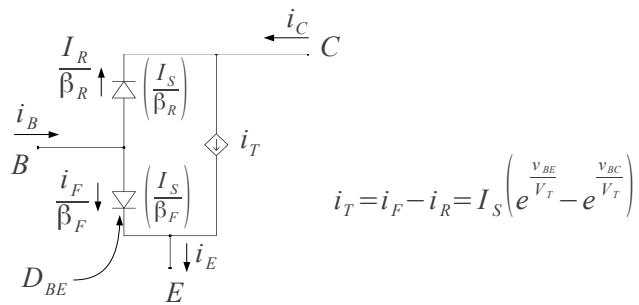
شکل ب کو دیکھتے ہوئے برقی رو کے مساوات لکھتے ہیں۔

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

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

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

ان مساوات میں (R) کو بطور زیر نوشتہ استعمال کیا گیا ہے جو غیر عمومی طرز پر مائل کردہ ٹرانزسٹر کو ظاہر کرتا ہے۔ یہاں یہ میں خطے میں غیر عمومی (یعنی اٹھی) رخ باروں کے مال برداری سے حاصل برقی رو کو i_R کہا گیا ہے۔ یہاں i_R کو اٹھی رخ مال برداری سے پیدا برقی رو کہہ سکتے ہیں۔



شکل ۳.۵۹: npn ٹرانزسٹر کا مال برداری ماذل

۳.۵۸ ٹرانزسٹر کو افنسز ائندہ، غیر افنسز ائندہ اور منقطع تینوں خطوں میں ظاہر کرنے کی حناظر شکل افاف اور شکل بے کو متوازی جوڑ کر شکل ۳.۵۹ حاصل کیا گیا ہے جو npn ٹرانزسٹر کا مال برداری ریاضی نوونہ ہے۔ دونوں اشکال کو متوازی جوڑتے وقت i_T 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 کر دہ ٹرانزسٹر میں باروں کے مال برداری سے حاصل بر قی رو تصویر کیا جاسکتا ہے۔ شکل ۳.۵۹ میں دکھائے مال برداری ریاضی نوونہ کو دیکھنے ہوئے، مساوات ۳.۱۳۱ اور مساوات ۳.۱۳۲ کے استعمال سے کسی بھی طرز پر مائل ٹرانزسٹر کے مساوات حاصل کئے جاسکتے ہیں۔ آئیں ان مساوات کو حاصل کریں۔ ایسا کرتے وقت دھیان رہے کہ i_{EF} کا ذخیر ٹرانزسٹر کے سرے پر باہر جانب کو ہے، i_{ER} کا ذخیر اندر کی جانب کو ہے، i_{CF} کا ذخیر اندر جانب کو جبکہ i_{CR} کا ذخیر باہر جانب کو ہے۔ یوں

$$(3.130) \quad i_C = i_{CF} - i_{CR}$$

$$(3.131) \quad i_E = i_{EF} - i_{ER}$$

$$(3.132) \quad i_B = i_{BF} - i_{BR}$$

$$\begin{aligned}
 i_C &= I_S \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right) - \frac{I_S}{\alpha_R} \left(e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right) \\
 &= I_S \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right) - I_S \left(1 + \frac{1}{\beta_R} \right) \left(e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right) \\
 &= I_S \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right) - I_S - \frac{I_S}{\beta_R} \left(e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right) \\
 &\approx I_S \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right) - \frac{I_S}{\beta_R} \left(e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right)
 \end{aligned} \tag{۳.۱۳۳}$$

اس مساوات کے حصول میں دوسری متدم پر $\alpha = \frac{\beta}{1+\beta}$ کا استعمال کیا گی جس سے حاصل کر کے استعمال کیا گی۔ مساوات کے حصول کے آخری متدم پر I_S کو نظر انداز کیا گی۔

$$\begin{aligned}
 i_E &= \frac{I_S}{\alpha_F} \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right) - I_S \left(e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right) \\
 &= I_S \left(1 + \frac{1}{\beta_F} \right) \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right) - I_S \left(e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right) \\
 &\approx I_S \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} \right) + \frac{I_S}{\beta_F} \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right)
 \end{aligned} \tag{۳.۱۳۴}$$

مساوات ۳.۱۳۴ کے حصول میں دوسری متدم پر $\alpha = \frac{\beta}{1+\beta}$ کا استعمال کیا گیا جس سے حاصل کر کے استعمال کیا گی۔ مساوات کے حصول کے آخری متدم پر I_S کو نظر انداز کیا گیا ہے۔

$$i_B = \frac{I_S}{\beta_F} \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right) + \frac{I_S}{\beta_R} \left(e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right) \tag{۳.۱۳۵}$$

مساوات ۳.۱۳۵ اور مساوات ۳.۱۳۴ میں پہلی تو سین یہیں خطے میں کل باروں کی مال برداری سے پیدا بر قی رہتی ہے۔ i_T کو ظاہر کرتا ہے جس کی قیمت شکل ۳.۵۸ افے اور شکل بے سے یہ حاصل ہوتی ہے۔

$$i_T = i_F - i_R = I_S \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} \right) \tag{۳.۱۳۶}$$

یہ مساوات ۳.۱۳۴ اور مساوات ۳.۱۳۵ کو اس طرح لکھا جا سکتا ہے۔

$$i_C = i_T - \frac{I_S}{\beta_R} \left(e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right) \tag{۳.۱۳۷}$$

$$i_E = i_T + \frac{I_S}{\beta_F} \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right) \tag{۳.۱۳۸}$$

مثال ۳.۳۳: مال برداری ریاضی نوونہ سے $n-p-n$ ٹرانزسٹر کے i_C ، i_B اور i_E برقی روحساصل کریں۔
حل: شکل ۳.۵۹ کو دیکھتے ہوئے دوڈیوڈ کے برقی رویوں لکھ 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 کی جاسکتا ہے اب 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 ۳.۳۵ یہی حاصل ہوا ہے۔ اسی طرح ٹلکٹر اور ٹیٹر سروں پر کر خوف کے فتاون براۓ برقی رو کی مدد سے ہم لکھ سکتے ہیں۔

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

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

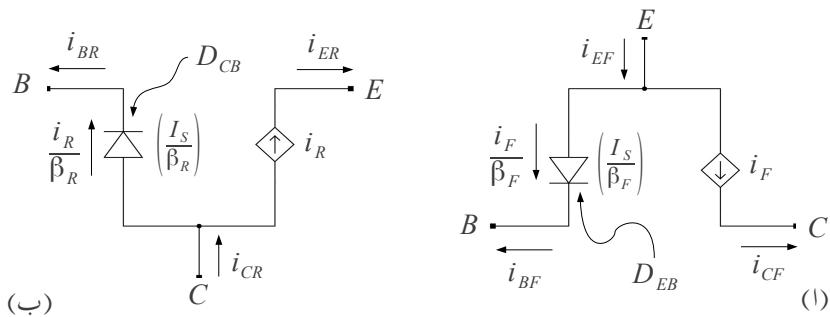
یہ بالکل مساوات ۳.۳۳ اور مساوات ۳.۳۴ کے جواب ہی ہیں۔

مشق ۳.۳۰: مشق: شکل ۳.۲۰ کی مدد سے $p-n-p$ ٹرانزسٹر کے مساوات لکھیں اور ٹرانزسٹر کامال برداری ریاضی نوونہ حاصل کریں جسے شکل ۳.۲۱ میں دکھایا گیا ہے۔

عسوی طرز پر مائل ٹرانزسٹر میں ٹیٹر- یہیں جوڑ کو سیدھا مائل $v_{EB} \geq 0V$ جبکہ ٹلکٹر- یہیں جوڑ کو غیر چالاک ہے جبکہ غیر چالاک ہے جبکہ غیر عسوی طرز پر مائل کردہ $p-n-p$ ٹرانزسٹر میں v_{EB} کو غیر چالاک ہے جبکہ v_{CB} کو سیدھا مائل رکھا جاتا ہے۔ یوں سیدھے زخ اور اٹھے زخ باروں کے مال برداری سے پیدا برقی رو کے مساوات مندرجہ ذیل ہوں گے۔

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

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

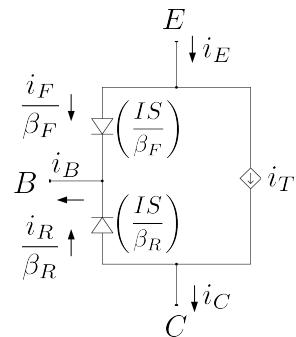


شکل ۳.۲۰ pnp ٹرانزسٹر کے مال برداری ریاضی نمونہ کا حصول

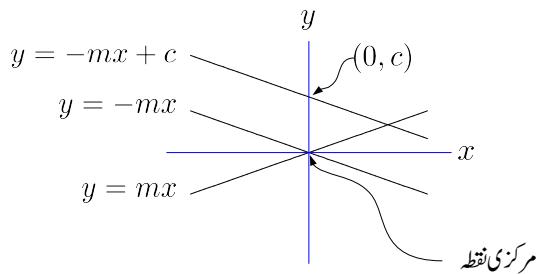
ڈائوڈ کے بیرونی بر ق رو
مندرجہ ذیل ہیں

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

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



شکل ۳.۲۱ pnp ٹرانزسٹر کا مال برداری ریاضی نمونہ



شکل ۳.۲۲: افقی محور میں عکس اور عمودی سمت میں منتقلی

۳.۱۲ نفی کار

شکل ۳.۲۲ میں چند خطوط دکھائے گئے ہیں۔ آپ $y = mx$ کے خط سے بخوبی واقف ہیں۔ یہ خط کارتی محدود کے مبدأ $(0, 0)$ سے گزرتا ہے۔ اسی شکل میں $y = -mx$ کو بھی دکھایا گیا ہے۔ آپ دیکھ کر یہیں کہ محور میں $y = mx$ کا عکس لینے سے $y = -mx$ حاصل ہوتا ہے۔ اگر $y = mx$ کو $y = -mx$ کے مقابلہ کیا جائے تو $y = -mx + c$ حاصل ہوتا ہے۔ اسی طرح $-mx + c$ کو $(0, 0)$ سے $y = -mx + c$ منتقل کرنے سے $y = -mx + c$ حاصل ہوتا ہے۔

اسی طرح $f(y) = x$ کا عکس لینے سے $x = -f(y)$ ہو گا اور خط کو بثت جانب c کا مقابلہ کرنے سے $x = f(y) + c$ حاصل ہوتا ہے۔ ان حقائق کو یوں بیان کیا جا سکتا ہے۔

$$\bullet \text{ محور میں } x = f(y) \text{ کا عکس لینے سے } x = -f(y) \text{ حاصل ہوتا ہے۔}$$

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

شکل ۳.۲۳ الف میں $f(y) = x$ جبکہ شکل ب میں اسی کا عمودی محور میں عکس $-f(y) = x$ دکھایا گیا ہے۔ شکل پ میں عکس کو دائیں جانب c کا مقابلہ کرتے ہوئے $x = c - f(y)$ حاصل کیا گیا ہے۔

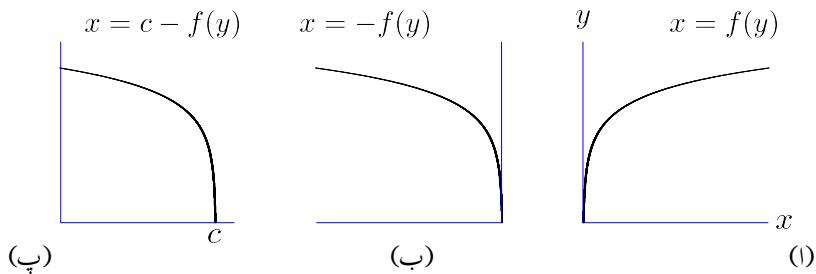
ان معلومات کو مدد نظر رکھتے ہوئے آگے بڑھتے ہیں۔ شکل ۳.۲۳ الف میں ٹرانزسٹر کا سادہ دور دکھایا گیا ہے۔ اس دور پر ہم تفصیل اجھت کر جیکے ہیں۔ آئیں اس کے خط بوجھ کیجیں۔ اس دور کے لئے لکھا جا سکتا ہے۔

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

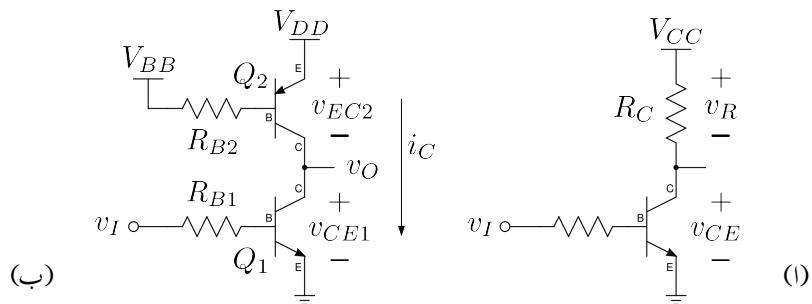
یہاں $v_R = i_C R_C$ کے برابر ہے لہذا اسی مساوات کو یوں لکھا جا سکتا ہے

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

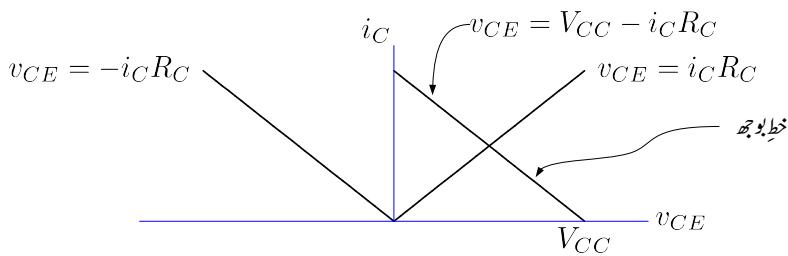
v_{CE} کو افقی محور اور i_C کو عمودی محور پر رکھتے ہوئے $v_{CE} = i_C R_C$ کو شکل ۳.۲۲ کے طرز پر کھینچ



شکل ۶۳: عمودی محور میں عکس اور افقی سمت میں منتقلی



شکل ۲۳: نفی کار



شکل ۳.۲۵: خط بوجہ کا حصول۔

حاصل کتا ہے۔ عمودی محور میں اس خط کا عکس لینے سے $v_{CE} = -i_C R_C$ حاصل ہوتا ہے جسے V_{CC} کا ایسا افقی محور پر دائیں مقتول کرتے ہوئے خط بوجہ کا حاصل ہوتا۔ شکل ۳.۲۵ میں متندم باتمد ایسا کرنا دکھایا گیا ہے۔

آنکی اب اصل موضوع پر غور کریں۔ شکل ۳.۲۳ ب میں نغمہ کار^۷، کھایا گیا ہے جو عددی ادوار^۸ کا اہم ترین دور ہے۔ عددی ادوار میں مشتبہ منبع کو عموماً V_{DD} کا 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 بوجہ کردار ادا کرتا ہے۔ شکل کو دیکھتے ہوئے

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

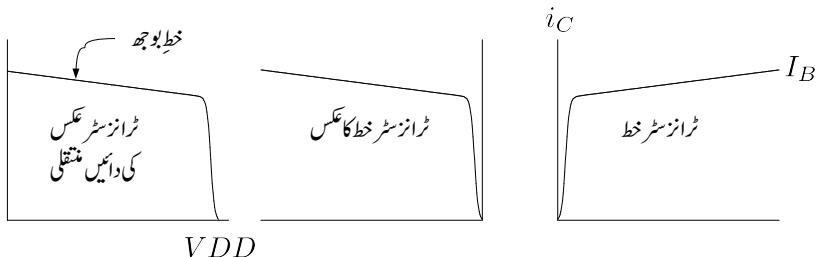
لکھا جا سکتا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ یہی خط بوجہ کی مساوات ہے۔ عمودی محور میں $v_{EC2} = f(i_C)$ کے خط کے سامنے V_{DD} کو افقی محور پر دائیں جوانب مقتول کرنے سے مندرجہ بالامساوات کھینچ جا سکتا ہے۔ اس عمل کو شکل ۳.۲۶ میں متندم باتمد کھایا گیا ہے۔

ٹرانزسٹر Q_2 کے لکھا جائیں پر یہی مساٹ بر قی داہمیا کئے گئے ہیں لہذا اس کے یہیں پر بر قی روڈ I_B کے سمت ہوگی جسے شکل سے یوں حاصل کیا جا سکتا ہے۔

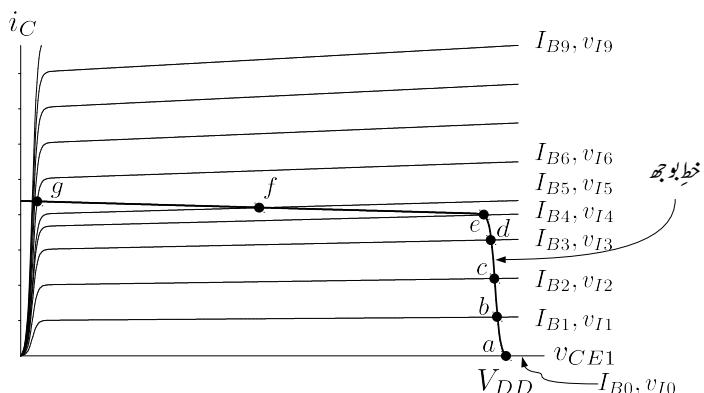
$$I_B = \frac{V_{DD} - V_{EB} - V_{BB}}{R_{B2}}$$

ٹرانزسٹر کے $v_{EC2} = f(i_C)$ خطوط سے مراد $pnpn$ ٹرانزسٹر کے N بالقابل v_{EC} خطوط میں جنمیں صفحہ ۲۳۶ پر شکل ۳.۲۷ میں دکھایا گیا ہے۔ چونکہ موجودہ صورت میں Q_2 کے یہیں پر بر قی رو تبدیل ہیں ہو رہی لہذا ان خطوط میں سے صرف اس خط کو چنانچہ گاؤں حاصل کر دیا جائے۔

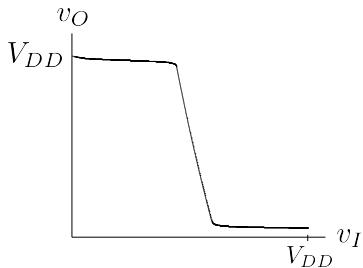
شکل ۳.۲۷ میں Q_1 کے خطوط پر خط بوجہ کو کھینچا گیا ہے۔ اگر اس دور کو بطور ایک پلیٹائز استعمال کرنا مقصد ہو تو نقطہ کار کر دیگی کو f کے فتریب رکھ کر زیادہ سے زیادہ جیلے کا احترازی اشارہ حاصل کرنا ممکن بنایا جا سکتا ہے۔ نقطہ کار کر دیگی کو f پر رکھنے کی خاطر Q_1 کے یہیں پر بر قی رو در کار ہوگی۔ شکل ۳.۲۷ کو دیکھتے ہوئے Q_2 کے یہیں پر بر قی رو کی



شکل ۳۔۳: ٹرانزسٹر کے خط کی عسمودی محور میں عکس اور افقی سمت میں منتقلی۔



شکل ۳۔۴: ٹرانزسٹر خطوط پر خط بوچھ کھینپ آیا ہے۔



شکل ۳.۲۸: ننگی کار کا حنا رجی اشارہ بالمقابل داخنی اشارہ خط

ساوات یوں لکھی جا سکتی ہے

$$i_B = \frac{v_I - v_{BE}}{R_{B1}}$$

جہاں $v_{BE} = 0.7\text{V}$ لیا جاتا ہے۔ بر قی رو حاصل کرنے کی حد طریقے کی درکار قیمت I_{15} اس ساداۓ سے حاصل کی جا سکتی ہے۔ شکل ۳.۲۷ میں Q_1 کے خطوط پر I_{B1} , I_{B2} ، غیرہ لکھتے ہوئے v_{I1} , v_{I2} ، غیرہ بھی لکھے گئے ہیں۔

عددی ادوار میں عموماً $V_{DD} = 5\text{V}$ ہوتا ہے جبکہ v_I کی دو ہی ممکن تیزییں ہیں۔ یہ یا تو 0V اور یا پھر 5V ہوتا ہے۔ آئیں v_I کی تیزی $5\text{V} \rightarrow 0\text{V}$ تبدیل کرتے ہوئے شکل ۳.۹ کی مدد سے v_O حاصل کریں۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ v_O ، حاصل کی جائی رہا ہے۔

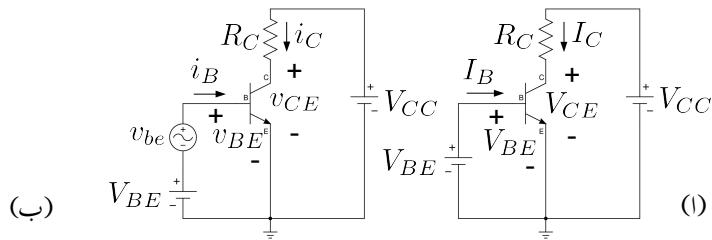
Q_1 کا اور $I_{B0} = 0\text{A}$ پر $v_{I0} = 0\text{V}$ ننگی 5V حاصل ہوتا ہے۔ اسی طرح مختلف نقاط پر v_O بال مقابل v_I حاصل کرتے ہوئے شکل ۳.۲۸ میں دکھایا گیا v_O بال مقابل v_I کا خط کھینچ جاتا ہے۔ صفحہ ۳۳۲ پر حصہ ۳.۱۲ میں بہتر ننگی کار پر غور کیا جائے گا۔

۳.۱۳ باریکے اشاراتی تجزیے

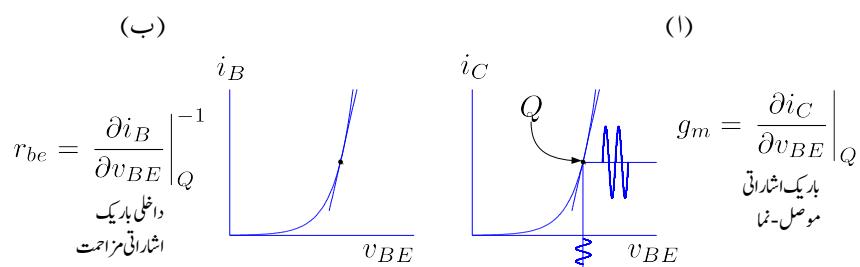
اس حصے میں کم تعداد پر ٹرانزسٹر کے باریکے اشاراتی کار کردگی پر غور کیا جائے گا جس کی مدد سے اگلے حصے میں ٹرانزسٹر کا پست تعدادی باریکے اشاراتی ریاضی نمونے حاصل کیا جائے گا۔ اسی ریاضی نمونے میں ٹرانزسٹر کے اندر ورنی پیسٹروں کی مشمولیت سے بلند تعدادی باریکے اشاراتی ریاضی نمونے حاصل ہوتا ہے جسے حصہ ۳.۱۱.۱ میں حاصل کیا گیا ہے۔

۳.۱۳.۱ ترسیمی تجزیے

شکل ۳.۶۹ اف میں ٹرانزسٹر کا دور دکھایا گیا ہے جس کے داخنی جانب مائل کرنے والا بر قی دیا و ٹرانزسٹر کو V_{BE} پر مائل کرتا ہے۔ شکل ۳.۷۰ اف میں یوں حاصل تقطیع کار کردگی Q دکھایا گیا ہے۔ شکل ۳.۶۹ بے



شکل ۳.۶۹: نظر مانل پر بیان مکانیزم کارکردگی



شکل ۳.۷۰: باریک اشاراتی افزاش موصل-نما اور باریک اشاراتی داخلی مزاجت

میں داخلی برقی دباؤ V_{BE} کے ساتھ سالمہ وار بدلتا باریک اشارہ v_{be} جوڑا گیا ہے۔ v_{be} کسی بھی شکل کا ہو سکتا ہے۔ یہاں اے سائنس نص تصویر کیا گیا ہے۔ یوں ٹرانزسٹر نقطے مائل کے فتریب فتریب رہتے ہوئے خط $v_{BE} - i_C$ پر چال وتدی کرتا ہے۔ شکل ۷.۰۳ الف میں اس عمل سے پیدا باریک اشاراتی برقی دباؤ v_{be} اور باریک اشاراتی برقی رو i_c دکھائے گئے ہیں۔ یہاں طلب سے گزارش کی جاتی ہے کہ وہ صفحہ ۱۱۱ پر دئے ہے ۲.۰۲ کو ایک سرتیب دوبارہ دیکھیں۔

شکل ۷.۰۳ الف سے صاف واضح ہے کہ

$$(3.155) \quad i_c = g_m v_{be}$$

ہے جہاں

$$(3.156) \quad g_m = \left. \frac{\partial i_c}{\partial v_{BE}} \right|_Q$$

ہے۔ مندرجہ بالا دو مساوات حصہ ۲.۱۱ 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 ہار بار تو سین میں بند t نے لکھنے سے مساوات کچھ صاف دکھائی دیتے ہیں۔ مساوات ۳.۱۵۵ کے تحت ٹرانزسٹر کا حنری باریک اشاراتی برقی رو i_c اس کے داخلی باریک اشاراتی برقی دباؤ v_{be} کے g_m گناہ ہے۔ اسی لئے g_m کو ٹرانزسٹر کا باریک اشاراتی افواٹھ موصلیت۔ نما^{۲۹} کہتے ہیں ہے عموماً چھوٹا کر کے افواٹھ موصلیت۔ نمایاً صرف موصلیت۔ نما۔^{۳۰} پکارا جاتا ہے۔

برقی رو تقسیم برقی دباؤ کو موصلیت کہتے ہیں۔ g_m ٹرانزسٹر کے حنری جناب کے برقی رو اور اس کے داخلی جناب کے برقی دباؤ سے حاصل کیا جاتا ہے۔ یوں یہ حقیقی موصلیت نہیں ہے بلکہ اس کی مساوات موصلیت کی مساوات سے مشابہت رکھتا ہے۔ یوں اے g_m لکھا اور موصلیت۔ نما^{۳۱} پکارا جاتا ہے۔ g_m کی اکائی موصلیت کی اکائی Δ یا $\text{Siemens}^{\text{۳۲}}$ ہی ہے۔

۱۳.۳.۲ باریک اشاراتی داخلی مزاجمت r_{be}

ٹرانزسٹر کے داخلی جناب برقی دباؤ v_{BE} میا کرنے سے اس کے بیس سرے پر برقی رو i_B اور اس سرے پر برقی رو i_E پیدا ہوتا ہے۔ شکل ۷.۰۳ ب میں ٹرانزسٹر کا $v_{BE} - i_B$ خط دکھایا گیا ہے۔ نقطہ کار کردگی پر $v_{BE} - i_B$ خطا سے ٹرانزسٹر کا باریک اشاراتی داخلی مزاجمت 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 کار کردگی پر اس خط کی ڈھلوان m ہو تو

$$r_{be} = \frac{1}{m}$$

small signal transconductance gain^{۳۴}
transconductance gain^{۳۵}
transconductance^{۳۶}
Siemens^{۳۷}

ہوگا۔ 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 عسموی طور پر کتابوں میں r_π لکھا جاتا ہے۔
ٹرانزسٹر کا باریکے اشاراتی مزاحمت حاصل کرتے وقت i_B کے بجائے اگر i_E لیا جائے تو ٹرانزسٹر کا باریکے اشاراتی مزاحمت r_e حاصل ہو گا لیکن

$$(3.159) \quad r_e = \left. \frac{\partial v_{BE}}{\partial i_E} \right|_Q$$

اگر فقط کارکردگی پر $i_E v_{BE}$ خط کی ذہلوان m_1 ہو تو

$$(3.160) \quad r_e = \frac{1}{m_1}$$

ہوگا۔ اس کو یوں لکھا جا سکتا ہے

$$(3.161) \quad r_e = \left. \frac{\partial i_E}{\partial v_{BE}} \right|_Q^{-1}$$

۳.۱۳۔ تحلیلی تجزیے

اس حصے میں الٹر برقی دباؤ V_A کو نظر انداز کیا جائے گا تجھتا v_{CE} کا i_C پر کوئی اثر نہیں ہوگا۔ اس اثر کو بعد میں شامل کیا جائے گا۔ شکل ۳.۶۹ کے لئے مسادت ۳.۵۵ اور کر خوف کافی انون 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۔ یہ حاصل ہوتا ہے۔

$$(3.166) \quad i_C = I_S e^{\frac{v_{BE}}{V_T}}$$

$$= I_S e^{\frac{V_{BE} + v_{be}}{V_T}}$$

$$= I_S e^{\frac{V_{BE}}{V_T}} e^{\frac{v_{be}}{V_T}}$$

سادت ۱۶۲ کی مدد سے اسے یوں لکھ سکتے ہیں۔

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

اگر $v_{be} < V_T$ ہو تو سلسلہ مکاران کی مدد سے اس سادت 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 سادت ۱۶۸ کے تیرے جزو کی قیمت اس کے دوسرے جزو کی قیمت سے بہت کم ہو لیجئے

$$(3.169) \quad \frac{1}{2!} \left(\frac{v_{be}}{V_T} \right)^2 \ll \frac{1}{1!} \left(\frac{v_{be}}{V_T} \right)$$

$$v_{be} \ll 2 \times V_T$$

تب اس سادت کو یوں لکھا جاسکتا ہے۔

$$(3.170) \quad i_C \approx I_C \left(1 + \frac{v_{be}}{V_T} \right)$$

سادت ۱۶۹ باریکے اشارہ کی تخلیلی تحریف 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 پچ سو ملی ولٹ سے بہت کم ہو۔ حقیقت میں اگر v_{be} کی قیمت 10 mV سے کم ہو تو اسے باریکے اشارہ تصور کی جاتا ہے۔ سادت ۱۷۰ کو فراز نسٹر کا باریکے اشاراتی سادت کہتے ہیں۔

مثال ۳۳۵: سادت ۱۶۸ اور سادت ۱۷۰ میں $I_C = 1 \text{ mA}$ یعنی $v_{be} = 10 \text{ mV}$ کے باریکے اشارہ کے لئے i_C کی قیمت حاصل کریں اور دونوں جوابات کا موازنہ کریں۔
حل: سادت ۱۶۸ سے

$$i_C = 10^{-3} \left[1 + \frac{1}{1!} \left(\frac{0.01}{0.025} \right) + \frac{1}{2!} \left(\frac{0.01}{0.025} \right)^2 + \dots \right] \approx 1.48 \text{ mA}$$

جبکہ سادت ۱۷۰ سے

$$i_C = 10^{-3} \left(1 + \frac{0.01}{0.025} \right) = 1.4 \text{ mA}$$

حاصل ہوتا ہے۔ یوں باریکے اشاراتی مساوات کے استعمال سے جواب میں

$$\frac{1.48 - 1.4}{1.48} \times 100 = 5.4\%$$

کافی سرق آتا ہے جو کہ قابلِ مستحکم ہے۔ یاد رہے کہ 10 mV سے کم اشارات کے لئے یہ سرق مزید کم ہو گا۔

مساوات ۳.۱.۷۰ کو یوں لکھا جاتا ہے۔

$$(3.1.71) \quad i_C = I_C + \frac{I_C}{V_T} v_{be}$$

مساوات ۳.۱.۷۵ کے ساتھ موازنے کرنے سے ہم دیکھتے ہیں کہ گلکشہ برقی رو i_n کے دو حصے ہیں۔ اس کا پہلا حصہ دو ہے۔ یک سمت برقی رو I_C ہے جسے شکل ۳.۶۹ ب میں حاصل کیا گی جبکہ اس کا دوسرا حصہ $(\frac{I_C}{V_T} v_{be})$ ہے۔ باریکے اشارہ پر مختصر بدلتا جائز ہے یعنی

$$(3.1.72) \quad i_c = \frac{I_C}{V_T} v_{be}$$

اس مساوات کو یوں بھی لکھا جاتا ہے

$$(3.1.73) \quad i_c = g_m v_{be}$$

جہاں

$$(3.1.74) \quad g_m = \frac{I_C}{V_T}$$

لیا گیا ہے۔ مساوات ۳.۱.۷۳ سے ہم دیکھتے ہیں کہ بدلتا گلکشہ برقی رو i_n کی قیمت داخلی اشارہ v_{be} کے g_m گستہ ہے۔ جیسے کہ پہلے ذکر ہوا g_m کو ٹرانزسٹر کی افزائش موصیت۔ نمایاں فر موصیت۔ نامہ کہا جاتا ہے اور اس کی پیمائش سیمینز "S" میں کی جاتی ہے۔ مندرجہ بالا دو مساوات درحقیقت مساوات ۳.۱.۷۵ اور مساوات ۳.۱.۵۲ ہی ہیں۔ مساوات ۳.۱.۷۳ سے ہم دیکھتے ہیں کہ افزائش موصیت۔ نامی قیمت ٹرانزسٹر کے یک سمت برقی رو I_C کے برابر است متناسب ہے۔ یوں I_C کی قیمت دنگی کرنے سے g_m کی قیمت بھی دنگی ہو جائے گی۔

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

transconductance^{"T}
siemens^{"S}

حل: مساوات ۱۷۳ 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

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

اور $I_C = 10 \text{ mA}$

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

حاصل ہوتا ہے۔

مساوات ۱۷۳ کو یوں لکھا جاسکتا ہے

$$(۳.۱۷۵) \quad g_m = \frac{i_c}{v_{be}}$$

جیسا کہ i_c اور v_{be} باریکے اشارات ہیں۔ مساوات ۱۷۳ میں باریکے اشارہ v_{be} کو Δv_{be} کہتے ہوئے یوں لکھا جاسکتا ہے۔

$$(۳.۱۷۶) \quad v_{BE} = V_{BE} + \Delta v_{BE}$$

ایسا لکھنے سے مساوات ۱۷۳ کی بلکہ مندرجہ ذیل حاصل ہوتا ہے۔

$$(۳.۱۷۷) \quad i_C = I_C + \frac{I_C}{V_T} \Delta v_{BE}$$

یوں

$$(۳.۱۷۸) \quad i_C = I_C + \Delta i_C$$

لکھتے ہوئے مساوات ۱۷۲ کی نئی شکل یوں ہو گی۔

$$(۳.۱۷۹) \quad \Delta i_C = \frac{I_C}{V_T} \Delta v_{BE}$$

جس سے

$$(۳.۱۸۰) \quad \Delta i_C = g_m \Delta v_{BE}$$

حاصل ہوتا ہے جسے یوں لکھا جاتا 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 $g_m = v_{BE} - i_C$ خط کے مس کی ڈھلوان ہے۔ اس مساوات کو مسزید بہتر یوں لکھا جاتا ہے

$$(3.182) \quad g_m = \left. \frac{\partial i_C}{\partial v_{BE}} \right|_Q$$

مساوات ۳.۱۸۲ اونز اکش موصیت نہ g_m کی ترسیلی 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 دائیں ہاتھ تفسیر 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 کیا جا سکتا ہے۔

پہلے گلشن بر قی روکی مساوات کا تصریح لیتے ہیں۔

$$(3.183) \quad i_C = I_S e^{\frac{v_{BE}}{V_T}}$$

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

مساوات ۳.۱۸۲ کے تحت نقطہ کارکردگی پر اس تفسیر کی قیمت ہی g_m ہے۔ نقطہ کارکردگی پر اس مساوات کی قیمت حاصل کرنے کی حناطر $v_{BE} = V_{BE}$ استعمال کرتے ہیں جسas (V_{BE}, I_C) نقطہ مائل ہے۔

$$g_m = \left. \frac{i_C}{V_T} \right|_{v_{BE}=V_{BE}}$$

$$= \frac{I_S e^{\frac{V_{BE}}{V_T}}}{V_T}$$

مساوات ۳.۱۶۲ کا ہمارا لیتے ہوئے اس کو یوں لکھا جاتا ہے۔

$$(3.184) \quad g_m = \frac{I_C}{V_T}$$

شکل ۳.۷ میں ٹرانزسٹر کا $v_{BE} - i_B$ خط گراف کیا گیا ہے۔ نقطہ مائل پر خط کے ڈھلوان سے ٹرانزسٹر کا باریک اشاراتی مزاہت r_{be} حاصل کیا جاتا ہے لیکن

$$(3.185) \quad r_{be} = \left. \frac{\partial i_B}{\partial v_{BE}} \right|_Q^{-1}$$

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 ۱۸۶ کا تصریح لیتے ہیں

$$\frac{\partial i_B}{\partial v_{BE}} = \frac{I_S}{\beta V_T} e^{\frac{v_{BE}}{V_T}}$$

اور اس تصریح کی نقطہ کار کردگی پر قیمت حاصل کرتے ہیں۔ ایسا کرنے کی حرطہ $v_{be} = V_{BE}$ 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 ۱۸۲ کا سہارا بیتے ہوئے اسے یوں لکھا جائتا ہے۔

$$\left. \frac{\partial i_B}{\partial v_{BE}} \right|_{v_{BE}=V_{BE}} = \frac{I_C}{\beta V_T}$$

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 یہ کہ مساوات ۱۸۳ 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 باریک اشاراتی داخلی مزاجمت r_{be} کے حصول کے لئے استعمال کئے جاتے ہیں۔ مساوات ۱۸۸ سے یہ حقیقت سامنے آتی ہے کہ β کے غیر مغایر ہونے کی وجہ سے اگر کسی ٹرانزسٹر کا برقی

رو I_C یا اس کا g_m کا بھی ایسا جبائے تو ٹرانزسٹر کا r_{be} کم ہو جائے گا۔

بالکل r_{be} کے حصول کے طرز پر اگر $i_E - v_{BE}$ کے خط سے شروع کیا جائے تو باریک اشاراتی مزاجمت r_e حاصل کیا ج سکتا ہے جیسا

$$(3.189) \quad r_e = \left. \frac{\partial i_E}{\partial v_{BE}} \right|_Q^{-1}$$

ہے۔ آئیں ایسا ہی کریں۔

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

یوں

$$(3.190) \quad r_e = \frac{\alpha V_T}{I_C}$$

حاصل ہوتا ہے جسے یوں بھی لکھا جاسکتا ہے۔

$$(3.191) \quad r_e = \frac{\alpha}{g_m} \approx \frac{1}{g_m}$$

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

$$(3.192) \quad r_e = \frac{r_{be}}{\beta + 1}$$

اس کو یوں بھی لکھا جاسکتا ہے۔

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

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

r_{be} وہ مزاحمت ہے جو ٹرانزسٹر کے یہیں جناب سے دیکھتے ہوئے نظر آتا ہے جبکہ r_e وہ مزاحمت ہے جو ٹرانزسٹر کے بیٹر جناب سے دیکھتے ہوئے نظر آتا ہے۔ اگر r_{be} کو ٹرانزسٹر کا باریک اشارتی مزاحمت تصور کیا جائے تو ٹرانزسٹر کے یہیں کچھ کہتا ہے۔ اسی طرح اگر r_e کو ٹرانزسٹر کا باریک اشارتی مزاحمت $\frac{r_{be}}{(\beta+1)}$ نظر آئے گا۔ متوسط ۳.۱۹۳ میں یہیں کچھ کہتا ہے۔ اسی طرح اگر r_e کو ٹرانزسٹر کا باریک اشارتی مزاحمت تصور کیا جائے تو ٹرانزسٹر کے بیٹر جناب سے r_e نظر آئے گا جبکہ اس کے یہیں جناب سے دیکھتے ہوئے ہیں۔ $(\beta + 1) r_e$ نظر آئے گا۔ متوسط ۳.۱۹۲ میں کہتا ہے۔ شکل ۳.۱۷۱ میں حقائق کے تصوراتی اشکال پیش کرتا ہے۔

$$\begin{array}{ccc}
 r = (\beta + 1) r_e & \xrightarrow{\quad} & r = r_{be} \\
 \text{(ب)} & \begin{array}{c} \text{B} \\ \text{E} \\ \text{C} \end{array} & \begin{array}{c} \text{B} \\ \text{E} \\ \text{C} \end{array} \\
 r_e & \begin{array}{c} \nearrow \\ \uparrow \\ \searrow \end{array} & r_{be} \\
 r = r_e & & r = \frac{r_{be}}{\beta + 1}
 \end{array}$$

شکل ۱۷. ۳: باریکے اشاراتی داخلی مزاجت اور ان کے عکس

مثال ۳.۳: pnp ٹرانزسٹر کے مادات حاصل کریں۔
حل: مادات ۳.۵۵ 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

$$(3.196) \quad r_{be} = \left. \frac{\partial v_{EB}}{\partial i_B} \right|_Q = \left. \frac{\partial i_B}{\partial v_{EB}} \right|_Q^{-1} = \frac{\beta V_T}{I_C} = \frac{\beta}{g_m}$$

کے لئے

$$i_E = \frac{i_C}{\alpha} \text{ اور}$$

$$(3.197) \quad r_e = \frac{\alpha V_T}{I_C} = \frac{r_{be}}{\beta + 1} = \frac{\alpha}{g_m} \approx \frac{1}{g_m}$$

حاصل ہوتے ہیں۔ حنارجی مزاجت r_o ایزمناٹ بر قہ دباؤ سے یہ حاصل ہوتا ہے۔

$$(3.198) \quad r_o = \left. \frac{\Delta v_{EC}}{\Delta i_C} \right|_Q = \frac{V_A + V_{EC}}{I_C} \approx \frac{V_A}{I_C}$$

۳.۱۲ پست تعدادی ٹرانزسٹر ریاضی نمونہ برائے باریکے اشارات

گزشتہ ہے میں ہم نے دیکھا کہ ٹرانزسٹر کے نقطہ کارکردگی پر اس کی افزاش موصل-نہ g_m اور داخلی مسازامت r_{be} حاصل کی جاسکتی ہے۔ ان دونوں مساوات 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 جانب باریکے اشارہ v_{be} لاگو کرنے سے اس کے داخلی جانب بیس سرے پر بر قی رو i_b پیدا ہوتا ہے جبکہ اس کے خارجی جانب بر قی رو i_c پیدا ہوتا ہے۔ یہ دو مساوات ٹرانزسٹر کی باریکے اشاراتی کارکردگی 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 رو v_{CE} پر بھی مخصوص ہوتا ہے۔ فی الحال i_c پر بھی بجٹ کو ملتی کرتے ہیں اور مندرجہ بالا دو مساوات کو ٹرانزسٹر کی مکمل باریکے اشاراتی کارکردگی بیان کرنے والے مساوات مان لیتے ہیں۔

شکل ۳.۲۷ پر نظر ڈالنے سے ہم دیکھتے ہیں کہ اس دورے

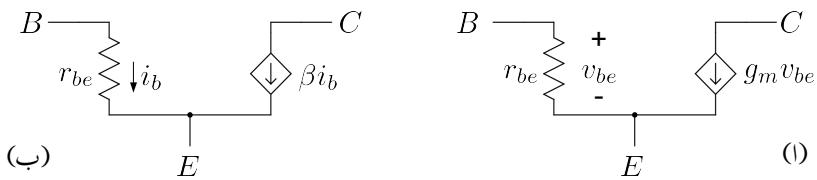
$$v_{be} = i_b r_{be}$$

$$i_c = g_m v_{be}$$

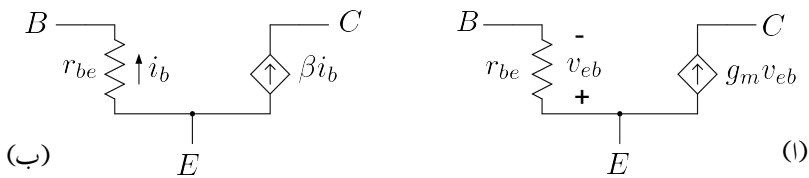
مساوات حاصل ہوتے ہیں جو کہ مساوات ۳.۲۰۱ اور مساوات ۳.۲۰۲ ہی ہیں۔ یوں یہ دور ٹرانزسٹر کی باریکے اشاراتی کارکردگی ہی بیان کرتا ہے، لہذا یہ دور ٹرانزسٹر کا باریکے اشاراتی ریاضی نمونہ ہی ہے۔ اس کا عمومی نام ٹرانزسٹر کا پہنچتے تعدادی باریکے اشاراتی پائے (π) ریاضی نمونہ^۵ ہے جسے چوتاکر کے صرف π ریاضی نمونہ پائے ریاضی نمونہ پکارا جاتا ہے۔

شکل ۳.۲۷ میں π ریاضی نمونہ کا تدریجی دور کھایا 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 ۲.۷۲: پست تعدادی باریکے اشاراتی پائے ریاضی نمونہ



شکل ۲.۷۳: ۲.۷۳ pnp کا باریکے اشاراتی π ریاضی نمونہ

لکھتے ہوئے ہم دیکھتے ہیں کہ دونوں اشکال سے حاصل جوابات یکساں ہیں۔ شکل ۲.۷۲.الف اور شکل ب اس کتاب میں بارہ استعمال کے حبائیں گے۔
 شکل ۲.۷۳.میں pnp ٹرانزسٹر کے پائے ریاضی نمونے دکھائے گئے ہیں جہاں برقی روکی سمتیں شکل ۲.۷۲ کے الٹے ہیں۔ اسی طرح یہاں v_{be} کی جگہ v_{eb} استعمال کیا گیا ہے۔ اگر pnp کے ان ریاضی نمونوں میں v_{eb} کی جگہ v_{be} لکھا جائے تو تابع منبع روکی سمت الٹ ہو جائے گی اور یوں شکل ۲.۷۳ ہی حاصل ہو گا۔ اس طرح ہم دیکھتے ہیں کہ pnp کے شکل ۲.۷۲ کے ریاضی نمونے کے استعمال کے حب سکتے ہیں۔ اس کتاب میں ایسا ہی کپی جائے گا۔ شکل ۲.۷۳ میں پائے ریاضی نمونے کی ایک اور نہایت مقبول شکل دکھائی گئی ہیں جہاں تمام اجزاء کے نام سے شروع ہوتے ہیں۔ ان اجزاء کو h اجزاء کا راجحاتا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ دراصل

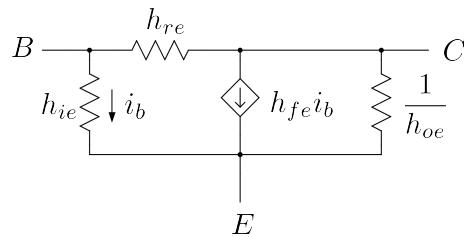
$$h_{ie} = r_{be}$$

$$h_{fe} = \beta$$

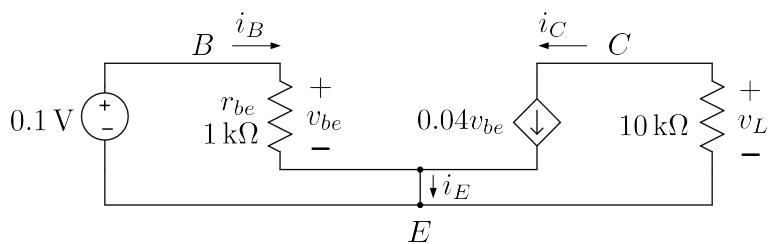
$$h_{oe} = \frac{1}{r_o}$$

$$h_{re} = \infty$$

ہیں۔ صنعت کار عموماً ٹرانزسٹر کے h اجزاء منراہم کرتے ہیں۔ h ریاضی نمونے پر مسزید کوئی بات نہیں کی جائے گی۔



شکل ۳.۳۷: پائے ریاضی نمونے کی ایک اور مقبول شکل



شکل ۳.۳۸

مثال ۳.۳۸: شکل ۳.۳۷ میں B اور E کے درمیان 0.1 V کا برقی دباؤ مہبہ کریں اور C اور E کے درمیان $10 \text{ k}\Omega$ کی مسازحت نسب کریں۔ اگر $r_{be} = 1 \text{ k}\Omega$ اور $g_m = 0.04 \text{ S}$ ہوں تو توبہ کے لئے مسازحت پر برقی دباؤ کیا ہو گا۔ شکل ۳.۳۷ کی جگہ شکل ۳.۳۸ استعمال کرتے ہوئے دباؤ حمل کریں۔
حل: شکل ۳.۳۷ میں دباؤ کھایا گیا ہے جس کو دیکھ کر

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

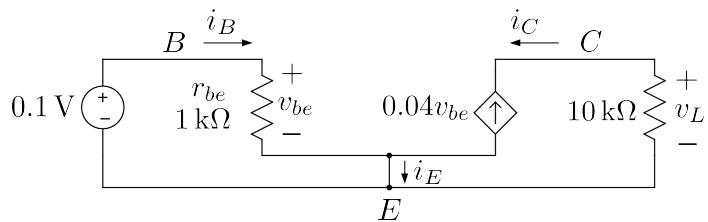
$$v_{BE} = 0.1 \text{ V}$$

لکھا جا سکتا ہے۔ یہ

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

حاصل ہوتا ہے جسے استعمال کرتے ہوئے

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



شکل ۲.۷۶

حاصل ہوتا ہے۔ E جوڑ پر کخفون کے وتنون برائے برقی روکی مدد سے

$$i_E = i_B + i_C = 4.1 \text{ mA}$$

حاصل ہوتا ہے۔

آئین شکل ۲.۷۶ کو استعمال کرتے ہوئے دوبارہ حل کریں۔ اس شکل میں شکل ۲.۳ کا ریاضی نمونہ استعمال کیا گیا ہے۔ یہاں

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

$$v_{eb} = -0.1 \text{ V}$$

یہیں۔ چونکہ یہاں i_C اور $g_m v_{eb}$ کے مستین آپس میں الٹی میں لہذا $i_C = -g_m v_{eb}$ ہے۔ لکھا جائے گا۔ یہاں

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

حاصل ہوتا ہے جسے استعمال کرتے ہوئے

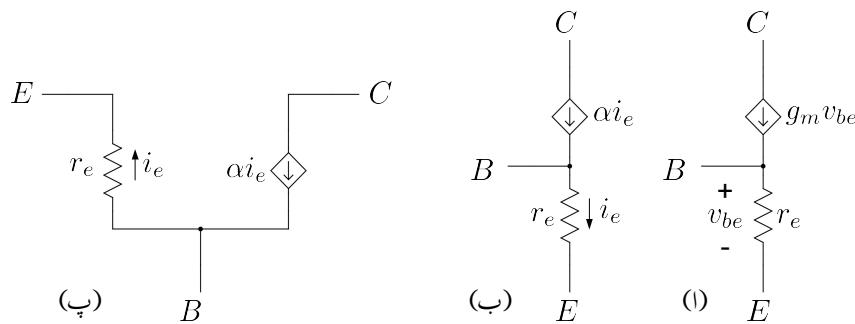
$$v_L = -i_C \times 10000 = -0.004 \times 10000 = -40 \text{ V}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اسی طرح

$$i_E = i_B + i_C = 4.1 \text{ mA}$$

حاصل ہوتا ہے۔

دونوں اشکال کے جوابات بالکل یہاں میں۔ یہی وجہ ہے کہ pnp کے لئے بھی شکل ۲.۷۶ کا ریاضی نمونہ استعمال کیا جاتا ہے۔



شکل ۳.۱۲.۱۔ ٹرانزسٹر کی ریاضی نمونہ

۳.۱۲.۱ ٹرانزسٹر کی ریاضی نمونہ

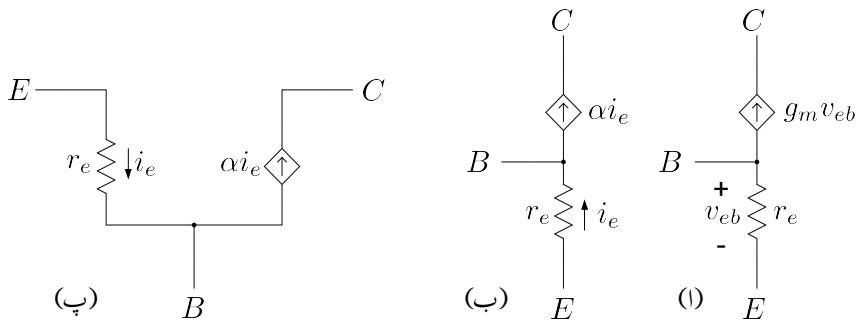
گزشتہ جھے میں ہم نے دیکھا کہ پائے ریاضی نمونہ کو حل کرنے سے ٹرانزسٹر کے مساوات (جتنی مساوات ۳.۲۰۱ اور ۳.۲۰۲) حاصل ہوتے ہیں اور یوں اسے ٹرانزسٹر کی ریاضی نمونے تصور کیا جا سکتا ہے۔ پائے ریاضی نمونے کے علاوہ بھی ادوار بنائے جب سکتے ہیں جن سے انہیں مساوات کا حصول ممکن ہے۔ ایسے تام ادوار کو بھی ٹرانزسٹر کے ریاضی نمونے تصور کیا جا سکتا ہے۔ ان میں T ریاضی نمونہ^{۱۶} اخنام مقبول ہے۔ ایمپر مشترک^{۱۷} اور کلکٹر مشترک^{۱۸} ادوار حل کرتے ہوئے عموماً پائے ریاضی نمونے کی استعمال کیا جاتا ہے جبکہ بیئر مشترک^{۱۹} ادوار کو T ریاضی نمونے کی مدد سے زیادہ آسانی سے حل کرنا ممکن ہوتا ہے۔^{۲۰} کو ظسل اداز کرتے ہوئے کے npn کے T ریاضی نمونے کے مختلف اشکال کو شکل ۳.۱۲.۱ میں دکھایا گیا ہے۔ انہیں ریاضی نمونے میں C اور E_b کے مابین i_o اور i_c کے مابین v_{be} کے اثر کو بھی شامل کیا جا سکتا ہے۔

شکل ۳.۱۲.۱ الف میں چونکہ C سرے کے ساتھ تابع منبع و سلسلہ وار جسم ہے لہذا $i_c = g_m v_{be}$ ہو گا۔ اور ہم کے دلنوں کے مطابق اگر v_{be} پر r_e کا خوف کے دلنوں برائے بر قی دباؤ کے تحت $i_b = i_e - i_c$ ہو گا۔ آئیں اس کی قیمت حاصل کریں۔ چونکہ

$$\begin{aligned} r_{be} &= \frac{\beta V_T}{I_C} \\ r_e &= \frac{r_{be}}{\beta + 1} = \frac{\alpha V_T}{I_C} \\ g_m &= \frac{I_C}{V_T} \end{aligned}$$

^{۱۶} ٹرانزسٹر کی ریاضی نمونے کی شکل انگریزی کے حروف تہجی A کی مانند ہے۔ اسی لئے اس کو ٹرانزسٹر کی ریاضی نمونے کہتے ہیں۔

^{۱۷} مشترک بیئر، مشترک کلکٹر اور مشترک بیئس کی پہچان حصہ ۳.۱۹ میں کی گئی ہے۔



شکل ۱۳.۲۷ T ریاضی نمونہ

ہیں لہذا

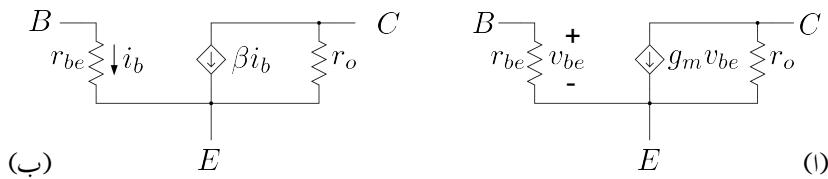
$$\begin{aligned}
 i_b &= i_e - i_c \\
 &= \frac{v_{be}}{r_e} - g_m v_{be} \\
 &= v_{be} \left(\frac{I_C}{\alpha V_T} - \frac{I_C}{V_T} \right) \\
 &= \frac{I_C}{V_T} v_{be} \left(\frac{1-\alpha}{\alpha} \right) \\
 &= \frac{I_C}{V_T} v_{be} \frac{1}{\beta} \\
 &= \frac{v_{be}}{r_{be}}
 \end{aligned}$$

پس T ریاضی نمونے سے بھی ٹرانزسٹر کے باریکے اشاراتی مساوات حاصل ہوتے ہیں اور یوں اسے بطور ٹرانزسٹر ریاضی نمونے استعمال کیا جاسکتا ہے۔ شکل ب میں $i_c = \alpha i_e$ کا استعمال کیا گیا ہے۔ شکل پ میں α کی دوسری ممکن صورت دکھائی گئی ہے جہاں $i_c = \alpha i_e + v_{be}/r_e$ کا استعمال کیا گیا ہے۔

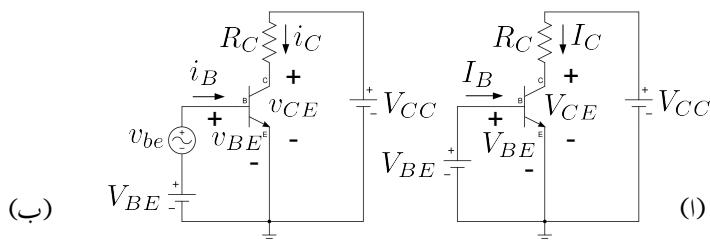
شکل ۱۳.۲۸ میں T ریاضی نمونے دکھایا گیا ہے۔ یہاں بھی اگر v_{be} کی جگہ v_{eb} لکھا جائے تو شکل میں تابع معنی روکی سمت الٹ ہو جائے گی اور یوں اس سے شکل ۱۳.۲۷ میں دکھائی ہو گا۔ اس کا مطلب ہے کہ pnp کے لئے بھی شکل ۱۳.۲۷ کے ریاضی نمونے استعمال کئے جاسکتے ہیں۔ اس تاب میں ایسا ہی کیا جائے گا۔

۱۳.۲.۳ پائے ریاضی نمونہ بھی حدارجی مزاجت r_o

مساوات ۱۳.۲۶ ٹرانزسٹر کا باریکے اشاراتی حدارجی مزاجت r_o دیتا ہے۔ i_{ce} پر v کے اثرات کو ٹرانزسٹر ریاضی نمونے میں r_o سے ظاہر کیا جاتا ہے۔ شکل ۱۳.۲۹ میں پائے ریاضی نمونہ بھی حدارجی مزاجت r_o



شکل ۷۔۶۔ سیپائے ریاضی نوں بعض حنارجی مزاحمت



شکل ۷۔۷۔ یک سمت اور بدلتے متغیرات کی علیحدگی

دکھائے گئے ہیں۔

۳.۱۵ یک سمت اور بدلتے متغیرات کی علیحدگی

شکل ۷۔۸۔ الف میں ٹرانزسٹر کا یک سمت دور دکھایا گیا ہے جہاں V_{BE} ٹرانزسٹر کا نقطہ کار کر دی گی تعین کرتا ہے۔ شکل ب میں V_{BE} کے ساتھ سلسلہ وار باریک اشادہ v_{be} جوڑا گیا ہے جس کی وجہ سے ٹرانزسٹر نقطہ مائل کے فتریب۔ فتریب $v_{BE} - i_C$ کو خط پر چال مددی کرتا ہے۔ شکل الف میں تمام متغیرات یک سمت میں لہذا i_C کو V_{BE} اور v_{BE} کو لکھا جائے گا۔ یوں مساوات ۳.۵۵ اور کرخوف کا فناون برائے برقی دباؤ استعمال کرتے ہوئے شکل الف کے لئے ہم لکھ سکتے ہیں۔

$$(3.203) \quad I_C = I_S e^{\frac{V_{BE}}{VT}}$$

$$(3.204) \quad V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C$$

جبکہ شکل ب کے لئے یوں لکھا جا سکتا ہے۔

$$\begin{aligned} i_C &= I_C + i_c \\ &= I_S e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} \\ &= I_S e^{\frac{V_{BE} + v_{be}}{V_T}} \\ &= I_S e^{\frac{V_{BE}}{V_T}} e^{\frac{v_{be}}{V_T}} \\ &= I_C e^{\frac{v_{be}}{V_T}} \end{aligned}$$

جب اس آخنری و تدبیر مساوات ۳.۲۰۳ کا سہارا لیا گی۔ سالمہ مکاران 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 حصے لینا کافی ہوتا ہے اور یوں

$$i_C \approx I_C + \frac{I_C}{V_T} v_{be}$$

لکھا جا سکتا ہے۔ تقریباً برابر کی علامت \approx کی جگہ برابر کی علامت $=$ استعمال کرتے ہوئے مساوات کے استعمال سے حاصل ہوتا ہے۔ ۳.۱۸۲

$$\begin{aligned} i_C &= I_C + \frac{I_C}{V_T} v_{be} \\ I_C + i_c &= I_C + g_m v_{be} \end{aligned}$$

اور یوں

(۳.۲۰۵)

$$i_c = g_m v_{be}$$

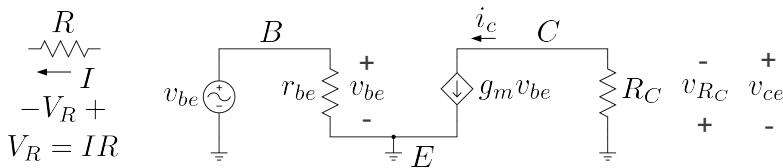
اسی طرح شکل ۳.۸۰ ب کے خارجی جواب نب

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

جب اس آخنری و تدبیر 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: باریک اشارتی مساوی دور

جس سے باریک اشارتی افزاں بر قی دباد A_v حاصل کی جاسکتی ہے۔

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

مساویات ۳.۲۰۳ اور مساویات ۳.۲۰۴ سے شکل ۳.۲۰۴ میں یک سمت مقیدرات I_C اور V_{CE} حاصل ہوتے ہیں جبکہ مساویات ۳.۲۰۵ اور مساویات ۳.۲۰۶ سے اسی شکل کے بدلے مقیدرات i_c اور v_{ce} حاصل ہوتے ہیں۔ یہ یک سمت مقیدرات شکل الف سے حاصل کئے گے جہاں بدلتے مقیدرات موجود نہیں۔ شکل ۳.۲۰۷ میں دئے گئے ٹرانزسٹر کے باریک اشارتی ریاضی نمونے پر داخلی جانب v_{be} لاگو کرتے ہوئے اور اس کے خارجی جانب مزاحمت R_C جوڑنے سے شکل ۳.۸۱ مساوی ہوتا ہے جس سے

$$(3.208) \quad i_c = g_m v_{be}$$

حاصل ہوتا ہے جو کہ بالکل مساویات ۳.۲۰۵ ہے جسے اصل ٹرانزسٹر کا دور حل کرتے حاصل کیا گیا تھا۔ اسی طرح V_{R_C} کو اوبم کے فتاون کی مدد سے حاصل کرتے ہیں۔ شکل میں بالکل اوبم کے فتاون کا صحیح استعمال دکھایا گیا ہے جہاں مزاحمت R میں اگر بر قی رو I دائیں سرے سے داخل ہو تو اوبم کے فتاون کا استعمال کرتے وقت بر قی دباد V_R کا مشتم طرف مزاحمت کا وہ سرالیا جاتا ہے جہاں سے مزاحمت میں بر قی رو داخل ہو۔ یوں اوبم کے فتاون سے

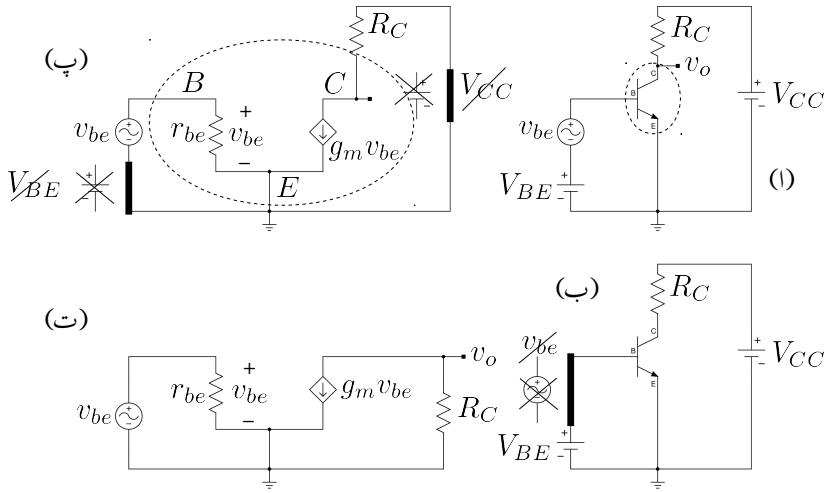
$$(3.209) \quad \begin{aligned} v_{R_C} &= i_c R_C \\ &= g_m R_C v_{be} \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اگر ہم v_{ce} حاصل کرنا ہو تو ہم شکل سے دیکھتے ہیں کہ یہ v_{R_C} کے الٹے ہے (یعنی $v_{ce} = -v_{R_C}$)۔

$$(3.210) \quad v_{ce} = -g_m R_C v_{be}$$

حاصل ہوتا ہے جو کہ بالکل مساویات ۳.۲۰۵ ہے جسے اصل ٹرانزسٹر کا دور حل کرتے حاصل کیا گیا تھا۔ مندرجہ بالا مساویات سے باریک اشارتی افزاں بر قی دباد A_v حاصل ہوتی ہے۔

$$(3.211) \quad A_v = \frac{v_{ce}}{v_{be}} = -g_m R_C$$



شکل ۳.۸۲: (ا) اصل دور، (ب) مساوی یک سمت دور، (ت) مساوی بار یک اشاراتی دور

ہم دیکھتے ہیں کہ شکل ۳.۸۰ ب میں دئے گئے دور کے بدلے مقیدرات شکل ۳.۸۲ کو حل کرنے سے بھی حاصل کئے جاسکتے ہیں۔ یہ ایک انتہائی اہم نتیجہ ہے جس کو استعمال کرتے ہوئے ٹرانزسٹر کے ادوار کو قائم و کاغذ پر حل کرتے استعمال کیا جاتا ہے۔ شکل ۳.۸۰ میں دکھلایا در شکل ۳.۸۲ کامساوی بار یک اشاراتی دور ہے۔

آنکے شکل ۳.۸۲ کی مدد سے دیکھیں کہ کسی بھی ٹرانزسٹر دور کے مساوی یک سمت اور مساوی بار یک اشاراتی ادوار کیسے حاصل کے جاتے ہیں۔ ہم نے اوپر دیکھا کہ بدلے مقیدرات کے مساوات میں تم یک سمت مقیدرات کے جاتے ہیں۔ یوں کسی بھی دور کامساوی بار یک اشاراتی دور حاصل کرتے وقت دور میں تم یک سمت منبع کی قیمتیں صفر کر دیں جب تک ہیں اور ٹرانزسٹر کی جگہ ٹرانزسٹر کا بار یک اشاراتی ریاضی نوٹ نسب کر دیا جاتا ہے۔ یک سمت منبع بر قی دباؤ کی قیمت صفر کرنے کی حراطر ان کے دونوں سرے قصر دور تصور کئے جاتے ہیں۔ اگرچہ موجودہ مثال میں یک سمت منبع بر قی رو استعمال نہیں کیا گی لیکن اگر ایسا کیا جائے تو یک سمت منبع بر قی رو کی قیمت صفر کرنے کی حراطر اس کو کھلے سرے کر دیا جاتا ہے۔

آنکے اب شکل ۳.۸۲ الف میں دئے دور کے مساوی ادوار حاصل کریں۔ شروع مساوی یک سمت دور کے حاصل سے کرتے ہیں۔

جیسا شکل ب میں دکھلایا گیا ہے کہ تم بدلے اشارات کی قیمت صفر کرنے سے دور کامساوی یک سمت دور حاصل ہوتا ہے۔ اس دور میں v_{be} بدلت اشارہ ہے جسے دور سے خارج کرتے ہوئے اس معتم کو قصر دور کر دیا گیا ہے (یعنی جن دو بر قی تاروں کے ساتھ v_{be} جائز احتال تاروں کو آپس میں جوڑ دیا گیا ہے جبکہ یہاں سے v_{be} کو نکال دیا گیا ہے۔ جوڑ کو وضع احتال کی حراطر موٹی تارے دکھایا گیا ہے)۔

شکل (پ) میں مساوی بار یک اشاراتی دور حاصل کیا گیا ہے۔ ایسا کرنے کی حراطر ٹرانزسٹر کی

جگہ اس کا باریکے اشاراتی π ریاضی نمونے نسب کیا گا ہے جبکہ تمام یہ سمت منبع کو قصر دور کر دیا گیا ہے۔ چونکہ اصل دور یعنی شکل الٹ میں V_{CC} اور V_{BE} یہ سمت منبع میں لہذا انہیں قصر دور کیا گیا ہے۔ ان کی جگہ نسب تاروں کو وضاحت کی عندر خس سے موٹا کر کے دکھایا گیا ہے۔ شکل پے کو عموماً شکل ت کی مانند بنایا جاتا ہے۔ اس کتاب میں بھی ایسا ہی کیا جائے گا۔ آپ تسلی کر لیں کہ شکل پے اور شکل ت بالکل یکساں ہیں۔

اس سے میں ہم نے دکھا کہ ٹرانزسٹر ادوار کے حل حاصل کرتے وقت یہ ممکن ہے کہ پہلے بدلتے متغیرات کو نظر انداز کیا جائے اور اس کا یہ سمت دور حل کیا جائے۔ یوں حاصل یہ سمت متغیرات سے فقط کارکردگی پر ٹرانزسٹر کے r_{be} اور g_m حاصل کئے جائیں اور پھر دور میں یہ سمت منبع کو نظر انداز کرتے ہوئے بدلتے اشارات حاصل کئے جائیں۔ فرمول و کاغذے پر ٹرانزسٹر ادوار اسی طریقے کارکو استعمال کرتے ہوئے حاصل کئے جاتے ہیں۔ اگلے حصے میں اس طریقے کی مشتمل کرائی جائے گی۔ آپ سے گزارش کی جاتی ہے کہ ان مشقوں سے فناہ 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 حابہ و کتاب آسان بنانے کا ایک طریقہ ہے۔

۳.۱۶ باریکے اشاراتی ادوار کا پائی ریاضی نمونے کی مدد سے حل

ٹرانزسٹر ایپلیکیشن کو پائے (π) ریاضی نمونے استعمال کرتے ہوئے ایک منظم طریقے سے حل کیا جاتا ہے۔ اس طریقے کا کے افتادام مندرجہ ذیل ہیں۔

۱۔ اصل ٹرانزسٹر دور کا مساوی یہ سمت دور حاصل کر کے اے حل کرتے ہوئے I_C اور V_{CE} حاصل کریں۔ یہ فقط کارکردگی پر ٹرانزسٹر کے متغیرات ہیں۔

۲۔ آگے بڑھنے سے پہلے تسلی کر لیں کہ ٹرانزسٹر افزاں نہ خطے میں ہے (یعنی غیر افزاں)۔ $V_{CE} > V_{CE, \text{sat}}$ ۔

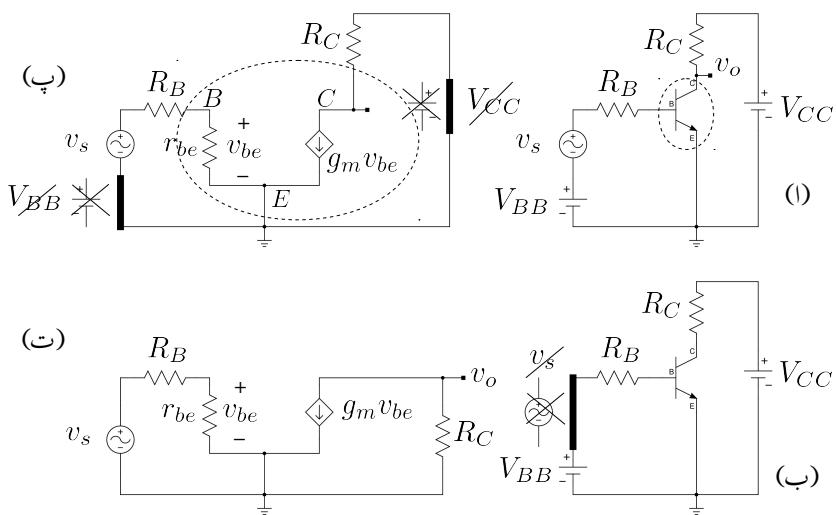
۳۔ حاصل کردہ I_C استعمال کرتے ہوئے فقط کارکردگی پر ٹرانزسٹر کے باریکے اشاراتی ریاضی نمونے کے جزو حاصل کریں (یعنی)۔

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

$$r_{be} = \frac{\beta}{g_m}$$

$$r_e = \frac{V_T}{I_E} \approx \frac{1}{g_m}$$

۴۔ اصل ٹرانزسٹر دور میں تمام منبع بر قی دیا ہو کو قصر دور کو کھلے 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: (a) اصل دور، (b) مساوی باریکے سمت، (c) مساوی باریکے اشاراتی

۵۔ حاصل مساوی باریکے اشاراتی دور کو حل کرتے ہوئے ایکلیفائر کے خصیت حاصل کریں۔ (مثلاً افناز اش بر قی دباؤ A_{vB} ، داخلی مزاحمت i_r ، خارجی مزاحمت R_0 وغیرہ)

۶۔ آخوند میں اس بات کی بھی تسلی کر لیں کہ ٹرانزستر کا نقطہ کارکردگی یوں منتخب ہو کہ خارجی اشارة v_o لکھا جائے گا) کے حیطے کے مشتمل اور منفی چوٹیوں پر بھی ٹرانزستر افناز ائندہ ہی رہے۔ (یعنی کہ خارجی اشارہ v_o کے چوٹیاں تراشی نہیں جاتیں)

اس عمل کے پہلے تین انتدام آپ دیکھ چکے ہیں۔ آئیں اب مساوی باریکے اشاراتی دور کو حل کرنا دیکھیں۔ ایسا شکل ۳.۸۳ کی مدد سے کرتے ہیں جس میں مزاحمت R_B بھی نسب کیا گیا ہے۔ یہاں ٹرانزستر کی افناز اش بر قی روکو β_0 تصور کریں۔

شکل ب 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 جناب چونکہ

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

$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B}$$

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 پیٹر 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

$$(3.213) \quad V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C$$

حاصل ہوتا ہے۔ باریکے اشاراتی تغیرات حاصل کرنے سے پہلے یہاں رک کر تسلی کر لیں کہ ٹرانزسٹر افزاں نہ خلے میں ہے۔ اگر حاصل کردہ V_{CE} کی قیمت غیر افزاں نہ ہے تو ٹرانزسٹر غیر افزاں نہ ہو گا اور اشارہ کو بڑھانے سے وفا صر ہو گا۔ اس صورت میں باریکے اشاراتی تجزیے کرنے کی ضرورت نہیں۔

حاصل I_C سے ٹرانزسٹر ریاضی نوونہ کے حبزو g_m اور r_{be} حاصل کرنے کے بعد شکل تے سے افزاں A_v یوں حاصل کی جائے گی۔ داخلی جناب ہم لکھ سکتے ہیں۔

$$v_s = i_b (R_B + r_{be})$$

$$i_b = \frac{v_s}{R_B + r_{be}}$$

اور پچکنہ $v_{be} = i_b r_{be}$ 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 بالا تین مساوات 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۔

$$(3.214) \quad A_v = \frac{v_o}{v_s} = - \frac{g_m r_{be} R_C}{R_B + r_{be}}$$

یہاں رک کر تسلی کر لیں کہ آیا مطلوب حناجی اشارہ v_o کے بیشتر اور منفی چوٹیوں پر بھی ٹرانزسٹر افزاں نہ خلے میں ہی رہتا ہے یا نہیں۔ میرے خیال میں یہ بات مثال کی مدد سے زیادہ آسانی سے سمجھ آئے گی۔

مثال ۳.۳۹: 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 افناز اش بر قی دباؤ A_v حاصل کریں۔ زیادہ سے زیادہ ناتراشیدہ حنارتی اشارے حاصل ہوتے وقت داخنی اشارے کا جٹ دریافت کریں۔
حل: پہلے یک سمت مقیدات حاصل کرتے ہیں۔

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

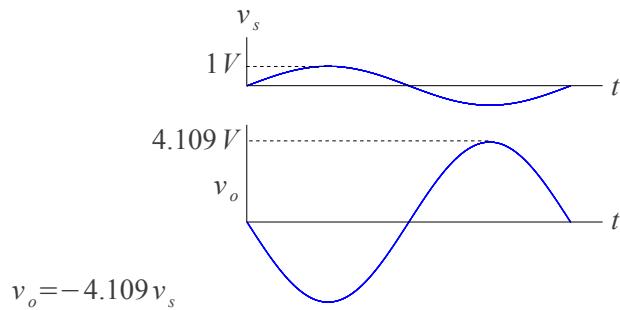
چونکہ حاصل V_{CE} کی قیمت غیر افناز است، V_{CE} (جنی 0.2 V) سے زیاد ہے لہذا اثر انحراف افناز است ہے اور یہ داخنی اشارے کو بڑھا سکتا ہے۔ آئین ریاضی نمونے کے جزو حاصل کریں۔

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

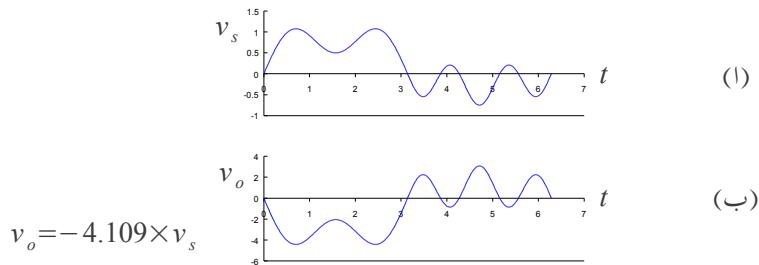
اور انہیں استعمال کرتے ہوئے باریکے اشاراتی افناز اش بر قی دباؤ A_v حاصل کریں۔

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

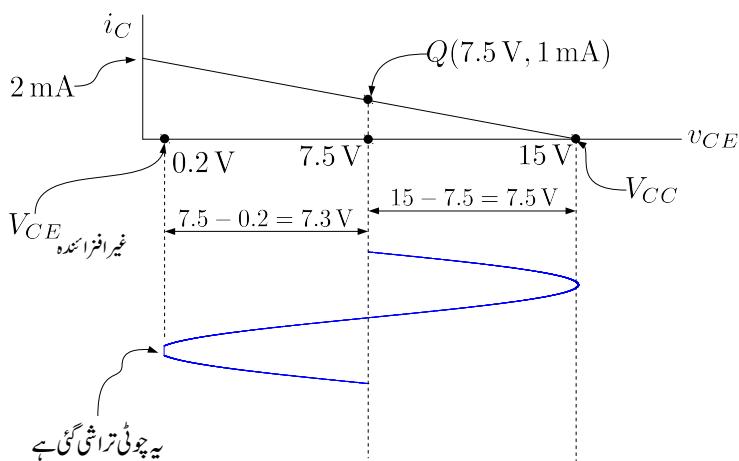
اس مساوات کے مطابق یہ اثر انحراف ایپلیکیشن داخنی اشارہ v_s کے جیلے کو 4.109 گن بڑھائے گا۔ A_v کی قیمت منفی ہونے کا مطلب یہ ہے کہ جس لمحے داخنی اشارہ مثبت ہو گا اس لمحے حنارتی اشارہ منفی ہو گا۔ شکل میں داخنی اشارہ کو سائن نہ تصویر کرتے ہوئے اس حقیقت کی وضاحت کی گئی ہے۔ سائن نہ اشارہ کی صورت میں یہ کہا جا سکتا ہے کہ داخنی اور حنارتی اشارات آپس میں 180° پر ہیں۔ داخنی اشارہ کی شکل کچھ بھی ہو سکتی ہے۔ شکل ۳.۸۵ میں غیر سائن نہ اشارہ دکھایا گیا ہے جہاں دونوں گرافوں میں بر قی دباؤ کے مدد



شکل ۳.۸۳: سائن-نمایش رات



شکل ۳.۸۵: غیرسائن-نمایش رات

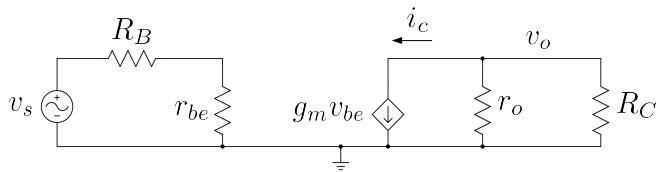


شکل ۳.۸۶: حناری اشارے کی زیادہ ناتراشیدہ بچوٹی

کی پیمائش مختلف ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ جب داخلی اشارہ مثبت ہوتا ہے اس وقت حناری اشارہ منفی ہوتا ہے اور جب داخلی اشارہ منفی ہوتا ہے اس دوران حناری اشارہ مثبت ہوتا ہے۔ یہ جاننے کے لئے کہ اس ایک پلیگز 3.۸۶ کے طبقے کا زیادہ سے زیادہ حناری اشارہ v_o حاصل کیا جاسکتا ہے ہم خط ہوجھ کی مدد حاصل کرتے ہیں جسے شکل 7.5V میں دکھایا گیا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ نقطہ کارکردگی کے ایک جانب حناری اشارہ 7.5V کا حیطہ رکھ سکتا ہے جبکہ دوسری جانب 7.3V کا یوں جیسے ہی حناری اشارے کا حیطہ 7.3V سے بڑھ جائے اس کا ایک طرف کئے شروع ہو جائے گا۔ 7.3V کے طبقے کا حناری اشارہ اس وقت حاصل ہو گا جب داخلی اشارے کا حیطہ 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 ۳.۸۰: مثال ۳.۳۹ میں ٹرانزistor کا الٹر برقی بداو $V_A = 200 \text{ V}$ ہے۔ شکل ۳.۷۹ کا ریاضی نمونہ استعمال کرتے ہوئے A_v دوبارہ حاصل کریں۔
حل: r_o کی مشمولیت سے یک سمت متغیرات متاثر نہیں ہوتے لہذا مثال ۳.۳۹ میں حاصل کی



شکل ۷.۳: برازنسٹر کا تاریجی مزاجمت سے مصلحت مل کرتے مساوی دور

گی قیمتیں یہاں کے لئے بھی درست ہیں۔ مساوات ۷.۴۳ سے

$$r_o = \frac{V_A}{I_C} = \frac{200}{1 \times 10^{-3}} = 200 \text{ k}\Omega$$

حاصل ہوتا ہے۔ یہ شکل ۷.۳.۸ میں مصل ہوتا ہے۔ اس دور کو مصل کرتے ہیں۔ خارجی جبانب متوازی جبڑے اور r_o کی کل مزاجمت $\frac{r_o R_C}{r_o + R_C}$ ہے جسے عسموماً R_C کہا 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 جا سکتا ہے۔ اس طرح

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

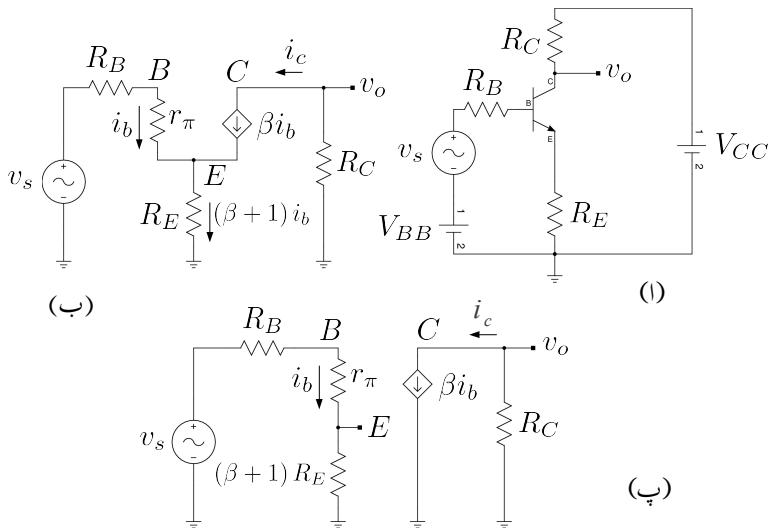
حاصل ہوتا ہے یعنی

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

مثال ۷.۳۹ میں $A_v = -4.109 \frac{\text{V}}{\text{V}}$ 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: ایکپلینیٹر بھر

مندرجہ بالامثال میں ہم نے دیکھا کہ r_0 کو نظر انداز کرتے ہوئے ایکپلینیٹر کی افناش حاصل کرنے سے
وتال نظر انداز عملی پیدا ہوتی ہے۔ یہ اہم تجربہ ہے جس کی بسا پر ڈرامز ایکپلینیٹر حل کرتے ہوئے عموماً
 r_0 کو نظر انداز کیا جاتا ہے۔ اس کتاب میں جہاں r_0 کا کردار اہم نہ ہو، اسے نظر انداز کیا جائے گا۔ یاد رہے کہ
حقیقت میں r_0 پایا جاتا ہے لہذا $\rightarrow R_C$ کرنے سے لامب و افناش حاصل نہیں ہوگی چونکہ حنارتی
جانب R_C اور r_0 متوالی جوڑے میں اور ان کی مجموعی مزاجمت کسی صورت r_0 یا R_C سے زیادہ نہیں ہو سکتی۔

مثال ۳.۸۱: شکل ۳.۸۸ کے ایکپلینیٹر میں R_E کا اضافہ کیا گیا ہے۔ اس ایکپلینیٹر کی افناش
اور داخلی مزاجمت i_r حاصل کریں۔
حل: ایکپلینیٹر میں بدلتے اشارات کو نظر انداز کرتے ہوئے پہلے یک سست مخفیات 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 کرتسلی کر لیں کہ حاصل V_{CE} کی قیمت V_{CE} سے زیادہ ہے چونکہ صرف اسی صورت ٹرانزسٹر اشارات کو بڑھانے کی صلاحیت رکھتا ہے۔ حاصل I_C سے ٹرانزسٹر کے پائے ریاضی نمونے کے جزو 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 قیتیں استعمال نہیں کی گئی ان کو پھر بھی حاصل کیا گیا ہے۔ تمام جزو حاصل کرنے کی عادت اچھی نہیں 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 ظفر انداز کیا گیا ہے۔ اس دور میں ٹرانزسٹر کے تین سروں پر برقی رومند رہب ذیل ہیں۔

$$i_b$$

$$i_c = \beta i_b$$

$$i_e = i_b + i_c = (\beta + 1) i_b$$

یوں شکل ب میں داخلی جواب کے دائرے میں کر خوف کے متاثر اسی برقی دباؤ کے استعمال سے ہم لکھ سکتے ہیں۔

$$\begin{aligned} v_s &= i_b R_B + i_b r_\pi + (\beta + 1) i_b R_E \\ &= i_b \left(R_B + r_\pi + (\beta + 1) R_E \right) \end{aligned}$$

اور یوں

$$i_b = \frac{v_s}{R_B + r_\pi + (\beta + 1) R_E}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اس مساوات سے دور کا داخلی باریکے اشاراتی مزاحمت حاصل کیا جاسکتا ہے یعنی

$$r_i = \frac{v_s}{i_b} = R_B + r_\pi + (\beta + 1) R_E$$

خارجی جواب کے دائرے میں پوچھدے جائیں 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 مسادات 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 جیساں $r_e = r_{\pi} \frac{R_C}{\beta+1}$ کا استعمال کیا گیا ہے۔

آنئی شکل ۳.۸۸ پر کو حل کریں جیساں مزاحمت کی قیمت بڑھ کر $R_E (\beta + 1)$ کرتے ہوئے داخلی اور خارجی دائرہ کو جو بزرگ رکھا گیا ہے۔

جوڑ E پر شکل ۳.۸۸ ب میں $v_E = (\beta + 1) i_b \times R_E$ برقرار رکھا جاتا ہے۔ شکل ۳.۸۸ پ میں یہاں $i_b \times (\beta + 1) R_E$ پر لایا جاتا ہے۔ یہ دونوں معتمدار 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 کر خوف کا فناون برائے برقراری دباؤ 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 مسادات کی طرح ہے جس سے داخلی باریکے اشاراتی مزاحمت بھی بالکل وہی حاصل ہوتا ہے یعنی

$$r_i = \frac{v_s}{i_b} = R_B + r_\pi + (\beta + 1) R_E$$

اسی طرح خارجی جانب یہاں بھی $v_o = -i_c R_C$ اور $i_c = \beta i_b$ ہیں جس 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 جس 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 بالکل یکساں جوابات حاصل ہوتے ہیں۔ یہ ایک اہم تجربہ ہے جسے اس کتاب میں پار بار استعمال کیا جائے گا جب تک پہتھنچے عدد پر پہنچنے والے ٹرانزسٹر کے ایمیر مشترک^{۳۸} یا گلکشہ مشترک ایکپیغائز میں مزاحمت R_E استعمال کیا جائے، اس کا سادوی یا ریکے اشاراتی دور بنتا وقت داخلی اور خارجی دائروں کو جد اکرتے ہوئے داخلی دائرة میں $(R_E + \beta + 1)$ مزاحمت نسب کرتے ہوئے حل کریں۔ تمام حاصل جوابات درست ہوں گے۔ جیسا آپ باب ۶ میں دیکھیں گے کہ بلند تعداد پر چلنے ایکپیغائز کے لئے ایک کے جواب حاصل کرنا ممکن نہ ہوگا۔
افزار ایش بر قی دباوے 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 حوالے کے حوالے میں فرمادی پر r_{be} کو $\frac{r_{be}}{\beta+1}$ کہا گی۔ اس مساوات کا تہائی آسان مطلب ہے جس کی مدد سے اسے با آسانی یاد رکھا جاسکتا ہے۔ ٹرانزسٹر کے گلکشہ پر کل مزاحمت R_C ہے جبکہ اس کے یکٹر پر مزاحمت R_E کے ساتھ سالمہ وار r_{be} اور R_B کے عکس $\frac{R_B}{\beta+1}$ اور $\frac{r_{be}}{\beta+1}$ ممکن ہیں۔ r_e کو کہا جاسکتا ہے۔ یوں یکٹر 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 داخلی اشارہ v_s کے ساتھ سالمہ وار جبڑی مزاحمت ہے۔ گلکشہ پر کل مزاحمت کو $\sum R_C$ لکھتے ہوئے اس مساوات کو یوں لکھا جاسکتا ہے۔

$$(3.217) \quad A_v = -\alpha \left(\frac{\sum R_C}{\sum R_E} \right) = -\alpha \left(\frac{\text{گلکشہ پر کل مزاحمت}}{\text{یکٹر پر کل مزاحمت}} \right)$$

مساوات ۳.۲۱۷ نہیات اہمیت کا حاصل ہے جو آپ کو زبانی یاد ہو تاہم پایہ۔ اس مساوات کو استعمال کرتے ہوئے عموماً α کی قیمت (1) تصور کی جاتی ہے۔ اگر ۳.۸۸ الف کا بدلتا وہ مساوی دور بنتا یا بھائے تو ٹرانزسٹر کے یہیں جناب V_{BB} قصر دور ہو جائے گا اور داخلی اشارہ v_s کے ساتھ صرف ایک عدد مزاحمت R_B پایا

^{۳۸} مشترک کے یکٹر، مشترک گلکشہ اور مشترک یہیں کی پہچان حصہ ۳.۱۹ میں کی گئی ہے

جبائے گا۔ مساوات ۳.۲۱۷ کے صحیح استعمال کے لئے ضروری ہے کہ ایک پلینائز کے تیس جناب حصے کا مساوی دور اسی طرز پر ہو۔

یہ دیکھنے کی خاطر کہ مندرجہ بالامساوات واقعی عمومی مساوات ہے ہم مساوات ۳.۲۱۸ کو بھی اسی صورت میں بدلتے ہیں۔

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

مثال ۳.۲۲: شکل ۳.۸۸ الف میں

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

$$V_{BB} = 2.35 \text{ V}$$

$$\beta = 99$$

$$R_B = 150 \text{ k}\Omega$$

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

$$R_E = 15 \text{ k}\Omega$$

یہتھوئے باریکے اشاراتی داخلی مزاحمت $\frac{v_s}{i_b} = r_i$ اور افزاں A_v حاصل کریں۔
حل: پہلے یک سمت مقیدات حاصل کرتے ہیں۔

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

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

چونکہ حاصل V_{CE} کی قیمت غیر افزاں ہے اسی وجہ سے اسٹرائیڈ افزاں ہے اور اشارات کو بڑھانے کی صلاحیت رکھتا ہے۔ خط بوچھ کھینچ کر آپ دیکھ سکتے ہیں کہ حنارجی اشارے کی زیادہ سے زیادہ

ناتراشیدہ چوٹی نقطہ کارکردگی کے ایک جانب $V = 2.8 - 0.2 = 2.6 \text{ V}$ اور دوسری جانب $V = 9 - 12 = -3 \text{ V}$ ہوں گی۔ یوں سائنس اسٹاد کی زیادہ سے زیاد حسارتی ناتراشیدہ چوٹی $V = 2.8 \text{ V}$ ممکن ہوگی۔ حاصل I_C سے ٹرانزسٹر کے پانے یا پیٹی نوٹ کے جزو حاصل کرتے ہیں۔

$$g_m = \frac{I_C}{V_T} = \frac{0.1 \times 10^{-3}}{25 \times 10^{-3}} = 4 \text{ mS}$$

$$r_{be} = \frac{\beta}{g_m} = \frac{99}{0.004} = 24.75 \text{ k}\Omega$$

$$r_e = \frac{V_T}{I_E} = \frac{\alpha}{g_m} = \frac{0.99}{0.004} = 247.5 \Omega$$

باریک اشارتی داخلی مزاجت حاصل کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned} r_i &= \frac{v_s}{i_b} = R_B + r_{be} + (\beta + 1) R_E \\ &= 150000 + 24750 + (99 + 1) \times 15000 \\ &= 1.67475 \text{ M}\Omega \end{aligned}$$

ایپلیفائر کی افتزاکش بر قی دباؤ حاصل کرتے ہیں۔

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

ساوات ۲۱۔۳ کی مدد سے یہی جواب سیدھے حاصل کیا جاسکتا ہے جس س

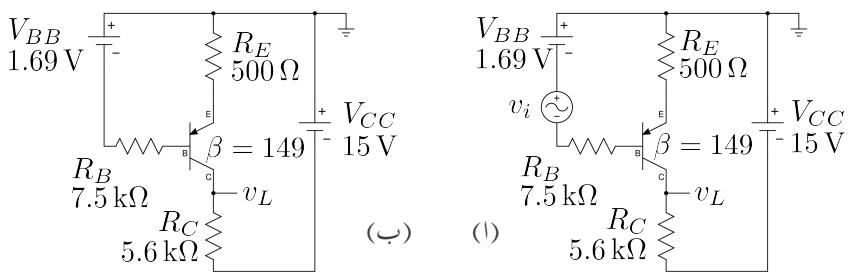
$$\sum R_C = R_C = 75 \text{ k}\Omega$$

اور

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

لے 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: جع-منی-جع ایپلیگار

حصہ ہوتا ہے۔

مثال ۳.۸۳: شکل ۳.۸۹ میں $v_i = 0.001 \sin \omega t$ ہو تب $A_v = \frac{v_L}{v_i} = \frac{v_L}{0.001 \sin \omega t}$ حاصل کریں۔ اگر کیا ہو گا؟
حل: بدلتے متغیرات کو نظر انداز کرتے ہوئے شکل ۳.۸۹ ب سے یک سست متغیرات حاصل کرنے ہیں۔ دوسری جانب

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

لکھا جاسکتا ہے جس سے

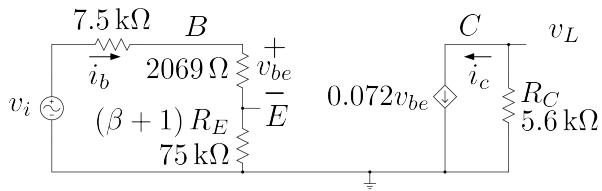
$$I_C \approx I_E = \frac{1.69 - 0.7}{500 + \frac{7500}{149+1}} = 1.8 \text{ mA}$$

حاصل ہوتا ہے۔ دوسری 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- جمع ایکلپیٹر مساوی باریکے اشاراتی دور

حاصل ہوتا ہے جو کہ عیّر افتراست V_{EC} سے زیاد ہے لہذا ٹرانزسٹر افتراست نظر میں ہے۔ ان قیمتوں سے پائے ریاضی نمونہ 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 مثل ۳.۹۱ کے شکل ۳.۸۸ پ کی طرح پائے ریاضی نمونہ میں تبدیلی کی گئی۔
مساوی دور کے داخلی جواب

$$i_b = \frac{v_i}{7500 + 2069 + 75000} = \frac{v_i}{84569}$$

$$v_{be} = i_b \times 2069 = \frac{v_i}{84569} \times 2069 = 0.024465v_i$$

لکھا جا سکتا ہے جبکہ اس کے خارج جواب

$$i_c = 0.072v_{be}$$

$$v_L = -i_c \times 5600$$

$$= -0.072 \times v_{be} \times 5600$$

$$= -0.072 \times (0.024465v_i) \times 5600$$

$$= -9.864v_i$$

یہاں

$$A_v = \frac{v_L}{v_i} = -9.864 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اسی جواب کو یوں بھی حاصل کیا جاسکتا 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 مرف

$$\left| \frac{9.866 - 9.864}{9.866} \right| \times 100 = 0.026 \%$$

کافی نہیں ہے۔ I_C تصور کرنے سے پیدا ہوا I_C کی خیکے خیکے 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 نمونے 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

$$A_v = \frac{v_L}{v_i} = -9.865 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اسی طرح

$$\begin{aligned}\sum R_C &= 5.6 \text{ k}\Omega \\ \sum R_E &= \frac{7500}{149+1} + \frac{2083.33}{149+1} + 500 = 563.889 \Omega \\ A_v &= -\alpha \frac{\sum R_C}{\sum R_E} = -\frac{149}{149+1} \times \frac{5600}{563.889} = -9.865 \frac{\text{V}}{\text{V}}\end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے۔
اگر $v_i = 0.001 \sin \omega t$ ہو تو

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

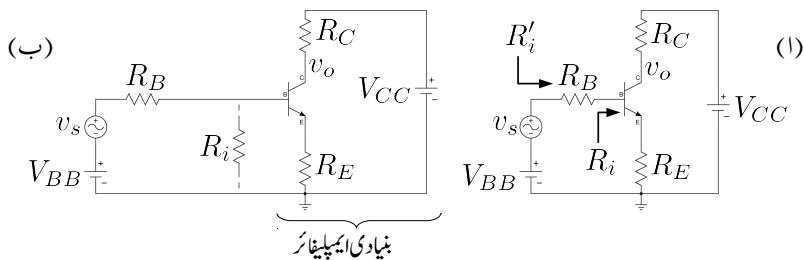
ہو گا۔

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 فنر قبایل ہوتا ہے۔ یہ فنر قبایل نظر انداز ہوتا ہے۔ فنر و کاغذ کے ساتھ ٹرانزسٹر اور حامل 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 مقنیسرات کے ٹھیک ٹھیک قیمتیں استعمال کرتے ہوئے جوابات حاصل کئے جاسکتے ہیں۔

اب تک ایک پلینائزر حل کرتے وقت ہم ٹرانزسٹر کے بیس جبانب تمام مزاحمت کو ایک پلینائزر کا حصہ تصور کرتے ہوئے مساوات ۳.۲۱ اسکے مقابلہ کرتے آ رہے ہیں۔ آئیں اسی مسئلے کو فرمانٹ مختلف نظر سے دیکھیں۔ ایسا کرنے سے مساوات ۳.۲۱ میں R_E کا مطلب کچھ تبدیل ہو جائے گا۔

شکل ۳.۸۸ کو مثال بناتے ہوئے یہاں دوبارہ شکل ۳.۹۱ الف میں پیش کرتے ہیں۔ شکل الف میں داخلی جواب سے دیکھئے ہوئے دو داخلی مزاحمت R_i اور R'_i دکھائے گئے ہیں۔ R_i سے مزادوہ مزاحمت ہے جو ٹرانزسٹر کے بیس پر دیکھئے ہوئے نظر آتا ہے جبکہ R'_i سے مزادوہ مزاحمت ہے جو داخلی اشارے β کو نظر آتا ہے۔ [ہم عموماً R کا ٹرانزسٹر میں اس مطلب لیتے ہیں۔ یہاں ہم R'_i سے ہرگز یہ مزادوہ 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

$$\begin{aligned}R_i &= (\beta + 1) (r_e + R_E) \\ &= r_{be} + (\beta + 1) R_E \\ R'_i &= R_B + R_i \\ &= R_B + (\beta + 1) (r_e + R_E)\end{aligned} \quad (3.218)$$



شکل ۳.۹۱

ٹرانزسٹر کے ایمپلیفیوں کے ان دو احتمالی مزاجت کے عکس

$$\frac{R_i}{\beta + 1} = r_e + R_E$$

$$\frac{R'_i}{\beta + 1} = \frac{R_B}{\beta + 1} + r_e + R_E$$

ہیں۔ مساوات ۳.۲۱ میں R_E سے مراد دو احتمالی مزاجت 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 یہ سے دیکھتے ہوئے ایکلینیٹر مزاجت R'_i نظر آتا ہے۔ اس تحقیقت کی وضاحت شکل ب میں ٹرانزسٹر کے یہ سے جانب R_i دکھا کر کی گئی ہے۔

شکل ۳.۹۲ میں ایکلینیٹر کا باریکے اشاراتی مساوی دور بنتے ہوئے اس کے دو نکلوں پہنچ کر دئے گئے ہیں۔ یوں شکل ۳.۹۲ کو دیکھتے ہوئے ہم لکھ سکتے ہیں

$$(3.219)$$

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

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

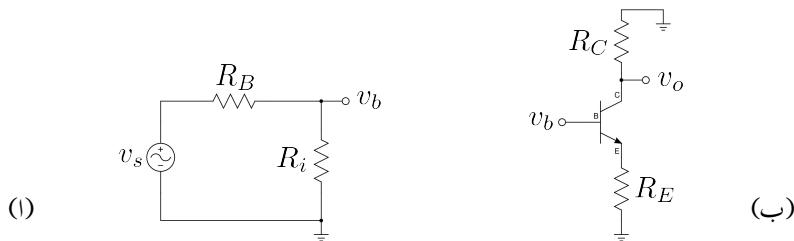
جہاں مساوات ۳.۲۱۸ سے i_R کی قیمت پر کی گئی۔ شکل ۳.۹۲ کو دیکھتے ہوئے ہم

$$(3.220)$$

$$\sum R_C = R_C$$

$$\sum R_E = r_e + R_E$$

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



شکل ۳.۹۲

لکھ سکتے ہیں جس سے

$$(3.221) \quad v_o = - \left(\frac{R_C}{r_e + R_E} \right) v_b$$

حاصل ہوتا ہے۔ اس مساوات میں v_b کی قیمت مساوات ۳.۲۱۶ سے پڑ کرتے ہوئے

$$(3.222) \quad v_o = - \left(\frac{R_C}{r_e + R_E} \right) \left(\frac{(\beta + 1)(r_e + R_E)}{R_B + (\beta + 1)(r_e + R_E)} \right) v_s$$

یعنی

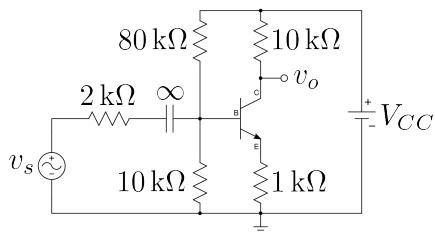
$$(3.223) \quad A_v = \frac{v_o}{v_s} = \frac{-R_C}{\frac{R_B}{\beta+1} + r_e + R_E}$$

حاصل ہوتا ہے۔ یہ مساوات ہو ہو مساوات ۳.۲۱۶ ہی ہے۔

مساوات ۳.۲۲۳ میں کرنے کے نتیجے میں $R_E + R_B r_e$ دراصل R_E سے جواز خود داخلي مزاحمت کا بیٹھ جانب عکس ہے یعنی $\sum R_E = \frac{R_i}{\beta+1} + \sum r_e$ یوں اگر داخلي مزاحمت بڑھائی جائے تو انسٹرائش A_v کھٹے گی۔ یہ ایک اہم نتیجہ ہے۔ ایک پلیناٹر تخلیق دیتے وقت اس حققت کو سامنے رکھا جاتا ہے اور زیادہ داخلي مزاحمت اور زیادہ انسٹرائش 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 چلوں کہ ایک سے زیادہ ایک پلیناٹر استعمال کرتے ہوئے کسی بھی قیمت کے داخلي مزاحمت اور انسٹرائش حاصل کئے جاسکتے ہیں۔ اس طرح کے ایک پلیناٹر آپ آگے جا کر دیکھیں گے۔

ایک پلیناٹر حاصل کرنے کا یہ طریقہ نہایت اہم ہے۔ اس طریقے کو آگے باؤں میں بار بار استعمال کی جائے گا۔ آپ سے گزارش کی جاتی ہے کہ اس طریقے کو سمجھے بغیر آگے مت بڑھیں۔ اس طریقے کو فتح مبارکہ دوبارہ پیش کرتے ہیں۔

۰ ٹرانزسٹر کے بیس پر دیکھتے ہوئے ایک پلیناٹر کا داخلي مزاحمت R_i حاصل کریں۔



شکل ۳.۹۳

- دور میں بنیادی ترانزستر ایپلینافر کی جگہ اس کا داخنی مزاحمت R_i نسبت کرتے ہوئے سادہ داخنی دور حاصل کریں۔
- اس سادہ داخنی دور میں v_b حاصل کریں۔ v_b سے مراد i_R پر پائے جانے والا باریکے اشارہ ہے۔
- بنیادی ایپلینافر کی افناش کا $A'_v = \frac{v_o}{v_b} = -\frac{\sum R_C}{\sum R_E}$ حاصل کریں۔ مراد بنیادی ایپلینافر کا $\sum R_E$ ہے۔
- ٹھنڈا افناش $A_v = \frac{v_o}{v_s}$ کو v_b اور v_b کی مدد سے حاصل کریں۔

مثال ۳.۹۳: شکل ۳.۹۳ میں بنیادی ایپلینافر کا داخنی مزاحمت حاصل کرتے ہوئے افناش $A_v = \frac{v_o}{v_s}$ حاصل کریں۔ $r_e = 25 \Omega$ اور $\beta = 100$ ۔ باریکے اشاراتی دور میں کپسٹ کو قصر دور تصور کریں۔
حل: شکل ۳.۹۳ میں بدلتوں مساوی دور دکھایا گیا ہے۔ شکل ب میں داخنی مزاحمت

$$R_i = (100 + 1) \times (25 + 1000) = 103.525 \text{ k}\Omega$$

بے۔ شکل الف میں سادہ داخنی دور دکھایا گیا ہے جہاں

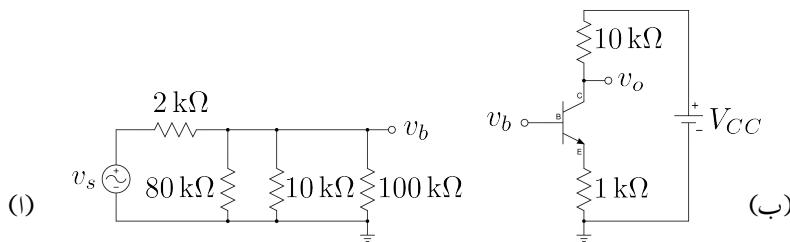
$$80 \text{ k}\Omega \parallel 10 \text{ k}\Omega \parallel 103.525 \text{ k}\Omega = 8.186 \text{ k}\Omega$$

لیتے ہوئے

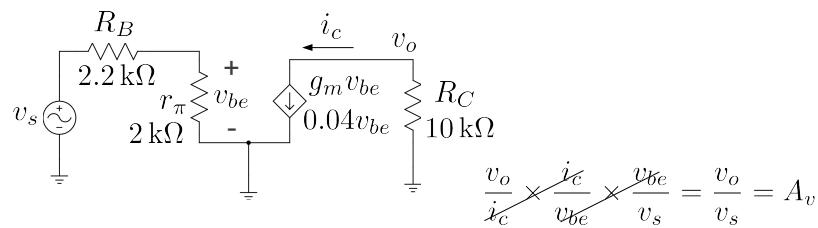
$$v_b = \left(\frac{8186}{2000 + 8186} \right) v_s = 0.8036 v_s$$

حاصل ہوتا ہے۔ شکل ب سے

$$A'_v = \frac{v_o}{v_b} = -\alpha \frac{\sum R_C}{\sum R_E} \approx -\frac{\sum R_C}{\sum R_E} = -\frac{10000}{25 + 1000} = -9.756 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$



شکل ۳.۹۷

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 نمودن کو استعمال کرتے ہوئے افتراق برقی دباؤ A_v حاصل کرنا ہم نے دیکھ۔ اس سے پہلے کے ایسے مزید مثال دیکھیں ہم ایک نہایت سادہ طریقے کار سکھتے ہیں 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

$$(3.223) \quad \begin{aligned} v_o &= -i_c R_C \\ i_c &= g_m v_{be} \\ v_{be} &= \frac{r_\pi v_s}{r_\pi + R_B} \end{aligned}$$

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 حصہ کے پائیں ہاتھ کے دو مقیرات v_o اور i_c کے قیمتیں دور حل کرنے کے بعد ہی ہمیں معلوم ہوتی ہیں جبکہ مساوات کے دامن ہاتھ پر R_C کی قیمت 10000 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 $\frac{v_o}{i_c}$ ہر صورت 10000 10 کے برابر ہو گا۔

ای طرح مندرجہ بالا مساوات کے دوسرے حصہ میں پائیں ہاتھ i_c اور v_{be} کی قیمتیں صرف دور حل کرنے کے بعد ہی ہمیں معلوم ہوتی ہیں جبکہ دامن ہاتھ g_m کی قیمت 0.04 ہمیں پہلے ہی 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 $\frac{i_c}{v_{be}}$ ہر صورت 0.04 کے برابر ہو گا۔

ای طرح مساوات کے تیسرا حصہ ہم جانتے ہیں کہ $\frac{v_{be}}{v_s}$ کی قیمت ہر صورت 0.4762 رہے گی۔ آئینہ ان معلومات کو زیر استعمال اتے ہوئے A_v حاصل کریں۔ جیسے شکل ۳.۹۵ میں دکھایا گیا ہے، A_v کو زنجیری ضرب سے یوں لکھا جا سکتا ہے۔

$$(3.226) \quad A_v = \frac{v_o}{v_s} = \left(\frac{v_o}{i_c} \right) \times \left(\frac{i_c}{v_{be}} \right) \times \left(\frac{v_{be}}{v_s} \right)$$

مندرجہ بالا مساوات میں تیسین تو سین میں بند تناسب کے قیمتیں مساوات ۳.۲۲۵ میں دی گئی ہیں۔ یوں اگرچہ دور حل کرنے سے قبل، مساوات ۳.۲۲۶ کے دامن ہاتھ مقیرات (v_{be} , i_c , v_o) وغیرہ کی قیمتیں ہم ہمیں جانتے ہیں کیونکہ ان تیسین تو سین میں دکھایا گیا ہے 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 نتائیاں ہیں۔

۱. باریکے اشاراتی دور حل کرنے سے پہلے ہمیں دور میں کہیں پر بھی برقی دباؤ یا برقی رو کے مقدار معلوم نہیں ہوتے۔ (بیساں اگرچہ آپ سکتے ہیں کہ v_s داخلی اشارہ ہونے کے ناطے ہمیں قبل از حل معلوم ہے لیکن یاد رہے کہ اسی صورت بھی پیدا ہو سکتی ہے جہاں v_s بھی معلوم نہ ہو۔)

۲. اس کے برعکس دور کے تمام مزاحمت کے قیمت اور ریاضی نمونے کے تمام حصزوں (مسئلہ g_m ، r_π اور β) کے قیمت ہمیں پہلے سے معلوم ہوتے ہیں۔

۳. یوں زنجیری ضرب کی حافظہ تو سین لکھتے ہوئے مساواتوں کے باقیں ہاتھ پر صرف نامعلوم مقدار یعنی برقی دباؤ یا برقی رو پائے جائیں گے جبکہ ان کے دائیں ہاتھ معلوم متغیرات یعنی مزاحمت یا ریاضی نمونے کے حصزو پائے جائیں گے۔

۴. زنجیری ضرب لکھتے ہوئے ایک پلینائز کے حفاری نقطے سے شروع کرتے ہوئے داخلی جانب پہلے ہوئے زنجیری کی کڑی جوڑتے رہیں۔

۵. زنجیری ضرب کی ہر نی کڑی (تو سین) میں اور لکھا متغیرہ گزشته کڑی (تو سین) کا خپلا متغیرہ ہو گا۔ مساوات ۳۲۲ 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

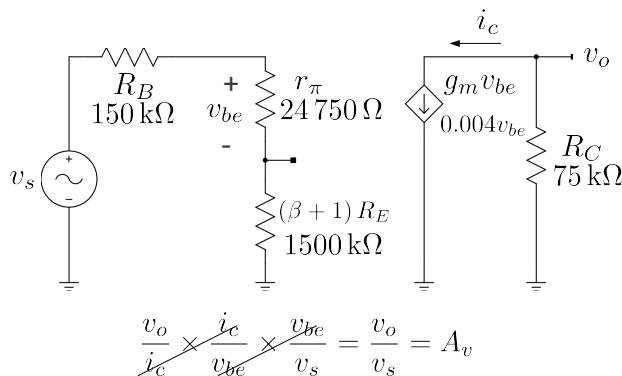
$$\frac{v_o}{i_c} = -R_C = -10000$$

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 برقی دباؤ یا برقی رو ہیں۔ مزید یہ کہ دوسری تو سین یعنی $\left(\frac{i_c}{v_s} \right)$ میں اور i_c لکھا گیا ہے جو اس سے پہلے تو سین میں نیچے لکھا گیا ہے۔ مندرجہ بالا مساوات 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 تو سین کی قسمتیں ہم جانتے ہیں اور یوں A_v کی قیمت حاصل کی جاسکتی ہے۔ اس بات پر بھی توجہ دیں کہ تیسرا تو سین میں کسر میں اپر یوں v_{be} لکھا گیا ہے جو کہ اس سے پہلے تو سین میں میں بن کر میں نیچے لکھا گیا ہے۔

آپ اس طریقے کا پر ایک مرتبہ دوبارہ نظر ڈالیں۔ ہم دور کے حنارتی جواب v_o سے شروع کرتے ہوئے داخلی جواب v_s کی طرف قدم بڑھاتے ہوئے تو سین شامل کے جاتے ہیں۔ اس عمل کا مشق 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 طریقے نہایت اہم ہے جسے ہم عموماً استعمال کریں گے۔

مثال ۳.۹۵: مثال ۳.۹۲ کو زنجیری ضرب کے طریقے سے حل کریں۔ حل: شکل ۳.۹۶ میں درکار باریکے اشاراتی مساوی دور کھایا گیا ہے جس کے لئے ہم مندرجہ ذیل مساوات لکھ سکتے ہیں۔

$$(3.228)$$

$$\begin{aligned} v_o &= -i_c R_C \\ i_c &= g_m v_{be} \\ v_{be} &= \frac{r_\pi v_s}{R_B + r_\pi + (\beta + 1) R_E} \end{aligned}$$

جن سے مندرجہ ذیل کام حاصل کے جاسکتے ہیں۔

$$\begin{aligned}
 \frac{v_o}{i_c} &= -R_C = -75\,000 \\
 \frac{i_c}{v_{be}} &= g_m = 0.004 \\
 (3.229) \quad \frac{v_{be}}{v_s} &= \frac{r_\pi}{R_B + r_\pi + (\beta + 1) R_E} \\
 &= \frac{24750}{150000 + 24750 + (99 + 1) \times 15000} \\
 &= 0.014778325
 \end{aligned}$$

ان کی مدد سے ہم لگھ سکتے ہیں

$$\begin{aligned}
 A_v &= \left(\frac{v_o}{i_c} \right) \times \left(\frac{i_c}{v_{be}} \right) \times \left(\frac{v_{be}}{v_s} \right) \\
 (3.230) \quad &= (-75000) \times (0.004) \times (0.014778325) \\
 &= -4.433 \frac{\text{V}}{\text{V}}
 \end{aligned}$$

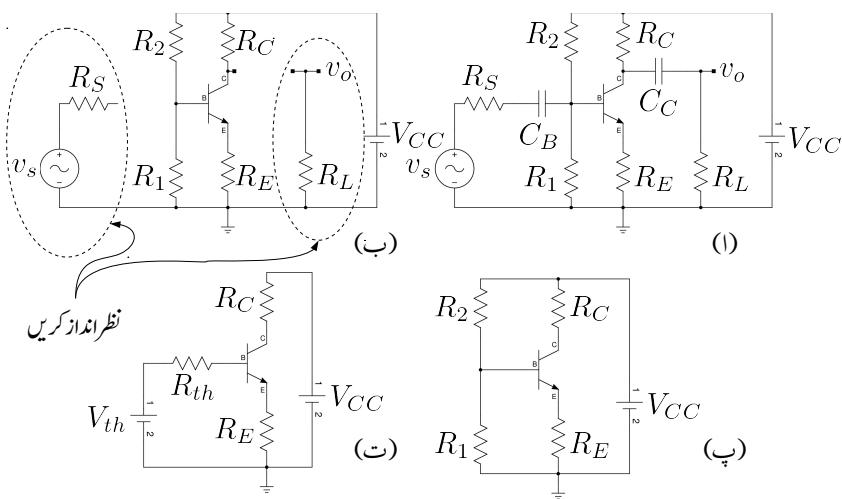
مندرجہ بالامساوات کو یوں لکھا جاسکتا ہے۔ حناری سرے سے شروع کرتے ہم دیکھتے ہیں کہ $v_o = -i_c R_C$ ہے اور یوں i_c کی مدد سے لکھا جاسکتا ہے۔ اگلے قدم پر ہم نے یہ دیکھنا ہے کہ i_c کو کیسے لکھا جاسکتا ہے۔ ہم دیکھتے ہیں کہ $i_c = g_m v_{be}$ ہے اور یوں v_{be} کی مدد سے لکھا جاسکتا ہے۔ تیسرا قدم پر ہم دیکھتے ہیں کہ v_{be} کو v_s کی مدد سے لکھا جاسکتا ہے۔

مثال ۳.۲۶: شکل ۳.۹۷ اف میں ایکلینیٹر 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۔ ایکلینیٹر کی افسزاں برقی دباؤ $A_v = \frac{v_o}{v_s}$ حاصل کریں۔

حل: پہلے یک سمت متغیرات حاصل کرتے ہیں۔ ایکلینیٹر میں عموماً کپیٹر استعمال کئے جاتے ہیں جن کا ایک اہم مقصد یہ ہے کہ ایکلینیٹر میں برقی دباؤ اور یہ سمت برقی روکودور کے محدود حصے کے اندر رکھنا ہوتا ہے۔ عموماً ان کپیٹر کی قیمت اتنی رکھی جاتی ہے کہ اشارات کے تعداد پر ان کپیٹر کی برقی رکاوٹ کم سے کم ہو۔ یوں اشارات بغیر گھٹے ان



شکل ۳.۹: یک سست اور بدلے متغیرات کے علیحدگی کی مثال

سے گزر سکتے ہیں۔ چونکہ کپیسٹر یک سست متغیرات کے لئے کھلے دور کے طور کام کرتا ہے لہذا اسے اشارات کے ساتھ مسلسل دور کے حصہ ٹرانزسٹر کے نقطے کارکردگی کو متاثر نہیں کر سکتے جونکہ ان تک یک سست متغیرات کی رسانی نہیں ہوتی۔ ہم ایک پلیناٹر ادوار میں تصور کریں گے کہ بدلے 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 کرنا ہو وہاں بستلا یا جائے گا۔ مساوی یک سست دور حاصل کرنے کی عندرض سے شکل ب میں کپیسٹروں کو کھلے دور کر دیا گیا ہے۔ یوں آپ دکھ سکتے ہیں کہ دو جگہ دور کے حصے یک سست دور سے منقطع ہو جاتے ہیں۔ انہیں نقطے دار لکیروں میں گھیرا دکھایا گیا ہے۔ ان حصوں کو نظر انداز کرتے ہوئے شکل پ حاصل ہوتا ہے۔

شکل ۳.۹ پ کا صفحہ ۲۰۳ پر شکل ۳.۱۷ کے ساتھ موازنے کرنے سے صاف ظاہر ہوتا ہے کہ دونوں اسکال باکل یکساں ہیں۔ اس بات کو یہاں اچھی طرح سمجھ کر آگے بڑھیں کہ ٹرانزسٹر ایک پلیناٹر میں باریکے اشارات کو بذریعہ کپیسٹروں کے یوں مقتول کیا جاتا ہے کہ ٹرانزسٹر کا نقطہ کارکردگی متاثر نہ ہو۔

مسئلہ ٹھونن کی مدد سے شکلت میں اسی یک سست دور کو دوبارہ دکھایا گیا ہے جہاں

$$V_{th} = \frac{R_1 V_{CC}}{R_1 + R_2} = \frac{320 \times 10^3 \times 15}{320 \times 10^3 + 1.7 \times 10^6} = 2.37624 \text{ V}$$

$$R_{th} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{320 \times 10^3 \times 1.7 \times 10^6}{320 \times 10^3 + 1.7 \times 10^6} = 269.3 \text{ k}\Omega$$

آئین یک سست متغیرات حاصل کریں۔

$$\begin{aligned} I_C &= \frac{V_{th} - V_{BE}}{\frac{R_{th}}{\beta+1} + R_E} \\ &= \frac{2.37624 - 0.7}{\frac{269.3 \times 10^3}{179+1} + 15 \times 10^3} \\ &= 0.1016 \text{ mA} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{CE} &\approx V_{CC} - I_C (R_C + R_E) \\ &= 15 - 0.1016 \times 10^{-3} \times (75 \times 10^3 + 15 \times 10^3) \\ &= 5.856 \text{ V} \end{aligned}$$

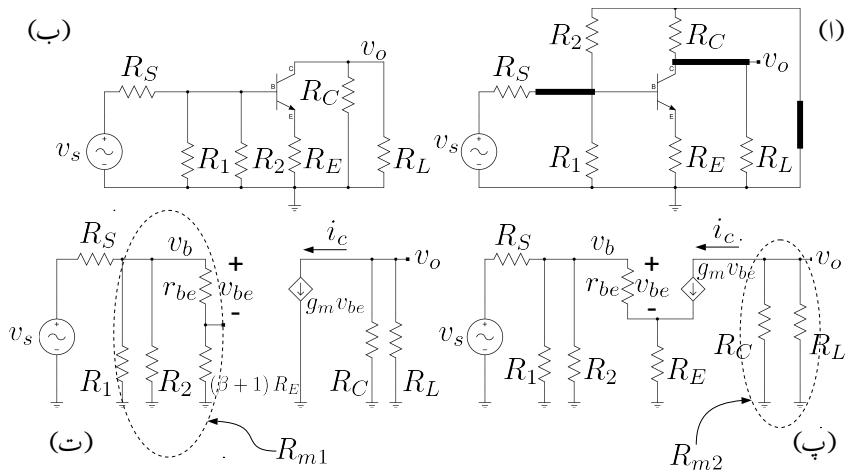
چونکہ حاصل $V_{CE} > 0.2 \text{ V}$ ہے اس لئے ٹرانزسٹر کے π ریاضی نمونے کے جزو حاصل کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned} g_m &= \frac{I_C}{V_T} = \frac{0.1016 \times 10^{-3}}{25 \times 10^{-3}} = 4.046 \text{ mS} \\ r_{be} &= \frac{\beta}{g_m} = \frac{179}{4.064 \times 10^{-3}} = 44.045 \text{ k}\Omega \\ r_e &\approx \frac{1}{g_m} = 246 \Omega \end{aligned}$$

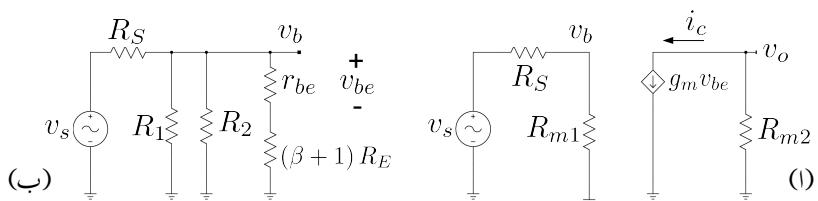
جیسے پہلے ذکر ہوا کہ ایک پلیگان میں کپیسٹر کی قیمت اتنی کم ہے کہ باریکے اشارہ کے تعداد پر ان کی برقی رکاوٹ (X_C) فت ہل نظر انداز ہو۔ یوں مساوی بدلتا دور بنتے وقت تمام کپیسٹر کو قصر دور کر دیا جاتا ہے۔ شکل ۳.۹۸ میں یوں منع برقی دباؤ V_{CC} کے علاوہ کپیسٹر C_C اور C_B کو بھی قصر دور کیا گیا ہے۔ ان قصر دور کو موٹی لکیروں سے واضح کیا گیا ہے۔ ایسا کرنے سے R_C کے علاوہ R_2 کا بھی ایک سر برقی زمزین سے جا بڑتا ہے۔ اسی کو شکل ب میں صاف سمجھا بنا کر دکھایا گیا ہے یہاں رک کر تسلی کر لیں کہ آپ کو شکل الف اور شکل ب یکاں نظر آتے ہیں چونکہ اس عمل کی بار بار ضرورت پڑے گی۔ اس شکل میں R_L اور R_C میں متوازن جبڑے نظر آتے ہیں۔ شکل ب میں ٹرانزسٹر کی جگہ π ریاضی نمونے سے شکل پے 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 لکنے پر غور کرتے ہیں۔ شکل ت میں ٹرانزسٹر کے یہس سے پر برقی دباؤ کو v_b لکھا گیا ہے۔ شکل ت میں R_1 اور R_2 میں متوازن جبڑے ہیں۔ ان متوازن جبڑے میں متوسطون کی کل قیمت کو R_{m1} لکھتے ہیں جیساں

$$(3.231) \quad \frac{1}{R_{m1}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{r_{be} + (\beta + 1) R_E}$$

شکل (ت) سے زنجیری ضرب لکھ کر A_v حاصل کیا جاتا ہے۔ ایسا کرنے سے پہلے v_b پر غور کرتے ہیں۔ شکل ۳.۹۹ میں متوازن جبڑے متوسطون R_{m1} اور R_{m2} کو استعمال کرتے ہوئے اسی دور کو بنتا یا گیا ہے جس سے



شکل ۳.۹۸: باریکے اشاراتی دوار

شکل ۳.۹۹: v_{be} اور v_b کا حصول

اس دور کا سادہ پن اچا گر ہوتا ہے۔ شکل ۳.۹۹ ب 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۔

$$(3.232) \quad \frac{v_b}{v_s} = \frac{R_{m1}}{R_{m1} + R_S}$$

$$(3.233) \quad \frac{v_{be}}{v_b} = \frac{r_{be}}{r_{be} + (\beta + 1) R_E}$$

آنکیں اب A_v حاصل کریں۔ شکل ۳.۹۸ ت کو دیکھتے ہوئے اور شکل ۳.۹۹ کو زہن 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 مثالوں سے وتر مختلف ہے چونکہ یہاں ایک تو سین زیادہ ہے۔ آئیں تمام تو سین کی قیمتیں استعمال کرتے ہوئے اس مساوات کو حل کریں۔ پہلے درکار قیمتیں حاصل کرتے ہیں یعنی

$$\frac{1}{R_{m1}} = \frac{1}{320 \times 10^3} + \frac{1}{1.7 \times 10^6} + \frac{1}{44045 + (179 + 1) \times 15 \times 10^3}$$

$$R_{m1} = 245.2386 \text{ k}\Omega$$

$$\frac{1}{R_{m2}} = \frac{1}{75000} + \frac{1}{375000}$$

$$R_{m2} = 62.5 \text{ k}\Omega$$

$$\frac{v_o}{i_c} = -R_{m2} = -62500$$

$$\frac{i_c}{v_{be}} = g_m = 0.004064$$

$$\frac{v_{be}}{v_b} = \frac{r_{be}}{r_{be} + (\beta + 1) R_E} = \frac{44045}{44045 + (179 + 1) \times 15000} = 0.01605$$

$$\frac{v_b}{v_s} = \frac{R_{m1}}{R_{m1} + R_S} = \frac{245238.6}{245238.6 + 5000} = 0.980019$$

$$A_v = -62500 \times 0.004064 \times 0.01605 \times 0.980019 = -3.9952 \frac{V}{V}$$

حاصل ہوتا ہے۔

آنئن اسی افسنڈاٹش کو صفحے ۳۰۲ پر دئے مساواتے ۳.۲۱۷ کی مدد سے حاصل کریں۔ ایسا کرنے کی حناظر پہلے دور کو مخصوص شکل میں لایا جائے گا۔ اس شکل میں ٹرانزسٹر کے بیس جبناب بدلت اشارہ اور مزاجمت سلسلہ دار جبڑے ہونے پاہئے۔ پہلے یہی کرتے ہیں۔

شکل ۳.۹۸ ب میں ٹرانزسٹر کے داخلی جبناب کے حصے کو شکل ۳.۱۰۰ الف میں دکھایا گیا ہے۔ اس کا تھونن مساوی دور حاصل کرتے ہیں۔ متوالی جبڑے R_1 اور R_2 کی مجموعی مزاجمت 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 مزاجمت کو R'_i اور حاصل بر قی دباد 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۔ میتھیتہ مساوات کے سے

$$\begin{aligned}\frac{v_o}{v'_i} &= -\alpha \frac{\sum R_C}{\sum R_E} \\ &= -0.994444 \times \frac{62.5 \times 10^3}{15.273 \times 10^3} \\ &= -4.0693 \frac{\text{V}}{\text{V}}\end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے جس سے

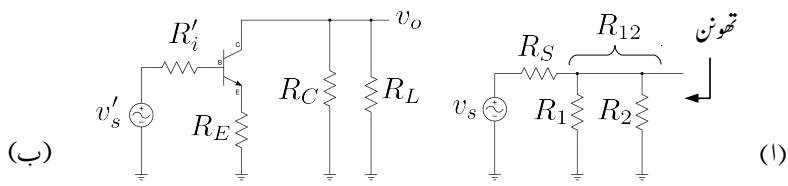
$$\begin{aligned}A_v &= \frac{v_o}{v'_i} \times \frac{v'_i}{v_s} \\ &= -4.0693 \times 0.98177 \\ &= -3.995 \frac{\text{V}}{\text{V}}\end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے۔ آپ مساوات کی قوت استعمال سے متاثر ہو سکتے ہیں۔

R_S کو ایپلینائز کا حصہ تصور نہیں کرتے ہوئے باریکے اشاراتی داخل مزاحمت r_i شکل ۳.۹۸ سے حاصل کرتے ہیں جیساں ہم 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 $(r_{be} + (\beta + 1)R_E)$ پر ہے۔ ان تمام قیتوں میں عوامی r_{be} کی قیمت نباتم ہوتی ہے۔



شکل ۱۰۰۔ ۳: گل گلکشہ اور بیٹر مزاحمتوں کے شرح سے افزاں کا حصول

مثال ۳.۹: شکل ۳.۹ میں R_E کے متوازی کپیٹر C_E نسب کریں جہاں C_E کی قیمت اتنی ہے کہ اسے اشارہ کو کم سے کم گھٹاتا ہے۔ اس ایپلینائز کی دھنی مزاحمت r_i اور افزاں A_v حاصل کریں۔

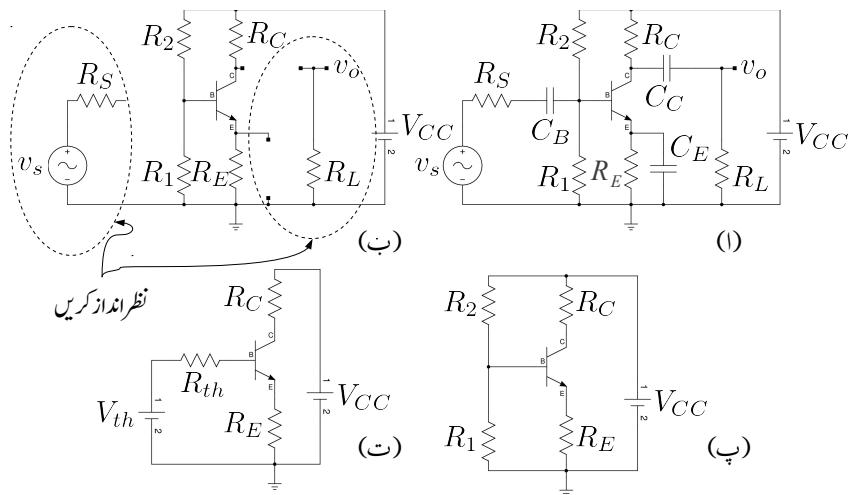
$$\begin{array}{ll} V_{CC} = 15 \text{ V} & \beta = 179 \\ R_C = 75 \text{ k}\Omega & R_E = 15 \text{ k}\Omega \\ R_1 = 320 \text{ k}\Omega & R_2 = 1.7 \text{ M}\Omega \\ R_s = 5 \text{ k}\Omega & R_L = 375 \text{ k}\Omega \end{array}$$

حل: کپیٹر سمیت 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 کپیٹر C_E کے شمولیت سے بھی ٹرانزسٹر کے نقطہ کار کردگی پر کسی قسم کا کوئی اثر نہیں پڑا۔ یوں پچھلی مثال کے نتائج یہاں استعمال کے جا سکتے ہیں یعنی

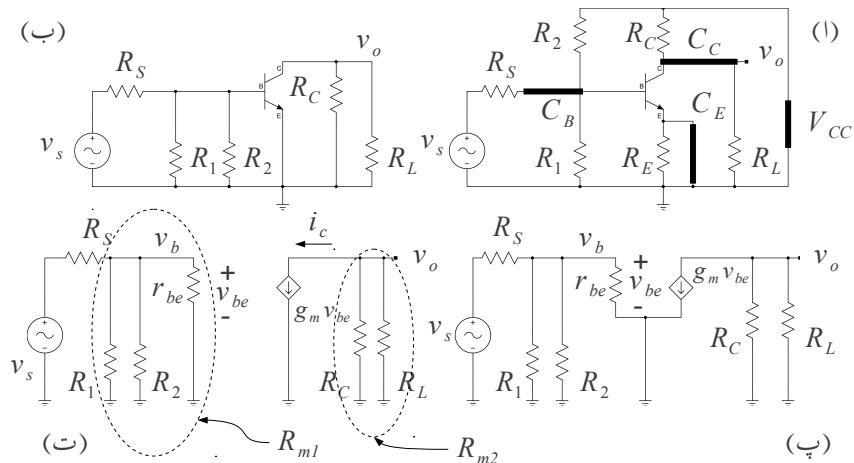
$$\begin{aligned} g_m &= 4.064 \text{ mS} \\ r_{be} &= 44.045 \text{ k}\Omega \\ r_e &\approx 246 \Omega \end{aligned}$$

شکل ۳.۱۰۲ میں اس کا مساوی باریکے اشاراتی دور حاصل کرنا دکھایا گیا ہے۔ جیسا شکل ۳.۱۰۲ میں دکھایا گیا ہے، چونکہ C_E باریکے اشاراتی کے لئے قصر دور ہوتا ہے لہذا R_E بھی قصر دور ہو جاتا ہے اور یہ باریکے اشاراتی دور کا حصہ نہیں بنتا۔ یوں شکل تے سے

$$\begin{aligned} \frac{1}{R_{m1}} &= \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{r_{be}} \\ \frac{1}{R_{m2}} &= \frac{1}{R_L} + \frac{1}{R_C} \end{aligned}$$



شکل ۳.۳: مثال کامساوی یک دور



شکل ۳.۴: مثال کامساوی یک دور

حصہ مل 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 ہی v_{be} سے ہے۔ یہ

$$A_v = \left(\frac{v_o}{i_c} \right) \left(\frac{i_c}{v_{be}} \right) \left(\frac{v_{be}}{v_s} \right)$$

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

$$A_v = (-62500) \times (0.004064) \times (0.8833) = 224 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

حصہ مل ہوتی ہے۔ گزشتہ مثال کی افسزاں کے ساتھ موازن کرنے سے معلوم ہوتا ہے کہ C_E نسب کرنے سے افسزاں بہت زیادہ بڑھ گئی ہے۔ اس کو مساوات ۳۔۲۱ یعنی

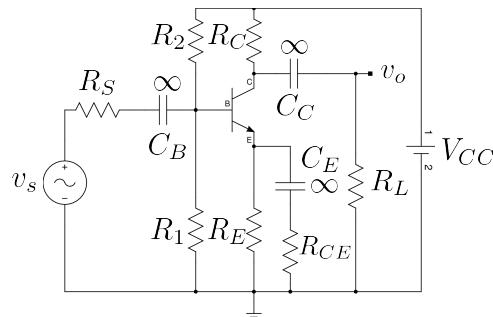
$$A_v = -\alpha \frac{\sum R_C}{\sum R_E}$$

کی مدد سے با آسانی سمجھا جاسکتا ہے۔ پونکہ باریکے اشارات کے لئے بطور قسر دور کام کرتا ہے لہذا

$$\sum R_E = \frac{R_{th}}{\beta + 1} + r_e$$

روہ جب تا ہے جبکہ

$$\sum R_C = R_{m2}$$



شکل ۳.۱۰۳: یک سست اور باریک اشارات کے عیندگی کی ایک اور مثال

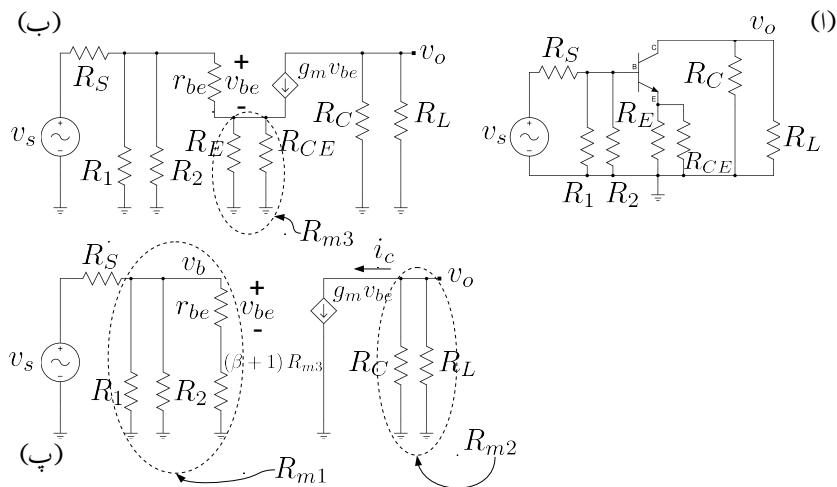
ہے۔ R_E کم ہونے کی وجہ سے افزاں میں اضافہ پیدا ہو جائے۔ اس حقیقت کو سمجھ کر یاد رکھیں۔
شکل سے باریک اشاراتی داخلی مزاحمت حاصل کرتے ہیں۔

$$r_i = R_{m1} = 37.854 \text{ k}\Omega$$

جبکہ R_S کو ایک پلیغیر کا حصہ نہیں تصور کیا گیا ہے۔ گزشتہ ایک پلیغیر کے ساتھ موازنے کرنے سے ہم دیکھتے ہیں کہ داخلی مزاحمت بہت کم ہو گئی ہے۔ باریک اشارات کے لئے کپیٹر C_E بطور قصر دور کام کرتا ہے اور یوں ٹرانزیٹر کے یہیں سرے پر دیکھتے ہوئے ہمیں صرف r_{be} نظر آتا ہے۔ داخلی مزاحمت متوازی جبڑے R_1 ، R_2 اور r_{be} کے مابین اور یوں اس کی قیمت کم ہو گئی ہے۔
مندرجہ بالا دو مشاہدوں سے ہم دیکھتے ہیں کہ R_E اور C_E کے استعمال سے باریک اشاراتی داخلی مزاحمت r_i اور افزاں A_v متاثر ہوتے ہیں۔ ان میں ایک بڑھانے والے دو مرکھتے ہیں۔

مثال ۳.۳۸: کپیٹر C_E اور مزاحمت R_{CE} سلسلہ وار جوڑتے ہوئے انہیں شکل ۳.۹۶ افس میں کے متوازی نسب کریں۔ حاصل ایک پلیغیر کی داخلی مزاحمت r_i اور افزاں A_v کی حاصل کریں۔ R_{CE} کی قیمت 100Ω رکھیں۔ حل: شکل ۳.۱۰۳ میں دور کھایا گیا ہے۔ کپیٹر کی برقی رکاوٹ $Z_C = \frac{1}{j\omega C}$ ہوتی ہے۔ کسی بھی تعداد پر کپیٹر کی قیمت بڑھ 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 حرکت کپیٹر کی قیمت زیادہ سے زیادہ کمی جاتی ہے۔ شکل میں کپیٹر پر لامھہ و دکانشان (∞) اسی حقیقت کو بیان کرتا ہے جبکہ اس کا مطلب یوں لایا جاتا ہے کہ باریک اشارات کے تعداد پر $|Z_C|$ کی قیمت صفری جائے۔

اس دور کا بھی یک سست مساوی دور پسلی مشاہدوں کی طرح رہے گا اور یوں وہاں کے نتائج یہاں متاثر ہوں گے۔ باریک اشاراتی دور کا حمول شکل ۳.۱۰۳ میں دکھایا گیا ہے۔ باریک اشاراتی دور میں R_{CE} اور R_E متوازی



شکل ۱۶.۳: مثال کا باریکے اشاراتی دور

جٹے میں 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 تین 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 حافظہ بیساں دوبارہ لکھتے ہیں۔

$V_{CC} = 15 \text{ V}$	$\beta = 179$
$R_C = 75 \text{ k}\Omega$	$R_E = 15 \text{ k}\Omega$
$R_1 = 320 \text{ k}\Omega$	$R_2 = 1.7 \text{ M}\Omega$
$R_s = 5 \text{ k}\Omega$	$R_L = 375 \text{ k}\Omega$
$R_{CE} = 100 \text{ }\Omega$	

اسی طرح یک سمت حل کے بعد حاصل کئے گئے ریاضی نمونے کے حصہ وہی یہ سادھا رہ 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 ۳.۱۰۳ پ سے ہم مندرجہ ذیل مسائط لہے 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 پ سے ہی A_v 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 مزاحمت 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 ایکلیفائز کا حصہ تصور نہیں کیا گی۔ اگر اس کو بھی شامل کیا جائے تو 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 ایکلیفائز کی افسزاں اپنے مرضی سے طے کر سکیں۔ اس مثال میں اگر R_{CE} کی قیمت صفر کی جائے تو زیادہ سے زیادہ افسزاں حاصل ہوتی ہے اور اگر R_{CE} کی قیمت لاحدہ دو 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 کھیل پر بھی رکھی جاسکتی ہے۔ مساوات ۲۱۷ میں

$$A_v = -\alpha \frac{\sum R_C}{\sum R_E}$$

کی مدد سے اس حقیقت کو با آسانی سمجھا جاسکتا ہے۔ اس مثال میں متوازن 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 گی تھیں کرنے کی حراظر استعمال کیا گی ہے لہذا اس کو تبدیل کئے بغیر A_v میں تبدیلی R_{CE} کی مدد سے حاصل کی جاسکتی ہے۔

مثال ۳.۴۹: شکل ۳.۱۰۵ میں $R_L = 1 \text{ k}\Omega$ اور $r_i = 5 \text{ k}\Omega$ جبکہ $120 = \beta$ ہیں۔ برقرار و افسزاں حاصل کرنے کی حراظر درکار مزاحمت حاصل کریں۔

حل: مساوی دور سے افسزاں لکھتے ہیں

$$A_i = \frac{i_L}{i_i} = -30 = -120 \left(\frac{R_c}{R_c + R_L} \right) \left(\frac{r_{be}}{r_{be} + r_i \| R_1 \| R_2} \right)$$

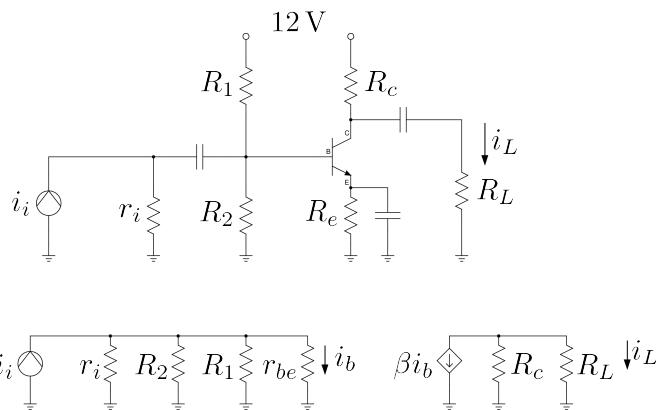
جس سے

$$(3.235) \quad \frac{1}{4} = \left(\frac{R_c}{R_c + 1000} \right) \left(\frac{r_{be}}{r_{be} + 5000 \| R_1 \| R_2} \right)$$

حاصل ہوتا ہے۔ ایسی وہ تمام قیمتیں جو اس مساوات پر پورا اتریں درست ہو اب ہیں۔ آئیں ہم دونوں تو سین کی قیمتیں برابر کر دیکھیں۔ ایسا کرنے سے عصومات اہل مقبول جوابات حاصل ہوتے ہیں۔ یہ

$$\frac{1}{2} = \left(\frac{R_c}{R_c + 1000} \right)$$

$$\frac{1}{2} = \left(\frac{r_{be}}{r_{be} + 5000 \| R_1 \| R_2} \right)$$



شکل ۳.۱۰۵: ایک پلیناٹ کا تجزیہ

لیتے ہیں۔ یوں پہلی مساوات سے $R_c = 1\text{k}\Omega$ حاصل ہوتا ہے۔ دوسرے مساوات میں $R_1 \parallel R_2$ کو لکھتے ہیں۔

$$\frac{1}{2} = \left(\frac{r_{be}}{r_{be} + 5000 \parallel R_b} \right)$$

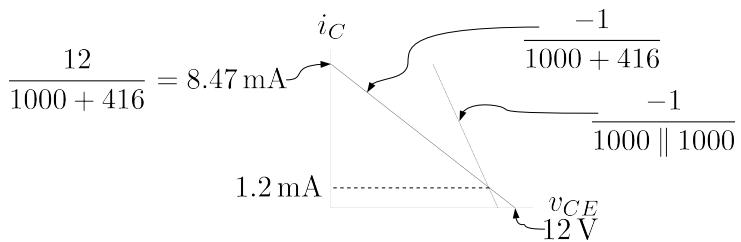
اس مساوات میں دو معین مختیرات ہیں لہذا کسی ایک کی قیمت خود چنی ہو گی۔ اگر $R_b = 5\text{k}\Omega$ حاصل ہوتا ہے۔ اگر $r_{be} = 2.5\text{k}\Omega$ حاصل ہوتا ہے۔ اگر R_b تصور کی جائے تب $r_{be} = 5\text{k}\Omega$ حاصل ہوتا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ R_b تبدیل کرنے سے کی قیمت پر خاص اثر نہیں ہوتا۔ یوں ہم $R_b = 5\text{k}\Omega$ اور $r_{be} = 2.5\text{k}\Omega$ رکھتے ہیں۔ مساوات ۳.۲۳ کی مدد سے $R_e = 416\Omega$ حاصل ہوتا ہے۔ چونکہ $r_{be} = \frac{\beta}{g_m}$ یعنی $r_{be} = 2.5\text{k}\Omega$ ہوتا ہے لہذا $I_{CQ} = \frac{\beta V_T}{I_{CQ}}$ حاصل ہوتا ہے۔

شکل ۳.۱۰۶ میں یک سمت اور بدلہ اور خط پوچھ 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 ہے تجزیہ کو اس نقطہ نظر سے دوبارہ سر انجام دیتا ہو گا کہ I_{CQ} درکار حیطہ منراہم کر سکے۔

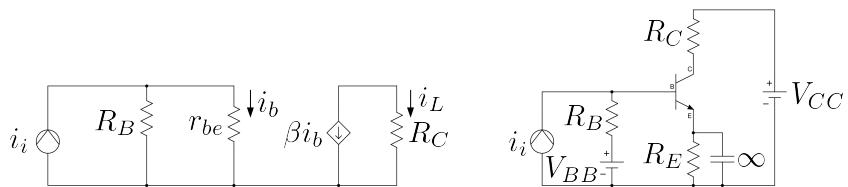
$R_2 = 5.58\text{k}\Omega$ اور I_{CQ} اور $V_{BB} = 1.2492\text{V}$ حاصل ہوتا ہے۔ یوں $R_1 = 48\text{k}\Omega$ اور R_e حاصل ہوتے ہیں۔

۱۶۔ باریکے اشاراتی ادوار کا پائے ریاضی نمونے کی مدد سے حل

۳۳۱



شکل ۱۰۲: خطوط یوچہر



شکل ۱۰۳: ایپلیفائر اور اس کا باریکے اشاراتی مساوی دور

آئیں شکل ۷۔۱۰۔ سپر غور کریں۔ اس کی افزاں ش = $A_i = \frac{i_L}{i_i}$ یہ حاصل کی جا سکتی ہے۔

$$\begin{aligned} A_i &= \frac{i_L}{i_i} = \frac{i_L}{i_b} \times \frac{i_b}{i_i} \\ &= -\beta \left(\frac{R_B}{R_B + r_{be}} \right) \end{aligned}$$

اس کو یہ

$$A_i = \frac{-\beta}{1 + \frac{r_{be}}{R_B}}$$

لکھتے ہوئے یہ حقیقت سامنے آتی ہے کہ زیادہ سے زیادہ افزاں ش اس وقت حاصل ہو گی جب

$$(3.236) \quad r_{be} \ll R_B$$

$$(3.237) \quad \frac{\beta V_T}{I_{CQ}} \ll R_B$$

ہو جہاں دوسرے وتم پر $r_{be} = \frac{\beta V_T}{I_{CQ}}$ کا استعمال کیا گیا۔ ایسا کرتے ہوئے افزاں ش کی حقیقت ٹرانزسٹر کے β کے برابر ہو گی۔ صفحہ ۲۲۰ پر مساوات ۳.۲۲ اور مندرجہ بالا شرط کو لکھنے لکھنے ہیں۔

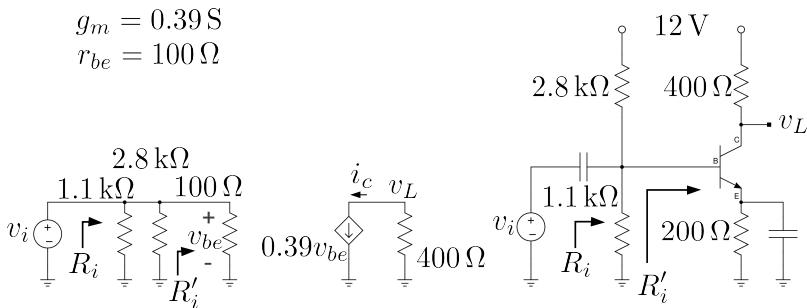
$$(3.238) \quad r_{be} = \frac{\beta V_T}{I_{CQ}} \ll R_B \ll (\beta + 1) R_E$$

مساوات ۳.۲۳۸ ٹرانزسٹر ایکلینیٹر تحلیق دینی کی بنیادی شرط ہے۔ اگر ایکلینیٹر تحلیق دینے ہوئے اس شرط کو پورا کیا جائے تو تحلیق کردہ ایکلینیٹر کی افزاں ش زیادہ سے زیادہ ہو گی اور ساتھ ہی ساتھ ٹرانزسٹر کا نقطہ کار کردگی β کے تبدیلی سے متاثر ہو گا۔ اگر اس شرط کو نہ ممکن نہ ہو تو کم افزاں ش اور یا پھر β کے تبدیلی سے نقطہ کار کردگی کا اپنی جگہ سے انحراف کو برداشت کرنا ہو گا۔

۷۔۱۔ برقی بار، داخلی مزاحمت اور ایکلینیٹر کی افزاں ش

شکل ۷۔۱۰۸ میں ایک ایکلینیٹر اور اس کا مساوی باریک اشاراتی دور دکھائے گئے جہاں تمام کپیسٹروں کی قیمت لا محدود ہے۔ اس کی افزاں ش

$$\begin{aligned} A_{v1} &= \frac{v_L}{v_i} = \frac{v_L}{i_c} \times \frac{i_c}{v_{be}} \times \frac{v_{be}}{v_i} \\ &= -400 \times 0.39 \times 1 = -156 \frac{V}{V} \end{aligned}$$



شکل ۳.۱۰۸: سادہ ایکلینیفار

جبکہ داخنی مسازہت

$$R'_i = 100 \Omega$$

R_i تو

$$\frac{1}{R_i} = \frac{1}{2800} + \frac{1}{1100} + \frac{1}{100}$$

$$R_i = 88.76 \Omega$$

حاصل ہوتے ہیں۔ R'_i ٹرانزسٹر کے نیس پر دیکھتے ہوئے مسازہت ہے جبکہ R_i ٹرانزسٹر کو مائل کرنے والے مسازہتوں کے اثر کو بھی شامل کرتا ہے۔ شکل ۳.۱۰۹ میں حنارتی جبانب برقی بوجہ R_L لاداگی ہے۔ اگر $R_L = 200 \Omega$ ہوتے ہیں تو اس ایکلینیفار کی افزاں

$$(3.239) \quad A_{v2} = \frac{v_L}{v_i} = \frac{v_L}{i_c} \times \frac{i_c}{v_{be}} \times \frac{v_{be}}{v_i}$$

$$= - \left(\frac{400 \times 200}{400 + 200} \right) \times 0.39 \times 1 = -52 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

حاصل ہوتی ہے جبکہ اگر $R_L = 88.76 \Omega$ ہوتے ہیں تو

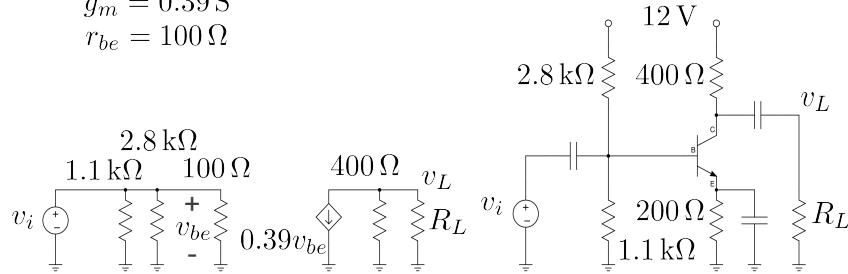
$$(3.240) \quad A_{v3} = \frac{v_L}{v_i} = \frac{v_L}{i_c} \times \frac{i_c}{v_{be}} \times \frac{v_{be}}{v_i}$$

$$= - \left(\frac{400 \times 88.76}{400 + 88.76} \right) \times 0.39 \times 1 = -28 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

حاصل ہوتا ہے۔ مندرجہ بالا دونوں اشکال میں تیرے v_{be} ہونے کی بدولتے افزاں میں تیرے

$$g_m = 0.39 \text{ S}$$

$$r_{be} = 100 \Omega$$



شکل ۳.۱۰۹: سادہ بوجھ سے لد ایمپلینافر

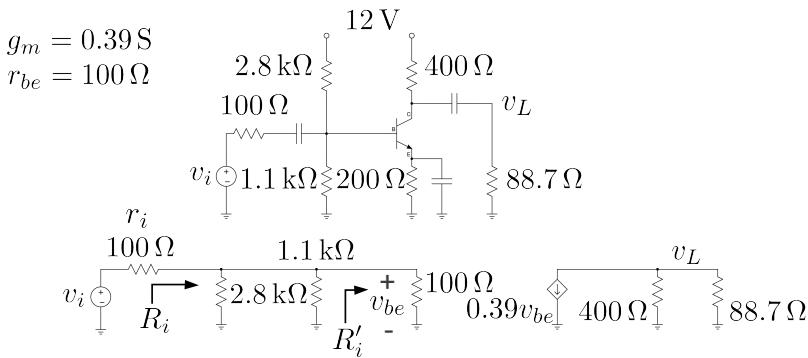
کسر یعنی $\frac{v_{be}}{v_i}$ کا کوئی کردار نہیں۔ آئیں داخلی اشارے کی مزاحمت کا اثر دیکھیں۔ شکل ۳.۱۰۹ میں اس عنصر سے داخلی اشارے کا مزاحمت بھی ثابت مل کیا گیا ہے۔ اس ایمپلینافر کے لئے ہم لکھ سکتے ہیں

$$\begin{aligned} A_{v4} &= \frac{v_L}{v_i} = \frac{v_L}{i_c} \times \frac{i_c}{v_{be}} \times \frac{v_{be}}{v_i} \\ &= -\left(\frac{400 \times 88.76}{400 + 88.76}\right) \times 0.39 \times \left(\frac{R_i}{r_i + R_i}\right) \\ &= -\left(\frac{400 \times 88.76}{400 + 88.76}\right) \times 0.39 \times \left(\frac{88.76}{100 + 88.76}\right) \\ &= -28 \times 0.47 \\ &= -13 \frac{\text{V}}{\text{V}} \end{aligned}$$

جہاں r_i اور R_i کے کردار کی وجہ سے امنڑا اش گزشتہ قیمت کے 0.47 گناہ گئی ہے۔ یاد رہے کہ حقیقت میں r_i ہر صورت موجود ہوتا ہے۔ $A_{v4} = 0.47 A_{v'}$ لکھتے ہوئے ہم دیکھتے ہیں کہ ٹرانزسٹر کے بیس تاکلکسٹر کی امنڑا اش یعنی $\frac{v_L}{v_{be}}$ میں کوئی تبدیلی رونما نہیں ہوئی۔ کل امنڑا اش $\frac{v_L}{v_i}$ میں کی اس وجہ سے پیدا ہوئی کہ ٹرانزسٹر کے بیس تک مکمل داخلی اشارہ نہیں پہنچ پاتا ہیں 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 تاہے جبکہ اس کے غیر موجودگی میں $v_{be} = v_i$ ہوتا ہے۔



شکل ۱۸۔۳: داخلي مزاحمت کا اثر

ان حقائق کو سمجھنے کے بعد زنجیری ایمپلیفیائر پر غور کرتے ہیں۔

۱۸۔۴ زنجیری ایمپلیفیائر

شکل ۱۸۔۴ میں دو کڑی زنجیری ایمپلیفیائر^۹ دکھایا گیا ہے جس میں دو بالکل یکساں ایمپلیفیائز کو جفتھ کپیسٹر C_{j2} کی مدد سے آپس میں جوڑا گیا ہے۔ ایسا کرنے سے ریز اسٹر کا نقطہ کار کردگی متاثر نہیں ہوتا۔ داخلي مزاحمت 100Ω مزاحمت والا داخلي اشارہ v_i جفتھ کپیسٹر C_{j1} کی مدد سے ایمپلیفیائز کی پہلی کڑی کے ساتھ جوڑا گیا ہے جبکہ حناری جبان برقی بوجھ R_L تک C_{j3} کی مدد سے حناری اشارہ پہچایا گیا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ اسی سلسلے میں مزید کڑیاں جوڑتے ہوئے زیادہ کڑیوں والا زنجیری ایمپلیفیائز حاصل کیا جاتا ہے۔ مزید یہ کہ کڑیوں کا یکساں ہونا بالکل ضروری نہیں۔ ہر کڑی مغلق ہو سکتی ہے۔

آئین جلد یک سمت تجزیے کریں۔ چونکہ $V_{th} \approx 2.82 \text{ V}$ اور $r_{th} \approx 790 \Omega$ میں لہذا $I_{CQ} \approx 9.7 \text{ mA}$ ہے۔ یوں $g_m = 0.39 \text{ S}$ اور $100 \Omega \approx r_{be}$ حاصل ہوتے ہیں۔

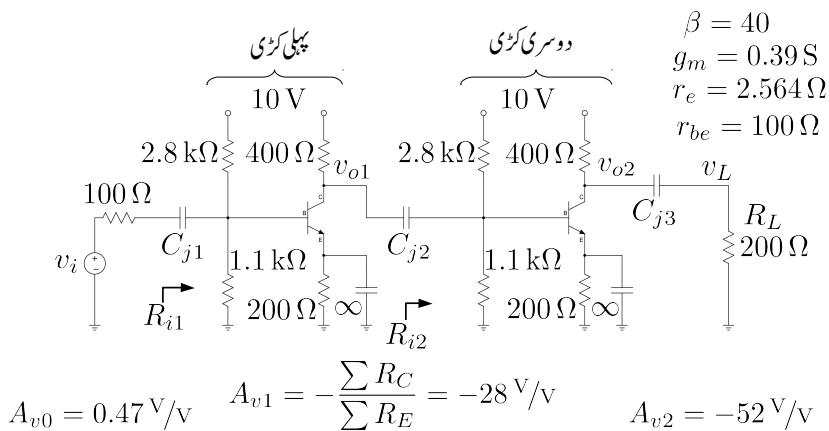
شکل ۱۸۔۴ میں شکل ۱۸۔۳ کا باریک اشارتی مساوی دور دکھایا گیا ہے۔ متوازی مزاحمت کا مجموعہ یعنی

$$2800 \parallel 1100 \parallel 100 = 88.7 \Omega$$

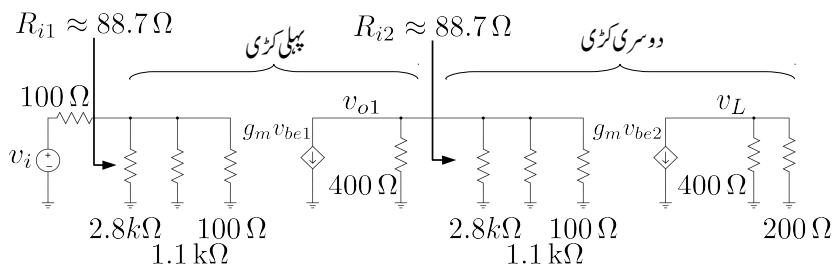
$$400 \parallel 2800 \parallel 1100 \parallel 100 = 72.6 \Omega$$

$$400 \parallel 200 = 133.33 \Omega$$

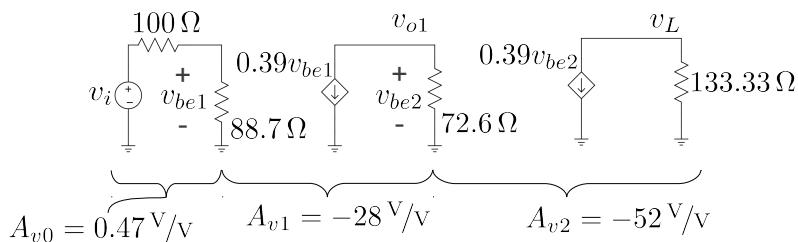
لیتے ہوئے شکل ۱۸۔۳ حاصل ہوتا ہے۔



شکل ۳.۳. دوکری زنجیری اینپلیناژ



شکل ۳.۴: دوکری زنجیری اینپلیناژ کاباریک اشاراتی مساوی دور



شکل ۳.۵: دوکری زنجیری اینپلیناژ کاباریک اشاراتی مساوی دور

اس شکل میں

$$\begin{aligned}\frac{v_L}{v_{o1}} &= \frac{v_L}{v_{be2}} = A_{v2} = -0.39 \times 133.33 = -52 \frac{\text{V}}{\text{V}} \\ \frac{v_{o1}}{v_{be1}} &= \frac{v_{be2}}{v_{be1}} = A_{v1} = -0.39 \times 72.6 = -28 \frac{\text{V}}{\text{V}} \\ \frac{v_{be1}}{v_i} &= A_{v0} = \frac{88.7}{100 + 88.7} = 0.47 \frac{\text{V}}{\text{V}}\end{aligned}$$

لہجہ اسکتے ہے۔ یوں زنجیری ایمپلینگ کی کل افنزاش 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۔

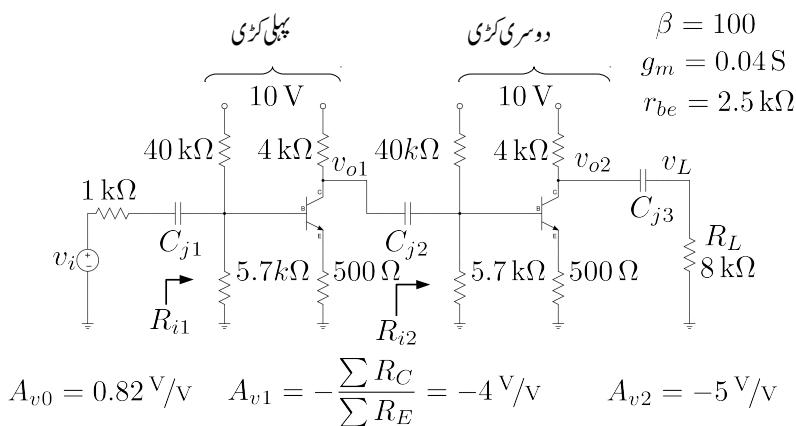
یہاں رکے کر دوبارہ غور کریں۔ شکل ۳.۱۱۳ سے سیدھا شکل ۳.۱۱۳ حاصل کرتے ہوئے کل افنزاش حاصل کی جا سکتی ہے۔ حقیقت میں اس فتدم کی بھی کوئی ضرورت نہیں۔ جیسا کہ شکل ۳.۱۱۳ پر ہی دکھایا گیا ہے، آپ اسی شکل پر ہر کڑی کی افنزاش $\frac{\sum R_C}{\sum R_E}$ حاصل کر سکتے ہیں۔ کیلیو لیشر ۵۰ کی مدد سے شکل کو دیکھتے ہوئے اور $\sum R_E$ اور $\sum R_C$ حاصل کرتے ہوئے افنزاش حاصل کی جا سکتی ہے۔ یوں مشاہدو سری کڑی میں $A_{v2} = -52 \frac{\text{V}}{\text{V}}$ $\sum R_E = r_e = 2.56 \Omega$ $\sum R_C = 133 \Omega$ شکل ۳.۱۱۳ میں پہلے کڑی اور دوسری کڑی کے ایمپلینگوں کے داخلی مزاجمت R_{i1} اور R_{i2} کی وضاحت کی گئی ہے۔ شکل ۳.۱۱۲ میں ان کی قسمتیں

$$\begin{aligned}\frac{1}{R_{i1}} &= \frac{1}{2800} + \frac{1}{1100} + \frac{1}{100} \\ R_{i1} &= 88.7 \Omega\end{aligned}$$

اور

$$\begin{aligned}\frac{1}{R_{i2}} &= \frac{1}{2800} + \frac{1}{1100} + \frac{1}{100} \\ R_{i2} &= 88.7 \Omega\end{aligned}$$

دکھائی گئیں ہیں۔ ایمپلینگ ٹرانزسٹر کے یہ سرے پر پائے جانے والے اشارے کی افنزاش کرتا ہے۔ داخلی جبانب ہم دیکھتے ہیں کہ ٹرانزسٹر کے یہ سرے پر v_i کی وجہ پر $v_i = \frac{88.7 v_i}{100 + 88.7} = 0.47 v_i$ پایا جاتا ہے۔ اشارے کے



شکل ۱۱۲: دو کڑی ز خبیری ایکلینیٹر کا باریک اشاراتی سادہ مساوی دور

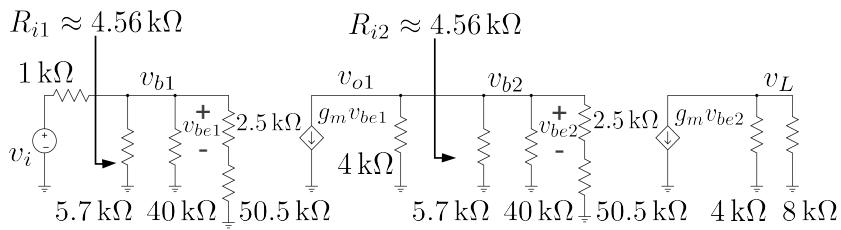
قیمت میں کمی ایکلینیٹر کے داخلی مزاجمت R_{i1} کی بدولت ہے۔ v_i کے نظر نظر سے ایکلینیٹر 88.7Ω کا مزاجمت ہے۔ اسی طرح پہلی کڑی کے ایکلینیٹر کو دوسرا ایکلینیٹر بطور مزاجمت R_{i2} نظر آتا ہے۔

یہاں ایک مرتبہ دوبارہ مساوات ۱۱۳.۲۳۹ اور ۱۱۳.۲۴۰ پر نظر ڈالیں جہاں ایک کڑی کے ایکلینیٹر پر تجزیہ کرتے ہوئے حنارتی جناب بر قی بوجھ لادنے کے اثرات پر غور کیا گی۔ شکل ۱۱۳.۲۴۰ کے دوسری کڑی کے اندازش پر 200Ω بر قی بوجھ کا اثر بالکل ایسا ہی ہے جیسے شکل ۱۱۳.۱۰۹ میں 200Ω کے بوجھ کا ہے۔ اسی طرح شکل ۱۱۳.۱۰۹ میں پہلی کڑی پر دوسری کڑی کے 88.76Ω کے داخلی مزاجمت کا اثر شکل ۱۱۳.۱۰۹ میں 88.76Ω کے بوجھ کی طرح ہے۔

جیا کہ آپ جانتے ہیں کہ $A_v \approx -\frac{\sum R_C}{\sum R_E}$ ہوتا ہے لہذا ازیادہ β کے ٹرانزسٹر استعمال کرنے سے دوسری کڑی کی اندازش نہیں بڑھتی البتہ ایسا کرنے سے دوسری کڑی کا داخلی مزاجمت ضرور بڑھتا ہے جس سے پہلی کڑی کی اندازش بڑھتی ہے۔

مثال ۱۱۳.۵۰: شکل ۱۱۳.۱۱۵ میں $A_v = \frac{v_L}{v_i}$ حاصل کریں۔

حل: شکل ۱۱۳.۱۱۵ میں اس کا مساوی دور دکھایا گیا ہے جہاں سے $R_{i1} = R_{i2} = 4.56 \text{ k}\Omega$ حاصل



شکل ۱۱۵.۳: دو کری زنجیری ایکلینیک کا باریکے اشاراتی مساوی دور

ہوتے ہیں۔ اسی طرح ان دونوں اشکال میں سے کسی بھی سے مندرجہ ذیل لکھا جاسکتا ہے۔

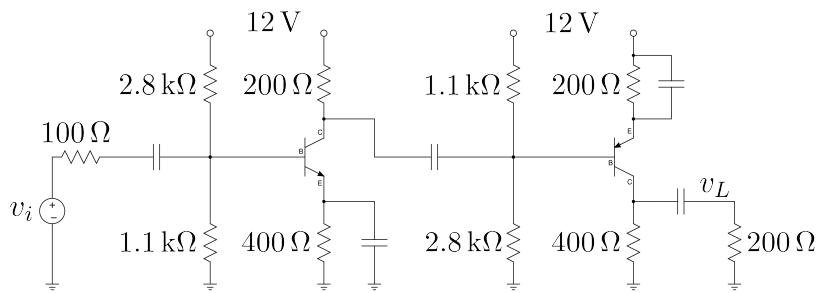
$$\begin{aligned} A_{v0} &= \frac{v_{b1}}{v_i} = \frac{4560}{4560 + 1000} = 0.82 \frac{\text{V}}{\text{V}} \\ A_{v1} &= \frac{v_{o1}}{v_{b1}} = -0.04 \times \frac{4000 \times 4560}{4000 + 4560} \times \frac{2500}{2500 + 50500} = -4 \frac{\text{V}}{\text{V}} \\ A_{v2} &= \frac{v_L}{v_{b2}} = -0.04 \times \frac{4000 \times 8000}{4000 + 8000} \times \frac{2500}{2500 + 50500} = -5 \frac{\text{V}}{\text{V}} \end{aligned}$$

لبذا

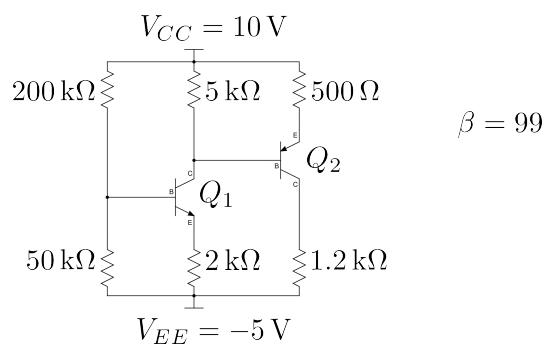
$$\begin{aligned} A_v &= \frac{v_L}{v_i} = \frac{v_L}{v_{b2}} \frac{v_{o1}}{v_{b1}} \frac{v_{b1}}{v_i} \\ &= (-5) (-4) (0.82) = 16.4 \frac{\text{V}}{\text{V}} \end{aligned}$$

مثال ۱۱۵.۴: شکل ۱۱۳.۳ میں دوسری کڑی \$pnp\$ سے بناتے ہوئے شکل ۱۱۶.۳ حاصل ہوتا ہے۔ اس پر اچھی طرح غور کریں۔ شکل ۱۱۳.۳ پر بحث کی گئی اور اس کے تمام مساوات موجودہ دور پلاگ ہوتے ہیں۔

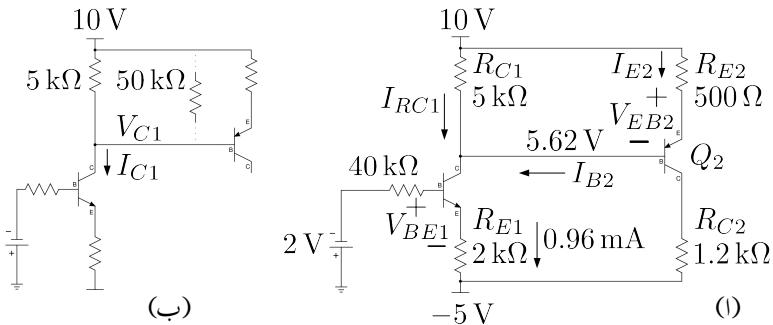
مثال ۱۱۵.۵: شکل ۱۱۷.۳ میں دو کڑی زنجیری یکے سمت رو ایکلینیک دکھایا گیا ہے۔ اس کے تمام یکے سمت تغیرات ٹھیک ٹھیک حاصل ہوں گے۔ دونوں ٹرانزیستر کا \$\beta = 99\$ ہے۔



شکل ۱۱.۳. دو کری زنجیری اینپلیگاز



شکل ۱۱.۴. دو کری یک سمت زنجیری اینپلیگاز



شکل ۱۸۔۳: دو کڑی یک سمت زنجیری ایمپلینیٹر

حل: Q_1 کے داخلی جانب مسئلہ تھونن کی مدد سے

$$V_{th} = \left(\frac{50000}{200000 + 50000} \right) \times [10 - (-5)] - 5 = -2 \text{ V}$$

$$R_{th} = \frac{50000 \times 200000}{50000 + 200000} = 40 \text{ k}\Omega$$

حاصل ہوتے ہیں جنہیں استعمال کرتے ہوئے شکل ۱۸۔۳ میں میں Q_1 کے داخلی جانب کرخوف کے متاثر بر قی دباؤ کی مدد سے

$$2 + 40000 \times I_B + 0.7 + 2000 \times I_E - 5 = 0$$

لہجہ جاتا ہے جس میں $I_B = \frac{I_E}{\beta+1}$ پر کرنے سے

$$I_{E1} = \frac{5 - 2 - 0.7}{\frac{40000}{99+1} + 2000} = 0.95833 \text{ mA}$$

$$I_{C1} = \frac{\beta}{\beta + 1} I_{E1} = 0.94875 \text{ mA}$$

حاصل ہوتے ہیں۔ یوں

$$\begin{aligned} V_{E1} &= I_{E1} R_{E1} - 5 \\ &= 0.95833 \times 10^{-3} \times 2000 - 5 \\ &= -3.08 \text{ V} \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے۔ Q_1 کے گلٹر جناب برقی رو I_{C1} کے دو راستے میں۔ پہلا راستہ R_{C1} کے ذریعے اور دوسرا راستہ Q_2 سے ہوتے ہوئے R_{E2} کے ذریعے۔ یوں کرنوف کے قانون 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۔ پہلا راستے پر

$$(3.232) \quad V_{C1} = V_{B2} = 10 - I_{RC1}R_{C1} = 10 - 5000I_{RC1}$$

جبکہ دوسرے 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 بالا میں مساوات کو حاصل کرتے ہیں۔ مساوات ۳.۲۳۲ اور ۳.۲۳۳ کو برائے لکھتے ہیں۔

$$10 - 5000I_{RC1} = 9.3 - 50000I_{B2}$$

$$5000I_{RC1} - 50000I_{B2} - 0.7 = 0$$

مساوات ۳.۲۳۱ سے I_{RC1} حاصل کرتے ہوئے اس مساوات میں پر کرتے ہیں

$$5000 \left(0.94875 \times 10^{-3} - I_{B2} \right) - 50000I_{B2} - 0.7 = 0$$

جس سے

$$I_{B2} = 73.5 \mu\text{A}$$

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 پر

$$V_{E2} = V_{B2} + V_{EB2} = 5.62 + 0.7 = 6.32 \text{ V}$$

$$V_{C2} = -5 + I_{C2}R_{C2} = -5 + 7.28 \times 10^{-3} \times 1200 = 3.736 \text{ V}$$

$$V_{EC2} = V_{E2} - V_{C2} = 6.32 - 3.736 = 2.584 \text{ V}$$

حاصل ہوتے ہیں۔ یوں Q_2 انفرز اسٹرڈ ہے اور حاصل کردہ جو ابادت 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 عسٹر انفرز اسٹر Q_2 کے بیس جانب R_{C1} کے متوازی جوڑا ہے۔ یوں ان کا مجموعہ $(\beta + 1) R_{E2}$

$$\frac{(\beta + 1) R_{E2} R_{C1}}{(\beta + 1) R_{E2} + R_{C1}} = 4.545 \text{ k}\Omega$$

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

$$V_{E2} = V_{B2} + V_{EB2} = 5.644 + 0.7 = 6.344 \text{ V}$$

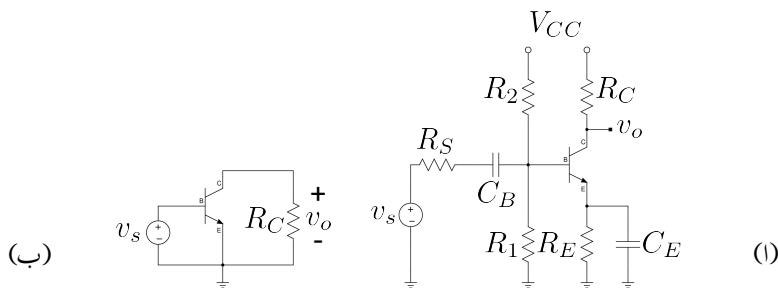
$$I_{E2} = \frac{V_{CC} - V_{E2}}{R_{E2}} = \frac{10 - 6.344}{500} = 7.312 \text{ mA}$$

$$V_{C2} = -5 + I_{E2} R_{C2} = -5 + 7.312 \times 10^{-3} \times 1200 = 3.774 \text{ V}$$

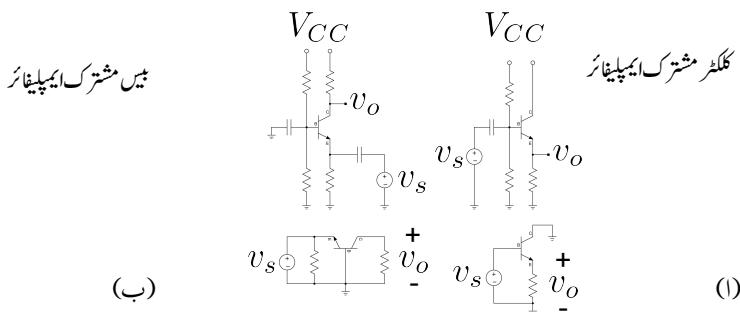
$$V_{EC2} = V_{E2} - V_{C2} = 6.344 - 3.774 = 2.57 \text{ V}$$

۳.۱۹ بیمٹر مشترک، گلکٹر مشترک اور بیس مشترک ایمپلینیٹر

شکل اف میں ایمپلینیٹر دکھایا گیا ہے۔ شکل ب میں انفرز اسٹر مائل کرنے والے رکن نے دکھاتے ہوئے اسی کا بدلہ رکن 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 S کو بھی نظر انداز کیا گیا ہے تاکہ اصل نقطے پر نظر رکھا تزاہ آسان ہو۔ اس شکل سے صاف طبیور ہے کہ داخلی اشارے کو انفرز اسٹر کے بیس B اور بیمٹر E کے مابین مہیا کیا گیا ہے جبکہ خارجی اشارے کو گلکٹر C اور بیمٹر E کے مابین سے حاصل کیا جاتا ہے۔ یوں انفرز کا بیمٹر E مشترک کے سرا ہے۔ اس طرز کے ایمپلینیٹر کو مشترکہ ایمٹر ایمپلینیٹر یا ایمٹر مشترکہ ایمپلینیٹر کے نام پکارا جاتا ہے۔ اگر شکل اف میں کپیٹر C_E استعمال نہ کیا جاتا تب انفرز کا بیمٹر برقی زمین پر نہ ہوتا اور شکل ب میں داخلی اشارہ بیس اور برقی زمین کے مابین مہیا کیا جاتا۔ ایسی صورت میں بھی اسے ایمٹر مشترکہ ایمپلینیٹر یا پکارا جاتا ہے۔ اس باب میں اب تک حصے ایمپلینیٹر دیکھے گئے وہ تمام ایمٹر مشترکہ ایمپلینیٹر ہیں۔



شکل۔۳۔۱۱۹: بیم مشترک ایمپلیفیائر



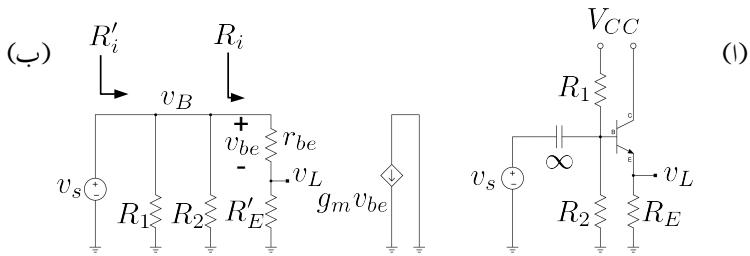
شکل۔۳۔۱۲۰: بیس مشترک اور گلکٹر مشترک ایمپلیفیائر

شکل۔۳۔۱۲۰ میں گلکٹر مشترک^{۵۲} اور اس کے نیچے اس کا مساوی باریک اشاراتی دور جبکہ شکل ب میں بیم مشترک^{۵۳} ایمپلیفیائز اور اس کے نیچے اس کا مساوی دور دکھائے گئے ہیں۔ ان ایمپلیفیائز میں کہیں بھی اگر مشترک کے سرے اور بر قی ز میں کے مابین مزاحمت و غنیرہ نسب ہوتا، انہیں تب کہی انہیں ناموں سے پکارا جاتا۔

مثال ۳۔۵۳: شکل ۳۔۱۲۱ 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^{۵۴}
common base^{۵۵}



شکل ۱۹.۳: ملٹر مشترک

$R'_i \parallel R_i, A_v = \frac{v_L}{v_s}$ حاصل کریں۔

حل: شکل ب میں مادی باریک اشارتی دو کھایا گیا ہے جس کا R'_E ٹرانزستر کے تیس جناب کا کلس یعنی $(\beta + 1) R_E$ ہے۔

$$\begin{aligned} A_v &= \frac{v_L}{v_s} = \frac{v_L}{v_B} \times \frac{v_B}{v_s} \\ &= \frac{R'_E}{r_{be} + R'_E} \\ &= \frac{(99+1) \times 1000}{1000 + (99+1) \times 1000} \\ &= 0.99 \frac{\text{V}}{\text{V}} \approx 1 \frac{\text{V}}{\text{V}} \end{aligned}$$

جسکہ

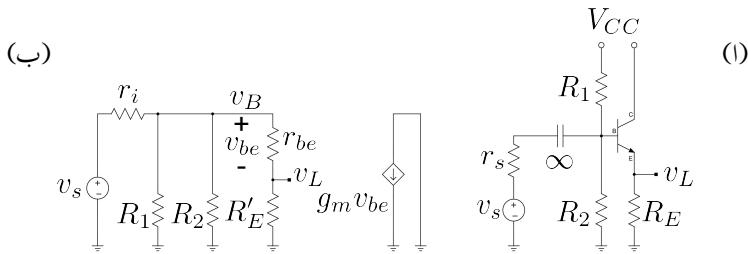
$$R_i = r_{be} + R'_E = 1000 + 100000 = 101 \text{ k}\Omega$$

اور

$$\begin{aligned} R'_i &= R_1 \parallel R_2 \parallel R_i \\ &= R_1 \parallel R_2 \parallel (\beta + 1) R_E \end{aligned}$$

یعنی

$$\begin{aligned} \frac{1}{R'_i} &= \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_i} \\ &= \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{r_{be} + (\beta + 1) R_E} \\ R'_i &= 8.34 \text{ k}\Omega \end{aligned}$$



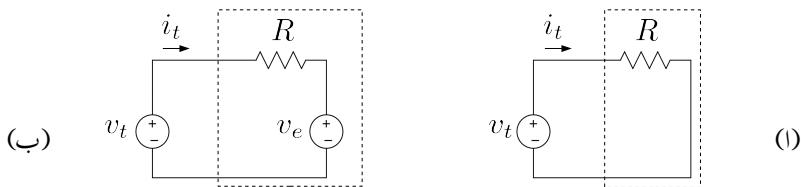
شکل ۳.۱۲۲: گلکٹر مشرک کی دوسری مثال

پہلے۔

مثال ۳.۵۲: شکل ۳.۱۲۲ میں $r_i = 5 \text{ k}\Omega$ ہے جبکہ قیامت مختیرات 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 گلکٹر مشرک کے ایمپلینیٹر کی افتزاں برقرار رکھنے والے تقریباً ایک کے برابر ہے۔ یوں ہم کہہ سکتے ہیں کہ حنارتی اشارہ خوش اسلوبی سے داخلی اشارے کی پسیروی کرتا ہے۔ اسی سے اس ایمپلینیٹر کو یہ دکار ۵۷ بھی پکارا جاتا ہے۔ ہم نے یہ بھی دیکھا کہ R_1 اور R_2 کی وجہ سے داخلی مزاجمت ۱۰۱ $\text{k}\Omega$ سے کم ہو کر صرف ۸.۳۴ $\text{k}\Omega$ رہ گئی۔ مثال ۳.۵۲ میں اسی کی وجہ سے افتزاں بہت کم ہو گئی۔ آئیں داخلی مزاجمت بڑھانے کا ایک طریقہ دیکھیں۔



شکل ۳.۱۲۳: داخنی مزاحمت بڑھانے کا طریقہ

شکل ۳.۱۲۳ االف میں نقطہ دار لکیہر میں بند دور کا داخنی مزاحمت حاصل کرنے کی حالت اس پر بر قی دباؤ لگو کی جاتی ہے۔ بر قی رو i_t ناپ کر دا خنی 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 داخنی مزاحمت کی قیمت R حاصل ہوتی ہے۔ آئینہ یہی طریقہ شکل ب کے دور پر استعمال کرتے ہوئے اس کا داخنی مزاحمت حاصل کریں۔ v_t کو لگو کرنے سے $v_t - v_e$ بر قی رو ناپا جائے گا۔ تصور کریں کہ کسی طریقے سے $v_e = 0.9v_t$ کے برابر ہتے ہے۔ یہ $i_t = \frac{v_t - v_e}{R}$

$$i_t = \frac{v_t - 0.9v_t}{R} = \frac{0.1v_t}{R}$$

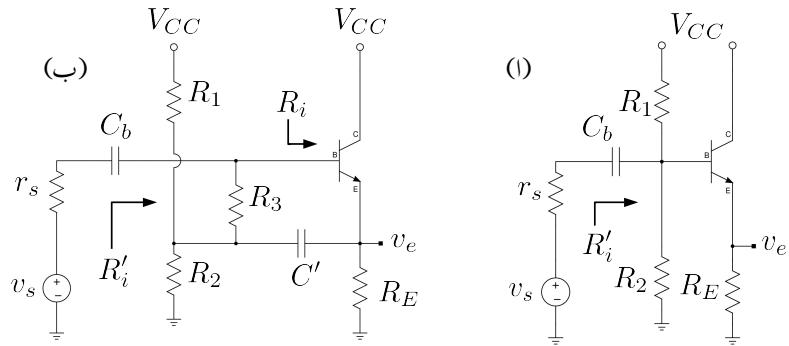
ناپی جائے گی جس سے داخنی مزاحمت

$$\frac{v_t}{i_t} = \frac{R}{0.1} = 10R$$

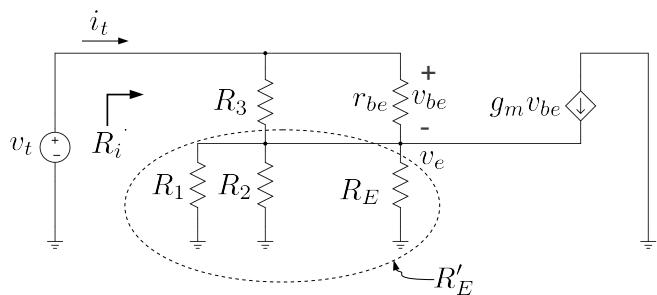
حاصل ہوتا ہے۔ آپ نے دیکھا کہ نقطہ دار لکیہر میں بند دور میں پائے جبانے والے بر قی دباؤ v_e کی وجہ سے داخنی مزاحمت و سس گا بڑھ گئی ہے۔ اگر $v_e = 0.99v_t$ ہو تو اسکے برابر داخنی مزاحمت سو گن بڑھ جاتی۔ ہم جانتے ہیں کہ گلکشہ مشترک ایپلیفیاٹر کی افسزاں تقریباً ایک کے برابر ہے یوں اس کے لیکھ پر v_e تقریباً اس کے نیس پر v_b کے برابر ہوتا ہے۔ اس حقیقت کو استعمال کرتے ہوئے گلکشہ مشترک ایپلیفیاٹر کی داخنی مزاحمت بڑھانی جا سکتی ہے۔ آئینہ مندرجہ ذیل مثال میں ایسا ہوتے دیکھیں۔

مثال ۳.۵۵: شکل ۳.۱۲۲ االف میں گلکشہ مشترک ایپلیفیاٹر کھایا گیا ہے جس میں کچھ تبدیلی کرتے ہوئے شکل ب حاصل کی گئی ہے۔ ثابت کریں کہ شکل ۳.۱۲۲ ب میں دکھائے گئے دور سے داخنی 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 ۳.۱۲۴: گلڈر مشترک کا داخلی مزاحمت بڑھایا گیا ہے



شکل ۳.۱۲۵: مسادی دور

حل: شکل ۳.۱۲۵ میں مساوی باریکے اس طرزی دور دکھایا گیا ہے۔ جو v_e پر کر خون کے وفاون برائے بر قی رو

$$(3.233) \quad \frac{v_e - v_t}{R_3} + \frac{v_e - v_t}{r_{be}} + \frac{v_e}{R_1} + \frac{v_e}{R_2} + \frac{v_e}{R_E} = g_m (v_t - v_e)$$

لکھا جاسکتا ہے۔ شکل میں کہا گیا ہے۔ اس طرح

$$\frac{1}{R'_E} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_E}$$

لکھتے ہوئے مساوات ۳.۲۳۳ کو یوں

$$\frac{v_e - v_t}{R_3} + \frac{v_e - v_t}{r_{be}} + \frac{v_e}{R'_E} = g_m (v_t - v_e)$$

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

$$v_e = \left(\frac{\frac{1}{R_3} + \frac{1}{r_{be}} + g_m}{\frac{1}{R_3} + \frac{1}{r_{be}} + \frac{1}{R'_E} + g_m} \right) v_t$$

ح صل کرتے ہیں۔ مساوات ۳.۱۸۸ کے استعمال سے اسے یوں لکھا جاسکتا 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 برائے کرنے پر قیمت کی

$$\begin{aligned} i_t &= \left[v_t - \left(\frac{\frac{1}{R_3} + \frac{\beta+1}{r_{be}}}{\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R'_E} + \frac{\beta+1}{r_{be}}} \right) v_t \right] \left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{r_{be}} \right) \\ &= \left[\frac{\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R'_E} + \frac{\beta+1}{r_{be}} - \frac{1}{R_3} - \frac{\beta+1}{r_{be}}}{\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R'_E} + \frac{\beta+1}{r_{be}}} \right] \left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{r_{be}} \right) v_t \\ &= \left[\frac{\frac{1}{R_3} + \frac{1}{r_{be}}}{R'_E \left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R'_E} + \frac{\beta+1}{r_{be}} \right)} \right] v_t \end{aligned}$$

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 یوں 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 ۳.۱۲۲ اف سے داخلی مزاحمت کی قیمت

$$R_1 \parallel R_2 \parallel \left[r_{be} + (\beta+1)R_E \right]$$

حاصل ہوتی ہے جو ہر صورت میں ہے
وی گنی یقینیں پر کرنے سے شکل ۳.۱۲۲ اف کے لئے

$$R_1 \parallel R_2 \parallel \left[r_{be} + (\beta+1)R_E \right] = 900 \Omega$$

جبکہ دیگئی تیتوں سے 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 ملک مشترک ایپلیناٹر کی $\Omega = 900$ کے داخلی مزاحمت سے بہت زیادہ ہے۔ اس جواب سے یہ حقیقت بھی سامنے آتی ہے کہ $\frac{r_{be}R'_E}{R_3}$ کو ظفر انداز کیا جاتا ہے لہذا مساوات کو ۳.۲۲۶

$$(3.227) \quad R'_i \approx r_{be} + (\beta + 1) R'_E$$

لکھا جاتا ہے۔ اس مساوات کو یاد رکھنا نہایت آسان ہے۔ شکل ۳.۱۲۲ ب کو دیکھتے ہوئے صاف ظاہر ہے کہ R'_i دراصل دو متوازی جبڑے مزاجتوں کا مجموعہ ہے۔ اس کا ایک حصہ R_3 اور اس کے ساتھ مسلک احوزاء جبکہ اس کا دوسرا حصہ ٹرانزسٹر کے یہیں پر داخلی مزاحمت i_i -چونکہ R_3 کے دونوں سرروں پر قدریہا برابر برقی دباؤ رہتا ہے لہذا اس کی مزاحمت کو لامحہ دو تصور کرتے ہوئے ظفر انداز کیا جاتا ہے۔ یوں داخلی مزاحمت i_i اور R'_i برابر ہوں گے۔ C' کو قصر دور تصور کرتے ہوئے ہم دیکھتے ہیں کہ ٹرانزسٹر کے بیٹری پر کل R_E یعنی $R'_E R_1 \parallel R_2 \parallel R_E$ مزاحمت نہ ہے۔ یوں ٹرانزسٹر کے یہیں پر داخلی مزاحمت i_i کے $r_{be} + (\beta + 1) R'_E$ ہو گی جو مطلوب جواب ہے۔

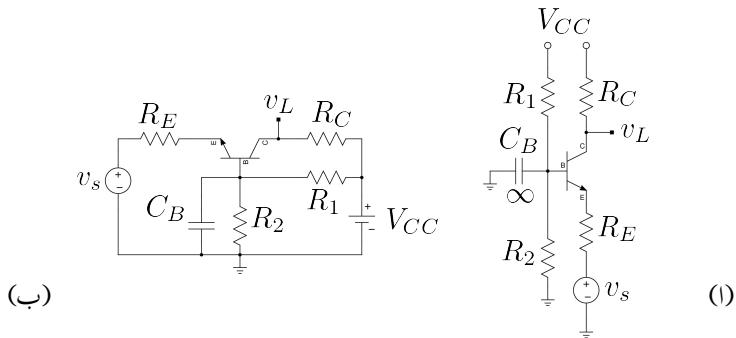
مثال ۳.۵۶۔ شکل ۳.۱۲۶ اف میں یہیں مشترک ایپلیناٹر دکھایا گیا ہے۔ اسے عموماً شکل ب کے طرز پر بنایا جاتا ہے جیساں داخلی جبانب کو باعث ہاتھ اور حسارتی جبانب کو داعیہ ہاتھ پر دکھایا گیا ہے۔ $A_i = \frac{i_L}{i_s}$ اور $A_v = \frac{v_s}{v_s}$ حاصل کریں۔

حل: شکل ۳.۱۲۷ میں ٹرانزسٹر کا μ -ریاضی نمونہ استعمال کرتے ہوئے اس کا باریک اشاراتی مساوی دور دکھایا گیا ہے۔ صفحہ ۲۸۶ پر شکل ۳.۷۷ میں μ -ریاضی نمونہ دکھایا گیا ہے۔ یہیں مشترک ایپلیناٹر کو μ -ریاضی نمونہ سے حل کرنا زیادہ آسان ثابت ہوتا ہے۔ اس شکل میں

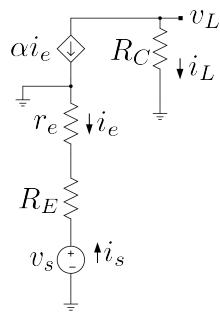
$$i_s = \frac{v_s}{R_E + r_e}$$

ہے۔ یوں

$$i_e = -is = -\frac{v_s}{R_E + r_e}$$



شکل ۱۲۶: بیس مشترک ایمپلیفائز



شکل ۳.۱۲: بیس مشترک این پلیگانتر باریک 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 تیس مشترک ایپلیناٹ برقی دباؤ کی افزاں کر پاتا ہے جبکہ اس کی برقی روکی افزاں α کے برابر ہے۔

مثال ۳.۲۸: شکل ۳.۲۸ میں بھر مشترک اور تیس مشترک کا نجیری ایپلیناٹ دکھایا گیا ہے جس میں

$$R_1 = 20 \text{ k}\Omega, \quad R_2 = 160 \text{ k}\Omega, \quad R_{E1} = 1 \text{ k}\Omega$$

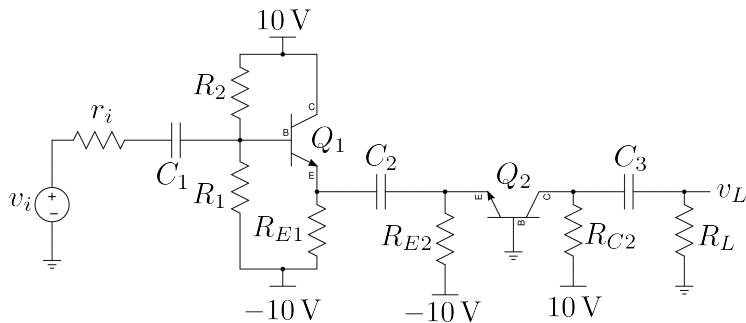
$$R_{E2} = 9.3 \text{ k}\Omega, \quad R_{C2} = 5 \text{ k}\Omega, \quad R_L = 5 \text{ k}\Omega$$

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

ہیں جبکہ ترانزستر کا $\beta = 99$ ہے۔ $A_v = \frac{v_L}{v_i} = \frac{R_L}{R_{E1}} \cdot \frac{R_{C2}}{R_{E2}} \cdot \frac{1 + \beta}{\beta + 1}$ تام کپیٹر ویں کی قیمت لامبدو تصور کریں۔
حل: پہلے یہ سست مقیدات حاصل کرتے ہیں۔ ایسا کرتے ہوئے تام کپیٹر کھلے دور کردار ادا کریں گے۔ یوں دونوں ایپلیناٹ کو مکمل طور پر عیحدہ سمجھ کر حل کی جائے گا۔ پہلے Q_1 پر مبنی بھر مشترک 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۔۱۲۸: بڑا نسٹر اور یہیں مشرک کا زنجیری اینپلیفیاٹر

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 یہیں مشرک کو حل کرتے ہیں۔

$$I_C \approx I_{E2} = \frac{V_B - V_{BE} - V_{EE}}{R_E} = \frac{0 - 0.7 + 10}{9300} = 1 \text{ mA}$$

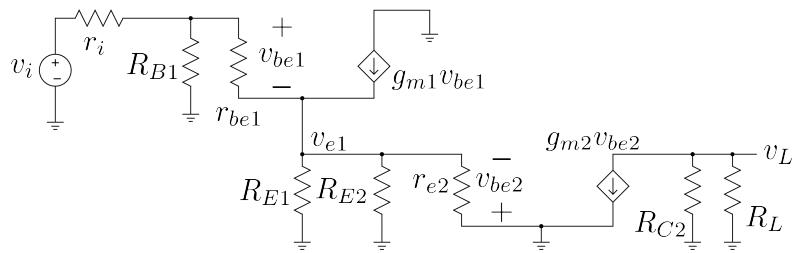
اور یوں

$$g_{m2} = \frac{1 \times 10^{-3}}{25 \times 10^{-3}} = 40 \text{ mS}$$

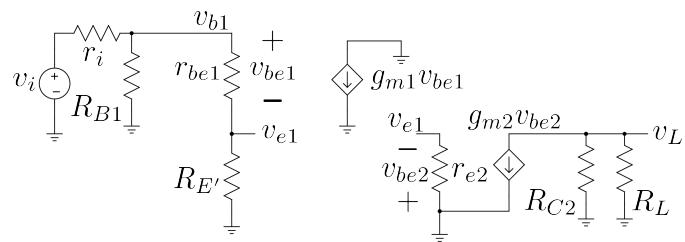
$$r_{e2} \approx \frac{1}{g_{m2}} = \frac{1}{0.04} = 25 \Omega$$

حاصل ہوتے ہیں۔

بڑا نسٹر کے لئے پائے ریاضی نوونت جبکہ یہیں مشرک کے لئے لٹھ ریاضی نوونت کے طرز پر بناتے ہوئے زنجیری اینپلیفیاٹر کا باریک اشاراتی مساوی دور شکل ۳۔۱۲۹ میں دکھایا گیا ہے۔ R_{E2}, R_{E1} اور r_{e2} متوالی حصے ہیں جن کا مساوی مزاجحت $\Omega = 24$ بتاہے۔ اس کو $(\beta + 1)$ سے ضرب دیتے ہوئے بڑا نسٹر مشرک کے پائے ریاضی نوونت میں داخلی اور خارجی دائروں کو علیحدہ کیا جاسکتا ہے۔ ایسا کرتے ہوئے شکل ۳۔۱۳۰ میں دکھایا گیا ہے۔



شکل ۱۹.۲۹: بھر مشترک اور بیس مشترک کا نجیبیری ایپلیکیشن کا مادی باریکے اشاراتی دور



شکل ۱۹.۳۰

حاصل ہوتا ہے جہاں $R'_E = 2.4 \text{ k}\Omega$ کو $\beta + 1$ کے ساتھ $\times 24$ یوں

$$A_v = \frac{v_L}{v_i} = \frac{v_L}{v_{be2}} \times \frac{v_{be2}}{v_{e2}} \times \frac{v_{e2}}{v_{b1}} \times \frac{v_{b1}}{v_i}$$

لکھا جا سکتا ہے۔ شکل کو دیکھتے ہوئے

$$\frac{v_L}{v_{be2}} = -g_{m2} (R_C \parallel R_L) = -0.04 \left(\frac{5000 \times 5000}{5000 + 5000} \right) = -100$$

$$\frac{v_{be2}}{v_{e2}} = -1$$

$$\frac{v_{e2}}{v_{b1}} = \frac{R'_E}{r_{be1} + R'_E} = \frac{2400}{1938 + 2400} = 0.553$$

لکھا جا سکتا 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

$$A_v = (-100)(-1) \times 0.553 \times 0.777 = 43 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

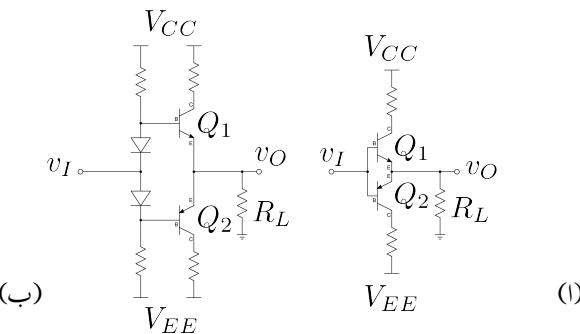
حاصل ہوتا ہے۔

۳.۲۰ خطی لحاظ سے ایمپلیفایر کی درجہ بندی

اب تک تمام ایمپلیفایر میں ٹرانزسٹر کے نقطے کارکردگی کو یوں رکھا گیا کہ ٹرانزسٹر تمام اور تاتھی خط میں رہے۔ ایسا ایمپلیفایر جو 360° زاویے کے اشارے کو بڑھانے کی صلاحیت رکھتا ہے درجہ الف ^{۵۵} کا ایمپلیفایر کہلاتا ہے۔ داخلی اشارے کے عدم موجودگی میں بھی ایسے ایمپلیفایر میں I_{CQ} بر ق روگزرتی ہے جس سے ٹرانزسٹر میں طاقت کا ضیاء پایا جاتا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ بیٹری سے چلنے والے آلات کے لئے ایسا اقطاعات ایں قبول نہیں۔ ^{۵۶}

^{۵۵} آپ کبھی نہیں چاہیں گے کہ آپ کے موبائل کی بیسٹری بغیر استعمال کے ختم ہو جائے۔

class A ^{۵۶}



شکل ۳.۳: درجہ بندی ایکلینیٹر

ثرانز سٹر کے نقطہ کار کردگی کو پالو کر، V_{CE} سے فدر نیچر کھنے سے $I_{CQ} \approx 0$ کا جا سکتا ہے۔ $n-p-n$ ٹرانز سٹر کی صورت میں، مثبت اشارے کی موجودگی میں ٹرانز سٹر چالو ہو جاتا ہے اور ایکلینیٹر کام کرنا شروع کر دیتا ہے جبکہ منفی اشارے کی صورت میں ٹرانز سٹر مقطوع رہتا ہے اور یوں ایسا ایکلینیٹر منفی اشارہ بڑھانے کی صلاحیت نہیں رکھتا۔ $p-n-p$ ٹرانز سٹر کی صورت میں ایسا ایکلینیٹر صرف منفی اشارے کو بڑھانے کی صلاحیت رکھتا ہے۔ ایسا ایکلینیٹر جو 180° زاویے پر اشارہ بڑھا سکے درجہ بندی $^{\text{م}}$ ایکلینیٹر کہلاتا ہے۔

شکل ۳.۱۳ اف میں دو عدد درجہ بند ایکلینیٹر جوڑتے ہوئے ایک ایکلینیٹر تختیق دیا گیا ہے جو 360° زاویے پر کام کرتا ہے۔ داخلی اشارے کی عدم موجودگی میں $V_{BE} = V_{EB} = 0V$ ہوتا ہے۔ یوں دونوں ٹرانز سٹر مقطوع رہتے ہیں اور ان میں طاقت کا ضایع نہیں پایا جاتا۔ مثبت اشارے کی صورت میں Q_1 چالو ہو جاتا ہے جبکہ منفی اشارے کی صورت میں Q_2 چالو ہو جاتا ہے۔ یوں $v_O \approx 0.7V$ حاصل ہوتا ہے۔ اگر داخلی اشارہ کم ہوتے تو ٹرانز سٹر چالوں ہو یائیں گے۔ شکل ب میں اس مسئلے کو حل کرنا دکھایا گیا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ دونوں ڈائیوڈ سیدھے مائل ہیں اور یوں ان پر تقریباً $0.7V$ پایا جائے گا۔ یوں معمولی مثبت جیٹ پر ہی Q_1 چالو ہو جائے گا اور اسی طرح معمولی منفی جیٹ پر Q_2 چالو ہو جائے گا۔

درجہ بند ایکلینیٹر کے خارجی اشارے کی شکل بگری ہوتی ہے۔ اس کی شکل درست کرنے کی حراطر درجہ بند اور درجہ بند کی درمیانی صورت اختیار کی جاتی ہے جہاں ایکلینیٹر 180° سے فدر زیادہ زاویے تک کام کرے۔ ایسے ایکلینیٹر کو درجہ الف۔ بے 58 ایکلینیٹر کہا جاتا ہے۔

درجہ بند ایکلینیٹر سے مراد ایسا ایکلینیٹر ہے جو 180° سے کم زاویے پر کام کرتا ہو۔ ایسے ایکلینیٹر انتہائی بلند تعداد 60 پر استعمال کے جاتے ہیں جہاں ٹرانز سٹر کے خارجی جناب LC کی مدد سے درکار خارجی اشارہ پیدا کیا جاتا ہے۔ درجہ بند 59 ایکلینیٹر سے مراد ایسا ایکلینیٹر ہے جس میں ٹرانز سٹر بطور سوچ کام کرتا ہو۔ ٹرانز سٹر یا مکمل چالو اور یا

پھر مکمل منقطع رہتا ہے۔

۳.۲۱ ٹرانزسٹر سے ڈائیوڈ کا حصول

محض ادوار میں حقیقت میں ڈائیوڈ از خود نہیں بنایا جاتا بلکہ اس کی جگہ ٹرانزسٹر بنایا جاتا ہے اور اس ٹرانزسٹر کے نیس کو گلکشیر کے ساتھ جوڑ کر بطور ڈائیوڈ استعمال کیا جاتا ہے۔ شکل ۳.۱۳۲ اف میں npn استعمال کرتے ہوئے ڈائیوڈ حاصل کیا گیا ہے۔ ساتھ ہی ڈائیوڈ دکھا کر ٹرانزسٹر سے حاصل ڈائیوڈ کی سمت دکھائی گئی ہے۔ چونکہ ٹرانزسٹر کے نیس اور گلکشیر آپس میں جب تے ہیں لہذا $v_{BE} = v_{CE}$ ہو گا اور یہ بالکل ایک ڈائیوڈ کی طرح ہی کردار ادا کرے گا۔ آئیں اس ڈائیوڈ کا باریکے اشاراتی داخلی مزاجمت حاصل کریں۔ ایسا کرنے کی خاطر ٹرانزسٹر کے گلکشیر اور لیکٹر کے مابین i_t بر قی دباؤ مہیا کرتے ہوئے i_t کا حساب لگاتے ہیں۔ ڈائیوڈ کی داخلی مزاجمت $\frac{v_t}{i_t}$ ہو گی۔ شکل ب میں ٹرانزسٹر کا پائے ریاضی نمونہ استعمال کرتے ہوئے مساوی باریکے اشاراتی دور دکھایا گیا ہے جس کو کچھ کہاں لکھ سکتے ہیں

$$i_t = \frac{v_t}{r_{be}} + g_m v_{be}$$

$$v_{be} = v_t$$

جن سے

$$i_t = \frac{v_t}{r_{be}} + g_m v_t$$

$$= \left(\frac{1 + g_m r_{be}}{r_{be}} \right) v_t$$

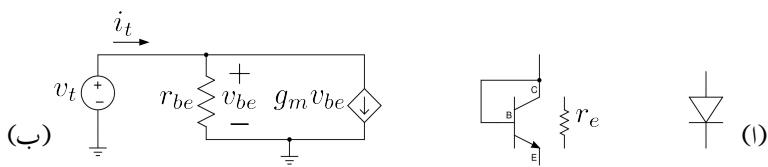
$$= \left(\frac{1 + \beta}{r_{be}} \right) v_t$$

حاصل ہوتا ہے جہاں دوسرے مقدم پر $g_m r_{be} = \beta$ ہے۔ یوں

$$(3.138) \quad \frac{v_t}{i_t} = \frac{r_{be}}{1 + \beta} = r_e$$

حاصل ہوتا ہے جہاں $r_e = \frac{r_{be}}{\beta + 1}$ کا استعمال کیا گیا۔ اس مساوات سے ڈائیوڈ کا باریکے اشاراتی داخلی مزاجمت r_e حاصل ہوتا ہے۔ شکل ۳.۱۳۲ اف میں ٹرانزسٹر کے سامنے گلکشیر اور لیکٹر کے مابین کو r_e مزاجمت اسی کو ظاہر کر رہی ہے۔

مثال ۳.۵۸: ایک ٹرانزسٹر کے گلکشیر اور نیس کو آپس میں جوڑ کر ٹرانزسٹر کو بطور ڈائیوڈ استعمال کیا جا رہا ہے۔ اس ٹرانزسٹر میں ۱mA کا یک سمت بر قی روپیا جاتا ہے۔ اس ڈائیوڈ کی باریکے اشاراتی مزاجمت حاصل کریں۔



شکل ۱۳۲: ٹرانزسٹر سے ڈائیوڈ کا حصول

حل: 1 mA پر

$$r_e \approx \frac{1}{g_m} = \frac{1}{0.04} = 25 \Omega$$

حاصل ہوتے ہے لہذا اس ڈائوڈ کا باریک اثراتی داخلی مزاحمت $\Omega = 25$ ہے۔

منبع برقی دماو ۳.۲۲

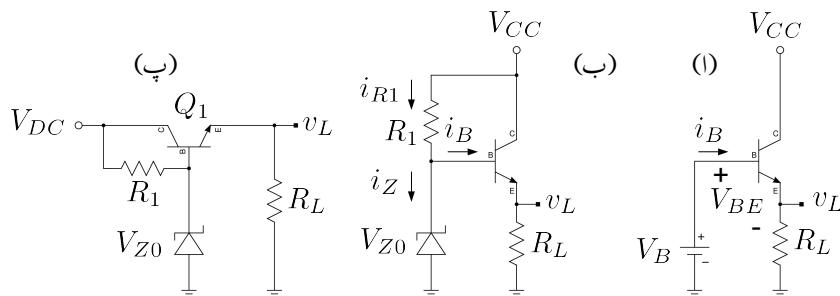
صفحہ ۱۳۳ پر مثال ۲.۲۰ میں آپ نے دیکھا کہ زینترڈائوڈ میں برقی روکے تبدیلی کی وجہ سے منع کے برقی دباؤ میں تبدیلی پیدا ہوتی ہے۔ اس حصے میں زینترڈائوڈ کے برقی روکے میں تبدیلی کو کم کرنے ہوئے بہتر منع بنانی چاہئے گی۔

شکل ۱۳۳.۱۷ میں مشترک کلکٹور پلٹیٹ نے جس کے داخلی حباب سے V_B برقی دباؤ میں کمی ہے۔ پس $v_L = V_B - V_{BE}$ ہو گا۔ برقی بو جھ R_L میں برقی روکے i_L کی قیمت $\frac{v_L}{R_L}$ ہو گی اور بیسٹری سے برقی روکے حباب کا حساب کیا جائے گا۔

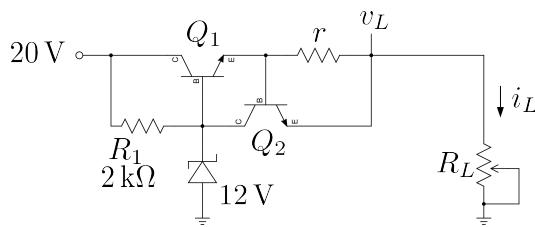
شکل ب میں بیئری کی جگہ مزاحمت R_1 اور زینر ڈائیوڈ استعمال کیا گیا ہے۔ زینر ڈائیوڈ کو غیر متصوّر میں تصور کرتے ہوئے ترانزستر کے بیس پر V_{Z0} بر قی باپیا جانے کا اور یہ $v_L = V_{Z0} - V_{BE}$ ہو گا۔

$$(r.rrg) \quad i_{R1} = \frac{V_{CC} - V_{Z0}}{R_1}$$

اگر $i_B = 0 A$ کی صورت میں کرخونے کے فناون برائے برقی درجہ میں $i_Z = i_{R1} = i_B + i_Z$ حاصل ہوتا۔ اب تصور کریں کہ R_L کی قیمت محدود اور $0 \Omega > R_L > 0 \Omega$ سے زیادہ ہے۔ اب $i_{R1} < \infty$ ہے۔



شکل ۳.۳۳: ٹرانزسٹر کے پہنچ بطور منبع برقی دباؤ



شکل ۳.۳۴: ٹرانزسٹر سے حاصل منبع برقی دباؤ

مندرجہ بالامساوات سے ہی حاصل ہوگی۔ البتہ $i_B = \frac{i_L}{\beta + 1}$ اور $i_Z = i_{R1} - i_B$

$$\begin{aligned} i_Z &= i_{R1} - i_B \\ &= \frac{V_{CC} - V_{Z0}}{R_1} - \frac{i_L}{\beta + 1} \end{aligned}$$

ہو گا۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ v_L کی قیمت کا دار و مدار صرف زینتر ڈائوڈ کے برقی دباؤ پر ہے۔ یوں اس دور کو بطور منبع برقی دباؤ ہے۔ استعمال کیا جاتا ہے۔ اس دور کو بطور منبع برقی دباؤ استعمال کرتے ہوئے شکل پر کے طرز پر بتایا جاتا ہے۔

آپ دیکھ سکتے ہیں کہ i_L میں Δi_L تبدیلی سے i_B میں صرف $\frac{\Delta i_L}{\beta + 1}$ تبدیلی رونما ہوگی۔ $\beta = 99$ کی صورت میں i_L کے تبدیلی کو سو گناہم کر دیا گیا ہے۔ یوں زینتر ڈائوڈ کے برقی دباؤ میں بھی سو گناہم تبدیلی پیدا ہو گی جس سے زینتر ڈائوڈ پر پایا ہے جانے والے برقی دباؤ میں تبدیلی بھی سو گناہم ہو گی۔

شکل ۳.۳۴ پر میں اگر R_L کی مساحت نہیں تبدیلی کر دی جائے تو ایسی صورت میں ٹرانزسٹر کے جعلیے کا امکان ہو گا۔ ایسی صورت سے پہنچ کی حاضر

منبع کے حسارتی برقی روکی حد مقرر کر دی جاتی ہے۔ اس حد سے کم برقی روکی صورت میں منع بالکل عام حالت کی طرح کام کرتے ہوئے مقرر برقی دباؤ مہیا کرتی ہے البتہ جیسے ہی برقی روکی حد سے تحداً ذکرنے کی کوشش کرے، منع حسارتی برقی دباؤ کو گھٹا کر برقی روکو مقرر رہ حد کے اندر رکھتی ہے۔ شکل۔ ۳.۱۳۳ میں ٹرانزسٹر Q_2 اور مزاحمت ۲ ای مقصودی حناظر منع میں نسبت کئے گئے ہیں۔

برقی روکی i_L مزاحمت ۲ میں گزرتے ہوئے اس پر i_{Lr} برقی دباؤ پیدا کرے گا جو درحقیقت Q_2 کا V_{BE} کی قیمت تقریباً 0.5V سے کم ہے 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 وجہ کے $V_{BE} \geq 0.5\text{V}$ ہو، تو Q_2 چاپو ہو کر i_S میں اضافت پیدا کرتے ہوئے حسارتی برقی دباؤ v_L گھٹائے گا۔

i_L کی صورت میں i_L کی حد $\frac{0.5}{2.5} = 200\text{mA}$ ہو گی۔ اتنی برقی روپر ہی Q_1 کا i_B صرف 2mA ہے۔ چاپو Q_2 جیسے ہی 4mA سے زیادہ برقی روگزارے گا اس وقت زینٹرڈیاٹ غیریت ابوحالت 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 حسارتی جواب قصر دوہونے سے ہوتا ہے۔ اس وقت غیر اضافت $V_{CE,0}$ کو مد نظر رکھتے ہوئے Q_2

$$\frac{20 - 0.2}{2000} = 9.9\text{mA}$$

سیدھا حسارتی جواب پہنچائے گا جبکہ Q_1 میں سے 200mA گزر رہا ہو گا لہذا i_L 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 جابے گا اور Q_2 چاپو نہیں رہ سکے گا۔ برقی روکاحد مقرر کرنے کی حناظر استعمال کئے گے مزاحمت ۲ کی وجہ سے حسارتی 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 نظر انداز کیا جاتا ہے۔ اس مزاحمت کے اثر کو منع میں مزید پروزے نسبت کے ختم کیا جاتا ہے۔

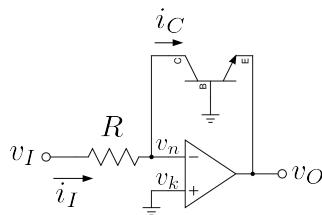
۳.۲۴۔ ٹرانزسٹر لوگار تھی ایمپلیفیاٹر

شکل۔ ۳.۱۳۵ میں ٹرانزسٹر لوگار تھی ایمپلیفیاٹر^۳ دکھایا گیا ہے۔ $v_n = 0\text{V}$ ہونے کی بدولت

$$i_I = \frac{v_I}{R}$$

لکھا جاسکتا ہے۔ کرنوف کے فناون براۓ برقی روکے $i_C = i_I$ ہو گا جس اس مساوات ۳.۵۵ کے تحت

$$i_C \approx I_S e^{\frac{v_{BE}}{V_T}}$$



شکل ۳.۱۳۵: ٹرانزسٹر لوگاریتمی ایکپلینیائز

لکھا جاسکتا 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 حفاری برقی دباؤ v_O داخلی برقی دباؤ کے وتدرتی لوگاریتمی^{۳۴} کے برابر ہے۔ یہاں رک کر شکل ۲.۲۲ کو بھی ایک نظر دیکھیں۔

۳.۲۲ شاکلی ٹرانزسٹر

غیر امنزاسنڈ ٹرانزسٹر کے BE اور BC جوڑ سیدھے مائل ہوتے ہیں۔ جیسے حصہ ۲.۲۰ میں بتایا گیا، سیدھے مائل pn جوڑ کا نفوذی کمپیٹر کافی زیادہ ہوتا ہے۔ یوں اگر ٹرانزسٹر کو امنزاسنڈ نسلے میں لانا ہو تو پہلے ان کمپیٹروں میں ذخیرہ برقی بار^{۳۵} کی نکالی کرنی ہو گی۔ زیادہ بڑے کمپیٹر کی نکالی زیادہ دیر میں ہوتی ہے لہذا ایسا ٹرانزسٹر زیادہ تیزی سے غیر-امنزاںڈ حال سے امنزاںڈ حال میں نہیں لایا جاسکتا۔ اگر کسی طرح ان کمپیٹروں کی قیمت کم کر دی جائے تو ٹرانزسٹر زیادہ تیز رفتار پر کام کرنے کے متابل ہو جائے گا۔

شکل ۳.۱۳۶ الف میں ٹرانزسٹر کے بیس اور ٹرانزسٹر کے درمیان شاکلی ڈائڈ نسب کیا گیا ہے۔ ایسا کرنے سے شاکلی ٹرانزسٹر^{۳۶} وجود میں آتا ہے جس کی علامت شکل ب میں دکھائی گئی ہے۔ شاکلی ٹرانزسٹر کی کارکردگی شکل ۳.۱۳۷ میں دیے ایکپلینیائز کی مدد سے دیکھتے ہیں۔ چپ لوٹرانزسٹر کا $V_{BE} = 0.7\text{V}$ ہوتا ہے۔ اگر ٹرانزسٹر امنزاںڈ حال

^{۳۴} $\ln \frac{v_I}{I_S R}$
^{۳۵} charge
^{۳۶} Schottky transistor

میں ہوتے شاگلی ڈائوڈ اس کا کوئی کردار نہیں ہو گا لیکن اگر ٹرانزسٹر غیر افنسز اسٹد ہو نے کی کوشش کرے تو V_{CE} کم ہو کر شاگلی ڈائوڈ کو سیدھا مائل کر دے گا۔ بھی صورت حال شکل میں دکھائی گئی ہے۔ یہیں سے ایک اہم حقیقت واضح ہوتی ہے۔ چونکہ سیدھے مائل شاگلی ڈائوڈ پر 0.3V پائے جاتے ہیں لہذا ٹرانزسٹر کا بھی V_{BC} 0.3V پر ہو گا۔ آپ جانتے ہیں کہ pn جوڑ کو حپلو کرنے کی حنا طر کم از کم 0.5V درکار ہوتے ہیں لہذا BC جوڑ پر 0.3V سالت میں نہیں ہو گا۔ غیرہ حپلو جوڑ کی برقی روٹ میں نظر انداز ہوتی ہے۔ یوں صفحہ ۲۶۲ پر دئے مساوات تھتے اس جوڑ کی فوڈ ٹرکیمینٹر بھی وہی میں نظر انداز ہو گی۔ پسیٹر کے کم ہونے کی وجہ سے یہ ٹرانزسٹر زیادہ رفتار پر کام کر پائے گا۔
کر خوف کے فتنوں برائے برقی دباؤ سے ہم دیکھتے ہیں کہ

$$V_{BE} = V_{CE} + V_D$$

کے برابر ہے۔ یوں شاگلی ڈائوڈ کے سیدھے برقی دباؤ کو 0.3V لیتے ہوئے ہم دیکھتے ہیں کہ $V_{CE} = 0.4\text{V}$ حاصل ہوتا ہے۔ بے اہم حقیقت ہے جس کے مطابق شاگلی ٹرانزسٹر کا V_{CE} کی صورت 0.4V سے کم نہیں ہو سکتا اور یوں یہ کبھی بھی غیر افنسز اسٹد حال میں نہیں پایا جائے گا۔
شکل میں یوں

$$I_{RB} = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B} = \frac{9.7 - 0.7}{10000} = 0.9 \text{ mA}$$

$$I_{RC} = \frac{V_{CC} - V_{CE}}{R_C} = \frac{9.4 - 0.4}{1200} = 7.5 \text{ mA}$$

حاصل ہوتے ہیں۔ مزید کر خون کے فتنوں برائے برقی روٹ سے ہم دیکھتے ہیں کہ

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

$$I_D = I_{RB} - I_B$$

$$\text{یہیں۔ ان دو مساوات کے ساتھ } I_B = \frac{I_C}{\beta} \text{ کو ملائیں}$$

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

$$= I_{RB} - \frac{I_C}{\beta} + I_{RC}$$

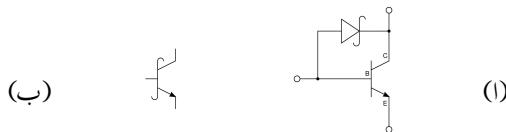
یعنی

$$I_C = 8.316 \text{ mA}$$

حاصل ہوتا ہے۔ یوں

$$I_D = I_C - I_{RC} = 0.816 \text{ mA}$$

ہوں گے۔

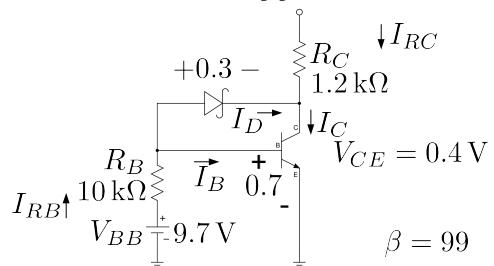


شکل ۳.۳: شاگی ٹرانزسٹر کی بناء اور علامت

$$\begin{aligned} V_{CE} &= V_{BE} - V_D \\ &= 0.7 - 0.3 \\ &= 0.4 \text{ V} \end{aligned}$$

شاگی ٹرانزسٹر کبھی
بھی غیر افراکندہ نہیں ہوتا

$$V_{CC} = 9.4 \text{ V}$$



شکل ۳.۴: شاگی ایپلیفائر

۳.۲۵ قوی ٹرانزسٹر

سیلیکان پستری پر ٹرانزسٹر کا رقبہ بڑھا کر زیادہ طاقت کے ٹرانزسٹر بنائے جاتے ہیں۔ کئی ایمپیسر اور کئی سو وولٹ تک کام کرنے والے ایسے قوی ٹرانزسٹر^{۱۷} زیادہ طاقت فت بو کرنے میں کام آتے ہیں۔ اس طرح کے متعدد ٹرانزسٹر متوازنی جوڑ کر مسزید زیادہ برقی روکوٹ بول کیا جاتا ہے۔ یک سمت سے بدلتا رو برقی دباؤ بناتے اور ٹرانزسٹر^{۱۸} میں انہیں عموماً استعمال کیا جاتا ہے۔ قوی ٹرانزسٹر ایک مائیکرو سینکنڈ کے لگ بھگ دورانی میں چپا لوے مقتضع سے چپا لو جاتے میں لائے جا سکتے ہیں۔

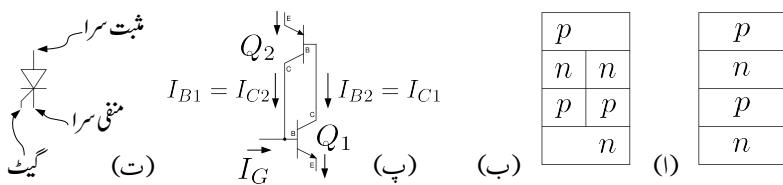
برقی طاقت کا ضائع قوی ٹرانزسٹر کو گرم کرتے ہوئے اس کا درجہ حرارت بڑھاتا ہے۔ ٹرانزسٹر کا درجہ حرارت بڑھنے سے اس کا V_{BE} گھٹتا ہے۔ یوں متوازنی جبڑے ٹرانزسٹر میں اگر کسی وجہ سے ایک ٹرانزسٹر زیادہ گرم ہو تو اس کا V_{BE} گھٹتا ہے۔ گھٹے جبڑے ٹرانزسٹر کوں متوازنی جبڑے ٹرانزسٹر میں جس ٹرانزسٹر کا V_{BE} کم ہو، اس کا i_B زیادہ ہے زیادہ ہو گا لہذا اس کا i_C بھی زیادہ ہے 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 سے جبائے تو یہ ٹرانزسٹر آئندہ کار جبل جبائے گا۔ ٹرانزسٹر کے کلکٹر کو عموماً موصل تالی دار دھاتی چادر^{۱۹} کے ساتھ جوڑ کر ٹھنڈا رکھا جاتا ہے۔ تمام ٹرانزسٹر کو فتریب فتریب ایک ہی موصل نالی دار دھاتی چادر کے ساتھ جوڑ کر کو شش کی جاتی ہے کہ تمام ٹرانزسٹر ایک ہی درجہ حرارت پر ہیں تاکہ ان میں برقی روکی تقسیم متاثر نہ ہو۔

۳.۲۶ فتاہور ریکٹیفیاٹر

شکل ۳.۲۸ میں p اور n کے چار تباہ کا پر زد کھایا گیا ہے جنے قابو ریکٹیفیاٹر^{۲۰} کہتے ہیں۔ شکل ب کے درمیان لکسیر لگا کر اسی کو آپس میں جبڑے npn اور pnp ٹرانزسٹر دکھایا گیا ہے جس سے شکل پ سے صل ہوتا ہے۔ قابو ریکٹیفیاٹر کے عموماً تین سے بارہ میاں کے جبائے ہیں جنہیں ہم شبہت سراء، منفی سرا^{۲۱} اور گیٹ^{۲۲} کہیں گے۔ گیٹ عموماً npn کا ہے۔ قابو ریکٹیفیاٹر کی علامت شکل ت میں دکھائی گئی ہے۔

قابو ریکٹیفیاٹر کی کارکردگی با آسانی شکل پ سے سمجھی جا سکتی ہے۔ تصور کریں کہ دونوں ٹرانزسٹر مقتضع ہیں۔ بسہوفی مدخلت کے بغیر دونوں مقتضع ہی رہیں گے۔ اب تصور کریں کہ گیٹ پر باہر سے برقی رو I_G منہاہم کی جباتی ہے۔ یوں Q_1 چپا لوہ کر $\beta_1 I_G = I_{C2}$ خارج کرے گا جو کہ Q_2 کے نیس کی برقی رو ہے اور یوں Q_2 بھی چپا لوہ کر $\beta_2 I_{B2}$ خارج کرے گا جو Q_1 کو برقرار رہا لو رکھے گا۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ اگر اب I_G کو صفر بھی کر دیا جائے تو قابو ریکٹیفیاٹر چپا لوہی رہے گا۔ حقیقت میں دیکھا گیا ہے کہ I_G منفی کرنے سے بھی قابو ریکٹیفیاٹر مقتضع نہیں ہوتا۔ فتاہور ریکٹیفیاٹر کو بغیر I_G کے چپا لوکنے کی خاطر ضروری ہے کہ اس میں کم از کم I_L برقی رو گزر رہی ہو۔ اس برقی رو کو ہم برقی رو چپا

power transistor ^{۲۳}
inverter ^{۱۸}
heat sink ^{۱۹}
scr, thyristor ^{۲۰}
anode ^{۲۱}
cathode ^{۲۲}
gate ^{۲۳}



شکل ۱۳۸: سوت ابوریکمیٹیفائز

رکھنے کے حد تک کہیں گے۔

حپا لو قابو رو مکھیاڑ کو منقطع کرنے کا ایک ہی طریقہ ہے۔ اس سے گزرتے ہوئے برقی روکو کچھ دورانیے کے لئے تقدیریاً صفر کرنا ہو گا حقیقت میں اگر اس سے گزرتی برقی روکو ایک مخصوص حد I_h سے کم کر دی جبکے تو قابو رو مکھیاڑ منقطع صورت اختار کر لیتے ہے۔ اس حد کو ہم اوت اور کھینچاڑ کی برقرار رو منقطع کرنے کے حد ۵۰ کہیں گے۔

پا لوہونے کے بعد قلبو رینکھی فاتر بالکل ایک سادہ ڈائیوڈ کی طرح کام کرتے ہوئے گزرتی برقی روفتا بوج کرنے کی صلاحیت کھو دیتے ہے۔

متا بوسٹشیفار بغیہ G_I کے بھی کئی طریقوں سے چپا لوکیا جاتا ہے۔ اگر اس پر لا گرفتی دباؤ قابل برداشت مددے تجویز کر جائے تو یہ چپا ہو جاتا ہے۔ اسی طرح درجہ حرارت بڑھانے سے ٹرانزسٹر کی الٹی جناب رستابتی روپورٹی ہے جس سے یہ چپا ہو سکتا ہے۔

جیساں توی ٹرانزیستر صرف چند ایمپیر بر قی رو گزارنے کی صلاحیت رکھتا ہے وہاں قابو رینکیفیٹر کی ہزار ایمپیر فوت ابو کرنے کی صلاحیت رکھتا ہے اور یہ کئی سیکیووں والوں کے بر قی دباؤ کو برداشت کر سکتا ہے۔ اس وقت ٹرانزیستر پر مبنی انورٹر^{۲۶} تقریباً 100 kW تک دستیاب ہیں جبکہ قابو رینکیفیٹر پر مبنی 10 MW طاقت کے انورٹر لوہے کی بھیشیوں میں عام استعمال ہوتے ہیں۔

latching current^L
holding current^H
inverter^I

اہم نکات

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

$$V_T = \frac{kT}{q} \approx 25 \text{ mV}$$

$$I_C = \alpha I_E$$

$$I_E = I_B + I_C$$

$$i_c = \beta i_b$$

$$i_e = (\beta + 1) i_b$$

$$\beta = \frac{\alpha}{1 - \alpha}$$

$$\alpha = \frac{\beta}{\beta + 1}$$

$$V_{BE} = 0.7 \text{ V}$$

$$V_{CE,\text{sat}} = 0.2 \text{ V}$$

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

$$g_m = \left. \frac{\partial i_C}{\partial v_{BE}} \right|_Q = \frac{I_C}{V_T}$$

$$r_{be} = \left. \frac{\partial v_{BE}}{\partial i_B} \right|_Q = \frac{\beta}{g_m}$$

$$r_e = \left. \frac{\partial v_{BE}}{\partial i_E} \right|_Q = \frac{r_{be}}{\beta + 1} = \frac{\alpha}{g_m} \approx \frac{1}{g_m}$$

$$r_o = \left. \frac{\partial v_{CE}}{\partial i_C} \right|_Q = \frac{V_A + V_{CE}}{I_C} \approx \frac{V_A}{I_C}$$

$$R_E = \frac{10R_B}{\beta + 1}$$

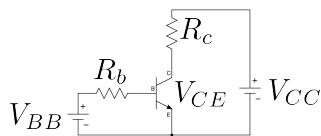
$$r_{be} = \frac{\beta V_T}{I_{CQ}} \ll R_B \ll (\beta + 1) R_E$$

$$S_{V_{BE}} \approx -\frac{1}{R_E}$$

$$S_\beta = \frac{I_{C1}}{\beta_1} \left[\frac{R_B + R_E}{R_B + (\beta_2 + 1) R_E} \right]$$

$$I_{CQ} = \frac{V_{CC}}{R_{کمینت} + R_{پس}}$$

$$A_v = -\alpha \frac{\sum R_C}{\sum R_E} = -\alpha \left(\frac{\frac{\text{کل مزایت}}{\text{کل مزایت}}}{\frac{\text{کل مزایت}}{\text{کل مزایت}}} \right)$$



شکل ۱.۳۹: ٹرانزسٹر کا یک سمت دور

سوالات

مندرجہ ذیل سوالات میں $I_E = I_C = 10 \text{ mA}$ تصور کرتے ہوئے حل کریں۔
سوال ۱: شکل ۱.۳۹ 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_B اور I_C حاصل کریں۔

جواب: $V_{CE} = 5.1 \text{ V}$ اور $I_B = 12.245 \mu\text{A}$ ، $I_C = 1.2245 \text{ mA}$
سوال ۲: سوال ۱ میں $R_C = 8 \text{ k}\Omega$ کرتے ہوئے اے دوبارہ حل کریں۔

جواب: $V_{CE} = 0.2 \text{ V}$ اور $I_B = 12.245 \mu\text{A}$ ، $I_C = 1.2245 \text{ mA}$
سوال ۳: سوال ۱ میں $R_C = 12 \text{ k}\Omega$ کرتے ہوئے اے دوبارہ حل کریں۔

جواب: $V_{CE} = 0.2 \text{ V}$ اور $I_B = 12.245 \mu\text{A}$ ، $I_C = 0.8166 \text{ mA}$
سوال ۴: شکل ۱.۳۹ میں

$$V_{CC} = 20 \text{ V} \quad \beta = 99 \\ R_b = 100 \text{ k}\Omega \quad R_c = 9 \text{ k}\Omega$$

بی۔ V_{BB} کی وہ قیمت حاصل کریں جس پر ٹرانزسٹر غیر افزاں نہ صورت اختیار کریتا ہے۔

جواب: $V_{BB} = 2.9 \text{ V}$ ، $I_B = 22 \mu\text{A}$ ، $I_C = 2.2 \text{ mA}$ ، $V_{CE} = 0.2 \text{ V}$

سوال ۵: سوال ۴ میں V_{BB} کی وہ قیمت حاصل کریں جس پر ٹرانزسٹر ہوگا۔

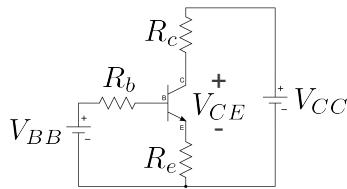
جواب: $V_{BB} = 1.811 \text{ V}$ ، $I_B = 11.11 \mu\text{A}$ ، $I_C = 1.111 \text{ mA}$ ، $V_{CE} = \frac{V_{CC}}{2}$
سوال ۶: شکل ۱.۳۰ میں

$$V_{CC} = 15 \text{ V} \quad V_{BB} = 3.5 \text{ V} \quad \beta = 99 \\ R_b = 14.7 \text{ k}\Omega \quad R_c = 4 \text{ k}\Omega \quad R_e = 1.47 \text{ k}\Omega$$

لیتے ہوئے V_{CE} ، I_B اور I_C حاصل کریں۔

جواب: $V_{CE} = 5.528 \text{ V}$ اور $I_B = 17.49 \mu\text{A}$ ، $I_C = 1.73 \text{ mA}$
سوال ۷: سوال ۶ میں $V_{BB} = 6 \text{ V}$ کرتے ہوئے اے دوبارہ حل کریں۔

جواب: ٹرانزسٹر غیر افزاں نہ ہے۔ $V_{CE} = 0.2 \text{ V}$ اور $I_B = 84.03 \mu\text{A}$ ، $I_C = 2.681 \text{ mA}$
سوال ۸: سوال ۷ میں ٹرانزسٹر غیر افزاں نہ ہے۔ اس صورت میں ٹرانزسٹر کا β کیا ہے۔



شکل ۳.۱۳۰

$$\beta = \frac{I_C}{I_B} = 31.9$$

سوال ۳.۹: شکل ۳.۱۳۹ میں $V_{CE} = 6\text{V}$ اور $R_C = 3.3\text{k}\Omega$ اور $V_{CC} = 12\text{V}$ رکھنے کی حفاظت درکار V_{BB} اور R_B حاصل کریں۔

جوابات: $V_{BB} = V_{BE} + I_B R_B$ اور $I_B = 49.14\mu\text{A}$. $I_C = 1.8182\text{mA}$. $R_B = V_{BB} - I_B R_B$ کو حاصل کیا جاتا ہے۔ البتہ اس مساوات میں دونا معلوم جزو ہیں۔ دونا معلوم اجزاء حاصل کرنے کی حفاظت دو مرکزی طرح کے مسائل ایک انجینئر کا ععموماً واسطہ پڑتا ہے۔ انجینئر کی صلاحیت یہاں کام آتی ہے۔ موجودہ مسئلہ میں اگر V_{BB} اور R_B میں سے کسی ایک کی قیمت جن لی جائے تو دوسرے کی قیمت اس مساوات سے حاصل کی جا سکتی ہے۔ یوں $V_{BB} = 6\text{V}$ پنے سے $R_B = 107.86\text{k}\Omega$ حاصل ہوتا ہے۔

سوال ۳.۱۰: شکل ۳.۱۳۰ میں $\beta = 37$ اور $V_{CC} = 12\text{V}$ اور $R_C = 3.3\text{k}\Omega$ اور $V_{CE} = 6\text{V}$ اور $I_C = 1\text{mA}$ رکھنے کی حفاظت بقیہ اجزاء حاصل کریں۔

$$V_{BB} = 3.67\text{V} \text{ اور } R_B = 10.26\text{k}\Omega, R_E = 2.7\text{k}\Omega$$

سوال ۳.۱۱: شکل ۳.۱۳۰ میں $\beta = 37$ اور $V_{CC} = 12\text{V}$ اور V_{CEQ} میں V_{CEQ} حاصل کریں۔ خارجی اشارے کا جیٹ زیادہ سے زیادہ رکھنے کی حفاظت بوجہ کھینچیں اور اس سے V_{CEQ} حاصل کریں۔ بقیاتہ اجزاء اسے حاصل کریں۔ ایسا کرتے ہوئے $I_C = 1\text{mA}$ اور $R_C = 10R_E$

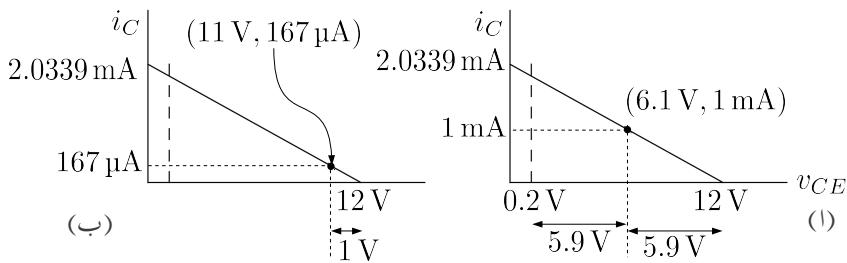
جوابات: خط بوجہ کو شکل ۳.۱۳۰ میں دکھایا گیا ہے جس سے $V_{CEQ} = 6.1\text{V}$ حاصل ہوتا ہے۔ $V_{BB} = 1.29\text{V}$, $R_B = 2.04\text{k}\Omega$, $R_C = 5.36\text{k}\Omega$, $R_E = 536\Omega$

سوال ۳.۱۲: شکل ۳.۱۳۰ میں خارجی اشارے کا جیٹ $1\text{V} \pm 1\text{V}$ موقع ہے۔ دور کونو ولٹ کے بیٹری سے V_{CC} میا کیا جاتا ہے۔ بیٹری کو زیادہ دیر کار آمد رکھنے کی حفاظت اس سے حاصل یک سست برقی روکم سے کمرکھا جاتا ہے۔ سوال ۳.۱۳ میں حاصل کئے گئے R_C اور R_E استعمال کرتے ہوئے خط بوجہ سے V_{CEQ} اور I_{CQ} کا تقسیم کر کے V_{BB} حاصل کریں۔

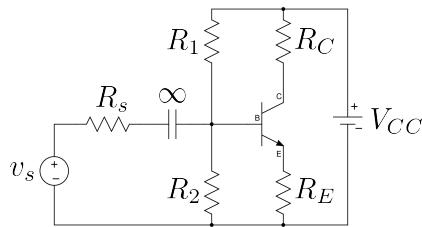
جوابات: خط بوجہ کو شکل ۳.۱۳۰ میں دکھایا گیا ہے جس سے $V_{CEQ} = 11\text{V}$ اور $I_C = 167\mu\text{A}$ اور $V_{BB} = 0.798\text{V}$ حاصل ہوتے ہیں۔ یوں V_{BB} حاصل ہوتا ہے۔

سوال ۳.۱۳: سوال ۳.۱۲ 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 کی 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: $I_C = 251\mu\text{A}$ ۔ آپ دکھے کتے ہیں کہ V_{BE} میں ذرہ سی تبدیلی سے برقی روپچا سنسنی مسدود ہو گئی۔



شکل ۳.۱۳۱



شکل ۳.۱۳۲

بے جدکہ ہم حاصل ہتھیں کہ ٹرانزسٹر کے خصوصیات تبدیل ہونے سے برقی رو میں کم تبدیلی رونما ہو۔

سوال ۳.۱۳۰: شکل ۳.۱۳۰ میں $V_{CE} = 5\text{V}$ اور $I_C = 1\text{mA}$ حاصل کرنی ہے۔ اور R_E کو برابر کئے ہوئے R_B کی وہ قیمت حاصل کریں جس سے β کی قیمت 49 ۴ ۱۴۹ تبدیل ہونے کے باوجود I_C میں کل دس فی صد سے زیادہ تبدیلی روشنات ہو۔ V_{BB} بھی حاصل کریں۔

جوابات: $R_C = R_E = 8\text{k}\Omega$ ہیں۔ $R_E = 1\text{mA}$ درکار ہے لہذا $49 = \beta$ پر برقی رو 5% کم یعنی 0.95mA جبکہ $\beta = 149$ پر برقی رو 5% زیادہ یعنی 1.05mA تصور کرتے ہوئے $R_B = 9.566\text{k}\Omega$ ، $R_B = 66.66\text{k}\Omega$ ، $R_E = 83\text{k}\Omega$ حاصل ہوتے ہیں۔

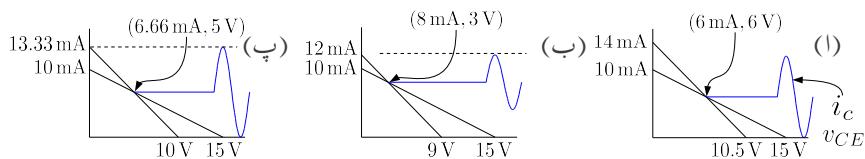
سوال ۳.۱۳۱: سوال ۳.۱۳۰ کے نتائج حاصل کرنے کی حفاظت شکل ۳.۱۳۲ میں R_1 اور R_2 حاصل کریں۔

جوابات: $R_2 = 328\text{k}\Omega$ ، $R_1 = 83\text{k}\Omega$

سوال ۳.۱۳۲: شکل ۳.۱۳۲ میں

$$R_C = 500\Omega, R_E = 100\Omega, R_1 = 15\text{k}\Omega, R_2 = 4\text{k}\Omega, V_{CC} = 10\text{V}$$

جبکہ $\beta = 100$ ہے۔ نقطہ کار کردگی حاصل کریں۔ اس دور میں کم β کا ٹرانزسٹر استعمال کرنا ہے۔ ایسا کرتے ہوئے برقی رو میں دس فی صد تک کی تبدیلی استعمال قبول ہے۔ نئے ٹرانزسٹر کے کم سے کم استعمال قبول β کی قیمت حاصل کریں۔



شکل ۳.۱۳۳

جوابات: $\beta = 68 \cdot 3.57 \text{ V} \cdot 10.7 \text{ mA}$

سوال ۳.۱۶: سوال ۳.۱۶ کے تمام مزاجت اور نز اسٹر کے بیس۔ گلشن جوڑ پر برقی طاقت کا ضایع حاصل کریں۔

جوابات: $I_C = I_E = 10.7 \text{ mA}$ اور $P_{RE} = 57 \text{ mW}$ اور $P_{RC} = 11.4 \text{ mW}$ حاصل ہوتا ہے۔

$0.78 \text{ mW} < P_{R2} = \frac{V_B^2}{R_2}$ حاصل ہوتا ہے۔ پس $V_B = 1.77 \text{ V}$ اور پس $V_E = I_E R_E = 1.07 \text{ V}$ اور $P_{R1} = 4.5 \text{ mW}$

سوال ۳.۱۸: شکل ۳.۱۳۲ میں R_E کے متوازنی لامدہ و قیمت کا پسیٹر نسب کیا جاتا ہے۔ $R_C = 750 \Omega$ اور $V_{CC} = 15 \text{ V}$ جبکہ $\beta = 37$ ، $R_E = 750 \Omega$ ہے۔

• کی حداطر R_1 اور R_2 حاصل کریں۔

• یک سمت اور بدلتارو خلط بوجہ کھینچیں اور ان پر تمام نقطیں ظاہر کریں۔

• غیر امنیت دہنے والے V_{CEQ} کو نظر انداز کرئے ہوئے، حاصل قیتوں کے استعمال سے خنجری اشارے کا زیادہ سے زیادہ ممکن جیٹ کیا ہوگا۔

جوابات:

• $R_2 = 4572 \Omega$ اور $R_1 = 7566 \Omega$ ، $V_{BB} = 5.65 \text{ V}$

سوال ۳.۱۹: شکل ۳.۱۳۳ میں یک سمت اور بدلتارو خلط بوجہ کھائے گئے ہیں۔ بدلتارو، خلط بوجہ کی ڈھانوان $\frac{1}{750}$ ہے اور یہ یک سمتارو، خلط بوجہ کو نقطے کار کردگی پر تکراتا ہے۔

• شکل سے i_c کا حیط 6 mA تک ممکن ہے۔ i_c کی مخفی 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 جیٹ کیا ممکن ہے۔

حل: شکل ۳.۱۳۳ ب میں یک سمت اور بدلتارو خلط دکھائے گئے ہیں جس سے i_c کا زیادہ سے زیادہ جیٹ 4 mA تک ممکن ہے۔ i_c کی مثبت چوٹی پہلے تراشی جائے گی۔

سوال ۳.۲۱: سوال ۳.۱۸ میں نقطے کار کردگی کس معتام پر رکھنے سے i_c کا حیط زیادہ سے زیادہ حاصل کرنا ممکن ہوگا۔ اس جیٹ کی قیمت حاصل کریں۔

حل: (شکل ۳.۱۳۳ پر) درکار نقطے کار کردگی ہے۔ جیسے شکل ۳.۱۳۳ پر میں دکھایا گیا ہے i_c کا زیادہ سے زیادہ جیٹ 6.66 mA ہوگا۔ i_c کا حیط مزید بڑھانے سے دونوں جانب تراش انجام گا۔

باب ۳

میدانی ٹرانزسٹر

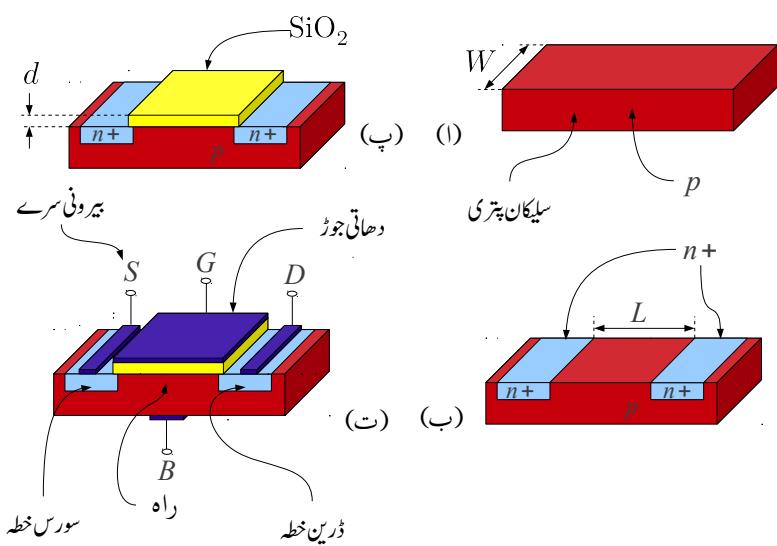
دوجو ٹرانزسٹر کی طرح میدانی ٹرانزسٹر فائیٹ FET بھی اپنے دو سروں کے مابین برقی روکا گزروت اپ کرنے کی صلاحیت رکھتا ہے۔ یوں انہیں بطور ایک پیٹائزیری برقی سوچ کی استعمال کیا جاسکتا ہے۔ میدانی ٹرانزسٹر کے دو سروں کے مابین برقی میدانی کلہ شدھتا اس سیسیں برقی روکے گزر کوت بود کرتا ہے۔ اسی سے اس کا نام میدانی ٹرانزسٹر بنالا ہے۔ میدانی ٹرانزسٹر n یا p قم کا بنانا ممکن ہوتا ہے۔ n قم فائیٹ میں برقی روکا گزر بذریعہ منفی برقی بار بجکہ p قم کے فائیٹ میں بذریعہ ثبت برقی 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 سیکان 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 امثال انکروپر و سیمیر^۱ اور حافظہ^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۔

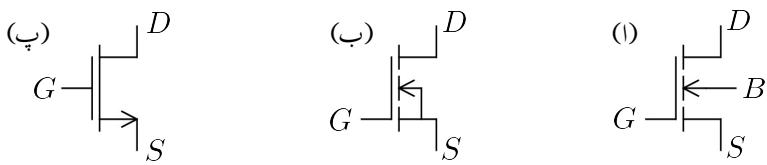
۳.۱ n ماسفیٹ کی ساخت (بڑھاتا n ماسفیٹ)

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 سیکان کی پتسری کی موٹائی کو کہ دکھایا 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 افس میں ثبت یعنی

^۱ electric field intensity
^۲ charge
^۳ digital integrated circuits
^۴ microprocessor
^۵ memory



شکل ۲.۷: n ماسفیٹ 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 تصور کیا جاتا ہے۔ جیسا شکل ب میں دکھایا گیا ہے، اس پستری میں دو جگہ دور کی چوڑی 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 برقی جوڑ بنانے کی عندرض سے دھات جوڑا گیا ہے۔ ان حپاروں و حصائی سطحوں کے ساتھ برقی تار جوڑ کر انہیں بطور ماسیف کے بیرونی سروں کے استعمال کیا جاتا ہے۔ ان بیرونی برقی سروں کو سورس، گیٹ، ڈرائیور یورڈ یورڈ 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 ڈرائیور سکس کے ساتھ جوڑ کر باہر ان دونوں کے لئے ایک ہی سرانجاملا جاتا ہے جسے سورس تصور 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 برقی روکی صحیح سمت دکھاتا ہے۔ اس کتاب میں عموماً ماسیف کو تین سروں کا ہی تصور کیا گیا ہے۔

بدلخواہ اور ڈرین pn ڈائیڈ بناتے ہیں۔ اسی طرح ڈرائیور اور سورس ہمیں pn ڈائیڈ بناتے ہیں۔ ڈرائیور اور سورس کو ایک ساتھ جوڑنے سے ڈرائیور اور سورس کے درمیان ڈائیڈ قصر درہ ہو جاتا ہے اور ساتھ ہی ساتھ ڈرائیور اور ڈرین کے درمیان ڈائیڈ سورس اور ڈرین کے درمیان جبڑ جاتا ہے۔ شکل ۳.۲ پ میں اگرچہ سورس سے ڈرین ڈائیڈ نہیں دکھایا گیا لیکن یہ یاد رکھنا ضروری ہے کہ ایسا ڈائیڈ بیان کیا 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
channel^۵

۶ ہے۔ وجود کا پستری کی سیکان مسراو سے بدنه MOSFET^۷ کے نام کے پہلے تین مختلف یعنی MOS^۸ اس کی ساخت یعنی Metal Oxide Semiconductor^۹ میں شامل کئے گئے ہیں جبکہ بقیا مختلف یعنی FET^{۱۰} بر قی دباؤ کی شدت سے پہنچنے کے عمل یعنی Field Effect Transistor^{۱۱} سے لئے گئے ہیں۔

ت میں دکھایا گیا ہے۔ سورس اور ڈرین سروں کے مابین برقی دباؤ لگو کرنے سے اس راہ میں برقی رو کا گزر ہوتا ہے۔ جیسا کہ شکل سے واضح ہے اس راہ کی لمبائی L اور چوڑائی W ہو گی۔ راہ کی لمبائی $10\text{ }\mu\text{m}$ تا $2\text{ }\mu\text{m}$ جبکہ اس کی چوڑائی $500\text{ }\mu\text{m}$ تا $1\text{ }\mu\text{m}$ ہوتی ہے۔ دوجو ٹرانزسٹر میں پرلا گو برقی رو کی مدد سے ٹرانزسٹر میں برقی رو I_C کو فتوکیا جاتا ہے جہاں میں I_C برقی رو در کار ہوتی ہے۔ اس کے بر عکس ماسفیٹ کے گیٹ اور بقیا حصوں کے درمیان غیر موصل SiO_2 پیا جاتا ہے جس میں برقی رو کا گزر تقریباً ممکن ہوتا ہے۔ حقیقت میں گیٹ میں یک سمت برقی رو کی مقدار $10^{-15}\text{ آپھنٹر کے لگے بھگے ہوتی ہے جو ایک وسائل نظر انداز مقدار ہے۔}$ دوجو ٹرانزسٹر کے بر عکس میدانی ٹرانزسٹروں میں دونوں $n+$ خطے بالکل یکساں ہوتے ہیں اور ان میں کسی ایک کو بطور سورس اور دسرے کو ڈرین خطے استعمال کیا جاتا ہے۔ اگرچہ موجودہ کئی اقسام کے میدانی ٹرانزسٹروں کے ساخت مندرجہ بالاتلائے ساخت سے مختلف ہوتے ہیں (جیسے ان میں عموماً ہات 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 جاتا ہے جہاں p سیلیکان پستری (بدن) اور n سورس پہلا ڈائیڈ اور اسی طرح p سیلیکان پستری (بدن) اور n ڈرین دوسرا ڈائیڈ ہے۔ یہ دو الٹے جبڑے ڈائیڈ ڈرین اور سورس سروں کے مابین برقی رو کے گزر کو ناممکن ہنتے ہیں۔ اس صورت میں ان دو سروں کے مابین نہایت زیادہ مسماحت (تقریباً $10^{12}\text{ پیلی جاتی ہے۔}$

شکل ۲.۲ الف میں ماسفیٹ کا گیٹ آزاد رکھ کر اس کے سورس اور ڈرین سروں کے مابین برقی دباؤ V_{DS} لگا گیا ہے۔ مسزید یہ کہ ان کے بدل پڑھ اور ڈرین دونوں سروں کو برقی زمین پر رکھا گیا ہے۔ V_{DS} لگو کرنے سے ڈرین-بدن جوٹ پر در ان خطے پر جباتا ہے اور اس برقی دباؤ کو دو کے رکھتا ہے۔

۲.۲.۲ گیٹ کے ذریعہ برقی رو کے لئے راہ کی تیاری

شکل ۲.۲ ب میں بدن اور سورس کو برقی زمین پر رکھتے ہوئے گیٹ پر برقی دباؤ V_{GS} مہیا کیا گیا ہے۔ گیٹ پر ثابت برقی دباؤ p قسم کی سیلیکان پستری میں آزاد خول کو دور دھکیلتا ہے جبکہ یہاں موجود آزاد اقلیتی اسیکٹران کو گیٹ کی جانب کھیپتاتا ہے۔ مسزید یہ کہ اس برقی دباؤ کی وجہ سے دونوں $n+$ خطوں میں موجود (ضورتے ہے زیادہ تعداد میں) آزاد اسیکٹرانوں کو بھی گیٹ کے پیچے کھیپ جاتا ہے۔ اگر گیٹ پر ثابت برقی دباؤ بستردیخ بڑھایا جائے تو گیٹ کے پیچے p سیلیکان میں اسیکٹرانوں کی تعداد بڑھتی ہے اور آخندر کار اسیکٹرانوں کی تعداد خلوں 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 جنے کو الٹا خط 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

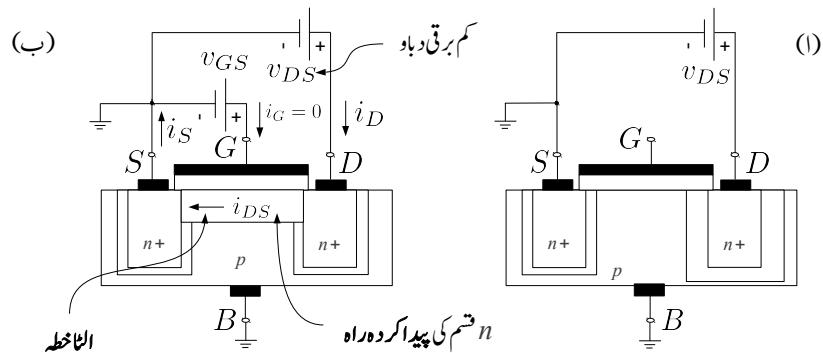
$$(2.1) \quad \begin{array}{ll} v_{GS} \leq V_t & \text{مفتیع} \\ v_{GS} > V_t & \text{پالیا غیر مفتیع} \end{array}$$

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

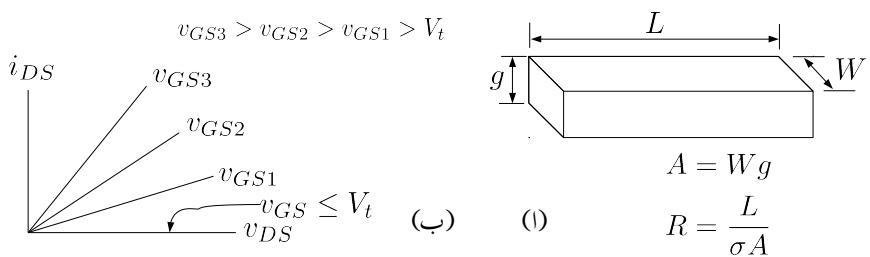
$$(2.2) \quad \begin{array}{l} i_G = 0 \\ i_D = i_S = i_{DS} \end{array}$$

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^{۲۰} σ 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

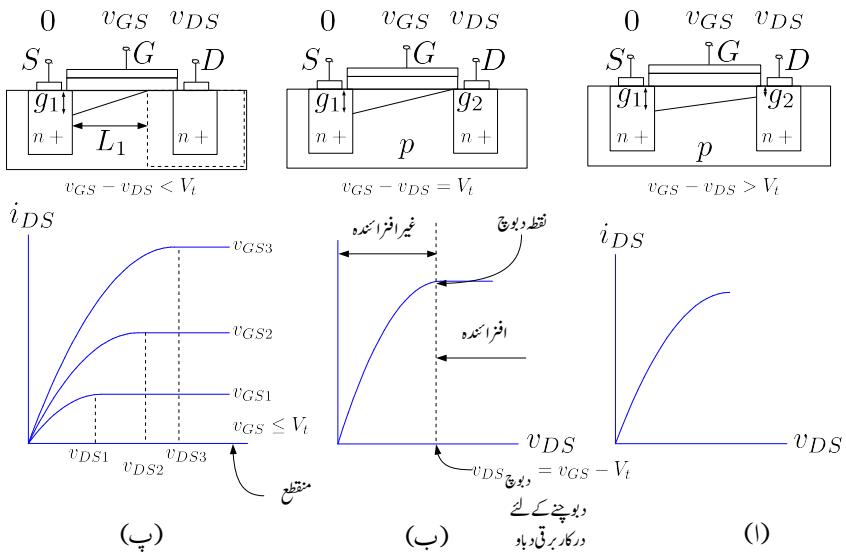
^{۱۵} threshold voltage^{۱۶} source^{۱۷} drain^{۱۸} جس مختام سے کوئی چیز حفارج ہو، اس کو انگریزی میں سورس کہتے ہیں اور جہاں سے نکالی ہو اس کو ذرین کہتے ہیں۔^{۱۹} enhancement nMOSFET^{۲۰} conductivity



شکل ۲.۳: بر قدر که وجود پسید اهونا



شکل ۲.۴: پیدا کرده راه کی مساحت

شکل ۳.۵: پیدا کرده راہ کی گہرائی اور n بڑھاتے ماسنیٹ کے خط

دباو v_{DS} لاگو کرنے سے اس میں برقی رو i_{DS} گزے گی۔ شکل ۳.۴ ب میں انہیں گراف کیا گیا ہے جہاں خط کے فتحیب لکھ کر اس بات کی وہانی کرائی گئی ہے کہ راہ کو V_{GS1} برقی دباو سے حاصل کیا گیا ہے۔ گیٹ پر برقی دباو V_{GS} بڑھانے سے پیدا کرده راہ کی گہرائی i_{DS} بڑھتی ہے جس سے اس کی مزاحمت R کم ہوتی ہے اور یوں $v_{DS} - i_{DS}$ کے گراف کا ذہلوان بڑھتا ہے۔ اس حقیقت کو شکل ب میں دکھایا گیا ہے جہاں گیٹ پر نسبتاً زیاد برقی دباو یعنی v_{GS2} لاگو کرتے ہوئے i_{DS} کا خط گراف کیا گیا ہے۔ اسی طرح گیٹ پر برقی دباو کو مزید بڑھا کر کرتے ہوئے بھی i_{DS} کا خط گراف کیا گیا ہے۔ سورس خطے کو برقی زمین پر رکھتے ہوئے گیٹ پر لاگو کری دباو جیسے ہی V_t سے تجہیز کر جائے، سورس اور ڈین خطاو کے درمیان راہ پیدا ہو جاتی ہے۔ یوں پیدا کرده راہ کی گہرائی i_{DS} پر V_t سے اضافی برقی دباو ($v_{GS} - V_t$) پر مختصر ہوتی ہے۔

یاد رہے کہ گیٹ کے نیچے کسی بھی نقطے پر p قم سیلیکان کی پتسری میں n قم کی راہ پیدا کرنے کی حاضری ضروری ہے کہ اس نقطے پر گیٹ اور سیلیکان کی پتسری کے مابین کم از کم V_t برقی دباو پیا جائے۔ اگر گیٹ اور سیلیکان پتسری کے مابین V_t برقی دباو پیا جائے تو پیدا کرده راہ کی گہرائی لامحدود کم ہو گی۔ پیدا کرده راہ کی گہرائی گیٹ اور سیلیکان پتسری کے مابین V_t سے اضافی برقی دباو پر مختصر ہے۔

شکل ۳.۵ الف میں سورس خطے برقی زمین یعنی صفر ولٹ پر ہے جبکہ گیٹ پر v_{GS} برقی دباو ہے۔ یوں بیساں گیٹ اور سیلیکان پتسری کے مابین ($v_{GS} - 0 = v_{GS}$) برقی دباو پیا جاتا ہے اور پیدا کرده راہ کی گہرائی v_{DS} اضافی برقی دباو یعنی ($v_{GS} - V_t$) پر مختصر ہو گی جسے شکل میں g_1 کہا گیا ہے۔ اسی شکل میں ڈین خطاو

دولٹ پر ہے اور یوں یہاں پیدا کردہ راہ کی گہرائی ($v_t - v_{DS} - v_{GS}$) کے اضافی بر قی دباؤ پر منحصر ہو گئی ہے شکل میں 82 کہا گیا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ 82 کی مقدار g_1 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

$$(2.3) \quad \frac{\text{لبائی}}{\text{رقب} \times \text{موصلیت کا مستقل}} = \frac{L}{\sigma W g}$$

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 V_t دی گئی ہے۔

سورس خطے کو بر قی زمین اور گیرے کو v_{GS} بر قی دباؤ پر رکھتے ہوئے اگر v_{DS} بڑھایا جائے تو ڈرین خطے کے باکل فتریب گیا ہے اور سیکان پتری کے مابین $v_{DS} - v_{GS}$ بر قی دباؤ پایا جائے گا اور جب تک یہ بر قی دباؤ V_t سے زیادہ رہے یہاں n قسم کی راہ برقرار رہے گی۔ اگر $v_{DS} - v_{GS}$ کی قیمت V_t سے کم ہو تب ڈرین کے فتریب را کابننا ممکن نہیں ہو گا۔ جب

$$(2.4) \quad v_{GS} - v_{DS} = V_t$$

ہو جائے تو ہم کہتے ہیں کہ پیدا کردہ راہ V_t دی گئی ہے اور جس v_{DS} پر ایسا ہوا ہے پیدا کردہ راہ V_t کے لئے درکار بر قی V_{DS} کہتے ہیں۔ مساوات ۲.۴ سے

$$(2.5) \quad V_{DS, \text{بوق}} = v_{GS} - V_t$$

حاصل ہوتا ہے۔ مساوات ۲.۴ 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

$$(2.6) \quad v_{GD, \text{بوق}} = V_t$$

لکھا جاسکتا ہے۔

یہاں ایسا محسوس ہوتا ہے کہ پیدا کردہ راہ کی گہرائی صفر ہوتے ہیں (یعنی راہ V_t پر چھپتے ہیں) راہ کی مساحت لاحدہ وہ ہو جائے گی اور ثراز سڑ میں بر قی روکا گزنا ناممکن ہو جائے گا۔ حقیقت میں ایسا نہیں ہوتا۔ جب تک v_{DS} کی

قیمت دیوچ v_{DS} سے کم رہے، اسے بڑھانے سے مگر چونکہ i_{DS} بڑھانے سے پیدا کردہ راہ کی مزاحمت بھی بڑھتی ہے لہذا i_{DS} کے بڑھنے کی شرح بہترین کم ہوتی ہے۔ دیوچ v_{DS} پر ٹرانزسٹر میں گزرتی بر قی رو کی قیمت دیوچ i_{DS} کے کم لاتی ہے اور اگر v_{DS} کو دیوچ سے بڑھایا جائے تو دیکھا جاتا ہے کہ ٹرانزسٹر سے گزرتی رو مستقل i_{DS} کے برابری رہتی ہے اور اس میں کسی قسم کا اضافہ نہیں آتا۔ یہ تمام شکل ب میں دکھایا گیا ہے۔

شکل ۳.۵ ب میں ٹرانزسٹر کے افراندہ اور غیر افراندہ خطے بھی دکھائے گئے ہیں۔ یہ دو جو ٹرانزسٹر کے نوعیت کے ہی ہیں۔ شکل ۳.۵ پ میں مختلف گیٹ کے بر قی دباؤ پر $v_{DS} - i_{DS}$ کے خط کھینچ گئے ہیں اور ان کے نقطہ دلوچ پر بر قی دباؤ کو v_{DS3} ، v_{DS2} ، v_{DS1} اور v_{DS} لکھ کر واضح کیا گیا ہے۔ سورس خطے بر قی ز میں پر رکھتے ہوئے اگر گیٹ پر بر قی دباؤ سے کم ہو تو ب راہ وجد میں نہیں آتا اور ٹرانزسٹر مقطوع صورت اختیار کے رہتا ہے اور اس میں بر قی رو کی قیمت صفر رہتی ہے۔ مقطع صورتے بھی اسی شکل میں دکھایا گیا ہے۔

n ماسیف کے ان نتائج کو یہاں ایک جگہ لکھتے ہیں۔

مقطوع

(۳.۷)

$$v_{GS} \leq V_t$$

چپا لو

(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 مصادمات کو پوں

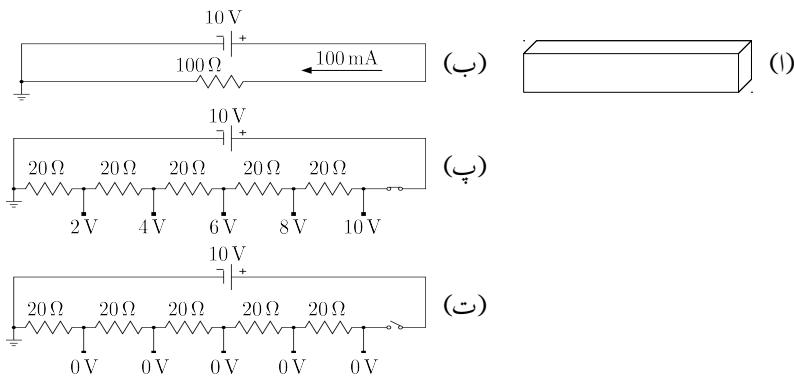
(۳.۹)

$v_{GS} \leq V_t$	مقطوع
$v_{DS} \leq v_{GS} - V_t$	غیر انسانندہ
$v_{DS} = v_{GS} - V_t$	نقطہ دیوچ
$v_{DS} \geq v_{GS} - V_t$	انسانندہ

یا یوں

(۳.۱۰)

$v_{GS} \leq V_t$	مقطوع
$v_{GD} \geq V_t$	غیر انسانندہ
$v_{GD} = V_t$	نقطہ دیوچ
$v_{GD} \leq V_t$	انسانندہ



شکل ۴.۲: 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 ۴.۲: شکل ۴.۲ الف میں n ماسنیٹ کے پیدا کردہ راہ کو بطور سو اہم (100Ω) کے موصل سلاخ دکھایا گیا ہے جس پر لمبائی کے جانب دس ولٹ (10V) 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۔

۲. اگر $V_t = 3V$ اور $v_{GS} = 15V$ ہوں تب پیدا کردہ راہ کا صورتے حال کیا ہو گا۔

۳. اگر $V_t = 3V$ اور $v_{GS} = 11V$ ہوں تب پیدا کردہ راہ کا صورتے حال کیا ہو گا۔

حل:

۱. موصل سلاخ کو ایک مزاحمت تصور کیا جا سکتا ہے۔ یوں اس مسئلہ کو شکل بے کے طرز پر پیش کیا جا سکتا ہے جس میں 100mA برقی رو پیدا ہو گی۔ مزید یہ کہ سو اہم کے مزاحمت کو کئی مزاحمت سلسلہ وار جبڑے تصور کیا جا سکتا ہے۔ شکل پے میں اسے پائی گئی 20Ω 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 ایساں پیدا کردہ راہ و جوہد میں آئے گا اور ٹرانزسٹر میں برقی روکا گزر ممکن ہو گا۔

۳۔ چونکہ ڈرین سرے پر

$$v_{GS} - v_{DS} = 11 - 10 = 1 < V_t$$

بے لہذا پیدا کردہ راہ دلوپاچا جبائے گا۔ اگر ایسا ہونے سے پیدا کردہ راہ کی مسماحتِ لامدد و ہوجہ بائے اور اس میں بر قی روکی مقدارِ صفر ہو جبائے تو صورتِ حال شکل ت کے مانند ہو گی جہاں ڈرین سرے پر لامدد مسماحت کو بلور مقطوع کئے گئے بر قی سوچ دکھایا گائے ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ بر قی عمدہ موجودگی میں پیدا کردہ راہ میں ہر معتمام پر بر قی دباد کی مقدارِ صفر دو لٹ (0) ہو جبائے گی اور یوں ڈرین سرے پر بھی صفر دو لٹ ہوں جس سے

$$v_{GS} - v_{DS} = 11 - 0 = 11 > V_t$$

ہو گا اور یوں بر قی روا کا گزر مسکن ہو گا۔

مندرجہ بالا دونتائج میضاہیں۔ پہلے نتیجہ کے مطابق برقی روکا گزرنامہ ممکن ہے جبکہ دوسرے نتیجے کے مطابق، اس کے بر عکس، برقی روکا گزرنامہ ممکن ہے۔ حقیقی صورت حال کو شکل ۵ پر میں دکھایا گیا ہے جہاں آپ دیکھ سکتے ہیں کہ پیدا کردہ راہ کے دلوچی کامتام تبدیل ہو چکا ہے اور یوں پیدا کردہ راہ کی لمبائی و تدریکم ہو گئی ہے اور ساتھ ہی ساتھ ڈین سرے پر ویران خطہ اتنا بڑھ گیا ہے کہ ایک جناب یہ ڈین خطے کو اور دوسری جناب پیدا کردہ راہ کو چھوٹاتا ہے۔ چونکہ نقطہ دیوچ پر گیٹ اور پیدا کردہ راہ کے مابین V_t برقی دبام پیاسا جاتا ہے لہذا نقطہ دیوچ پر

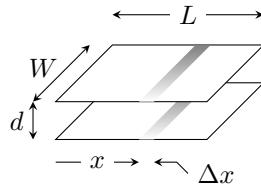
$$v_{DS} = v_{GS} - V_t$$

ہو گا اور دوین - سورس سروں کے مابین اضافی برقی دباد (دبوچ v_{DS} - v) ویران خطے برداشت کرے گا۔ پسیدا کردہ راہ پر لا گو برقی دباد (دبوچ v_{DS}) اس میں برقی روپیہ اکرے گا جو کہ سورس سے ذریں حبانب الیکٹران کے بیباو سے پیدا ہوگا۔ یہ الیکٹران نقطہ دلوچور یعنی تینی ویران خطے میں داخل ہوں گے۔ ویران خطے میں آزاد الیکٹران نہیں ٹھہر سکتے اور انہیں ذریں خطے میں دھکیل دیا جاتا ہے۔ یوں الیکٹران سورس سرے سے روائی ہو کر ذریں سرے پہنچ کر v_{DS} پسیدا کرتے ہیں۔

شکل پی میں گیٹ پر مغلنے برقی دباد کے لئے ماسیفیٹ کے خط گراف کئے گئے ہیں۔

۲۳ ماسیٹ کی مساوات

مندرجہ بالا تذکرے کو مدد نظر رکھتے ہوئے n ماسیفٹ کی $i_{DS} - v_{DS}$ مساوات حاصل کرتے ہیں۔ ایسا کرتے وقت سورس سرے کو برقی زمین (یعنی صفر وولٹ) پر رکھا جائے گا جبکہ گیٹ کو v_{GS} اور ڈرین سرے کو v_{DS} پر رکھا جائے گا۔ مزید یہ کہ $V_t > v_{GS} - v_{DS}$ رکھا گیا ہے۔ پسیدا کہ درہ رامیں سورس سے ذریں نظر کی جانب منٹھے کو x لیتے ہوئے سورس جانب 0 = x اور برقی دباؤ صفر وولٹ ہو گا جبکہ ذریں جانب $L = x$ اور برقی دباؤ v_{DS} ہو گا۔ ان دو حدود کے درمیان کی بھی نقطے x پر برقی



شکل ۷۔ گیٹ اور راہ بطور دو چپار کی پیٹر کردار ادا کرتے ہیں۔

دباو کوہم (x) v لکھتے ہیں۔ گیٹ اور پیڈ اکر دہراہ (یعنی n قلم کاموصل) بطور دو چپار کے کیپیٹر کا کردار ادا کریں گے۔ پیڈ اکر دہراہ 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 حد طراست مسئلہ کو زیادہ گہرائی سے دیکھنا ہوگا۔ آئیں ایسا ہی کرتے ہیں۔

جیسا کہ آپ جانتے ہیں کہ کسی بھی نقطے x پر تب راہ پیڈ اہوتا ہے جب اس نقطے پر گیٹ اور سلیکان پسٹری کے مابین V_t برقی دباو پایا جائے (یعنی جب $v_{GS} - v(x) = V_t$ ہو) اور ایسی صورت میں پیڈا کر دہراہ میں وسائل نظر انداز (قریباً صفر) مقدار میں n قلم کا بار یعنی آزاد سیکٹر ان جیج ہوتے ہیں۔ یوں $(v(x) - V_t - V_{GS}) = 0$ ہونے کی صورت میں آزاد سیکٹر انوں کی تعداد بھی (قریباً) صفر ہوتی ہے۔ جیسے گیٹ اور سلیکان پسٹری کے مابین برقی دباو مزید بڑھا جائے یہاں آزاد سیکٹر انوں کی تعداد بڑھتی ہے۔ یوں آزاد سیکٹر انوں کی تعداد کا درود 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۔

$$(3.12) \quad \Delta Q = \Delta C \times V \\ = \left[\frac{\epsilon W \Delta x}{d} \right] \times [v_{GS} - V_t - v(x)]$$

پیڈ اکر دہراہ میں اس نقطے پر بار کی مقدار اتنی ہی مسکنی قلم کی ہوگی۔ اس مساوات کو پیڈ اکر دہراہ 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 بثت بار کو E کی صفت میں جبکہ منقی بار کو الٹی جانب و حلیلت ہے۔ چونکہ پیدا کردہ راہ میں منقی بار پائے جاتے ہیں لہذا شدتِ برقی دباؤ انہیں سورس سے ڈینے نظر کی جانب دھلیے گا۔ کسی بھی موصل میں چارجوں کی رفتار وہاں کے شدتِ برقی دباؤ کے برائے راستے مستnasib ہوتا ہے۔ یوں منقی چارجوں کے رفتار کو ($E - \mu_n E$) اور بثت چارجوں کے رفتار کو ($\mu_p E$) لکھا جائے گا۔ جہاں μ_n سیلان پتھری میں الکٹرون کی حرکت پذیری^{۳۳} کہلاتا ہے جبکہ μ_p سیلان پتھری میں فول کی حرکت پذیری^{۳۴} کہلاتا ہے۔ یہاں حرکت پذیری^{۳۳} سے مراد اٹا نظر میں حرکت پذیری^{۳۴} ہے۔ یہاں رکرکسلی 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 باریکے سے باریکے 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 نقطے 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 نکalte بھی درج کرتے ہیں۔

غیر انسان نہ خط:

$$(۳.۲۳) \quad \begin{aligned} v_{GS} &> V_t \\ v_{GS} - v_{DS} &= v_{GD} = \geq V_t \end{aligned}$$

$$(۳.۲۴) \quad \begin{aligned} i_{DS} &= k'_n \left[\frac{W}{L} \right] \left[(v_{GS} - V_t) v_{DS} - \frac{v_{DS}^2}{2} \right] \\ &= k_n \left[(v_{GS} - V_t) v_{DS} - \frac{v_{DS}^2}{2} \right] \end{aligned}$$

نقطہ دیوچ:

$$(۳.۲۵) \quad \begin{aligned} v_{GS} &> V_t \\ v_{GS} - v_{DS} &= v_{GD} = V_t \end{aligned}$$

$$(۳.۲۶) \quad \begin{aligned} i_{DS} &= \frac{k'_n}{2} \left[\frac{W}{L} \right] [v_{GS} - V_t]^2 \\ &= \frac{k_n}{2} [v_{GS} - V_t]^2 \end{aligned}$$

افسزائندہ:

$$(۳.۲۷) \quad \begin{aligned} v_{GS} &> V_t \\ v_{GS} - v_{DS} &= v_{GD} \leq V_t \end{aligned}$$

$$(۳.۲۸) \quad \begin{aligned} i_{DS} &= \frac{k'_n}{2} \left[\frac{W}{L} \right] [v_{GS} - V_t]^2 \\ &= \frac{k_n}{2} [v_{GS} - V_t]^2 \end{aligned}$$

منقطع:

$$(۳.۲۹) \quad \begin{aligned} v_{GS} &\leq V_t \\ i_{DS} &= 0 \end{aligned}$$

ماسنیٹ تخلیق ریتی وقت پیدا کرده را کے چوڑائی W اور لمبائی L کی تناوب بدل کر مختلف ساصل کے جب تیں۔
 یاد ہانی کی خاطر کچھ ہاتھیں دوبارہ دھرا تے ہیں۔

nMOSFET کو غیر امنزائندہ خطے میں استعمال کرنے کی حد طریقہ گیٹ اور سورس کے مابین V_t سے زیادہ برقی دباؤ مہیا کیا جاتا ہے اور ڈرین - سورس سرروں کے مابین برقی دباؤ کو رہ دباؤ برقی 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 برقی دباؤ مہیا کیا جاتا ہے اور ڈرین - سورس سرروں کے مابین برقی دباؤ کو رہ دباؤ برقی 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 برقی 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۔

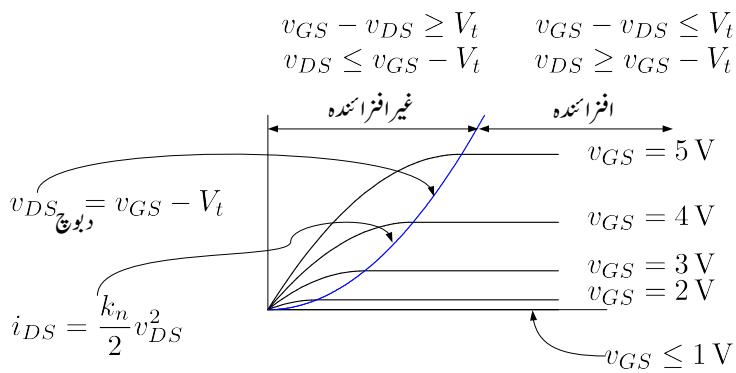
$$i_{DS} = k'_n \left[\frac{W}{L} \right] \left[(v_{GS} - V_t) v_{DS} - \frac{v_{DS}^2}{2} \right] \approx k'_n \left[\frac{W}{L} \right] [(v_{GS} - V_t) v_{DS}]$$

اس مساوات سے باریکے v_{DS} کی صورت میں ماسفیٹ کی مزاجمت حاصل کی جا سکتی ہے لیکن

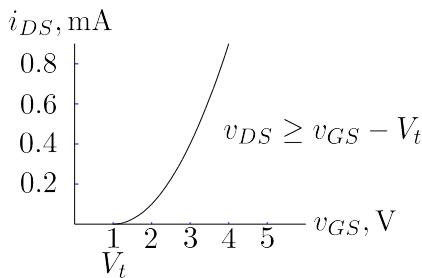
$$(2.33) \quad R = \frac{v_{DS}}{i_{DS}} = \frac{1}{k'_n \left[\frac{W}{L} \right] [v_{GS} - V_t]}$$

ماسفیٹ کے گیٹ پر برقی 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 لیہزا 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: افزائندہ ماسفینٹ کا برقی رو بال مقابل گیٹ کی بر قی دباؤ

حاصل ہوتا ہے جسے شکل ۳.۸ میں ماسفینٹ کے خطوط پر کھینچا گیا ہے جبکہ مساوات ۳.۲۸ کو شکل ۳.۹ میں کھینچا گیا ہے۔ باب ۳ میں دو جوڑا نو مسئلہ کے غیر افزائندہ اور افزائندہ خطے دکھائے گئے ہیں۔ ان کا ماسفینٹ کے خطوں کے ساتھ موازنے کریں۔ ٹرانزسٹر تقریباً 0.2 V سے کم v_{CE} پر غیر افزائندہ جبکہ اس سے زیادہ بر قی دباؤ پر افزائندہ ہوتا ہے۔ ماسفینٹ دبوچ v_{DS} کے کم بر قی دباؤ پر غیر افزائندہ جبکہ اس سے زیادہ بر قی دباؤ پر افزائندہ ہوتا 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 ماسفینٹ 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 ماسفینٹ تبدیل کرنے سے فقط کارکردگی تبدیل ہونے کا مکان ہوتا ہے۔

۲.۳.۱ فتابل برداشت برقی دباؤ

V_{DS} کو دبوچ DS کے بھتاری ہایجباۓ، 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 قدریباً 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 سیکان 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 $\pm 100\text{ V}$ کے درمیان پیدا ہوتا ہے۔

ایک تیساً عمل جو ماسفیٹ کو فوراً ستراہ کر لیتا ہے اس وقت پیش آتا ہے جب گیٹ اور سورس کے مابین برقی دباؤ میں کے فتابل برداشت حد $V_{GS_{BR}}$ سے تحاوز کر جائے۔ یاد رہے کہ گیٹ اور سورس کے درمیان انتہائی باریک غیر موصل 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 قدریباً 50 V پر محدود ہوتا ہے۔ اس عمل سے پہنچ کی حراطر گیٹ پر ڈالیوڈ 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 رکھتا ہے۔

۲.۳.۲ درجہ حرارت کے اثرات

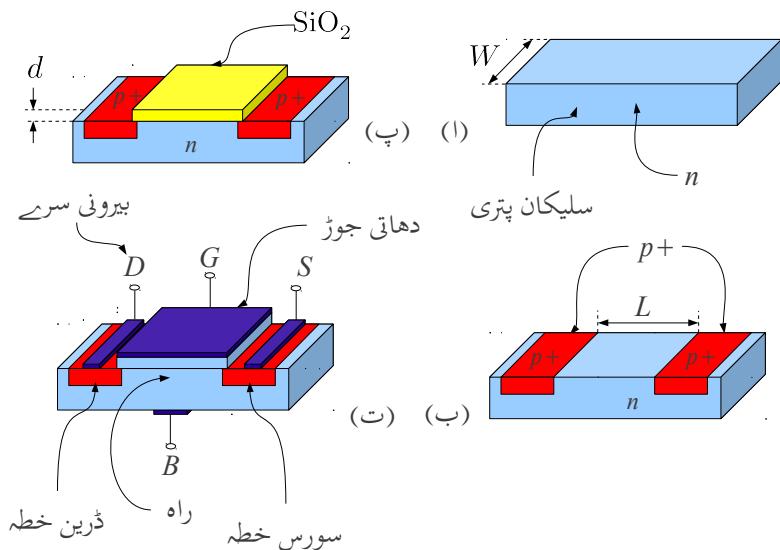
V_t اور k'_n دونوں پر درجہ حرارت کا اثر پایا جاتا ہے۔ دجوز ٹرانزسٹر کے V_{BE} کی طرح V_t بھی حرارت بڑھنے سے کم ہوتا ہے لیکن

$$(2.35) \quad \frac{dV_t}{dT} = -2 \frac{mV}{^{\circ}\text{C}}$$

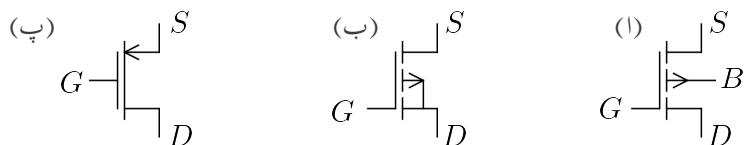
البتہ k'_n کی قیمت درجہ حرارت بڑھنے سے بڑھتی ہے اور k'_n بڑھنے کا اثر V_t گھٹنے کے اثر سے زیادہ ہوتا ہے لہذا ماسفیٹ کی مسماحت درجہ حرارت بڑھنے سے بڑھتی ہے۔ قوی ماسفیٹ کو آپس میں متوازی جوڑتے وقت اس حقیقت کو زیر استعمال لایا جاتا ہے۔

۲.۳.۳ بڑھاتا pMOSFET ماسفیٹ

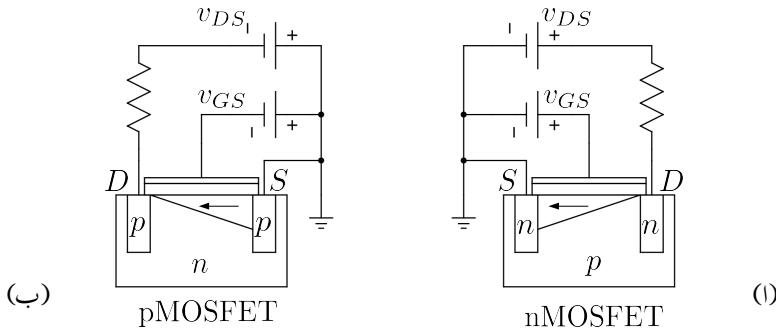
p ماسفیٹ، جسے ہم اس کتاب میں بیٹ ماسفیٹ بھی کہیں گے، کو n قم کی سیکان پستری پر بنایا جاتا ہے جس میں دو عدد p+ قم کے خطے بنائے جاتے ہیں۔ pMOSFET کی کارکردگی بالکل nMOSFET کی طرح ہے البتہ اس میں V_{DS} ، V_{GS} اور V_t کی قیمتیں منفی ہوتی ہیں۔ اسی طرح برقی دباؤ i_{DS} کی سمت بھی الٹی ہوتی ہے لیکن برقی رو ٹرانزسٹر کے ڈرین سرے سے باہر کی جانب ہوتا ہے۔ اسی لئے pMOSFET کے برقی رو کو i_{SD} لکھا جائے گا۔ p ماسفیٹ بنانے کی ترکیب شکل ۲.۱۰ میں دکھائی گئی ہے جبکہ اس کی عمل میں شکل ۲.۱۱ میں دکھائی گئی ہیں۔ pMOSFET کے راہ میں برقی رو خواہ کے حرکت کی بدولت ہے۔ سورس سے خواہ راہ میں خارج ہو کر ڈبیرخ تک سفر کرتے ہیں جہاں انہیں راہ سے حاصل کیا جاتا ہے۔ ماسفیٹ میں برقی رو خواہ کے اسی حرکت کی بدولت ہے۔



شکل ۱۰.۳: p ماسفیٹ کی ساخت



شکل ۱۱.۳: p بڑھاتا ماسفیٹ کی علامتیں



شکل ۲.۱۲: بُرھاتے nMOSFET اور pMOSFET نقطہ دبوچ پر

nMOSFET کی جامت کم ہونے کی بدولت سیکان پتری پر انہیں زیادہ تعداد میں بنایا جاسکتا ہے۔ یوں اگرچہ مختلط ادوار میں nMOSFET کو pMOSFET پر جمع دی جاتی ہے مگر پھر بھی ان کی اپنی ایمیٹسٹی ہے جس کی بناء پر انہیں بھی مختلط ادوار میں استعمال کیا جاتا ہے۔ بالخصوص جبڑا ماسٹریٹ (CMOS) ادوار جو کہ اہم ترین ادوار تصور کئے جاتے ہیں ان دونوں اقسام کو استعمال کرتے ہی بنائے جاتے ہیں۔

شکل ۴.۱۲ میں مواد کے لئے بہتے nMOSFET اور pMOSFET کو نقطے دیا چرخ پر مائل کرتے دکھائے گئے ہیں۔ nMOSFET میں سورس S کو برقی زمین پر رکھا گیا ہے۔ پسید اکرہ راہ میں برقی روکو تیسرے نشان دکھایا گیا ہے۔ یوں اگر راہ کا بیان سر اصفروں پر ہو تو اس کا دیاں سراشیت برقی دباؤ پر ہو گا جوں گیٹ اور باٹن سرے کے مابین برقی دباؤ زیادہ ہو گا جبکہ گیٹ اور دائیں سرے کے مابین برقی دباؤ نسبتاً کم ہو گا جس سے راہ ترقی شکل کا پسید اہو گا۔ جہاں گیٹ اور سلیکان کے مابین برقی دباؤ زیادہ ہو وہاں راہ کی گھبرائی زیادہ ہو گی۔ pMOSFET میں بھی سورس S کو برقی زمین پر رکھا گیا ہے۔ پسید اکرہ راہ میں برقی روکو تیسرے نشان دکھایا گیا ہے۔ یوں اگر راہ کا بیان سر اصفروں پر ہو تو اس کا بیان سر اتفاقی برقی دباؤ پر ہو گا۔ یوں گیٹ اور دائیں سرے کے مابین برقی دباؤ زیادہ ہو گا جبکہ گیٹ اور باٹن 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 ماسفین گیٹ میں پسید اکرہ راہ ذرین پر دباؤ چرخ بھاتا ہے۔

v_{GS} کے pMOSFET اور v_{DS} اور i_{DS} میں مختاریں بین لہذا v_{SG} ، v_{SD} اور i_{SD} میں مختاریوں کے مساوات مندرجہ ذیل ہیں۔

۱۳۰۷ غیر افزاش ده

$$v_{SG} > -V_t$$

$$v_{DG} \geq -V_t$$

$$i_{SD} = k'_p \left[\frac{W}{L} \right] \left[(v_{SG} + V_t) v_{SD} - \frac{v_{SD}^2}{2} \right]$$

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

$$(3.38) \quad \begin{aligned} v_{SG} &> -V_t \\ v_{DG} &\leq -V_t \\ i_{SD} &= \frac{k'_p}{2} \left[\frac{W}{L} \right] [v_{SG} + V_t]^2 \end{aligned}$$

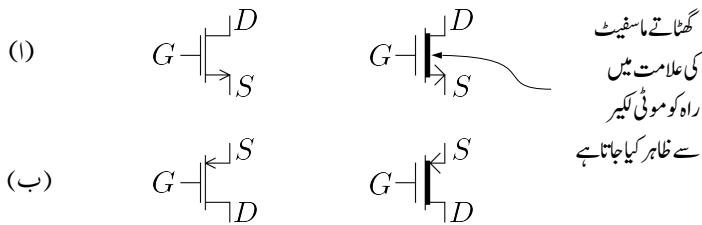
منقطع

$$(3.39) \quad \begin{aligned} v_{SG} &\leq -V_t \\ i_{SD} &= 0 \end{aligned}$$

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 مناطر n ڈھٹاتے 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 ڈھٹانے 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 آخوند کار راہ کی گہرائی صفر ہو



شکل ۲.۳: گھناتے اور بڑھاتے سفیٹ کی علامتیں

جبے گی اور سفیٹ میں بر قی روکا گزنا مسکن نہیں رہے گا۔ یہ بر قی دباؤ اس سفیٹ کا V_t ہوتا ہے۔ یوں n قم کے گھناتاما سفیٹ کا V_t منفی قیمت رکھتا ہے۔ گھناتا اور بڑھاتا منفی سفیٹ کے مادات میں کوئی فرق نہیں لہذا اب تک کے تمام بڑھاتا سفیٹ کے مادات جوں کے توں گھناتاما سفیٹ کے لئے کہیں استعمال کئے جائیں گے۔

۲.۵.۱ مقطوع صورت

اگر گھناتاما سفیٹ کے v_{GS} پر V_t سے کم (یعنی مزید منفی) بر قی دباؤ لاگو کیا جبے تو راہ کا وجود نہیں رہے گا یعنی پیدا کردہ راہ نہیں رہے گا اور سفیٹ مقطوع صورت میں 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 $v_{GS} = -4V$ مقطوع ہو جبے گا اور اگر اس کے گیٹ پر $v_{GS} = -2.2V$ یا $v_{GS} = 1.2V$ اور یا $v_{GS} = 5.3V$ لاگو کیا جبے تو سفیٹ چپا لورہے گا۔

۲.۵.۲ غیر افزاں درہ

v_{GS} پر V_t سے زیادہ بر قی دباؤ لاگو کرنے سے سفیٹ چپا لو حالت اختیار کر لیتا ہے۔ جب تک چپا لو سفیٹ کے گیٹ پر دین خلیے سے $|V_t|$ دوست کرنے ہو جائیں گھناتاما سفیٹ غیر افزاں درہ 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 سفیٹ غیر افزاں درہ 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 $v_{GS} = 5.3\text{V}$ اور $V_t = -3.5\text{V}$ کی صورت میں جب $v_{DS} > 8.8\text{V}$ دیوچ ماسفیٹ انسانہ نظر میں ہو گا۔

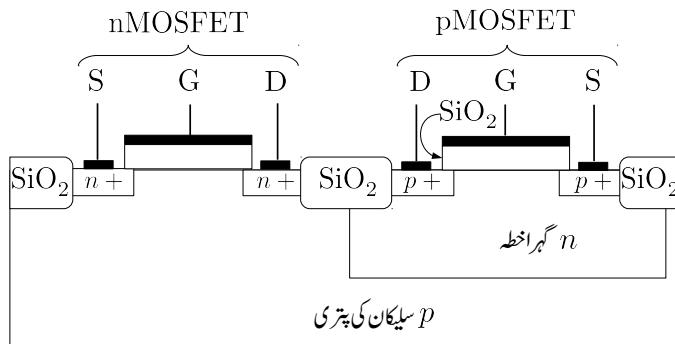
یہاں تسلی کر لیں کہ گھناتا ماسفیٹ کے مختلف خطوں کی مساواتیں بالکل وہی ہیں جو عام ماسفیٹ کی ہیں۔ فرق صرف اتنا ہے کہ گھناتا ماسفیٹ کے V_t کی قیمت منفی ہوتی ہے۔

۳.۶ گھناتا p ماسفیٹ

p قم کا گھناتا ماسفیٹ اسی طرح p ماسفیٹ بناتے وقت سیلان پتھری میں گیٹ کے بالکل یقچے p قم کی راہ، سورس سے ڈرین خطے تک بنانے کے پیدا ہوتا ہے۔ p قم کے گھناتا ماسفیٹ اور عام p قم کے ماسفیٹ کے مساوات ایک ہی طرح کے ہیں۔ فرق صرف اتنا ہے کہ p قم کے گھناتا ماسفیٹ کی V_t کی قیمت مثبت ہوتی ہے۔ مزید یہ کہ کسی بھی p قم کے ماسفیٹ کی طرح p قم کے گھناتا ماسفیٹ میں بر قی روڈرین سرے سے باہر کی جانب ہوتا ہے۔ شکل ۳.۱۳ ب میں p قم کے گھناتے ماسفیٹ کی علامت دکھائی گئی ہے۔

۷. CMOS

جزوا ماسفیٹ nMOSFET اور pMOSFET دونوں استعمال کرتے ہیں جنہیں p سیلان پر بنایا جاتا ہے۔ nMOSFET تو بنتا ہی p سیلان پر ہے البتہ pMOSFET بنتے وقت پہلے p سیلان میں گہرا n خطے بنایا جاتا ہے اور پھر اس خطے میں pMOSFET بنایا جاتا ہے۔ شکل ۳.۱۲ میں جزا ماسفیٹ کی ساخت دکھائی گئی ہے۔ جزا ماسفیٹ کو عام قم میں یا 2^{-2} کہتے ہیں۔ شکل میں ماسفیٹ کے دونوں جانب SiO_2 کے گہرے حصے دکھائے گئے ہیں جو ساتھ دو ماسفیٹ کو مکمل طور پر علیحدہ رکھنے کی حاضر 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 کو گہرے n خطے میں بنانا ہو گا جبکہ nMOSFET تو بتاتی 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 ظہور کے جاتے ہیں۔ یوں گیٹ پر بر قی دباؤ کو v_{GS} کی وجہ سے لکھا جائے گا۔ اسی طرح v_{DS} کو V_{DS} اور i_{DS} کو I_{DS} دے گئے مثالوں کو پہلے خود حل کرنے کی کوشش کریں اور بعد میں کتاب میں دے 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. کروہ راہ و جود میں آئے گا مگر اس کی گھنرائی تقریباً صفر ہو گی اور اس میں برقی روکائزر مسکن نہیں ہے لیکن $i_{DS} = 0$ ہے اس صورت پیدا ہے۔

۳. گھناتاماسنیٹ حپا ہے۔ پر گیئے اور ڈرین کے مابین برقی دباؤ $V_{DS} = 1 \text{ V}$ پر چونکہ $V_t = -3.2 \text{ V}$ اور $v_{GS} = -2.8 \text{ V}$ ہے لہذا $v_{GS} > V_t = -3.2 \text{ V}$ (-2.8) > (-3.2)

$$v_{GS} - v_{DS} = (-2.8) - (1) = -3.8 \text{ V}$$

لہذا جو کہ V_t سے کم ہے لیکن

$$v_{GS} - v_{DS} < V_t$$

لہذا گھناتاماسنیٹ انسزائندہ ہے اور یوں

$$\begin{aligned} i_{DS} &= \frac{k_n}{2} [v_{GS} - V_t]^2 \\ &= \frac{0.1 \times 10^{-3}}{2} \times [(-2.8) - (-3.2)]^2 \\ &= 8 \mu\text{A} \end{aligned}$$

۴. گھناتاماسنیٹ حپا ہے۔ پر گیئے اور ڈرین کے مابین برقی دباؤ $V_{DS} = +1 \text{ V}$ پر چونکہ $V_t = -3.2 \text{ V}$ اور $v_{GS} = -2.2 \text{ V}$ ہے لہذا $v_{GS} > V_t = -3.2 \text{ V}$ (-2.2) > (-3.2)

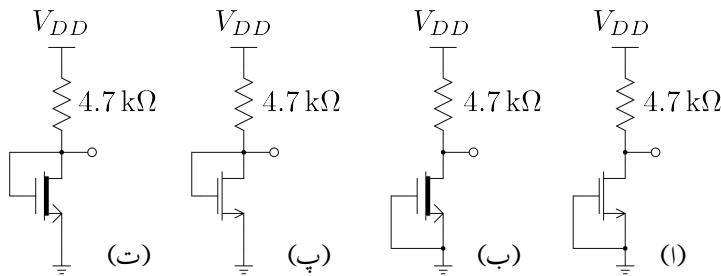
$$v_{GS} - v_{DS} = (-2.2) - (1) = -3.2 \text{ V}$$

لہذا جو کہ V_t کے برابر ہے لیکن

$$v_{GS} - v_{DS} = V_t$$

لہذا گھناتاماسنیٹ نقطہ دبوچ پر ہے۔ یوں

$$\begin{aligned} i_{DS} &= \frac{k_n}{2} [v_{GS} - V_t]^2 \\ &= \frac{0.1 \times 10^{-3}}{2} [(-2.2) - (-3.2)]^2 \\ &= 50 \mu\text{A} \end{aligned}$$



شکل ۳.۱۵: ماسفیٹ کے یک سمت ادوار

۳.۵ ماسفیٹ پر جو کہ $V_t = -3.2 \text{ V}$ اور $v_{GS} = 1.5 \text{ V}$ ہے اور یوں گھٹاتا ہے اور یوں گھٹاتا ہے لہذا $v_{GS} > V_t + 1.5 > -3.2$ ہے اور $v_{DS} = 1 \text{ V}$ پر گیٹ اور ڈرین کے مابین برقی دباؤ چاہو ہے۔

$$v_{GS} - v_{DS} = +1.5 - 1 = 0.5 \text{ V}$$

جو کہ V_t سے زیادہ ہے یعنی

$$v_{GS} - v_{DS} > V_t$$

لہذا گھٹاتا ماسفیٹ غیر امنزاسنڈ 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۔ دوسرے 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 ۳.۲۵: 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 رو حاصل 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 رو حاصل 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 فناون برائے برقی رو باستعمال کرتے ہوئے

$$\begin{aligned} V_{DD} &= I_{DS} R_D + V_{DS} \\ 10 &= 0.9 \times 10^{-3} \times 4.7 \times 10^3 + V_{DS} \\ V_{DS} &= 5.77 \text{ V} \end{aligned}$$

حاصل 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 $V_t = -3\text{V}$ ہے۔ یوں $V_{GS} - V_{DS} < V_t$ کی شرط پوری ہوتی ہے اور ماسفیٹ یقیناً افسزائندہ ہی ہے بلکہ $I_{DS} = 0.9 \text{ mA}$ 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۔۴۔ میدانی تراز سڑ

حاصل ہوتا ہے۔ چونکہ گیٹ اور ڈرین آپس میں جبڑے میں لہذا ان پر برابر قدر دا بیا جائے گا جتنی ہو $V_{GS} = V_{DS}$ 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 متفعل ہو تو برقی روکی مقدار صفر ہو گی اور اس صورت میں اس مساوات کے تحت $V_{GS} = 10\text{ V}$ حاصل ہوتا ہے۔ گھٹاتا ماسفیٹ کا V_t متفہ ہوتا ہے اور یوں یہاں $V_t > V_{GS}$ ہے جو کہ چپا لو ماسفیٹ کی نشانی ہے۔ یوں اس ماسفیٹ کو متفعل 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 متفہ مقدار 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 ہو تو یہ غیر افزائندہ ہو گا لہذا دیکھنا یہ ہے کہ آیا ماسفیٹ چپا لو ہے یا نہیں۔
اگر $I_{DS} = 4.3\text{ mA}$ ہو تو

$$\begin{aligned}V_{GS} &= 10 - 4700I_{DS} \\&= 10 - 4700 \times 4.3 \times 10^{-3} \\&= -10.21\text{ V}\end{aligned}$$

اور یوں $V_t < V_{GS}$ ہو گا جو کہ متفعل ماسفیٹ کی نشانی ہے۔ متفعل ماسفیٹ برقی رو گزاری نہیں کرتا لہذا اس جواب کو رد کیا جاتا ہے۔
اگر $I_{DS} = 1.68\text{ mA}$ ہو تو

$$\begin{aligned}V_{GS} &= 10 - 4700I_{DS} \\&= 10 - 4700 \times 1.68 \times 10^{-3} \\&= 2.104\text{ V}\end{aligned}$$

اور یوں $V_t > V_{GS}$ ہو گا جو کہ چپا لو ماسفیٹ 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 افزاں نہ 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 افزاں نہ ہماں کی مساوات استعمال کرتے ہوئے V_{GS} کے لئے حل کرتے ہیں۔

$$I_{DS} = \frac{k_n}{2} (V_{GS} - V_t)^2$$

$$0.6 \times 10^{-3} = \frac{0.15 \times 10^{-3}}{2} (V_{GS} - 3)^2$$

$$\frac{2 \times 0.6 \times 10^{-3}}{0.15 \times 10^{-3}} = (V_{GS} - 3)^2$$

$$8 = (V_{GS} - 3)^2$$

$$V_{GS} = \pm\sqrt{8} + 3$$

$$V_{GS} = 0.172 \text{ V}, 5.828 \text{ V}$$

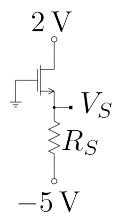
V_{GS} کے جواب کو درکرتبے میں پونکہ اس طرح $V_t < V_{GS}$ ہو گا اور ماسفینٹ مقتطع ہو
 گا۔ $V_{GS} = 5.828 \text{ V}$ کو تسلیم کرتے ہوئے دور کے حناری جناب کرخونے کے فتوں برائے بر قی دباد میں V_{DS} کی
 قیمت کو حاصل شدہ V_{GS} کی قیمت کے برابر ہے۔

$$V_{DD} = I_{DS} R_D + V_{DS}$$

$$10 = 0.6 \times 10^{-3} \times R_D + 5.828$$

$$R_D = 6.95 \text{ k}\Omega$$

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 ولٹ پر ہے۔ یوں

$$V_{GD} = V_G - V_D = 0 - 2 = -2\text{ V}$$

حاصل ہوتا ہے اور یوں $V_{GD} < V_t$ ثابت ہوتا ہے جو کہ افزاں دہ ماسفینٹ کی نشانی ہے۔ اس طرح

افزائندہ ماسفینٹ کی مساوات استعمال ہوگی

$$\begin{aligned} I_{DS} &= \frac{k_n}{2} (V_{GS} - V_t)^2 \\ I_{DS} &= \frac{k_n}{2} ([5 - I_{DS}R_S] - V_t)^2 \\ 0.8 \times 10^{-3} &= \frac{0.4 \times 10^{-3}}{2} (5 - 0.8 \times 10^{-3} \times R_S - 2.5)^2 \\ \mp \sqrt{4} &= (2.5 - 0.8 \times 10^{-3} \times R_S) \\ R_S &= 0.625 \text{ k}\Omega, \quad 5.625 \text{ k}\Omega \end{aligned}$$

اگر $R_S = 0.625 \text{ k}\Omega$ تو

$$V_{GS} = 5 - I_{DS}R_S = 5 - 0.8 \times 10^{-3} \times 0.625 \times 10^3 = 4.5 \text{ V}$$

$R_S = V_t$ ہو گا اور یوں $V_{GS} > V_t$ ہو گا اینی ماسفینٹ پا لو ہو گا جو کہ وتابل قبول جواب ہے۔ اس کے برعکس اگر $V_t > V_{GS}$ ہو گا اور یوں $V_t < V_{GS}$ ہو گا اینی ماسفینٹ منقطع ہو گا۔ منقطع ماسفینٹ میں برقی روکا گزرا مسکن نہیں اور یوں یہ ناتابل قبول جواب ہے اور اسے روکیا جاتا ہے۔

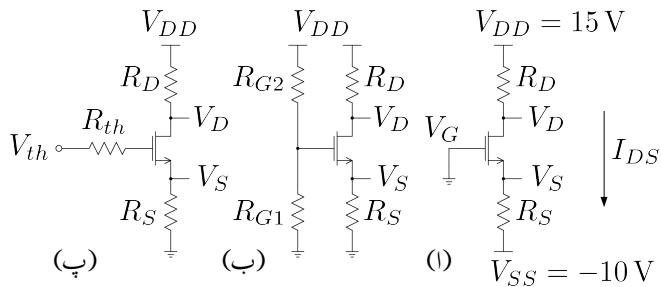
$$V_{GS} = 5 - I_{DS}R_S = 5 - 0.8 \times 10^{-3} \times 5.625 \times 10^3 = 0.5 \text{ V}$$

اگر $V_t < V_{GS}$ ہو گا اینی ماسفینٹ میں برقی روکا گزرا مسکن نہیں اور یوں یہ ناتابل قبول جواب ہے اور اسے روکیا 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 ڈریں دو دو لٹر پر ہے لہذا $V_{GD} = -2 \text{ V}$ اور یوں $V_{GD} < V_t$ ہے جو کہ افزاں دہ ماسفینٹ کی نشانی ہے۔ یوں

$$\begin{aligned} I_{DS} &= \frac{k_n}{2} (V_{GS} - V_t)^2 \\ 2 \times 10^{-3} &= \frac{0.6 \times 10^{-3}}{2} (V_{GS} - 3.3)^2 \\ V_{GS} &= 3.3 \mp \sqrt{\frac{4}{0.6}} \\ V_{GS} &= 0.718 \text{ V}, \quad 5.88 \text{ V} \end{aligned}$$



شکل ۳.۱۷: ماسفین کے مزیدیکے سمت ادوار

اگر $V_{GS} < V_t$ لیا جائے تو ہو گا اور ماسفین مقطوع ہو گا لہذا اس جواب کو رد کیا جاتا ہے۔ یوں $V_{GS} = 5.88 \text{ V}$ چھ جواب ہے۔ دور کے خارجی جانب کر خوف کے وفاون برائے بر قی دباؤ کے تحت

$$\begin{aligned} V_{GS} &= V_G - V_S \\ 5.88 &= 0 - V_S \\ V_S &= -5.88 \text{ V} \end{aligned}$$

یوں اُبھم 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 ہوتے ہیں۔

مثال ۳.۱۰: شکل ۳.۱۷ ب میں دو جوڑ ترازی سڑ مائل کرنے کے طرز پر گیٹ کے ساتھ دو مزاجت

مشکل کر کے ماسفینٹ کو مکمل کیا گیا ہے۔ اگر

$$\begin{aligned}V_{DD} &= 12 \text{ V} \\R_D &= 6.8 \text{ k}\Omega \\R_S &= 5.6 \text{ k}\Omega \\R_{G1} &= R_{G2} = 10 \text{ M}\Omega \\V_t &= 2.5 \text{ V} \\k_n &= 0.1 \text{ mA V}^2\end{aligned}$$

ہوں تب اس دور میں تمام برقی دباؤ اور برقی رو حاصل کریں۔
حل: شکل پر میں اس کام ساوی تھونن دور دکھایا گیا ہے جہاں

$$\begin{aligned}V_{th} &= \frac{R_{G1}V_{DD}}{R_{G1} + R_{G2}} = 6 \text{ V} \\R_{th} &= \frac{R_{G1}R_{G2}}{R_{G1} + R_{G2}} = 5 \text{ M}\Omega\end{aligned}$$

چونکہ ماسفینٹ کے گیٹ پر برقی رو کی قیمت صفر ہوتی ہے ($I_G = 0$) لہذا ماسفینٹ کے گیٹ پر برقی دباؤ اسی تھونن برقی دباؤ کے برابر ہو گا لیکن

$$V_G = 6 \text{ V}$$

شکل پر میں گیٹ کو کھلے سے تصور کرتے ہوئے R_1 اور R_2 کے جو زپری یعنی 6 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

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 $V_t < V_{GS}$ ہاں 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 $V_t > V_{GS}$ ہاں جواب کو حپالوماسفینٹ کی نشانی ہے۔ مزید یہ کہ اس برقرار رے

$$V_{GD} = -6 + 0.237 \times 10^{-3} \times 6.8 \times 10^3 = -4.39 \text{ V}$$

یعنی $V_t < V_{GD}$ ہاں جواب کو 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۔۱: شکل ۷۔۱۔۳ ب میں

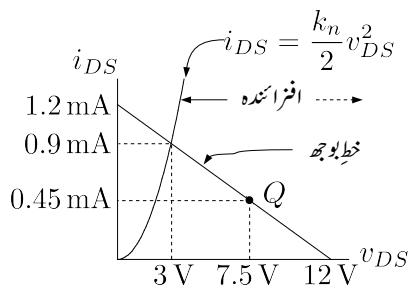
$$V_{DD} = 12 \text{ V}$$

$$R_D = 8 \text{ k}\Omega$$

$$R_S = 2 \text{ k}\Omega$$

$$V_t = 2.5 \text{ V}$$

$$k_n = 0.2 \text{ mA V}^2$$



شکل ۳.۱۸: خط بوجہ سے نقطہ کارکردگی کا حصول

ہیں۔ اس ایکلپینائز کے گیٹ پر لامبڈا و کیمیٹر کے ذریعے داخلی اشارہ مہیا کیا جاتا ہے۔ v_{DS} کی زیادہ سے زیادہ میٹاکل چوٹی کے لئے درکار نقطہ مائل حاصل کریں۔
حل: خط بوجہ کی مساوات

$$V_{DD} = v_{DS} + i_{DS} (R_D + R_S)$$

$$12 = v_{DS} + 10000i_{DS}$$

کو شکل ۳.۱۸ میں گراف کیا گیا ہے۔ شکل میں نقطہ بوجہ کے گراف کی مدد سے افزائندہ خط کی نشاندہی بھی کی گئی ہے۔ نقطہ بوجہ کا خط مساوات ۳.۲۲ سے حاصل کیا گیا ہے۔

$$i_{DS} = \frac{k_n}{2} v_{DS}^2$$

ان دو مساوات کو اکٹھے کرتے ہوئے

$$12 = v_{DS} + 10000i_{DS}$$

$$= v_{DS} + 10000 \times \frac{0.2 \times 10^{-3}}{2} v_{DS}^2$$

حاصل ہوتا ہے۔ اس دور بھی مساوات سے $v_{DS} = 3\text{V}$ ، بوجہ میں $i_{DS} = 0.9\text{mA}$ حاصل ہوتا ہے۔ اس کا دوسرا جواب $v_{DS} = 4\text{V}$ ہے جسے رد کیا جاتا ہے جونکہ بوجہ میں ممکن نہیں۔ حاصل بوجہ $v_{DS} = 0.9\text{mA}$ ہوتا ہے۔

ماسفیٹ ایکلپینائز خط بوجہ پر چھل وتدی کرتا ہے۔ جیسے شکل میں دکھلایا گیا ہے، ماسفیٹ اس وقت تک افزائندہ رہتا ہے جب تک v_{DS} کی قیمت بوجہ سے زیادہ ہو۔ یوں ماسفیٹ 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 ($7.5\text{ V}, 0.45\text{ mA}$) رکھ جائے گا۔

مثال ۳.۱۲: p بُصاتاً ماسفیٹ استعمال کرتے ہوئے شکل ۳.۱۹ الف کا دور بنا یا گیا ہے۔ ماسفیٹ کو امنزائندہ خط میں رکھتے ہوئے $I_{SD} = 0.2\text{ mA}$ اور $V_D = 4\text{ V}$ حاصل کریں۔
حل: $V_D = 4\text{ V}$ اور $I_{SD} = 0.2\text{ mA}$

$$\begin{aligned}V_D &= I_{SD} R_D \\4 &= 0.2 \times 10^{-3} R_D \\R_D &= 20\text{ k}\Omega\end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے۔
امنزاںدہ ماسفیٹ کی ساداتے سے

$$\begin{aligned}I_{SD} &= \frac{k_p}{2} (V_{SG} + V_t)^2 \\0.2 \times 10^{-3} &= \frac{0.1 \times 10^{-3}}{2} (V_{SG} - 2)^2 \\V_{SG} &= 0\text{ V}, 4\text{ V}\end{aligned}$$

حاصل ہوتے ہیں۔ امنزاںدہ p بُصاتاً ماسفیٹ کے لئے ضروری ہے کہ $-V_t > -V_G$ رہے۔ چونکہ

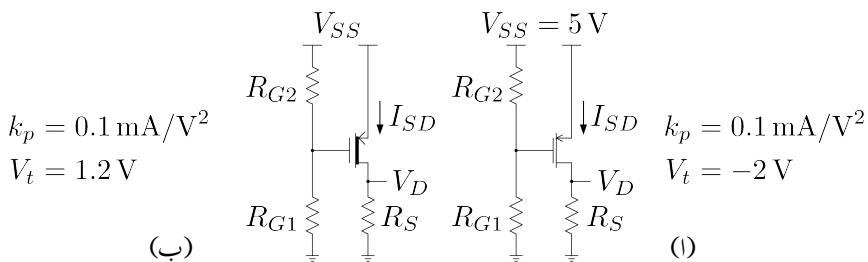
$$-V_t = -(-2) = 2\text{ volt}$$

ہے لہذا اس شرط کا مطلب ہے کہ $V_{SG} > 2\text{ V}$ ہو۔ یوں $V_{SG} = 4\text{ V}$ کو درست جواب تسلیم کیا جاتا ہے۔ یوں چونکہ لہذا $V_S = 5\text{ V}$

$$\begin{aligned}V_{SG} &= V_S - V_G \\4 &= 5 - V_G \\V_G &= 1\text{ V}\end{aligned}$$

$R_{G1} = 1\text{ M}\Omega$ اور R_{G2} کے قیمتیں چن کر $V_G = 1\text{ V}$ حاصل کیا جاتا ہے۔ مثلاً اگر R_{G1} چنانچہ تو

$$\begin{aligned}V_G &= \frac{R_{G1} V_{SS}}{R_{G1} + R_{G2}} \\R_{G2} &= R_{G1} \left(\frac{V_{SS}}{V_G} - 1 \right) \\R_{G2} &= 4\text{ M}\Omega\end{aligned}$$



شکل ۱۹: p ماسیفیٹ کے پک سمت ادوار

حاصل ہوتا ہے۔

مثال ۳.۱۳: شکل ۳.۱۹ ب میں p قسم کا گھٹاتا مانیٹ استعمال کرتے دور بنایا گیا ہے جس میں مانیٹ کو افسزائندہ رکھتے ہوئے $V_D = 1\text{ V}$ اور $I_{SD} = 0.2\text{ mA}$ درکار ہیں۔ اس دور کو حل کریں۔

$$V_D = I_{SD} R_D$$

$$1 = 0.2 \times 10^{-3} R_D$$

$$R_D = 5 \text{ k}\Omega$$

افزائندہ ماسیفیٹ 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 p قم کے گھاتا ماسیف کے کورڈ سے جواب تیم کی جاتا ہے اور $V_{SG} = 0.8 \text{ V}$ کورڈ سے جواب تیم کی جاتا ہے۔ یوں

$$\begin{aligned}V_{SG} &= V_S - V_G \\0.8 &= 5 - V_G \\V_G &= 4.2 \text{ V}\end{aligned}$$

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۔ گھٹات ماسفینٹ کے

$$k_n = 0.1 \text{ mA V}^{-2}$$

$$V_t = -1 \text{ V}$$

جیسا 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

$$I_{DS} = \frac{k_n}{2} (V_{GS} - V_t)^2$$

$$I_{DS} = \frac{0.1 \times 10^{-3}}{2} [(-2000 I_{DS}) - (-1)]^2$$

$$I_{DS} = 5.958 \text{ mA}, 0.042 \text{ mA}$$

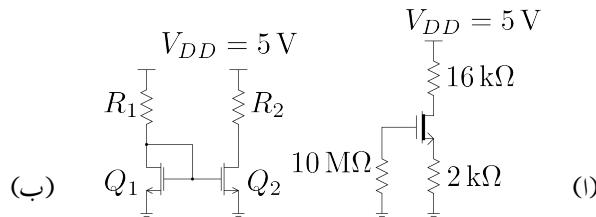
5.958 mA کے برقی روے سے $V_{GS} = -5.958 \times 10^{-3} \times 2000 = -11.9 \text{ V}$ حاصل ہوتا ہے جو کہ مقطوع ماسفینٹ کی نشانی ہے لہذا اس جواب کو رد کیا جاتا ہے۔ 0.042 mA کے برقی روے سے $V_{GS} = -0.042 \times 10^{-3} \times 2000 = -0.084 \text{ V}$ حاصل ہوتا ہے جو کہ چپ اوماسفینٹ کی نشانی ہے۔ یہی 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 اندازندہ 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 منسلک 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 قیمی دباویا جائے گا یعنی $V_{G1} = V_{D1}$ ہو گا۔ یہاں $V_{GS1} - V_{DS1} < V_t$ اور $V_{GS1} = V_{DS1}$ کر خون کے وسائل برائی دہاوے کے تحت

$$V_{DD} = I_{DS1}R_1 + V_{DS1}$$

$$V_{DS1} = V_{DD} - I_{DS1}R_1$$

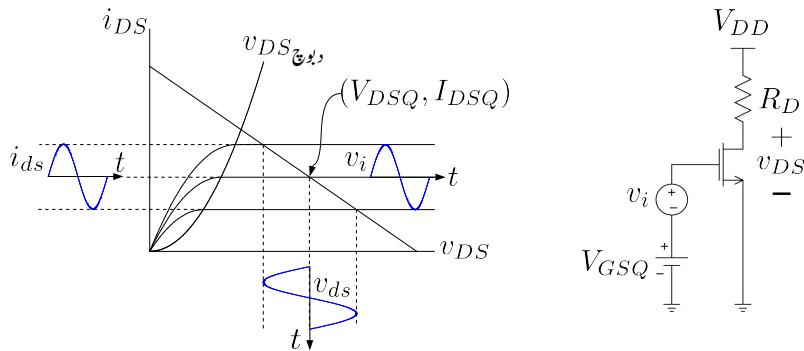
ہے۔ چونکہ V_{GS1} اور V_{DS1} برابر ہیں لہذا

$$V_{GS1} = V_{DS1} = V_{DD} - I_{DS1}R_1$$

ہو گا اور یہاں

$$\begin{aligned} I_{DS1} &= \frac{k_n}{2} (V_{GS} - V_t)^2 \\ &= \frac{k_n}{2} [(V_{DD} - I_{DS1}R_1) - V_t]^2 \end{aligned}$$

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 $I_{DS1} = I_{DS2}$ 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 خلے بوجھ بھی دکھایا گیا ہے۔ افسزاں نہ خلے کے حد کو دبوخ v_{DS} کے خلے 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} تین کرتے ہیں۔ $v_i = 0$ ہونے کی صورت میں ماسفیٹ نقطہ کار کردگی پر پایا جائے گا جہاں اس کے یک سمت برقی دباؤ V_{DSQ} اور یک سمت برقی رو I_{DSQ} ہوں گے۔ اب تصور کریں کہ باریک اشارہ v_i بہت جانب بڑھتا ہے۔ یوں ماسفیٹ کے گیٹ پر کل برقی دباؤ V_{GSQ} سے بڑھ جائے گا جس سے i_{DS} بڑھ جائے گی جبکہ v_{DS} گھٹ جائے گا۔ اسی طرح اگر v_i منفی ہوتا ہے تو گیٹ پر برقی دباؤ کچھ گھٹ جس سے i_{DS} گھٹ جائے گی جبکہ v_{DS} بڑھے گا۔ شکل میں سائز نہ v_i کی صورت میں ایسا ہوتا دکھایا گیا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ خط بوجھ کی ڈھلوان کم کرنے سے v_{ds} بڑھتا ہے۔ اس ایمپلیفیاٹر کی افسزاں برقی دباؤ A_v ہے۔

۳.۱۰ 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 حال 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 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

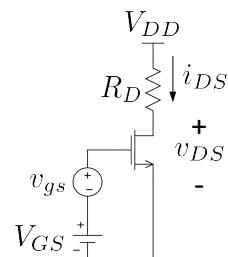
بدلتارو تجزیہ کی حاطر دور میں v_{gs} پر نظر رکھی جائے گی۔ شکل ۳.۲۲ میں V_{GS} اور v_{gs} سلسلہ وار جوڑنے سے

$$(3.36) \quad v_{GS} = V_{GS} + v_{gs}$$

حاصل ہوتا ہے جس کو استعمال کرتے ہوئے

$$(3.37) \quad i_{DS} = \frac{k_n}{2} (v_{GS} - V_t)^2$$

$$\begin{aligned}
 i_{DS} &= \frac{k_n}{2} (V_{GS} - V_t)^2 = \frac{k_n}{2} (V_{GS} + v_{gs} - V_t)^2 \\
 &= \underbrace{\frac{k_n}{2} (V_{GS} - V_t)^2}_{I_{DS}} + k_n (V_{GS} - V_t) v_{gs} + \underbrace{\frac{k_n}{2} v_{gs}^2}_{\text{ناؤار جزو}} \\
 &\quad \text{یک سنتی جزو} \qquad \text{i}_{ds} \qquad \text{اشارتی جزو}
 \end{aligned}$$



$$v_{GS} = V_{GS} + v_{gs}$$

شکل ۳.۲۲: ماسیفٹ اینپلیفیٹر کے برقی روکے مختلف اجزاء

$$\begin{aligned}
 (3.38) \quad i_{DS} &= \frac{k_n}{2} \left(V_{GS} + v_{gs} - V_t \right)^2 \\
 &= \frac{k_n}{2} \left[(V_{GS} - V_t) + v_{gs} \right]^2 \\
 &= \frac{k_n}{2} \left[(V_{GS} - V_t)^2 + 2(V_{GS} - V_t)v_{gs} + v_{gs}^2 \right] \\
 &= \frac{k_n}{2} (V_{GS} - V_t)^2 + k_n (V_{GS} - V_t) v_{gs} + \frac{k_n}{2} v_{gs}^2
 \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اس مساوات کا پہلا جزو $\frac{k_n}{2} (V_{GS} - V_t)^2$ یک سنتی جزو ہے۔ یہ مساوات ۳.۲۲ میں دئے I_{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 $(V_{GS} - V_t) k_n$ گاہی پڑھایا جزو ہے اور یوں اسے i_{ds} لکھا جاتا ہے۔ مساوات کا تیسرا جزو v_{gs}^2 کے مردیع کے راست تناسب ہے اور یوں یہ جزو اشارہ کی شکل بگاتا ہے۔ یہ آخری جزو ناؤار جزو ہے۔ اشارہ کی اصل شکل برقرار رکھنے کی حاطر اس جزو کی قیمت دوسرے جزو سے بہت کم رکھنی ضروری ہے یعنی

$$\frac{k_n}{2} v_{gs}^2 \ll k_n (V_{GS} - V_t) v_{gs}$$

اس سے حاصل ہوتا ہے

$$(3.39) \quad v_{gs} \ll 2(V_{GS} - V_t)$$

ساوات ۳.۴۹ باریکے اشارہ کی شرط بیان کرتا ہے۔ جو اشارہ اس ساوات پر پورا ترے اسے باریکے اشارہ تصور کیا جاتا ہے۔

اگر داخلی اشارہ باریکے اشارہ کی شرط پر پورا ترے تو ساوات ۳.۴۸ میں آئندہ جزو کو ظفر اندازیا جا سکتا ہے اور اسے یوں لکھا جا سکتا ہے۔

$$(3.50) \quad i_{DS} \approx I_{DS} + i_{ds}$$

جہاں

$$(3.51) \quad i_{ds} = k_n (V_{GS} - V_t) v_{gs}$$

ساوات ۳.۵۰ کو یوں بھی لکھا جا سکتا ہے۔

$$(3.52) \quad i_d = g_m v_{gs}$$

جہاں

$$(3.53) \quad g_m = \frac{i_d}{v_{gs}} = k_n (V_{GS} - V_t)$$

ماسفیٹ کی باریکے اشاراتی موصل-نما نزاکت ہے۔ ساوات ۳.۴۲ کی مدد سے g_m کو یوں بھی لکھا جا سکتا ہے۔

$$(3.54) \quad \begin{aligned} g_m &= \sqrt{2I_{DS}k_n} \\ &= \frac{2I_{DS}}{V_{GS} - V_t} \end{aligned}$$

g_m کے باضابطہ تعریف کے مطابق یہ ماسفیٹ کے v_{GS} - i_{DS} خط کے نقطے مائل پر ماس کی ڈھالوان ہے یعنی

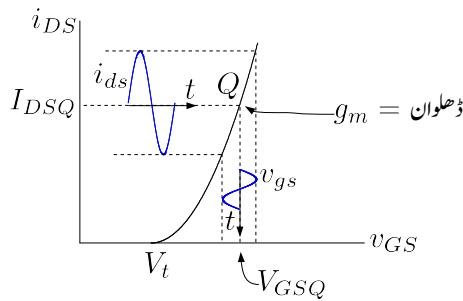
$$(3.55) \quad g_m = \left. \frac{\partial i_{DS}}{\partial v_{GS}} \right|_{v_{GS}=V_{GSQ}}$$

اسکے 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

$$(3.57) \quad \begin{aligned} v_{DS} &= V_{DD} - (I_{DS} + i_{ds}) R_D \\ &= V_{DD} - I_{DS} R_D - i_{ds} R_D \end{aligned}$$



شکل ۳.۲۳: ماسفیٹ ایمپلیفیاٹر کا گیٹ پر بر قی دباؤ بال مقابل ماسفیٹ کی بر قی روکا خط

یہ مساوات داخنی اشارہ کے موجودگی میں حسарجی 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

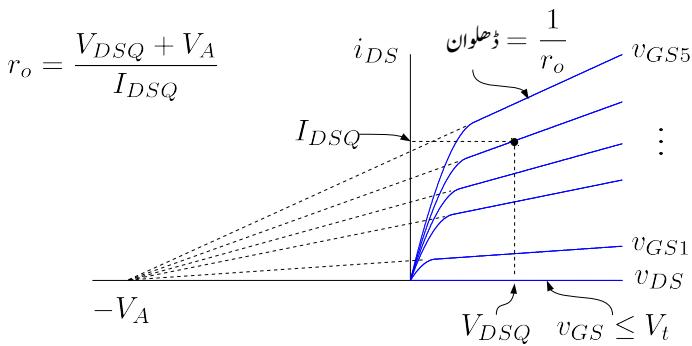
$$(3.60) \quad v_{ds} = -g_m R_D v_{gs}$$

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 حسارجی 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 حنارجی مزاجمت i_0

MASFİİT کو بطور ایک پلیناری 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 کے $i_{DS} = \frac{k'_n}{2} \left[\frac{W}{L} \right] [v_{GS} - V_t]^2 \left[1 + \frac{v_{DS}}{V_A} \right]$ پر کوئی اثر نہیں ہوتا۔ صفحہ ۳۷ 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 ۳.۲۶ 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 ۳.۲۳ میں گراف کئے گئے ہیں۔ اس مساوات سے ماسفیٹ کا حنارجی مزاجمت حاصل کرنے کی عندرش سے اس کا تفریق نقطے 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 ترجیح 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۔

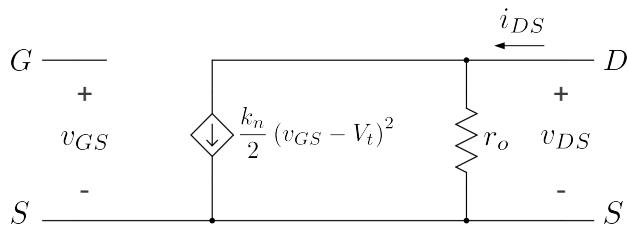
۴.۱۱.۲ و سچ اشاراتی ماسفیٹ ریاضی نمونہ

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 حناجری 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۔

$$(3.27) \quad g_m = k_n [V_{GS} - V_t] = k_n \sqrt{\frac{2I_{DS}}{k_n}} = \sqrt{2k_n I_{DS}}$$

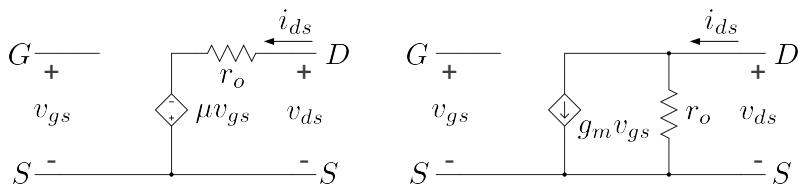
مساوات ۳.۲۷ سے حاصل r_o اور مساوات ۳.۲۷ سے حاصل g_m استعمال کرتے ہوئے ماسفیٹ کا پہتھنہ تعدادی باریکے اشاراتی ماسفیٹ پائے ریاضی نمونہ حاصل ہوتا ہے جسے شکل ۳.۲۶ میں دیکھ دکھایا گیا ہے۔ اس ریاضی نمونے کا عسوی نام π ریاضی نمونے ہے۔ دوجو ٹرانزسٹر کے باریکے اشاراتی ریاضی نمونے کے ساتھ موازنے کرتے ہوئے صاف 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 نارٹن مساوی کی جگہ تھوڑن مساوی استعمال کیا گیا ہے۔ یوں تھوڑن برقی دباء $v_{gs}r_o$ کے برابر لیتے ہوئے

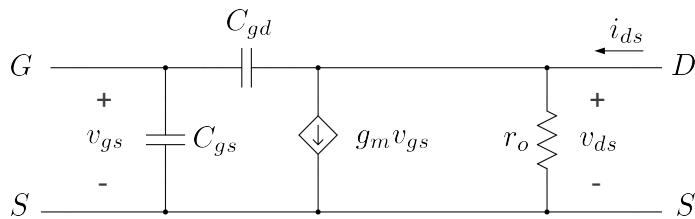
$$\mu = g_m r_o$$

حاصل ہوتا ہے۔

ماسفیٹ کے گیٹ اور سورس کے مابین C_{gs} کپیسٹر پیلا جاتا ہے۔ اسی طرح گیٹ اور ڈرین کے مابین C_{gd} کپیسٹر پیلا جاتا ہے۔ کم تعدد پر ان کپیسٹر کو نظر انداز کیا جاتا ہے البتہ بلند تعدد پر ان کو نظر انداز کرنا ممکن نہیں ہوتا۔ یوں



شکل ۳.۲۶: پست تعددی باریکے اشاراتی ماسفیٹ پائے ریاضی نمونہ



شکل ۳.۲۷: بلند تعددی باریکے اشاراتی ماسفیٹ پائے ریاضی نمونہ

بلند تعدد پر ماسفیٹ کے پائے ریاضی نمونے میں انہیں شامل کرنے سے بلند تعدد کے پائے ریاضی نمونہ حاصل ہوتا ہے جسے شکل ۳.۲۷ میں دکھایا گیا ہے۔ کم v_{DS} کی صورت میں غیر امنزائلڈ ماسفیٹ کے گیٹ کے بیچ الٹا خطہ سورس سے ڈرین تک قفریباً کیاں شکل کا ہوتا ہے۔ گیٹ اور الٹا خطہ مسلک کپیٹر $\frac{\epsilon WL}{d}$ کو جسم دیتے ہیں۔ اس کپیٹر کا آدھا حصہ C_{gs} اور آدھا حصہ C_{gd} ہے لیکن

$$(3.28) \quad C_{gs} \approx C_{gd} \approx \left(\frac{1}{2} \right) \frac{\epsilon WL}{d}$$

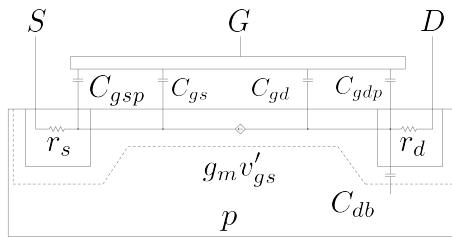
جہاں W گیٹ کی چوڑائی، L گیٹ کی لمبائی، d گیٹ اور سیکان کے درمیان فاصلہ ہے۔ $\epsilon = \epsilon_r \epsilon_0 = 3.9 \times 10^{-12} \frac{\text{F}}{\text{m}}$

امنزاںڈڈ ماسفیٹ کے ڈرین جانب راہ دبوچا گیا ہوتا ہے یوں گیٹ کے بیچ پسیدا کردا راہ ہر جگہ یکاں 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 مزاحمت r_s اور r_d بھی دکھائے گئے ہیں۔ بسیروں کی سورس سرے اور اندروں کی سورس کے درمیان r_s اور r_d مزاحمت پایا جاتا ہے۔ اسی طرح بیرونی ذرین سرے اور اندروں ذرین کے درمیان r_s اور 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۔

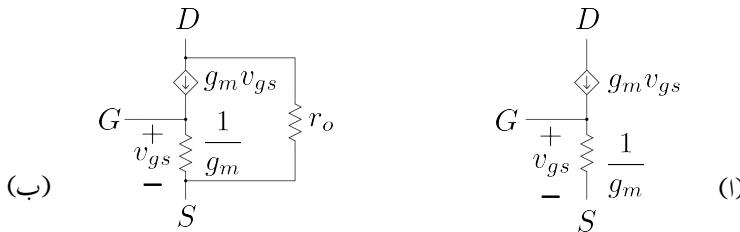
۱۱.۳.۴ باریکے اشاراتی ماسفیٹ ٹی ریاضی نمونے

شکل ۱۱.۳.۲۹ میں ۲۰ کو نظر انداز کرتے ہوئے ماسفیٹ کاٹھ ریاضی نمونہ دکھایا گیا ہے۔ اس ریاضی نمونے میں گیٹ اور سورس کے مابین مزاحمت نسب ہے جس کی قیمت $\frac{1}{g_m}$ ہے۔ اس ماسفیٹ ریاضی نمونے کو پائے ریاضی نمونے سے یوں حاصل کیا جاتا ہے۔ پائے ریاضی نمونے میں

$$(۱۱.۴۰) \quad i_g = 0 \\ i_d = i_s = i_{ds} = g_m v_{gs}$$

پائے جاتے ہیں جہاں i_d اور i_s ذرین اور سورس کے برقی رو ہیں۔ داخلی مزاحمت 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 مزاحمت نسب ہے جس پر برقی دباؤ v_{gs} ہے۔ یوں اونہم کے فتاون سے اس مزاحمت میں برقی رو کی مقدار

$$\frac{\text{برقی دباؤ}}{\text{برقی رو}} = \frac{v_{gs}}{\frac{1}{g_m}} = g_m v_{gs}$$



شکل ۳.۲۹: باریکے اشارتی ماسفینٹی ریاضی نمونہ

ہو گی۔ یہی بر قی رو سورس پر ہو گی۔ گیٹ G کے جوڑ پر D کی جانب سے $g_m v_{gs}$ بر قی رو آتی ہے۔ اس جوڑ سے اتنی ہی بر قی رو مذہبیت سے گزرتے ہوئے S روں ہے۔ یوں کر خوف کے فوت انون بر قی رو کی مدد سے گیٹ پر بر قی رو $= 0$ ہے۔ حاصل ہوتی ہے۔ داخلی مذہبیت $\frac{v_{gs}}{i_g}$ کی قیمت $= 0$ کی بن پر لامدہ حاصل ہوتی ہے۔ ہم دیکھتے ہیں کہ ٹی ریاضی نمونے سے بھی بالکل وہی جوابات حاصل ہوتے ہیں جو پائے ریاضی نمونے سے حاصل ہوتے ہیں لہذا ماسفینٹ کے ادوار حل کرتے وقت ٹی ریاضی نمونے کو بھی استعمال کیا جا سکتا ہے۔ ٹی ریاضی نمونے میں ۳.۲۹ کی شمولیت شکل ۳.۲۹ ب میں دکھلایا گیا ہے۔
دو جوڑ ترازی سڑ کے ٹی ریاضی نمونے کی طرح شکل ۳.۲۹ میں دکھائے گئے ماسفینٹ کے ٹی ریاضی نمونے دونوں اقسام کے ماسفینٹ یعنی n MOSFET اور p MOSFET کے لئے تبلیغاتیں ہیں۔

۳.۱۱.۵ یک سمت اور بدلتے متغیرات کی علیحدگی

مندرجہ بالا ذکرہ سے ہم دیکھتے ہیں کہ بر قی دباؤ اور بر قی رو کے دو حصے (یعنی یک سمت حصہ اور بدلت حصہ) ہوتے ہے۔ ماسفینٹ کے ادوار حل کرتے وقت ان دو حصوں کو علیحدہ علیحدہ حل کیا جاتا ہے۔ پہلے بدلت متغیرات کی قیمتیں صفر کرتے ہوئے یک سمت حصہ حل کر کے نقطہ مائل حاصل کیا جاتا ہے اور پھر بدلت حصے کو ریاضی نمونے کی مدد سے حل کیا جاتا ہے۔

مثال ۳.۱۶: مساوات ۳.۳۸ میں $\frac{k_n v_{gs}^2}{2}$ ناپسندیدہ حصہ ہے۔ اگر داخلی اشارہ $v_{gs} = V_p \cos \omega t$ ہو تو بناپسندیدہ حصہ میں $\frac{k_n V_p^2}{2} [1 + \cos(2\omega t)]$ استعمال کرتے ہوئے لکھا جا سکتا ہے جو داخلی اشارے کے دو گنی تعداد کا حصہ ہے۔ یہی اصل اشارے کی شکل بگاڑتا ہے۔ حنارتی اشارے میں دو گنی تعداد اور اصل تعداد کے اجزاء کے حیطوں کی نسبت حاصل کریں۔ اگر $V_t = 1.4$ V اور $V_{GS} = 4$ V ہوں تو بداخلی اشارے کی چوٹی کی وہ حاصل کریں جس پر حاصل کردہ نسبت ۱% ہو۔
حل: دو گنی تعداد کا حصہ $\frac{k_n V_p^2}{4} \cos(2\omega t)$ ہے۔ یوں

$$\frac{\text{بجزہ حبزو}}{\text{اصل حبزو}} = \frac{V_p}{4(V_{GS} - V_t)}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اس طرح

$$\frac{V_p \times 100}{4(4 - 1.4)} = 1$$

$$V_p \leq 104 \text{ mV} \leftarrow$$

مثال 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۔

$$10^{-3} = k_n (5.19 - V_t)$$

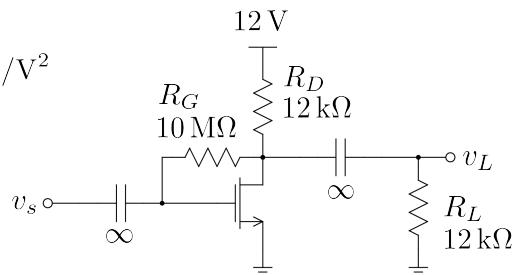
تصور کرتے ہیں کہ ماسفیٹ افسزاں دھنے میں ہے یوں افسزاں دھنے ماسفیٹ کی مساوات سے

$$1.4464 \times 10^{-3} = \frac{k_n}{2} (5.19 - V_t)^2$$

$$V_t = 2 \text{ V}$$

$$k_n = 0.2 \text{ mA/V}^2$$

$$V_A = 60 \text{ V}$$



شکل ۳.۳۰: ماسیف ایپلیناٹر

حاصل ہوتا ہے۔ مندرجہ بالادوست ان ملک

$$1.4464 \times 10^{-3} = \frac{k_n}{2} \left(\frac{10^{-3}}{k_n} \right)^2$$

لکھا جا سکتا ہے جس سے k_n حاصل ہوتا ہے۔ اس قیمت کو استعمال کرتے ہوئے

$$V_t = V_{DD} - I_{DS}R_D = 12 - 1.4464 \times 10^{-3} \times 6800 = 2.16 \text{ V}$$

حاصل ہوتا ہے۔

شکل کو دیکھتے ہوئے

$$V_D = V_{DD} - I_{DS}R_D = 12 - 1.4464 \times 10^{-3} \times 6800 = 2.16 \text{ V}$$

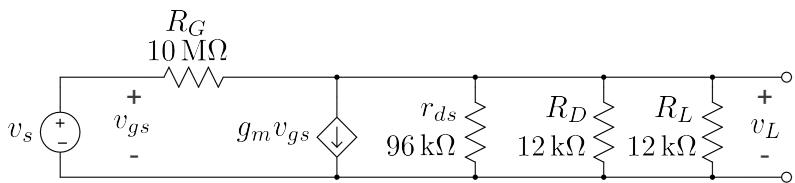
لکھا جا سکتا ہے۔ یوں

$$V_{GD} = V_G - V_D = 6 - 5.16 = 0.835 \text{ V}$$

حاصل ہوتا ہے جو V_t سے کم ہے لہذا ماسیف 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 $A_v = \frac{v_L}{v_s}$ 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

$$\begin{aligned} I_{DS} &= \frac{0.2 \times 10^{-3}}{2} (V_{GS} - 2)^2 \\ &= \frac{0.2 \times 10^{-3}}{2} (V_{DS} - 2)^2 \end{aligned}$$

لکھ سکتا ہے۔ اور ہم کے فتاوں سے

$$I_{DS} = \frac{12 - V_{DS}}{R_D} = \frac{12 - V_{DS}}{12000}$$

حصہ ہوتا ہے۔ ان دو مساوات کو ملا کر حل کرنے سے

$$V_{DS} = 4.5 \text{ V}, \quad I_{DS} = 0.625 \text{ mA}$$

حصہ ہوتا ہے۔ دوسری مساوات کے دوسرے جواب کو رد کیا جاتا ہے۔
gm کی قیمت

$$\begin{aligned} g_m &= k_n (V_{GS} - V_t) \\ &= 0.2 \times 10^{-3} (4.5 - 2) \\ &= 0.5 \frac{\text{mA}}{\text{V}} \end{aligned}$$

اور حنارجی مزاحمت r_o کی قیمت

$$r_o = \frac{V_A}{I_{DS}} = \frac{60}{0.625 \times 10^{-3}} = 96 \text{ k}\Omega$$

حصہ ہوتے ہیں۔ شکل ۱۱.۳ میں ان قیتوں کو استعمال کرتے ہوئے مساوی پست تعدادی باریکے اسٹار آنی دو دکھایا گیا ہے۔ R_G کے گزرتے برقی روکو نظر انداز کرتے ہوئے

$$v_L \approx -g_m v_{gs} \overbrace{(r_o \parallel R_D \parallel R_L)}^{5.647 \text{ k}\Omega} = -2.823 v_{gs}$$

حاصل ہوتا ہے۔ چونکہ v_s اور v_{gs} برابر ہیں لہذا

$$A_v = \frac{v_L}{v_s} = -2.823 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

حاصل ہوتا ہے۔ چونکہ R_G میں برقرار رہو

$$\begin{aligned} i_s &= \frac{v_s - v_L}{R_G} \\ &= \frac{v_s}{R_G} \left(1 - \frac{v_L}{v_s}\right) \\ &= \frac{v_s}{R_G} [1 - (-2.823)] \\ &= 3.823 \frac{v_s}{R_G} \end{aligned}$$

کے برابر ہے لہذا اداحتی مساز ہوتے

$$R_i = \frac{v_s}{i_s} = \frac{R_G}{3.823} = 2.6 \text{ M}\Omega$$

حاصل ہوتا ہے۔

مثال ۳.۱۹: شکل ۳.۳۲ 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 لامحدود 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 انسائزندہ خطے میں ہے۔ انہیں استعمال کرتے ہوئے

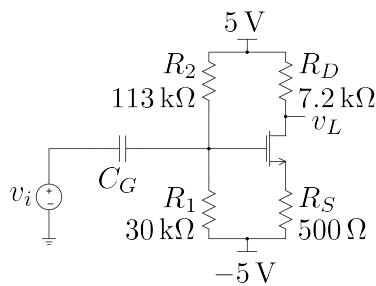
$$g_m = \sqrt{2k_n I_{DS}} = \sqrt{2 \times 1.2 \times 10^{-3} \times 0.6 \times 10^{-3}} = 1.2 \text{ mS}$$

حاصل ہوتا ہے۔ ایک پیغام کا باریک اشاراتی مساوی دور شکل ۳.۳۳ 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

$$v_L = -8.64 \times 0.625 \times v_i = -5.4v_i$$

لہجے

$$A_v = \frac{v_L}{v_i} = -5.4 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

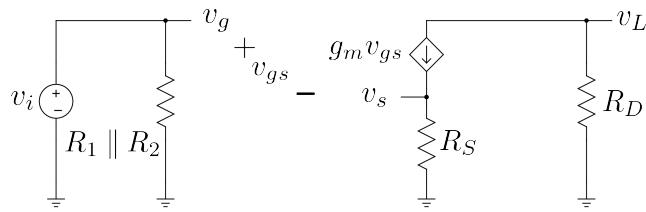
مثال ۳.۲۰: مثال ۳.۱۹ میں R_S کے متوازی لامدد قیت کا کمیٹر نسب کرتے ہوئے A_v دوبارہ حاصل کریں۔

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

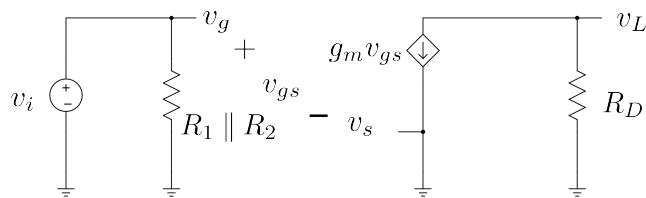
$$v_L = -g_m v_{gs} R_D = -8.64 v_{gs}$$

$$v_g = v_i$$

$$v_s = 0$$



شکل ۳.۳۲: مشترک گیٹ میڈیم مزاحمت کا بدیک اشاراتی مساوی دور



شکل ۳.۳۳

یعنی

$$\begin{aligned}v_{gs} &= v_i \\v_L &= -8.64v_i\end{aligned}$$

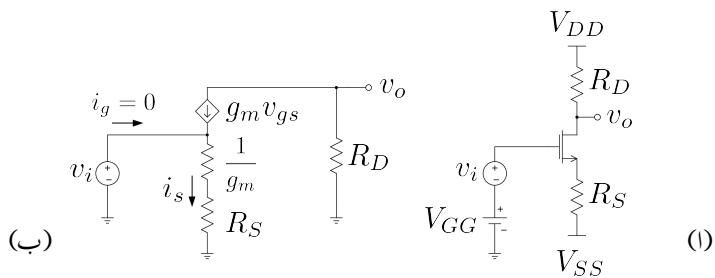
اور

$$A_v = -8.64 \frac{V}{V}$$

حاصل ہوتے ہیں۔

ان دو مثالوں سے آپ دیکھتے ہیں کہ R_S کی شمولیت سے A_v گھٹتا ہے لیکن پونکہ R_S کے استعمال سے نقطہ کار کردگی مستحکم ہوتا ہے لہذا R_S کا استعمال کیا جاتا ہے۔ R_S کے متوازنی لامحدود کسی میڈیم نسبت کرنے سے A_v پر R_S کے بڑے اثر کو حتم کیا جاتا ہے۔

مثال ۳.۲۱: شکل ۳.۳۵ اف کے ایک پلینائز کوئی ریاضی مuwنے سے حل کریں۔



شکل ۲.۳۵

حل: شکل ب میں اسی ریاضی نمونے استعمال کرتے ہوئے اس کا باریک اشاراتی مساوی دودھ سایا گیا ہے۔
ریاضی نمونے استعمال کرتے وقت اس حقیقت کو بروئے کارلا میں کہ گیٹ پر بر قی رو صفر رہتی ہے۔ شکل میں $i_g = 0$ لکھ کر اس حقیقت کی یاد رہنی کرائی گئی ہے۔ داخلی جانب کر خوف کے قانون برائے بر قی دباؤ کی مدد سے ہم لکھ سکتے ہیں۔

$$i_s = \frac{v_i}{\frac{1}{g_m} + R_S}$$

چونکہ $i_g = 0$ ہے لہذا برقی رو R_D سے بھی گزرے گی۔ اس طرح

$$v_o = - \left(\frac{v_i}{\frac{1}{g_m} + R_S} \right) R_D$$

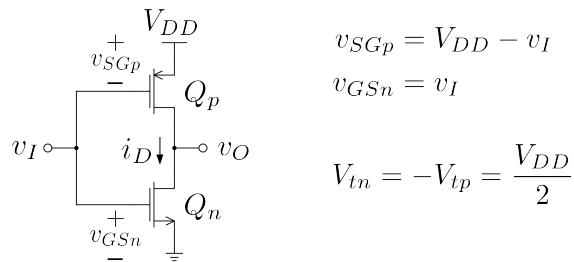
ہو گا جس سے

$$(2.71) \quad A_v = \frac{v_o}{v_i} = - \left(\frac{R_D}{\frac{1}{g_m} + R_S} \right)$$

حاصل ہوتا ہے۔ اس مساوات کو یوں بہتر طرز پر لکھا جاسکتا ہے

$$(2.72) \quad A_v = - \frac{\sum R_{\text{ذین}}}{\sum R_{\text{سر}}} \quad \text{جس کی صورت میں } \frac{1}{g_m} \text{ کو لکھا گیا جبکہ یہاں } R_D \text{ کو } \frac{1}{g_m} \text{ کی لکھیں گے۔}$$

صفحہ ۳۰۲ پر مساوات ۲.۳۱۷ میں $A_v = 1$ لیتے ہوئے مساوات ۲.۳۲ میں حاصل ہوتا ہے۔ دو جو ٹرانزستر کی صورت میں $\frac{1}{g_m}$ کو لکھا گیا جبکہ یہاں R_D کو $\frac{1}{g_m}$ کی لکھیں گے۔



شکل ۳.۳۹: نفی کار

۳.۱۲ سیاس نفی کار

عدوی ادوار ۳ 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 وہی قیمتیں ۰V یعنی پست صورت یا ۵V یعنی بلند صورت اختیار کر سکتے ہیں۔ آئین ۷V کو ان قیمتیوں پر رکھتے ہوئے حنارتی اشارہ v_O حاصل کریں۔ شکل کو دیکھتے ہوئے

$$(3.43)$$

$$v_{SGp} = V_{DD} - v_I$$

$$v_{GSn} = v_I$$

لکھا جا سکتا ہے۔ مزید تصور کریں کہ

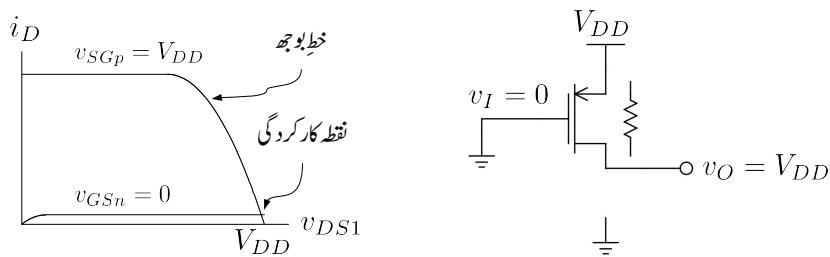
$$(3.43) \quad V_{tn} = -V_{tp} = V_t$$

کے برابر ہے۔

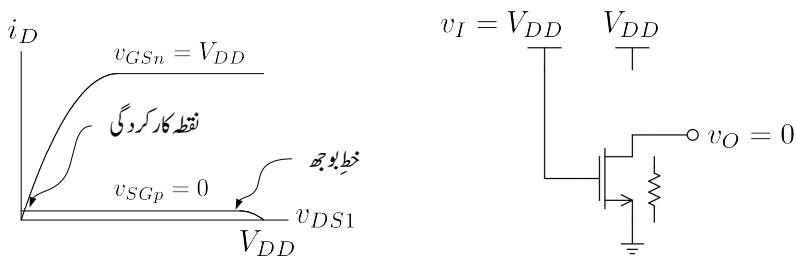
داخلی اشارہ $v_I = 0V$ کی صورت میں مساوات ۳.۴۳ سے $v_{GSn} = 0V$ حاصل ہوتا ہے۔ چونکہ $V_{tn} = v_{SGp} < V_{tp}$ ہے۔ اس طرح Q_n مفتوح ہو گا اور اس کی برقرار و صفر ہو گی۔ اس کے بر عکس Q_p کے لئے مساوات ۳.۴۳ کے مطابق $v_{SGp} = V_{DD}$ ہے۔ یہاں $v_{SGp} > -V_{tp}$ ہے لہذا $v_{SGp} > 0V$ ہے۔ Q_p چالو ہو گا۔ شکل ۳.۳۷ میں مفتوح Q_n کے خط کو بطور چپا لو Q_p کے خط کو بطور جو جو دکھایا گیا ہے۔ Q_p کے خط کا عسدوی محور میں عس لینے کے بعد اس عس کو اپنی محور پر دائیں V_{DD} اکیاں منتقل کرنے سے خط بوجہ ۳.۴۹ حاصل ہوتا ہے۔ Q_n کے خط کو اپنی محور سے منتدر اور کر کے دکھایا گیا ہے تاکہ یہ محور سے علیحدہ نظر آئے۔ ان دونوں خطوں سے حاصل نقطہ کار کر دیگی کے مطابق $V_{DSQ} \approx V_{DD}$ کے برابر ہے۔ اس طرح $v_O = V_I$ کی صورت میں $v_O = V_{DD}$ حاصل ہوتا ہے۔

digital circuits^{۳۷}
NOT gate^{۳۸}

۳.۱۲ کے شروع میں ٹرانزسٹر خط بوجہ کھیچتادکھایا گی۔ اس طریقے پر ایک سرتباً دوبارہ نظر ڈالیں۔



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 Q_p 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 $v_O = 0$ 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 $v_{SD} \approx V_{SD}$ ہے لہذا Q_n میں بر قی طاقت کا ضیاء و تبلیغ راندہ ہو گا۔ چونکہ اس صورت میں $0 \approx v_{SD}$ ہے لہذا Q_p میں طاقت کا ضیاء اس سے بھی کم ہو گا۔ $v_I = V_{DD}$ کی صورت میں Q_p اور Q_n کے کردار آپس میں تبدیل ہو جاتے ہیں لہذا طاقت کا ضیاء جوں کا توں رہتا ہے۔ حقیقت میں ماسفیٹ سے بنائے نئی کار میں کل طاقت کا

ضیاء ایک مائیکرو واٹ 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 V_{DD} تک 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 $Q_n = v_I$ اور $v_{GS} = v_O$ اور $v_{DS} = v_D$ کھا جاتا ہے۔ یہ مساوات ۲.۲۳ اور مساوات ۲.۲۴ کو یوں لکھا جاتا ہے۔

$$(2.25) \quad i_{DS} = k_n \left[(v_I - V_{tn}) v_O - \frac{v_O^2}{2} \right] \quad \text{جب } v_O \leq v_I - V_{tn}$$

اسی طرح مساوات ۲.۲۸ اور مساوات ۲.۲۹ کو

$$(2.26) \quad i_{DS} = \frac{k_n}{2} [v_I - V_{tn}]^2 \quad \text{جب } v_O \geq v_I - V_{tn}$$

لکھا جا سکتا 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

$$(2.28) \quad i_{SD} = \frac{k_p}{2} [V_{DD} - v_I + V_{tp}]^2 \quad \text{جب } v_O \leq v_I - V_{tp}$$

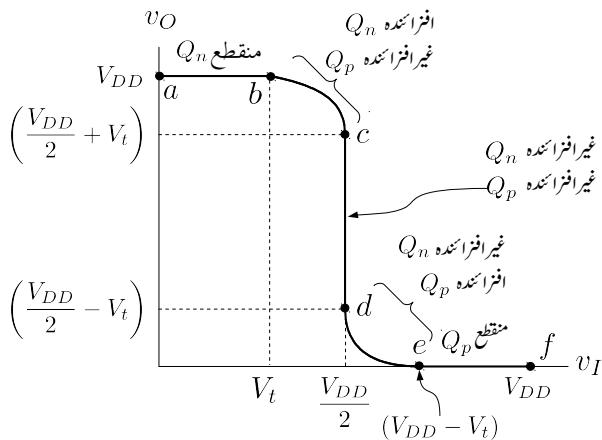
لکھا جا سکتا ہے۔ ٹنگی کارکو عسمومایوں تخلیق دیا جاتا ہے کہ

$$(2.29) \quad V_{tn} = |V_{tp}| = V_t$$

$$(2.30) \quad k_n = k_p$$

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 مسزید غور کریں۔

شکل ۲.۳۹ پر اہم نقطے دکھائے گئے ہیں۔ تصور کریں کہ $V_{tn} = 1V$ اور $V_{tp} = -1V$ اور $V_{DD} = 5V$ اور $V_t = 1V$ ہیں۔ اس طرح $v_{GS} = Q_n$ کی قیمت $v_{GS} = 1V$ ہے۔ چونکہ $Q_n = v_{GS}$ مفقط ہے۔ اس کے بر عکس Q_p کی قیمت $v_{SG} = V_{DD} - v_I$ ہے لہذا $v_I < V_{tn}$ ہے۔ یہاں $v_{GS} = V_{DD} - v_I$ کی قیمت ہے لہذا $v_{SG} > -V_{tp}$ ہے لہذا $-V_{tp} < v_{SG} < 1V$ ہے۔ چونکہ $4V < V_{tp} < 5V$ ہوگا اور اس طرح $v_{SG} > -V_{tp}$ ہے۔

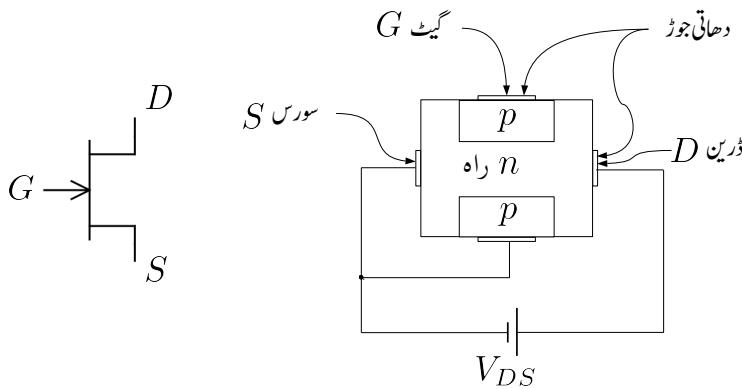


شکل ۲.۳۹: منفی کارکرد

اس طرز Q_p پا لو ہے۔ مزید $V = 5\text{V}$ سے لہذا اسی ماسفیٹ کے $v_{GD} = 5\text{V} - 4\text{V} = 1\text{V}$ کی قیمت سے v_O کی جو مسیب سے کم ہے لہذا غیر افزاں نہ ہوگا۔ V_{tp} سے کم ہے لہذا Q_p 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 یاقطوں کے درمیان بھی صورت حال دیکھیں۔

۲.۱۳ جوڑدارفیٹ (JFET)

جوڑدارفیٹ کے دو اقسام یعنی n اور p پائے جاتے ہیں۔ شکل ۲.۳۰ میں n قسم کے جوڑدارفیٹ یعنی (n JFET) کی ساخت اور عمل اسے دکھائے گے ہیں۔ منفی جوڑدارفیٹ بنانے کی خاطر n قسم سیلان گلکرے کے دونوں اطراف p قسم کے خط بنائے جاتے ہیں جنہیں گیٹ ہے۔ ان دونوں خطوں کو یہ ورنی دھانقی تار سے جوڑ کر بطور گیٹ (G) استعمال کیا جاتا ہے۔ شکل میں اس بیرونی دھانقی تار کو نہیں دکھایا گیا ہے۔ دونوں گیٹوں کے درمیان راہ میں آزاد اسیکٹران پائے جاتے ہیں۔ اس راہ پر بیرونی برقی دباؤ v_{DS} لاگو کرنے سے راہ میں موجود آزاد اسیکٹران منفی برقی دباؤ والے سے مثبت برقی دباؤ والے سرے کی جانب حرکت کریں گے جس سے برقی را i_{DS} پیدا ہو گی۔ یوں منفی برقی دباؤ والے سرے سے خارج اسیکٹران، مثبت برقی دباؤ والے سرے پر حاصل ہوتے ہیں۔ اسی سے ان دونوں کو سورس S اور ڈرین D کے نام دئے گے ہیں۔ روایتی برقی روا اسیکٹران کے حرکت کی الٹ سمت ہوتی ہے۔ یوں n JFET میں روایتی برقی روا کی سمت راہ میں ڈرین سے سورس کی جانب ہو گی۔ اگرچہ راہ میں برقی را دو دونوں جانب بالکل یکساں طور ممکن ہے اور یوں اس کے سورس کو S اور D کے نام دینا شاید درست نہ لگے ہم پھر بھی



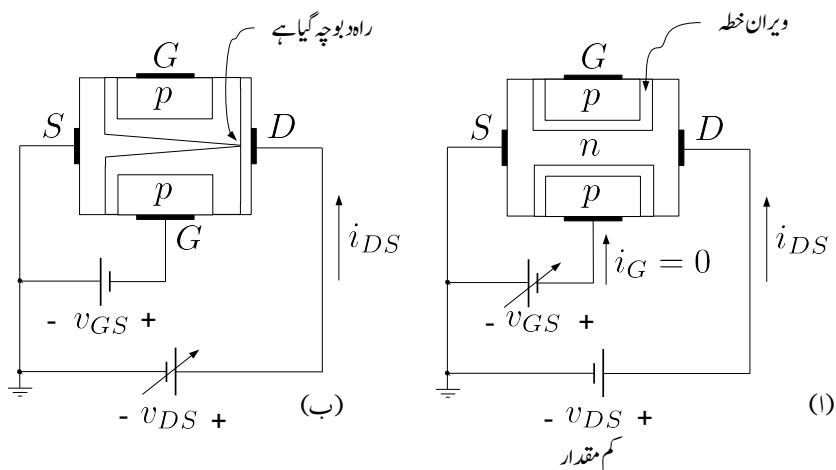
شکل ۲.۳۰: جوڑدار منقی گیٹ کی ساخت

اس راہ کے ایک سرے کو سورس (S) جبکہ دوسرے سرے کو ڈرین (D) پکاریں گے۔ بیسروںی برقی دباؤ کا ثابت سرا (nJFET) کے D کی جانب رکھا جائے گا۔ میں راہ n قسم کے نیم موصل سے حاصل ہوتا ہے اور اس کے کنام میں n اسی کو ظاہر کرتا ہے۔

آنئی شکل ۲.۳۱ کی مدد سے nJFET کی کارکردگی پر غور کریں۔ راہ اور گیٹ آپس میں pn جوڑ یعنی ڈایوڈ بناتے ہیں۔ n کی علامت میں گیٹ پر تیر کا نشان اسکے ڈایوڈ کے سیدھے رخ کو دکھاتا ہے۔ اس جوڑ پر بالکل ڈایوڈ کی طرح ویران خطہ وجود میں آتا ہے اور جیسا کہ آپ سے جانتے ہیں، اس ویران خطہ کی چوڑائی کا درود مدار اس جوڑ پر پائے جانے والے برقی دباؤ پر ہے۔ شکل الف میں سورس S کو برقی زمین پر رکھتے ہوئے گیٹ G پر منقی برقی دباؤ لگو کیا گیا ہے۔ گیٹ پر لگو منقی برقی دباؤ کو چھتازیاہ منقی کیا جائے ویران خطہ اتنی ای زیادہ چوڑا ہو گا اور n راہ کی چوڑائی اتنی کم ہو گی۔ v_{GS} کو اگر بتدریج منقی جبائے جوڑ پر تواریں خطرے پر ہتھ بڑھتے آخوند کارہ تسام n راہ کو گھیر لے گا جس v_{GS} پر ایسا ہو، اس کو nJFET کے دبوپنے کا برقی دباؤ کہتے ہیں اور رواۃ طور اسے ظاہر کیا جاتا ہے۔ یہ V_p کی V_p کی قیمت منقی ہو گی۔ اس سے معلوم یہ ہوا کہ راہ کی گھبرائی کو گیٹ پر برقی دباؤ سے متاثر کیا جاتا ہے۔ مزید یہ کہ گیٹ اور راہ pn جوڑ بناتے ہیں۔ اگر گیٹ اور راہ کے درمیان بیشتر برقی دباؤ دی جائے تو راہ کی گھبرائی مزید نہیں بڑھ سکتی بلکہ گیٹ اور راہ 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 راہ کے درمیان برقی دباؤ کو pn جوڑ کے چپا لو برقی دباؤ 0.5 V سے کم ہی رکھا جاتا ہے۔

D اور S کے مابین راہ بالکل ایک موصل سلاخ کی مانند مزاحمت کا کردار ادا کرے گا۔ یہ اگر راہ کی لمبائی L، گھبرائی g، چوڑائی W اور اس کے موصلیت کا مستقل σ ہو تو اس کا مزاحمت $R = \frac{L}{\sigma W g}$ ہو گا۔

اب تصور کریں کہ ڈرین D پر معمولی بیشتر برقی دباؤ v_{DS} لگو کیا جاتا ہے۔ n میں برقی رو i_{DS} گزرنے گی جس کی قیمت اونہم 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 مزاحمت کی طرح، برقی دباؤ بالمقابل برقی رو کا خط تقریباً سیدھا ہو گا۔ اب تصور کریں کہ کو



شکل ۳.۳: 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 خطہ کی چوڑائی کم جبکہ ڈرین سرے کے متريب ویران خطہ کی چوڑائی زیادہ ہو گی۔ ان دونوں کے درمیان ویران خطہ 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 جھکا دپیدا ہو گا۔ اگر v_{DS} کو بتدریج بڑھایا جائے تو آہنر کار ڈرین سرے کی جانب ویران خطہ بڑھتے بڑھتے راہ کو دبوچ جائے گا۔ شکل ب میں ایسا ہوتے دھایا گیا ہے۔ v_{DS} کو مزید بڑھانے سے برقی رو میں تبدلی نہیں پیدا ہوتی اور اس کی قیمت نقطہ دبوچ پر پارے جاتے والے برقی رو کے قیمت پر ہی رہتی ہے۔

مندرجہ بالاتر کے نتیجے میں ظاہر ہے کہ JFET بالکل گھٹانا مافیٹ کی مانند کام کرتا ہے۔ البتہ جہاں مافیٹ کے گیٹ پر مشتمل یا مفہیم برقی دباو دینا ممکن ہے، nJFET کے گیٹ پر صرف مفہیم برقی دباو دینا ممکن ہے۔ اگر اس کے گیٹ پر مشتمل برقی دباو 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 دباوی جاتی ہے جسے عموماً صفت ایمپیٹر تصور کیا جاتا ہے۔ یہ برقی رو اگرچہ نہیاں کم ہے لیکن مافیٹ کے گیٹ پر اس سے بھی کئی گستاخ برقی دباوی جاتی ہے۔

۲.۱۳.۱ برقی رومال مقابل برقی دباؤ

چونکہ JFET کی کارکردگی بالکل گھناتاما سفیٹ کی مانند ہے لہذا گھناتاما سفیٹ کے مساوات ہی JFET کے لئے بھی استعمال کے حبائیں گے۔ البہت ادب میں JFET کے مساوات کو متعدد مختلف طریقے سے لکھا جاتا ہے۔ آئین nJFET کے مساوات دیکھیں۔

۲.۱۳.۱.۱ 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۔

$$(2.81) \quad v_{GS} \leq V_p \quad i_D = 0$$

۲.۱۳.۱.۲ غیر امنزاسنڈہ خط

غیر امنزاسنڈہ 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 سفیٹ کی مساوات کو ۲.۲۳ JFET کے لئے یہاں لکھتے ہیں۔ ایسا کرتے ہوئے V_t کی جگہ V_p لکھا جائے گا۔

$$\begin{aligned} i_{DS} &= k_n \left[(v_{GS} - V_p)v_{DS} - \frac{v_{DS}^2}{2} \right] \\ &= \frac{k_n V_p^2}{2} \left[2 \left(\frac{v_{GS}}{V_p} - 1 \right) \frac{v_{DS}}{V_p} - \left(\frac{v_{DS}}{V_p} \right)^2 \right] \end{aligned}$$

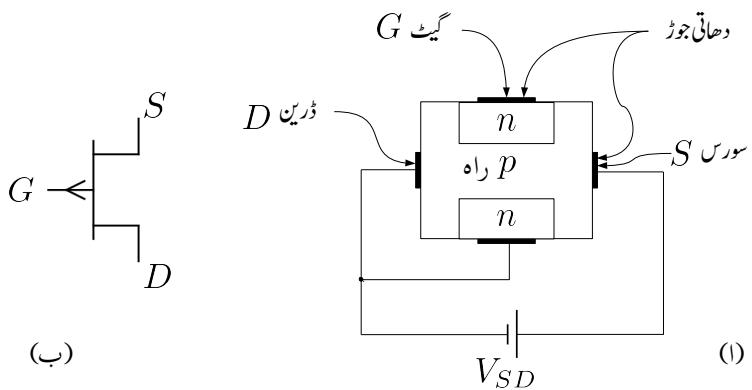
اس مساوات میں I_{DSS} کو $\frac{k_n V_p^2}{2}$ کے لئے JFET کے لکھا جاتا ہے۔ یہ

$$(2.82) \quad \begin{aligned} V_p &\leq v_{GS} \leq 0, & v_{DS} &\leq v_{GS} - V_p \\ i_{DS} &= I_{DSS} \left[2 \left(\frac{v_{GS}}{V_p} - 1 \right) \frac{v_{DS}}{V_p} - \left(\frac{v_{DS}}{V_p} \right)^2 \right] \end{aligned}$$

۲.۱۳.۱.۳ امنزاسنڈہ خط

سفیٹ کی مساوات کو ۲.۲۸ کو یہ لکھا جاتا ہے۔

$$(2.83) \quad \begin{aligned} V_p &\leq v_{GS} \leq 0, & v_{DS} &\geq v_{GS} - V_p \\ i_{DS} &= I_{DSS} \left(1 - \frac{v_{GS}}{V_p} \right)^2 \left(1 + \frac{v_{DS}}{V_A} \right) \end{aligned}$$



شکل ۳.۳۲: جوڑدار مثبت فیٹ کی ساخت

جب 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 مسافت 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 بالامسافت میں ($v_{DS} \geq v_{GS} - V_p$) کو $(v_{DS} - V_p) \leq (v_{GS} - v_{DS})$ لکھا جا سکتا ہے۔

۳.۱۳.۲ pJFET

جیسا شکل ۳.۳۲ اف میں دکھایا گیا ہے، مثبت جوڑدار فیٹ بنانے کی حناظر p قم سیکان گھوے کے دونوں اطراف n گیٹ بنائے جاتے ہیں۔ ان دو خطوں کو بیرونی دھاناتی تار سے جوڑ کر بطور گیٹ (G) استعمال کیا جاتا ہے۔ دو گیٹوں کے درمیان راہ میں آزاد خول پائے جاتے ہیں۔ اس راہ پر بیرونی برقی دباؤ v_{SD} لاگو کرنے سے راہ میں موجود آزاد خول مثبت برقی دباؤ والے سرے سے منفی برقی دباؤ والے سرے کی جانب حصہ کرتے کریں گے جس سے برقی روہ i_{SD} پیدا ہوگی۔ یوں مثبت برقی دباؤ والے سرے سے حناجر خول، منفی برقی دباؤ والے سرے پر حاصل ہوتے ہیں۔ اسی سے ان دو سروں کو سورس S اور ڈرین D کے نام دئے گئے ہیں۔ یوں (p) pJFET میں راویتی برقی روکی سمت راہ میں سورس سے ڈرین کی جانب ہوگی۔ بیرونی برقی دباؤ کا مثبت سر (pJFET) کے S کی جانب رکھا جائے گا۔ میں راہ p قم کے نیم موصل سے حاصل ہوتا ہے اور اس کے نام میں p اسی کو ظاہر کرتا ہے۔ جیسا شکل ۳.۳۲ ب میں دکھایا گیا ہے، pJFET کی علامت میں گیٹ پر تیرکاٹان 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 ڈالیوڈ کے سیدھے رخ 0.5V 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 ۲.۸۲ 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 ۲.۲۳: 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 آئپیسیر پر

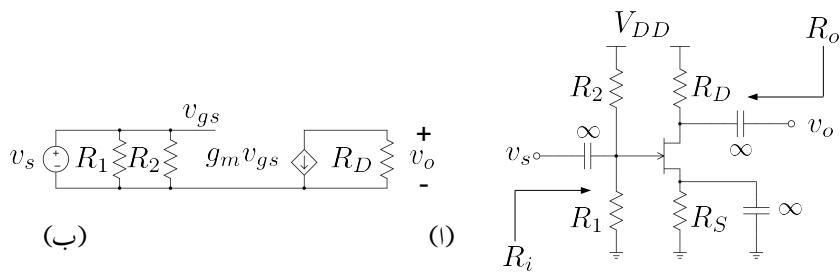
$$r_o = \frac{75}{0.001} = 75 \text{ k}\Omega$$

اور دس ملی آئپیسیر 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 ایپلینیائز 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 ایپلینیائز کی افسزاں حاصل کریں۔ ایپلینیائز کی داخلی مزاحمت i_R اور حرارتی مزاحمت R_o بھی حاصل کریں۔



شکل ۳.۳۳: جوڑدار منقی فیٹ کی مثال

حسل: گیٹ کے مزاحمت میں $10 \mu\text{A}$ برقی دہبے۔ یوں

$$\frac{V_{DD}}{R_1 + R_2} = 10 \mu\text{A}$$

$$R_1 + R_2 = \frac{15}{10 \times 10^{-6}} = 1.5 \text{ M}\Omega$$

حاسُل ہوتا ہے۔ گیٹ پر 4V حاسُل کرنے کی حاطر

$$V_G = \left(\frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) V_{DD}$$

$$4 = \left(\frac{R_1}{1.5 \times 10^6} \right) \times 15$$

$$R_1 = 400 \text{ k}\Omega$$

حاسُل ہوتا ہے۔ یوں

$$R_2 = 1.5 \text{ M}\Omega - 400 \text{ k}\Omega = 1.1 \text{ M}\Omega$$

حاسُل ہوتا ہے۔ $V_D = 9 \text{ V}$ کی حاطر

$$V_{DD} - V_D = I_{DS} R_D$$

$$R_D = \frac{15 - 9}{5 \times 10^{-3}} = 1.2 \text{ k}\Omega$$

حاسُل ہوتا ہے۔
چونکہ $(V_G - V_D) = 4 \text{ V} - 9 \text{ V} = -5 \text{ V}$

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 درکرتے 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

$$R_i = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = 293 \text{ k}\Omega$$

$$R_o = R_D = 1.2 \text{ k}\Omega$$

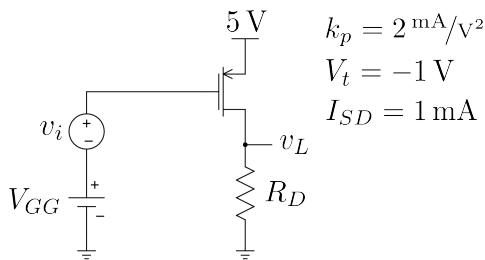
حاصل ہوتے ہیں۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ R_i کا دارو مدار گیٹ پر نسب مسازتوں پر ہے۔ یوں دھنی مزاحمت بڑھانے کی خاطر ان مسازتوں کو زیادہ سے زیادہ رکھا جاتا ہے جس کا مطلب ہے کہ ان میں گزرتے یک سست روکوم کے کم رکھا جاتا ہے۔ اس مثال میں اس بر قی روکو $A = 10 \mu\text{A}$ رکھا گیا ہے۔
مساویات ۲.۸۳ کی مدد سے

$$g_m = \frac{-2 \times 8 \times 10^{-3}}{-3} \sqrt{\frac{5 \times 10^3}{8 \times 10^{-3}}} = 4.216 \frac{\text{mA}}{\text{V}}$$

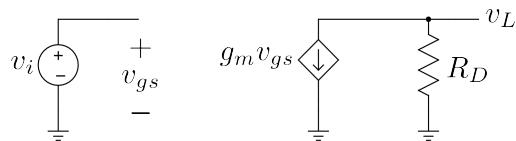
اور یوں

$$A_v = \frac{v_o}{v_s} = -g_m R_D = -4.216 \times 10^{-3} \times 1.2 \times 10^3 = -5.059 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

حاصل ہوتا ہے۔



شکل ۲.۷۳



شکل ۲.۷۵

مثال ۲.۷۴: شکل ۲.۷۳ میں v_i, V_{GG}, R_D اور $I_{SD} = 1 \text{ mA}$ اور $v_L = 2 + 0.56 \sin \omega t$ حاصل کرتے ہوئے $A_v = \frac{v_L}{v_i}$ حاصل کریں۔
حل: یک سمت میں $v_L = 2 \text{ V}$ ہے لہذا

$$R_D = \frac{2}{1 \times 10^{-3}} = 2 \text{ k}\Omega$$

ہے۔ ماسنیٹ کو افسزائندہ تصور کرتے ہوئے ماسنیٹ کی مساوات سے

$$10^{-3} = \frac{2 \times 10^{-3}}{2} (V_{SG} - 1)^2$$

کی تیت ۰ V اور ۲ V حاصل ہوتے ہیں۔ $V_t = -1 \text{ V}$ ہے لہذا $V_{SG} < 0 \text{ V}$ کو درست جواب تسلیم کیا جاتا ہے۔ یوں $V_{SG} = 2 \text{ V}$ کی شرط سے $V_{SG} > -V_t$

$$\begin{aligned} V_{SG} &= V_S - V_G \\ 2 &= 5 - V_G \end{aligned}$$

شاوی دو رکھا یا گیا ہے۔ شکل ۲.۷۵ میں باریک اشارتی مساوی دو رکھا یا گیا 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 کا نقطہ کارکردگی مزاحمت استعمال کرتے ہوئے تعین نہیں کیا جاتا۔ مخلوط دور بنتے وقت سیلان پتسری 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 کارخانیوں 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 بنانا ممکن نہیں ہوتا لہذا اپیٹر کا استعمال بھی ممکن نہیں ہوتا۔ آئین دیکھیں کہ مخلوط دور میں ماسفیٹ کا نقطہ کارکردگی کیے تعین کیا جاتا ہے۔

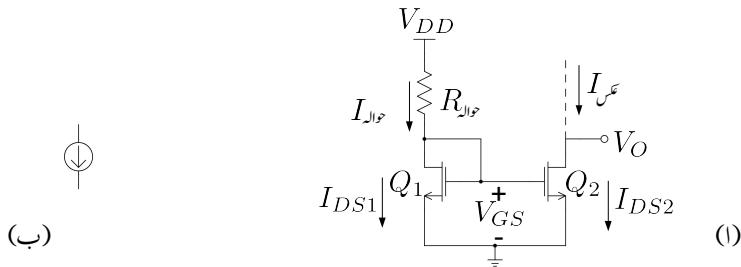
۳.۱۳ منع مستقل بر قی رو

شکل ۳.۲۶ الگ میں منع مستقل بر قی رو^{۳۰} کا سادہ دور اور شکل ب میں اس کی علامت دکھائے گئے ہیں۔ مثال ۳.۲۵ کی طرح Q_1 اور Q_2 کے دور کو حل کرنے سے بر قی رو $I_{DS1} = V_{GS1} = V_{DS1}$ اور بر قی رو V_{GS} حاصل ہوں گے۔ Q_1 اور Q_2 کے سورس آپس میں جبڑے ہیں اور اسی طرح ان کے گیٹ بھی آپس میں جبڑے ہیں لہذا ان دونوں کے V_{GS} بر ابر ہوں گے یعنی

$$V_{GS1} = V_{GS2} = V_{GS}$$

ہوگا Q_1 کا گیٹ اور ڈرین آپس میں جبڑے ہیں لہذا اس کا $V_t < V_{GD}$ ہے اور یہ اندازہ نظر میں ہے لہذا

$$(۳.۸۷) \quad I_{DS1} = \frac{k'_n}{2} \left(\frac{W}{L} \right)_1 (V_{GS} - V_t)^2$$



شکل ۷.۳۶: منبع مستقل بر قی ردو

ہو گا۔ لیکن پر برقی رو منسٹر ہونے سے I_{DS1} اور I_{DS2} برابر ہوں گے۔ یوں اور ہم کے فتنوں سے

$$(7.88) \quad I_{DS1} = I_{\text{وادل}} = \frac{V_{DD} - V_{GS1}}{R_{\text{وادل}}}$$

لکھا جا سکتا ہے۔ درکار I_{DS1} کے لئے دور میں مسماحت $R_{\text{وادل}}$ 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

$$(7.89) \quad I_{DS2} = I_{\text{عمر}} = \frac{k'_n}{2} \left(\frac{W}{L} \right)_2 (V_{GS} - V_t)^2$$

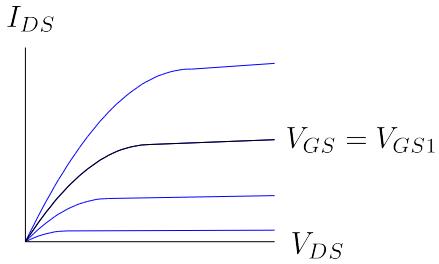
جہاں I_{DS1} کے برابر ہے۔ $V_{GS1} = V_{GS2} = V_{GS}$ کے تقسیم کرتے ہوئے ملتا ہے

$$(7.90) \quad \frac{I_{DS2}}{I_{DS1}} = \frac{I_{\text{عمر}}}{I_{\text{وادل}}} = \frac{\left(\frac{W}{L} \right)_2}{\left(\frac{W}{L} \right)_1}$$

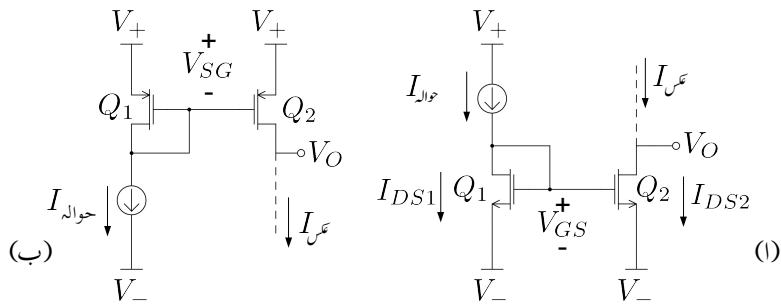
آپ دیکھ سکتے ہیں کہ I_{DS2} کی قیمت کا دار و مدار I_{DS1} کی قیمت کے حوالے سے ہے۔ اگر دونوں ماسنیفیٹ بالکل ایک ہی جامات کے ہوں تب

$$(7.91) \quad I_{\text{وادل}} = I_{\text{عمر}}$$

حاصل ہوتا ہے۔ ایسا معلوم ہوتا ہے جیسے $I_{\text{عمر}}$ بالکل $I_{\text{وادل}}$ کا عکس ہے۔ اسی سے اس دور کا دوسرانام آئینہ برقی رو ۷.۹۱ کا ہے۔ دونوں برقی رو برابرنے ہونے کی صورت میں بھی اس دور کو اسی نام سے پکارا جاتا ہے۔



شکل ۳.۲: ماسفیٹ کا خط



شکل ۳.۳: آئینہ برقی رو

معنی مسئلہ برقی رو میں مزاجمت V_{DS} کی مدد سے درکار برقی رو حاصل کیا جاتا ہے۔ اس مزاجمت کو تبدیل کرنے سے V_{GS2} اور V_{GS1} تبدیل ہوتے ہیں۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ Q_1 کو Q_1 متابکرتا 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 کی شرح تعین ہوتی ہے۔

مندرجہ بالا بصیرے میں الٹے برقی دبا کے اٹکو نظر انداز کرتے ہوئے تصور کیا گیا کہ دو ماسفیٹ کے V_{GS} برابر ہونے کی صورت میں ان کے I_{DS} بھی برابر ہوتے ہیں۔ حقیقت میں ایسا نہیں ہوتا اور دو ماسفیٹ جن کے V_{GS} برابر ہوں کے برقی رو صرف اسی وقت برابر ہوتے ہیں جب ان کے V_{DS} بھی برابر ہوں۔ شکل ۳.۲ میں ماسفیٹ Q_2 کے خط دکھائے گئے ہیں۔ V_{GS1} کی قیمت V_{GS2} کے برابر ہے جو قطعی مقدار ہے لہذا ان تمام خطوط میں صرف ایک ہی خط کا آمد ہے۔ اس خط کو موٹا کر کے دکھایا گیا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ V_{GS} تبدیل کے بغیر V_{DS} کے بڑھانے سے I_{DS2} کے تبدیلی سے I_{DS1} میں تبدیلی کو ماسفیٹ کے حنارتی مزاجمت r_o کی مدد سے حاصل کیا جاتا ہے۔

شکل ۳.۳۸ میں حوالہ R کی جگہ دو منفی متناظر برقی روکا استعمال کیا گیا ہے۔ Q₁ میں حوالہ I_{DS} کو پائی جاتی ہے۔ انسانندہ ماسیٹ کی مساوات سے Q₁ کی حاصل کی جا سکتی ہے جو Q₂ پر بھی لاگو ہے۔ یہ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ اس صورت میں بھی

$$I_{DS} = I_{DS}$$

ہو گا۔ اس شکل میں بثت برقی منبع کو V₊ اور منفی کو V₋ لکھا گیا ہے۔ شکل ب میں nMOSFET استعمال کرتے ہوئے آئینہ برقی رو بنایا گیا ہے جس کی کارکردگی بالکل pMOSFET سے بنائے گئے آئینہ برقی رو کی طرح ہے۔ مندرجہ صرف اتنا ہے کہ I_{DS} کی سمت آئینہ کے جواب ہے جبکہ pMOSFET آئینہ میں عرض I_{DS} سمت آئینہ سے باہر کو ہے۔

مثال ۳.۲۷: منفی متناظر 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_{DS} = 2 mA حاصل کرنے کے لئے درکار حوالہ R حاصل کریں۔
حل: حوالہ I_{DS} = ۳.۸۷ میتھے مساوات

$$2 \times 10^{-3} = \frac{0.12 \times 10^{-3}}{2} (V_{GS1} - 2.1)^2$$

→

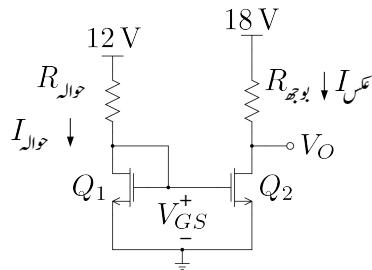
$$V_{GS1} = 7.8735 \text{ V}, \quad -3.67 \text{ V}$$

حاصل ہوتے ہیں۔ منفی جواب کو رد کیا جاتا ہے چونکہ یہ 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

$$2 \times 10^{-3} = \frac{15 - 7.8735}{R_{DS}}$$

$$R_{DS} = 5.66 \text{ k}\Omega \quad \rightarrow$$

مثال ۳.۲۸: شکل ۳.۳۹ میں دونوں ماسیٹ کے V_t = 1.7 V اور k_n = 0.2 $\frac{\text{mA}}{\text{V}^2}$ میں۔ مزید یہ کہ R_O = 4.7 kΩ اور R_{DS} = 6.8 kΩ میں۔ عرض I_{DS} = ۴.۷ میٹھے حاصل کریں۔



شکل ۱۴.۳۹: منع مستقل بر قی رونکی مشال

$$\text{حسل: } V_{DS1} = V_{GS1}$$

$$\frac{12 - V_{GS1}}{6800} = \frac{0.2 \times 10^{-3}}{2} (V_{GS1} - 1.7)^2$$

→

$$V_{GS1} = 4.926 \text{ V}, \quad -2.99 \text{ V}$$

حاصل ہوتا ہے۔ -2.99 V کو رد کیا جاتا ہے پونکہ اس طرح $V_{GS1} < V_t$ حاصل ہوتا ہے جو منقطع ماسفینٹ کو ظاہر کرتا ہے۔ مساوات ۱۴.۳۷ اور ۱۴.۳۸ 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

$$I_{\text{سُر}} = I_{\text{واہ}} = 1.04 \text{ mA}$$

ہو گا۔ Q_2 کے ڈرین پر

$$V_O = V_{DS2} = 17 - I_{DS2} R_{\text{سُر}}$$

$$= 17 - 1.04 \times 10^{-3} \times 4700$$

$$= 12.1 \text{ V}$$

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 نکلے گا جب

$$\begin{aligned}V_{GD2} &= V_{GS2} - V_{DS2} > V_t \\&= 4.925 - \left(17 - 1.04 \times 10^{-3} \times R_{DS2} \right) > 1.7\end{aligned}$$

ہو گا۔ یوں تقریباً $R_{DS2} > 13.24 \text{ k}\Omega$ حاصل ہوتا ہے۔ مثال کے طور پر اگر بوجہ کی مسازحت ۱۵ $\text{k}\Omega$ کر دیا جائے تو $V_{DS2} = 3.5 \text{ V}$ 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 ۴.۹۲۶ V ہوتا تب تو I_{DS2} بھی ۱.۰۴ 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۔

ماسیف میں مزاحمت کے عکس پر گفتگو کرنے کی حرطہ شکل ۲.۵۰ الف پر غور کرتے ہیں۔ اس دور میں ماسیف کے تیسونوں پر اشارات فراہم کئے گئے ہیں تاکہ مختلف ممکنات کو دیکھا جاسکے۔ ماسیف مائل کرنے والے اجزاء 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

$$i_{ds} = \frac{\mu v_{gs} + v_3 - v_2}{R_s + r_o + R_d}$$

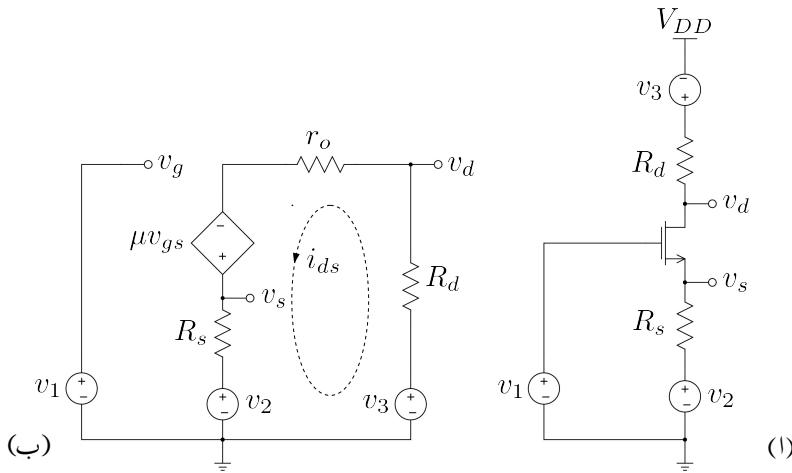
لکھا جاسکتا ہے جس اس

$$v_{gs} = v_1 - i_{ds} R_s - v_2$$

کے برابر ہے۔ ان دو مساوات کو ملا کر حاصل ہوتا ہے

$$(2.92) \quad i_{ds} = \frac{\mu v_1 + v_3 - (\mu + 1) v_2}{(\mu + 1) R_s + r_o + R_d}$$

مساویات 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



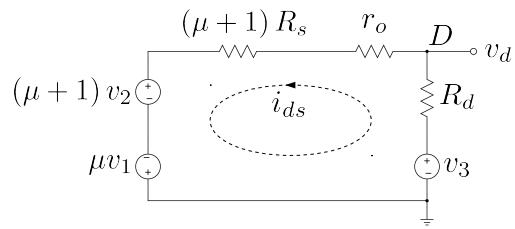
شکل ۳.۵۰: مزاحمت کے عکس

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۔

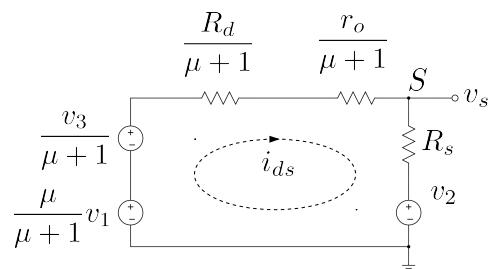
مساوات ۳.۹۲ کے کسر میں اپر خپلے دونوں حصوں کو $1 + \mu$ سے تقسیم کرتے ہوئے یوں لکھا جاتا ہے

$$(3.93) \quad i_{ds} = \frac{\frac{\mu v_1}{\mu+1} + \frac{v_3}{\mu+1} - v_2}{R_s + \frac{r_o}{\mu+1} + \frac{R_d}{\mu+1}}$$

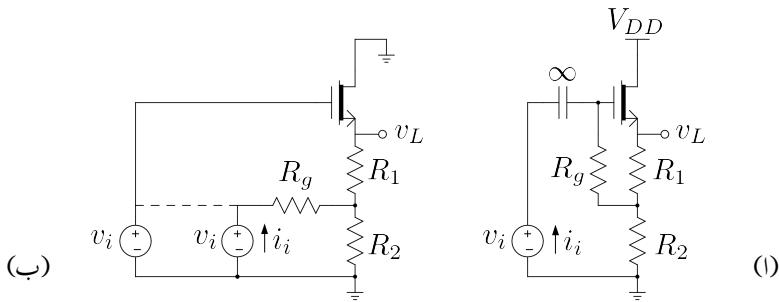
جس سے شکل ۳.۵۲ حاصل ہوتا ہے۔ یہاں آپ دیکھ سکتے ہیں کہ سورس کا مزاحمت R_s اور اشارہ v_2 جوں کے توں میں جبکہ ڈرین اور گیٹ کے اشارات اور مزاحمت کے عکس نظر آتے ہیں۔ اس طرح سورس سے دیکھتے ہوئے ڈرین کے اجزاء لیجی r_o, R_d, v_3 اور v_1 کا عکس $\mu + 1$ سے ضرب ہوتا نظر آتا ہے۔ جیسے گزشتہ شکل میں دیکھا گیا ہے 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: ڈرین جانبی ٹکس



شکل ۱۵.۶: سورس جانبی ٹکس



شکل ۳.۵۳: تابع سورس

۳.۱۶ تابع سورس (ڈرین مشترک ایمپلیفیئر)

نقطہ مائل

شکل ۳.۵۴ اف میں گھانتا ماسفیٹ کا تابع سورس ایمپلیفیئر دکھایا گیا ہے۔ یہاں nFET بھی استعمال کیا جاتا ہے۔ یہاں V_{GSQ} میں اور مقنی V_{DD} میں 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 میں R_g کے نیچے سرے پر $I_{DSQ}R_2$ برقی دباؤ پایا جاتا ہے اور یوں ماسفیٹ کے گیٹ پر بھی بھی برقی دباؤ ہو گا۔ ماسفیٹ کے سورس پر برقی دباؤ ہے۔ یوں ماسفیٹ کے لئے ہم لکھ سکتے ہیں $I_{DSQ} (R_1 + R_2)$

$$(3.95) \quad \begin{aligned} V_{GSQ} &= V_{GQ} - V_{SQ} \\ &= I_{DSQ} (R_2) - I_{DSQ} (R_1 + R_2) \\ &= -I_{DSQ} R_1 \end{aligned}$$

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 ایمپلیفیئر میں $R_1 \ll R_2$ ہو گا۔

افزار اش A_v

شکل ۳.۵۶ ب میں باریک اشاراتی مساوی دور بنا نے کی عنصر سے V_{DD} اور گیٹ کپیٹ کو قصر دور کیا گیا ہے۔ مزید گیٹ اور سورس کو علیحدہ کرنے کی حاضر v_i کو دو مرتب بنایا گیا ہے جہاں نقطہ دار لکیر کے دونوں سرروں پر ہر وقت برابر برقی اشارہ v_i پایا جاتا ہے۔ نقطہ دار لکیر کو مٹانے سے گیٹ اور سورس دونوں

جہاں کوئی تبدیلی نہیں پیدا ہوتی چونکہ دونوں جہاں v_i اپنی جگہ پر متراپلایا جاتا ہے یوں شکل ۲.۵۲ کے طرز پر باریک اشاراتی مساوی دور بنتے ہوئے شکل ۲.۵۳ الگ حاصل ہوتا ہے۔ اس شکل میں تمام احیاء کو سورس منتقل کیا گیا ہے۔ R_2 اور R_g کی جگہ ان کا تھونن مساوی دور استعمال کرتے ہوئے شکل ۲.۵۳ 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 ۲.۵۳ بے میں

$$R_s = R_1 + (R_2 \parallel R_g)$$

لکھتے ہوئے

$$(2.91) \quad i_{ds} = \frac{\left[\frac{\mu}{\mu+1} - \frac{R_2}{R_2+R_g} \right] v_i}{\frac{r_o}{\mu+1} + R_s}$$

$$v_L = i_{ds} R_s + \frac{R_2}{R_2 + R_g} v_i$$

لکھا جاسکتا ہے جس سے

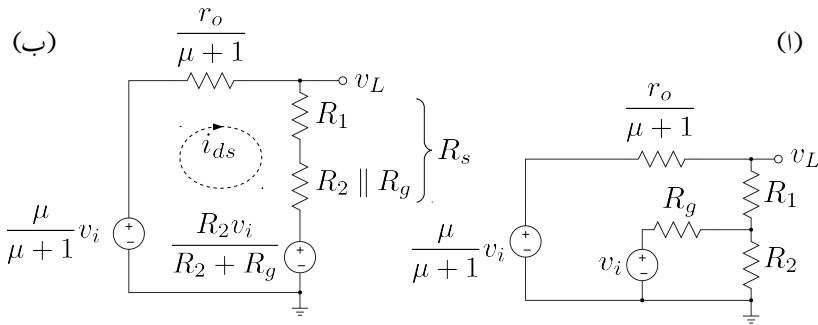
$$v_L = \left[\frac{\frac{\mu}{\mu+1} - \frac{R_2}{R_2+R_g}}{\frac{r_o}{\mu+1} + R_s} \right] R_s v_i + \frac{R_2}{R_2 + R_g} v_i$$

حاصل ہوتا ہے۔ جس سے $A_v = \frac{v_L}{v_i}$

$$(2.92) \quad A_v = \frac{\left(\frac{\mu}{\mu+1} \right) R_s + \left(\frac{R_2}{R_2+R_g} \right) \left(\frac{r_o}{\mu+1} \right)}{\frac{r_o}{\mu+1} + R_s}$$

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۔

$$(2.93) \quad A_v = \frac{g_m \left(\frac{\mu}{\mu+1} \right) R_s + \left(\frac{R_2}{R_2+R_g} \right)}{1 + g_m R_s}$$



شکل ۳.۵۳: تابع سورس کامساوی باریکے اشاراتی 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

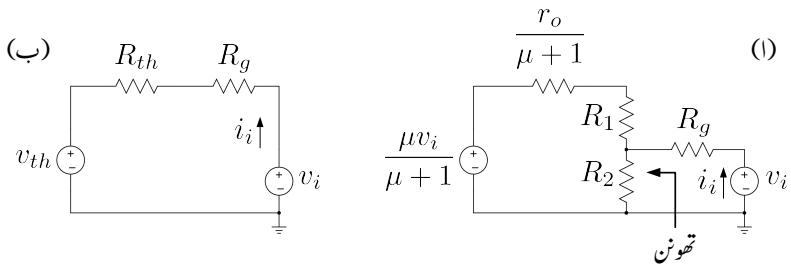
$$(3.100) \quad A_v \approx \frac{\mu}{\mu+1} \approx 1$$

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 کے ڈرین ایپلیفیٹر کا بھی تقریباً ایکے برابر ہے۔

حنارجی مزاحمت

شکل ۳.۵۴ 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 نتندھی کی گئی ہے۔ چونکہ اس شکل میں v_i دو جگہ نظر آتا ہے لہذا یہ ضروری ہے کہ R_g کے ساتھ جبڑی v_i پر نظر رکھی جائے۔ شکل ۳.۵۳ اف کو قدر مختلف طرز پر شکل ۳.۵۵ اف میں دکھایا گیا ہے جہاں مطلوب v_i اور i_i کی وضاحت کی گئی ہے۔ R_g کے بائیں جناب کا تھوڑا مساوی دور لیتے ہوئے

$$(3.103) \quad v_{th} = \frac{R_2 \left(\frac{\mu}{\mu+1} \right) v_i}{R_1 + R_2 + \frac{r_o}{\mu+1}}$$

$$R_{th} = R_2 \parallel \left(\frac{r_o}{\mu+1} + R_1 \right)$$

حاصل ہوتا ہے۔ شکل ۳.۵۵ ب میں حاصل کردہ تھوڑا دور استعمال کیا گیا ہے۔ یوں

$$i_i = \frac{v_i - v_{th}}{R_g + R_{th}}$$

$$= \frac{v_i - \frac{R_2 \left(\frac{\mu}{\mu+1} \right) v_i}{R_1 + R_2 + \frac{r_o}{\mu+1}}}{R_g + R_2 \parallel \left(\frac{r_o}{\mu+1} + R_1 \right)}$$

لکھتے ہوئے داخلی مزاحمت R_i یوں حاصل ہوتا ہے۔

$$(3.103) \quad R_i = \frac{v_i}{i_i} = \frac{R_g + R_2 \parallel \left(\frac{r_o}{\mu+1} + R_1 \right)}{1 - \frac{R_2 \left(\frac{\mu}{\mu+1} \right)}{R_1 + R_2 + \frac{r_o}{\mu+1}}}$$

اس مساوات میں $\frac{r_o}{\mu+1} \approx \frac{1}{g_m}$ پر کرنے سے

$$(3.104) \quad R_i = \frac{R_g + R_2 \parallel \left(\frac{1}{g_m} + R_1 \right)}{1 - \frac{g_m R_2 \left(\frac{\mu}{\mu+1} \right)}{g_m (R_1 + R_2) + 1}}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اگر $R_2 \gg 1$ اور $R_g \gg R_2$ کے عسم ماؤنٹ ہے، تو اس مساوات کو

$$(3.105) \quad R_i \approx \frac{R_g}{1 - \frac{R_2 \left(\frac{\mu}{\mu+1} \right)}{R_1 + R_2}}$$

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۔

$$(3.106) \quad R_i \approx (\mu + 1) R_g$$

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 $V_{GSQ} = -3 \text{ V}$ 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 دیکھاتا 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 ۲.۹۶ 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 ہے میں ٹیک تصور کیا گیا تھا۔
حاصل ہوتا ہے اور یوں مساوات ۲.۹۹ سے

$$A_v \approx \frac{0.4 \times 10^{-3} \left(\frac{36}{36+1} \right) 12.5 \times 10^3}{1 + 0.4 \times 10^{-3} \times 12.5 \times 10^3} = 0.81 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

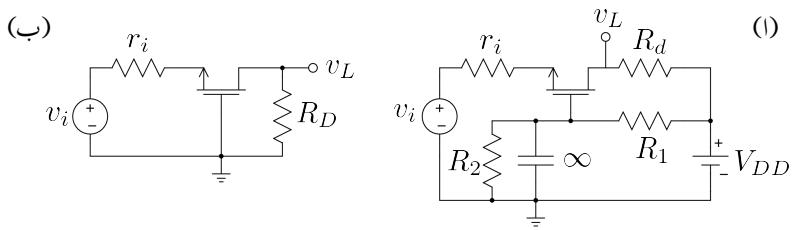
حاصل ہوتا ہے۔
مساوات ۲.۱۰۲ کی مدد سے $R_i = 200\text{k}\Omega$ حاصل کرنے کی حراطر

$$200000 = \frac{R_g}{1 - \frac{10000 \left(\frac{36}{36+1} \right)}{2500 + 10000}}$$

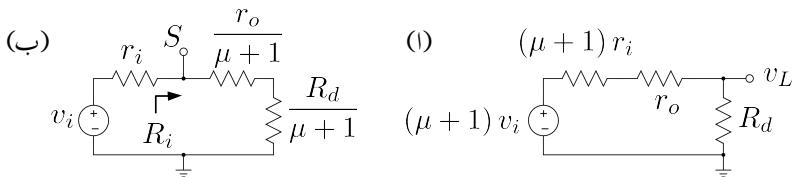
حاصل ہوتا ہے۔ $R_g = 44\text{k}\Omega$ سے

۷.۱. گیٹ مشترک ایمپلیفیاٹر

شکل ۲.۵۶ اف میں گیٹ مشترک ایمپلیفیاٹر دکھایا گیا ہے جبکہ شکل ب میں اسی کا مساوی بدلتا رو دور دکھایا گیا ہے۔ گیٹ پر نسب کمیٹر کی قیمت لامبہ دو دکھائی گئی ہے۔ یوں درکار تعدد پر کمیٹر کو قصر دو ر تصور کیا گیا ہے۔ شکل ب کا شکل ۲.۵۰ کے ساتھ موازنہ کریں۔ یہاں v_1 اور v_3 صفر وولٹ ہیں جبکہ v_2 کو v_i کہا گیا ہے۔ لہذا تمام اجزاء کو ذرین میں منتقل کرتے ہوئے شکل ۲.۵۱ کے طرز پر شکل ۲.۵۷ کا حاصل ہوتا ہے۔ اسی طرح سورس حبائب کا ٹکس شکل ب میں دکھایا گیا ہے۔



شکل ۳.۵۶: گیٹ مشترک ایپلیناٹر



شکل ۳.۵۷: گیٹ مشترک ایپلیناٹر کے ڈرین اور سورس جناب عس

شکل ۳.۵۸: اف کو دیکھتے ہوئے ہم لکھ سکتے ہیں

$$v_L = \frac{R_d}{(\mu + 1) r_i + r_o + R_d} (\mu + 1) v_i$$

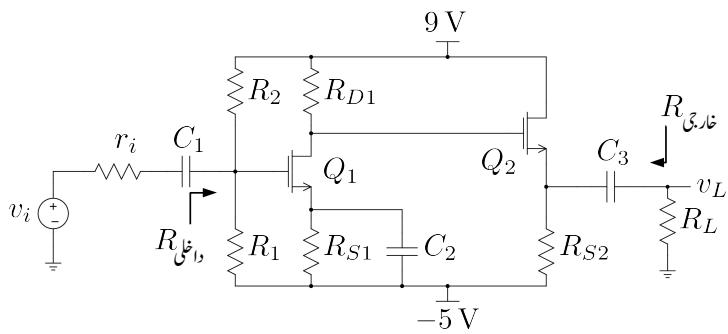
جس سے افزاش $A_v = \frac{v_L}{v_i}$ یوں کہی جا سکتی ہے

$$A_v = \frac{(\mu + 1) R_d}{(\mu + 1) r_i + r_o + R_d}$$

شکل ۳.۵۹: ب سے ایپلیناٹر کا داخلی مزاحمت لکھا جاتا ہے لیکن

$$R_i = \frac{r_o + R_d}{\mu + 1}$$

گیٹ مشترک ایپلیناٹر بلند تعداد پر استعمال ہوتا ہے۔ یہ بطور بر قی سوچ بھی استعمال کیا جاتا ہے۔



شکل ۵.۵۸: دو کریزی زنجیری ماسفیٹ ایمپلیفیائر

۱۸. زنجیری ایمپلیفیائر

ایک سے زیادہ ایمپلیفیائر کو زنجیری کہا جاتا ہے زیادہ افسنڈ اسٹرچ حاصل کرنا ممکن ہوتا ہے۔ ایسے زنجیری ایمپلیفیائر میں عموماً داخلی جناب 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 افسنڈ اسٹرچ 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۔ $R_{D1} = 150\text{ k}\Omega$ اور $R_{S1} = 150\text{ k}\Omega$ حاصل کرنے کے لئے درکار R_1 اور R_2 حاصل کریں۔ تسام کپیسٹروں کی قیمت لامحہ دو تصور کریں۔

حل: Q_2 کے خارجی جناب کرخوف کے قانون برائے بر قی دبادے

$$\begin{aligned} 9 + 5 &= V_{DS2} + I_{DS2}R_{S2} \\ &= 5 + 1.2 \times 10^{-3}R_{S2} \end{aligned}$$

$R_{S2} = 7.5\text{ k}\Omega$ حاصل ہوتا ہے۔ افسنڈ اسٹرچ 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 $V_{GS2} = 3\text{ V}$

$$V_{S2} = 9 - V_{DS2} = 9 - 5 = 4\text{ V}$$

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 $V_{DS1} = 5\text{ V}$ $R_{D1} = 16.7\text{ k}\Omega$

$$V_{S1} = V_{D1} - V_{DS1} = 7 - 5 = 2\text{ V}$$

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 $V_{GS1} = 1.632\text{ V}$

$$V_{G1} = V_{S1} + V_{GS1}$$

$$2 + 1.632 = 3.632\text{ V}$$

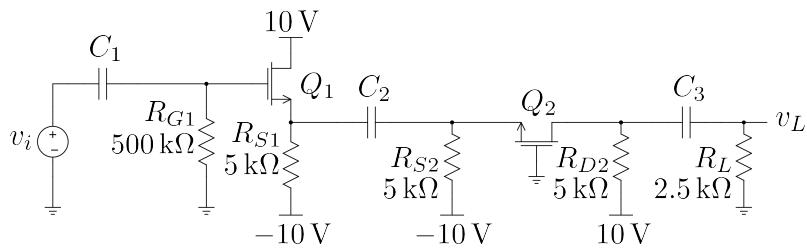
حاصل ہتا ہے۔ V_{G1} کے لئے ہم لکھ سکتے ہیں

$$V_{G1} = 3.632 = \left[\frac{9 - (-5)}{R_1 + R_2} \right] R_1 - 5$$

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 ۵.۶: دو کڑی زنجیری مشترک ڈرین، مشترک گیٹ ایمپلیکیٹر

مثال ۵.۶: شکل ۵.۶ 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۔ حل: ماسنیٹ کو افزائش نہ 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 افزائش نہ 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 انزائندہ 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 انزائندہ 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۔

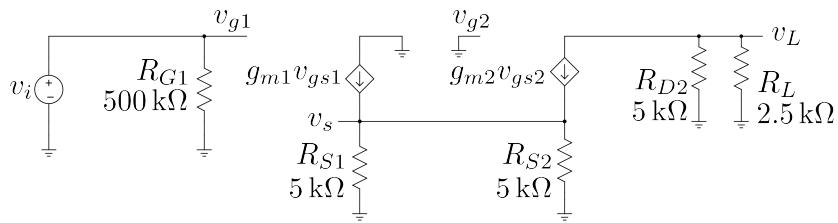
$$\begin{aligned} v_s &= \left(g_{m1}v_{gs1} + g_{m2}v_{gs2} \right) \left(\frac{R_{S1}R_{S2}}{R_{S1} + R_{S2}} \right) \\ &= g_m [(v_i - v_s) + (-v_s)] R_S \end{aligned}$$

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 ایپلیکیشن اور ولٹ ٹکے کام کرنے والے ایسے قوی ماسفیٹ "زیادہ طاقت فتاہ کرنے میں کام آتے ہیں۔ اس طرح کے متعدد ماسفیٹ متوازنی

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 نہایت 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 حناطر سرد کار^{۲۶} کے ساتھ جوڑ کر رکھا 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 ۱.۱: ایک nMOSFET کی مزاحمت کی مساوات کیا ہوگی۔ اگر $V_t = 0.8 \text{ V}$ جبکہ $V_{GS} = 1.8 \text{ V}$ اور $d = 0.02 \mu\text{m}$ اور $\epsilon = 3.97\epsilon_0$ اور $k_m = 650 \frac{\text{cm}^2}{\text{Vs}}$ ہے۔ نہایت کم v_{DS} پر کیا ہوگی۔

سوال ۱.۲: ایک ماسفینٹ کی مزاحمت کی مساوات کیا ہوگی۔ اگر $V_t = 0.8 \text{ V}$ جبکہ $V_{GS} = 1.8 \text{ V}$ اور $\frac{W}{L} = 20$ ہوں تب ماسفینٹ کی مزاحمت نہایت کم v_{DS} پر کیا ہوگی۔

جوابات:

$$r = \frac{1}{k'_n \frac{W}{L} (v_{GS} - V_t)} = 445 \Omega$$

سوال ۱.۳: ایک pMOSFET کی مزاحمت حاصل کریں۔ سوال ۱.۴ میں بقیا معلومات تبدیل کے بغیر، نہایت کم V_{SD} پر کی مزاحمت حاصل کریں۔

جواب:

سوال ۱.۴: بقیا ساخت مکمل طور پر ایک جیسے رکھنے ہوئے مقنی اور مقبت ماسفینٹ کے چڑائی W کی ایسی شرح دریافت کریں جن پر دونوں ماسفینٹ کی مزاحمت برابر ہو۔

جواب:

$$\frac{W_n}{W_p} = 0.4$$

سوال ۱.۵: ایک مقنی ماسفینٹ جس کے i_{DS} کے $\frac{\text{mA}}{\text{V}^2}$ اور $V_t = 1 \text{ V}$ اور $k_n = 0.02 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2}$ اور $V_{GS} = 4 \text{ V}$ کو $v_{DS} = 6 \text{ V}$ اور $v_{DS} = 3 \text{ V}$ اور $i_{DS} = 90 \mu\text{A}$ اور $90 \mu\text{A}$ حاصل کریں۔

جوابات:

سوال ۱.۶: ایک مقنی ماسفینٹ جس کے

$$k_n = 0.08 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2}, \quad V_t = 1 \text{ V}$$

پیشہ و نظر میں $i_{DS} = 4 \text{ mA}$ اور کم کم v_{DS} اور v_{GS} کی حد اطوار درکار ہے اور کم کم v_{DS} حاصل کریں۔ اگر اس مقنی ماسفینٹ کی صورت میں $V_t = -1 \text{ V}$ ہو تو جوابات کیا ہوں گے۔

جوابات: $V_t = 1 \text{ V}$ کی صورت میں $v_{DS} = 11 \text{ V}$ اور $v_{GS} = 10 \text{ V}$ اور $v_{DS} \geq 10 \text{ V}$ جبکہ $V_t = -1 \text{ V}$ کی صورت میں $v_{DS} = 9 \text{ V}$ اور $v_{GS} = 10 \text{ V}$ اور $v_{DS} \geq 10 \text{ V}$ حاصل ہوتے ہیں۔

سوال ۱.۷: سوال ۱.۶ کو $i_{DS} = 0.4 \text{ mA}$ کے لئے دوبارہ حل کریں۔

جوابات: میں $V_t = 1 \text{ V}$ کی صورت میں $v_{DS} = 4.16 \text{ V}$ اور $v_{GS} = 3.16 \text{ V}$ جبکہ $V_t = -1 \text{ V}$ کی صورت میں $v_{DS} \geq 2.16 \text{ V}$ اور $v_{GS} = 3.16 \text{ V}$ حاصل ہوتے ہیں۔

سوال ۱.۸: مقنی بڑھاتا ماسفینٹ کے مساوات کے ظکا غذہ پر قائم کھپیں۔ انہیں کمپیوٹر کی مدد سے کھپیں۔

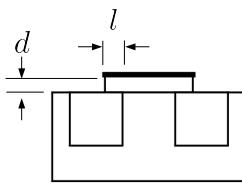
سوال ۱.۹: شکل ۱.۲.۲ میں W چڑائی کا گیٹ سورس کوڈھانپتا ہوا کھایا گیا ہے۔ گیٹ اور سورس کاڈھانپا گیا ہے مل کر کپیٹر C_{gsp} کو حجم دیتے ہیں۔ اس کپیٹر کی چڑائی W اور لمبائی l ہے جبکہ کپیٹر کے دو چہاروں کے درمیانی فاصلہ d ہے۔ اگر $\mu\text{m} \cdot d = 0.02 \mu\text{m}$ اور $W = 100 \mu\text{m}$ اور $l = 1 \mu\text{m}$ ہوں تب اس کپیٹر کی قیمت کیا ہوگی۔

سوال ۱.۱۰: $\epsilon = 3.97\epsilon_0$ میں جس $\frac{\text{F}}{\text{m}}$ اور $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \frac{\text{F}}{\text{m}}$ کے برابر ہے۔

جوابات:

$$C_{gsp} = \frac{\epsilon_r \epsilon_0 W l}{d}$$

سوال ۱.۱۱: ایک مقنی بڑھاتا ماسفینٹ کے گیٹ اور ذین کو آپس میں جوڑ کر اس کے v_{DS} اور i_{DS} ناپے جاتے ہیں۔ 4 V پر 1 mA اور 6 V پر 2.5 mA ناپا جاتے ہیں۔ اس ماسفینٹ کے k_n اور V_t حاصل کریں۔



شکل ۲.۲۰: 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 حپاومتی بڑھاتا ماسفینٹ کے لئے $V_t = 0.5575 \text{ V}$ کا ہونا ضروری ہے۔

سوال ۲.۱۰: ایک بڑھاتا متنی ماسفینٹ کا $v_{DS} = 5 \text{ V}$ پر رکھتے ہوئے اس کے i_{DS} اور v_{GS} تاپے جاتے ہیں۔
سوال ۲.۱۱: ایک بڑھاتا متنی ماسفینٹ کا $i_{DS} = 4 \text{ mA}$ اور $v_{DS} = 6 \text{ V}$ جبکہ $v_{GS} = 3 \text{ V}$ تاپے جاتے ہیں۔ ماسفینٹ کے حاصل کریں۔

جوابات: $V_t = 3.24 \text{ V}$, $k_n = 2.59 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2}$

سوال ۲.۱۲: کم v_{DS} پر متنی بڑھاتا ماسفینٹ کو بطور متغیر مزاجت استعمال کیا جاتا ہے۔ مزاجت کی قیمت v_{GS} سے متاثر کی جاتی ہے۔ اگر $k'_n = 15 \frac{\mu\text{A}}{\text{V}^2}$ اور $V_t = 1.2 \text{ V}$ اور $v_{GS} = 2 \text{ V}$ ہیں۔
سوال ۲.۱۳: ایک بڑھاتا متنی ماسفینٹ کا $i_{DS} = 3.6 \text{ mA}$ اور $v_{DS} = 10 \text{ V}$ جبکہ $v_{GS} = 5 \text{ V}$ تاپے جاتے ہیں۔ ماسفینٹ کی حاصل کرنے کے لئے درکار $L = 10 \mu\text{m}$ کیا ہوگا؟
سوال ۲.۱۴: ایک بڑھاتا متنی ماسفینٹ کا $i_{DS} = 8 \text{ mA}$ اور $v_{GS} = 8 \text{ V}$ پر مزاجت کی قیمت کیا ہوگی؟

جوابات: $940.2 \mu\text{m}$, 104.2Ω

سوال ۲.۱۵: ایک ماسفینٹ کو اندازائندہ خطے میں استعمال کرتے ہوئے اس کا v_{GS} برقرار رکھا جاتا ہے۔
سوال ۲.۱۶: ایک ماسفینٹ کو اندازائندہ خطے میں استعمال کرتے ہوئے اس کا i_{DS} برقرار رکھا جاتا ہے۔
سوال ۲.۱۷: ایک ماسفینٹ کو اندازائندہ خطے میں استعمال کرتے ہوئے اس کا r_0 برقرار رکھا جاتا ہے۔
سوال ۲.۱۸: ایک ماسفینٹ کو اندازائندہ خطے میں استعمال کرتے ہوئے اس کا V_A برقرار رکھا جاتا ہے۔

جوابات: $r_0 = \frac{\Delta v_{DS}}{\Delta i_{DS}} = 33.33 \text{ k}\Omega$, $V_A = 50 \text{ V}$

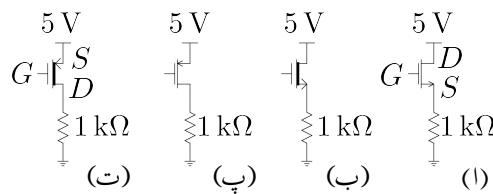
سوال ۲.۱۹: مندرجہ بالا سوال کے ماسفینٹ کے حنری مزاجت r_0 کی قیمت $i_{DS} = 100 \mu\text{A}$ اور 10 mAr پر حاصل کریں۔

جوابات: $5 \text{ k}\Omega$, $r_0 = \frac{V_A}{I_{DSQ}} = 500 \text{ k}\Omega$

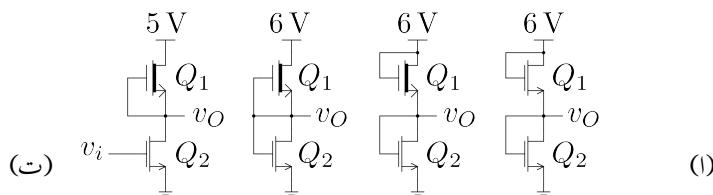
سوال ۲.۲۰: ایک گھناتہ متنی ماسفینٹ کے $V_t = -3 \text{ V}$ اور $k_n = 0.2 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2}$ ہیں۔ اگر گیٹ کو سورس کے ساتھ جوڑا جائے تب $v_{DS} = -2 \text{ V}$ اور $i_{DS} = 5 \text{ V}$ کیا ہوں گے؟ ان دونوں صورتوں میں ماسفینٹ کس خطے میں ہوگا؟

جوابات: 0.9 mA , 0.8 mA پہلی صورت میں غیر اندازائندہ جبکہ دوسری صورت میں اندازائندہ خطے میں ہے۔

سوال ۲.۲۱: شکل ۲.۲۱.الف 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۔
جوبابات: ڈرین کے ساتھ جوڑنے سے 0.56 mA جبکہ سورس کے ساتھ جوڑنے سے 0 mA



شکل ۳.۲۲



شکل ۳.۲۳

سوال ۳.۱۶: شکل ۳.۲۲ ب کے ماسنیٹ کا $V_t = -1V$ اور $k_n = 160 \frac{\mu A}{V^2}$ ہے۔ اگر گیٹ کوڈرین کے سے ساتھ جوڑا جائے تو i_{DS} کیا ہوگا؟ اگر گیٹ کو سورس کے ساتھ جوڑا جائے تو i_{DS} کی قیمت کیا ہوگی۔

جواب: ذرین کے ساتھ جوڑنے سے 1.525 mA جبکہ سورس کے ساتھ جوڑنے سے 0.16 mA.

سوال ۳.۱۷: شکل ۳.۲۲ پ کے ماسنیٹ کا $V_t = -1V$ اور $k_p = 160 \frac{\mu A}{V^2}$ ہے۔ اگر گیٹ کوڈرین کے سے ساتھ جوڑا جائے تو i_{DS} کیا ہوگا؟ اگر گیٹ کو سورس کے ساتھ جوڑا جائے تو i_{DS} کی قیمت کیا ہوگی۔

جواب: ذرین کے ساتھ جوڑنے سے 0.04 mA جبکہ سورس کے ساتھ جوڑنے سے 0 A.

سوال ۳.۱۸: شکل ۳.۲۲ ت کے ماسنیٹ کا $V_t = 1V$ اور $k_p = 160 \frac{\mu A}{V^2}$ ہے۔ اگر گیٹ کوڈرین کے سے ساتھ جوڑا جائے تو i_{DS} کیا ہوگا؟ اگر گیٹ کو سورس کے ساتھ جوڑا جائے تو i_{DS} کی قیمت کیا ہوگی۔

جواب: ذرین کے ساتھ جوڑنے سے 1.52 mA جبکہ سورس کے ساتھ جوڑنے سے 0.08 mA.

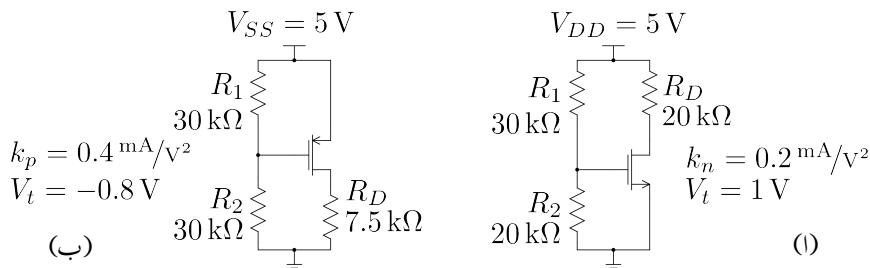
سوال ۳.۱۹: شکل ۳.۲۳ اف میں $k_{n1} = 50 \frac{\mu A}{V^2}$, $k_{n2} = 200 \frac{\mu A}{V^2}$, $V_t = 1V$ ہے۔ v_O حاصل کریں۔

جواب: $v_O = 2.3333 V$ ، دونوں ماسنیٹ انسائز دھنٹے میں ہیں۔

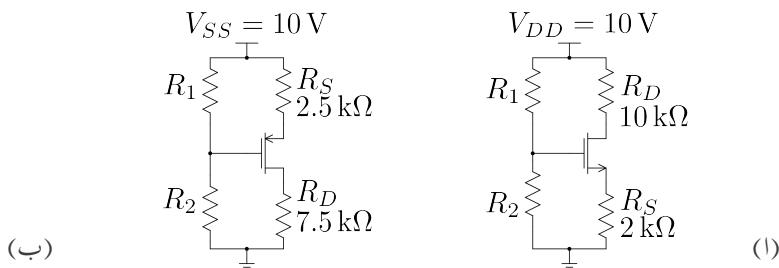
سوال ۳.۲۰: شکل ۳.۲۳ ب میں $k_{n1} = 50 \frac{\mu A}{V^2}$, $k_{n2} = 200 \frac{\mu A}{V^2}$ جبکہ $V_t1 = -0.8V$ ، $V_t2 = 1.2V$ ہے۔ v_O حاصل کریں۔

جواب: $v_O = 3.04 V$ ، Q_2 انسائز دھنٹے جبکہ Q_1 غیر انسائز دھنٹے۔

سوال ۳.۲۱: شکل ۳.۲۳ پ میں $k_{n1} = 50 \frac{\mu A}{V^2}$, $k_{n2} = 200 \frac{\mu A}{V^2}$ جبکہ $V_t1 = -0.8V$ ، $V_t2 = 1.2V$ ہے۔ v_O حاصل کریں۔



شکل ۱۹.۲۴



شکل ۱۹.۲۵

جواب: $v_O = 1.6 \text{ V}$ دو نوں امنزائندہ خطوں میں ہیں۔

سوال ۱۹.۲۲: شکل ۱۹.۲۳ میں نقطہ کار کردگی حاصل کریں۔

جواب: $3 \text{ V}, 0.1 \text{ mA}$

سوال ۱۹.۲۳: شکل ۱۹.۲۴ میں نقطہ کار کردگی حاصل کریں۔

جواب: $v_{SD} = 1.14 \text{ V}, i_{SD} = 0.515 \text{ mA}$

سوال ۱۹.۲۴: شکل ۱۹.۲۵ میں $I_{DS} = 0.5 \text{ mA}$ ہوا ران مزاحمت میں کے 10% برقی روپی جائے۔

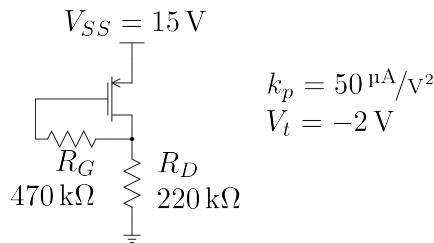
جواب: $R_2 = 95.4 \text{ k}\Omega, R_1 = 104.6 \text{ k}\Omega$

سوال ۱۹.۲۵: شکل ۱۹.۲۶ میں $I_{SD} = 5 \text{ V}$ ہوا ران مزاحمت میں کے 10% برقی روپی جائے۔

جواب: $R_2 = 102.36 \text{ k}\Omega, R_1 = 97.64 \text{ k}\Omega$

سوال ۱۹.۲۶: شکل ۱۹.۲۷ میں ماسفینٹ کا نقطہ کار کردگی حاصل کریں۔

جواب: $V_{GS} = -3.45 \text{ V}, I_{SD} = 52.5 \mu\text{A}$



شکل ۳.۲۶

سوال ۳.۲۷: شکل ۳.۲۵ میں اگر ماسفیٹ $R_S = 1.2 \text{ k}\Omega$ اور $R_D = 5.6 \text{ k}\Omega$ ، $V_{DD} = 12 \text{ V}$ ہوں تب $i_{DS} = 0.8 \text{ mA}$ حاصل کرنے کی حناطہ درکار R_1 اور R_2 حاصل کریں۔ اور R_2 میں برقی رو i_{DS} کے پابندی صدر کھیں۔

$$R_1 = 156.5 \text{ k}\Omega, R_2 = 143.5 \text{ k}\Omega$$

سوال ۳.۲۸: عموماً ایک ہی قسم کے دو عدد ماسفیٹ کے خصوصیات میں فرق ہوتا ہے۔ یہاں اگر سوال ۳.۲۷ 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 افسزاں ہے۔

سوال ۳.۲۹: شکل ۳.۲۵ میں $R_1 = 100 \text{ k}\Omega$ اور $R_2 = 50 \text{ k}\Omega$ اور $R_S = 50 \text{ k}\Omega$ پر $R_t = 0.55 \text{ V}$ برقی دیا جاتا ہے۔ R_2 کے متوازی $1000 \text{ k}\Omega$ نسب کرنے کے بعد R_S پر 0.507 V پا جاتا ہے۔ ماسفیٹ کو دونوں صورتوں میں افسزاں خط میں تصور کرتے ہوئے g_m حاصل کریں۔

$$\text{جواب: } 0.33 \frac{\text{mA}}{\text{V}}$$

سوال ۳.۳۰: مندرجہ بالا سوال میں ماسفیٹ کا k_n اور V_t بھی حاصل کریں۔

$$\text{جواب: } V_t = 1.2 \text{ V}, k_n = 0.22 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2}$$

سوال ۳.۳۱: شکل ۳.۲۵ میں $i_{DS} = 0.1 \text{ mA}$ کی توقع ہے۔ یہاں $v_{DS} = 3 \text{ V}$ ہونی چاہئے۔ اصل قیمت 2.94 V ناپس جاتی ہے۔ ماسفیٹ کی الٹہ رفتہ دیا جا حاصل کریں۔

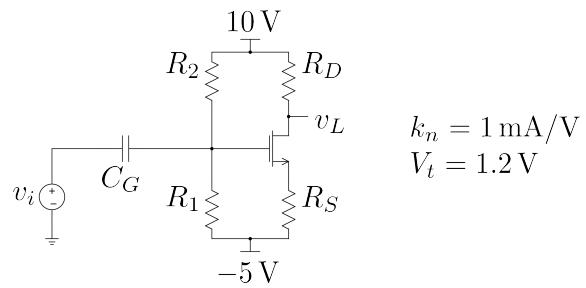
$$\text{جواب: } 100 \text{ V}$$

سوال ۳.۳۲: شکل ۳.۲۷ کے ایک پیغام میں $I_{DS} = 2 \text{ mA}$ اور $V_{DS} = 5 \text{ V}$ حاصل کرنے کے لئے درکار مسزاہت حاصل کریں۔ R_D کو R_S کے نو گنرا کھیں اور R_1 میں برقی رو I_{DS} کے دس فی صد کھیں۔ ایک پیغام کا $A_v = \frac{v_L}{v_i}$ بھی حاصل کریں۔

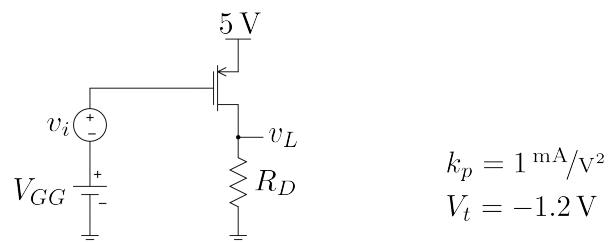
جواب: $R_2 = 64 \text{ k}\Omega$ اور $R_1 = 11 \text{ k}\Omega$ ، $R_D = 4.5 \text{ k}\Omega$ ، $R_S = 0.5 \text{ k}\Omega$ اور $A_v = -2.25 \frac{\text{V}}{\text{V}}$ ، $g_m = 2 \text{ mS}$ حاصل ہوتے ہیں۔

سوال ۳.۳۳: شکل ۳.۲۸ میں $V_{SD} = 3 \text{ V}$ اور $A_v = -6 \frac{\text{V}}{\text{V}}$ حاصل کرنے کی حناطہ درکار R_D اور V_{GG} حاصل کریں۔ I_{SD} کی قیمت کیا ہوگی؟

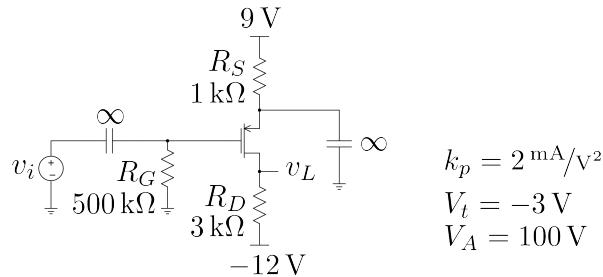
$$\text{جواب: } I_{SD} = 0.222 \text{ mA}, V_{GG} = 3.133 \text{ V}, R_D = 9 \text{ k}\Omega$$



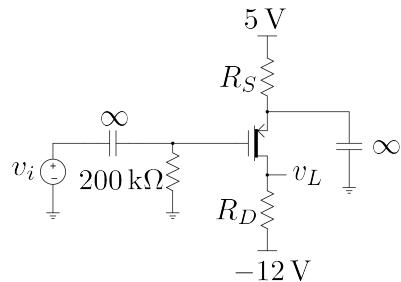
شکل ۷.۲۷



شکل ۷.۲۸



شکل ۲.۶۹



شکل ۲.۷۰

سوال ۲.۳۴: شکل ۲.۶۹ 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 ۲.۳۵: شکل ۲.۷۰ میں R_D اور R_S میں $V_A = 40 \text{ V}$ ، $k_p = 2 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2}$ ، $V_t = -1.4 \text{ V}$ اور $V_A = 40 \text{ V}$ کی ایک قیمتیں حاصل کریں جن سے $A_v = \frac{v_L}{v_i}$ کی قیمت کو حاصل کریں۔

جوابات: $A_v = -22.7 \frac{\text{V}}{\text{V}}$ اور $r_o = 128 \text{ k}\Omega$ ، $R_D = 22 \text{ k}\Omega$ ، $R_S = 8.333 \text{ k}\Omega$ حاصل کریں۔

سوال ۲.۳۶: صفحہ ۲.۵۸ پر شکل ۲.۵۸ میں استعمال کرتے ہوئے دونوں ماسفین کے نظر 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 ۷.۳: صفحہ ۳۶۳ 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 $A_v = \frac{v_L}{v_i}$ حاصل کریں۔

$$A_v = 1.75 \frac{\text{V}}{\text{V}}, R_{D2} = 818 \Omega, R_{S2} = 1.182 \text{ k}\Omega, R_{S1} = 3.75 \text{ k}\Omega$$

جواب تھا:

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_0 ہے جسے شکل ۱.۶ میں دیکھایا گیا ہے۔ بعض اوقات v_{C1} یا v_{C2} کو ہی بطور حشاری اشارہ v_0 لایا 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 ہو گا (یعنی $v_{E1} = v_{E2}$)۔ ان برابری دباو کو لکھتے ہوئے زیرِ نوشت (۱) اور (۲) لکھے بغیر v_E لکھا جائے گا۔

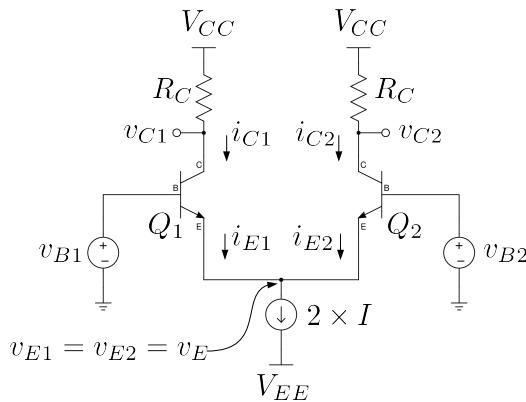
$$(5.1) \quad v_{E1} = v_{E2} = v_E$$

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 مینگی 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 رومائی جبائے 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

$$(5.3) \quad v_o = v_{C2} - v_{C1} = 0$$

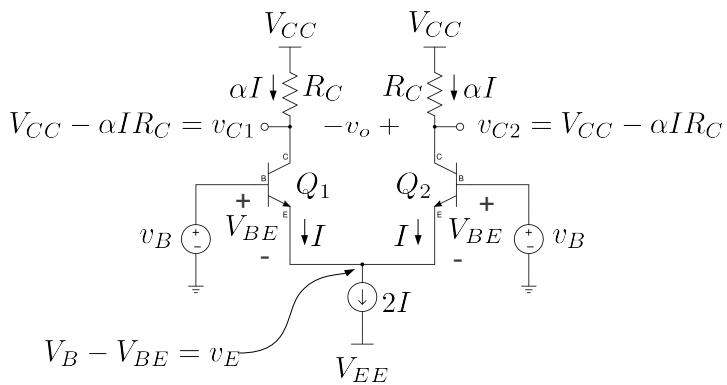
ہو گا۔ یہ ایک اہم اور عمومی نتیجہ ہے جس کے تحت اگر تفسیقی جوڑے کے دونوں مداхنل پر برابر قی دباؤ مہیا کیا جائے تو یہ صفر و بیڈ خارج کرے گا۔ اس حقیقت کو یوں بہتر بیان کیا جاسکتا ہے کہ تفسیقی جوڑا مشترکہ بر قی دباؤ کو رد کرتا ہے۔ تفہق بر قی اشارہ v_d کو یوں بیان کیا جاتا ہے

$$(5.4) \quad v_d = v_{B1} - v_{B2}$$

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 ایمپلینیٹر کا تفہق بر قی دباؤ ہی ہے۔ اسی طرح v_{B1} حسابی ایمپلینیٹر کا مثبت مداхنل جبکہ v_{B2} اس کا منفی مداخنل 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 برابر برقی دباؤ یعنی 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 ایپلینیاٹر

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 مشترکہ برقی 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 مشترکہ برقی دباؤ مہیا کرنے سے دونوں ٹرانزیستروں میں برابر برقی دوکا 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 برقی 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 مشترکہ برقی دباؤ پائی جائے یعنی

$$v_{CM} \leq 7.8 \text{ V}$$

۵.۱.۲ تفسری اشارہ موجود

آنیں تفسری برقی اشارہ کو صفر دو لٹے سے بڑھا کر تفسری جوڑے کی کار کر دی گی دیکھیں۔ شکل ۵.۳ الف میں v_{B2} کو بر قی زمینی صفر دو لٹے پر رکھا گیا ہے جبکہ $v_{B1} = 0.9 \text{ V}$ رکھا گیا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ اس صورت تفسری جوڑے کے دو اطراف یکساں صورت نہیں رہتے۔ اگر دونوں مداخل پر صفر دو لٹے دے جاتے تب

$$v_{BE1} = v_{BE2} = 0.7 \text{ V}$$

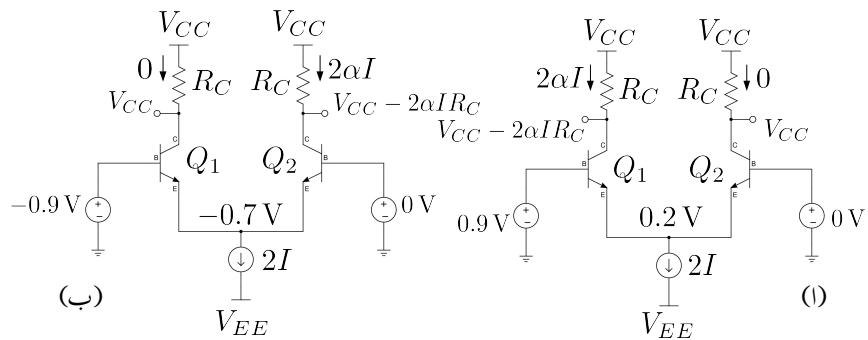
$$v_E = v_B - v_{BE} = 0 - 0.7 = -0.7 \text{ V}$$

ہوتے ایک مداخل مثلاً v_{B2} کو صفر دو لٹے پر رکھتے ہوئے اگر v_{B1} پر بر قی دباؤ بڑھایا جائے تو آپ دیکھ سکتے ہیں کہ Q_1 کا بیس۔ گلکشہ جوڑ سیدھے مائل ہو گا اور

$$v_E = v_{B1} - v_{BE1}$$

رہے گا اس طرح اگر $v_{B1} = 0.9 \text{ V}$ کر دیا جائے تو

$$v_E = 0.9 - 0.7 = 0.2 \text{ V}$$



شكل ۵.۳: تفسری اشارہ کے موجودگی میں تفسری جوڑے کی کارکردگی

ہو گا اور یوں Q_2 کے بیس۔ کلکٹر جوڑ پر

$$v_{BE2} = v_{B2} - v_E = 0 - 0.2 = -0.2 \text{ V}$$

برقی باہو ہا جو سے منقطع رکھے گا۔ منقطع ٹرانزسٹر میں برقی روکا گزر مسکن نہیں الہذا قام کا قسم $I \times 2$ برقی روکنے والے ٹرانزسٹر Q1 کو مقفل ہو جائے گی لیکن

$$i_{E1} = 2I$$

لہوں

$$v_{C1} = V_{CC} - 2\alpha IR_C$$

$$v_{C2} = V_{CC}$$

$$v_o = v_{C2} - v_{C1} = +2\alpha I R_C$$

ہوں گے۔ آپ دیکھ کر تقریق اشارہ کے موجودگی میں حنارجی برقی دباؤ v_0 کی قیمت صفر وولٹ نہیں رہتی۔ تقریت میں تقریق جوڑاہیات کم داخلی تقریقی برقی دباؤ پر ہے تمام کی تمام برقی رو (یعنی $I \times 2$) کو ایک ٹرانزسٹر مقتول کر کے $+2\alpha IR_C$ اور برقی دباؤ حسارت کر دے گا جس کے بعد تقریقی دباؤ ممزید بڑھانے کے حنارجی میں ممزید تبدیلی ممکن نہیں۔ تقریقی جوڑے کے دونوں دخول صفر وولٹ ہونے کی صورت میں برقی دباؤ v_0 میں ممزید تبدیلی ممکن نہیں۔ اب اگر $v_{B2} = 0V$ رکھتے ہوئے $-0.9V = v_{B1}$ کر دیا جائے تو Q_2 کا یہس-بیٹری جوڑے میں اس ایک ہوجبارے کا بدلہ $-0.7V = v_E$ ہو گا۔ پوس Q_1 کے یہس سرے پر $-0.9V$ جبکہ اس کے بھرسرے پر $-0.7V$ ہونے کی وجہ سے یہ متفقع صورت اختیار کر لے گا۔ یہ صورتے شکل ۵.۳ 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 مسرا و 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 $\frac{v_d}{2} + \text{اشارہ بطور } v_{B1}$ اور $\frac{v_d}{2} - \text{اشارہ بطور } v_{B2}$ 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 بولٹ دے جاتے تو $i_{E1} = i_{E2} = I$ ہوتا۔ اب جب کوہاکا بڑھایا 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

$$i_{C1} = \alpha I_{E1} = \alpha (I + \Delta I)$$

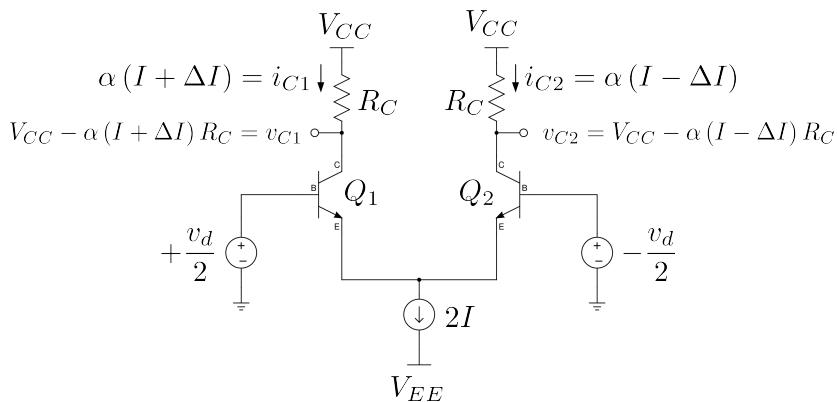
$$i_{C2} = \alpha I_{E2} = \alpha (I - \Delta I)$$

$$v_{C1} = V_{CC} - i_{C1} R_C = V_{CC} - \alpha (I + \Delta I) R_C$$

$$v_{C2} = V_{CC} - i_{C2} R_C = V_{CC} - \alpha (I - \Delta I) R_C$$

$$v_o = v_{C2} - v_{C1} = +2\alpha \Delta I R_C$$

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: باریکے تفسیری اشارے پر صورت حال

۵.۳ و سیچ داخنی اشارہ پر تفسیر قی جوڑے کی کارکردگی

اس حصہ میں تفسیر قی جوڑے پر تفصیلی غور کیا جائے گا۔ Q_1 کے بیس سرے پر v_{B1} جبکہ اس کے بیٹھ سرے پر v_{E1} برقی دباؤ پایا جاتا ہے۔ چونکہ دونوں ٹرانزسٹر کے بیٹھ سرے آپس میں جبڑے ہیں لہذا v_{E1} ہو گا جیسا کہ دباؤ کو v_{E1} سرے کے برقی دباؤ کو v_{E1} اور v_{E2} لکھنے کے بعد ہے v_E لکھ سکتے ہیں۔ اس طرح

$$(5.1) \quad v_{BE1} = v_{B1} - v_{E1} = v_{B1} - v_E$$

ہو گا اسی طرح Q_2 کے لئے ہم لکھ سکتے ہیں

$$(5.2) \quad v_{BE2} = v_{B2} - v_{E2} = v_{B2} - v_E$$

ان برقی دباؤ کو استعمال کر کے ہم لکھ سکتے ہیں

$$(5.3) \quad i_{C1} = I_S \left(e^{\frac{v_{BE1}}{V_T}} - 1 \right) \approx I_S e^{\frac{v_{BE1}}{V_T}} = I_S e^{\frac{v_{B1}-v_E}{V_T}}$$

$$(5.4) \quad i_{C2} = I_S \left(e^{\frac{v_{BE2}}{V_T}} - 1 \right) \approx I_S e^{\frac{v_{BE2}}{V_T}} = I_S e^{\frac{v_{B2}-v_E}{V_T}}$$

یہ

$$(5.5) \quad i_{E1} = \frac{i_{C1}}{\alpha} = \frac{I_S}{\alpha} e^{\frac{v_{B1}-v_E}{V_T}}$$

$$(5.6) \quad i_{E2} = \frac{i_{C2}}{\alpha} = \frac{I_S}{\alpha} e^{\frac{v_{B2}-v_E}{V_T}}$$

باب ۵۔ تصریف ایک پلینگ ایز

ان مساوات میں v_{B1} اور v_{B2} داخلی اشارات ہیں جنہیں آزاد متغیرات تصور کیا جائے جبکہ i_{E1} اور i_{E2} تابع متغیرات ہیں جن کا حضور درکار ہے۔ آئیں انہیں حاصل کریں۔ پہلے دتم میں مساوات ۱۰.۵ کے تقسیم کر کے v_E سے چھکارا حاصل کیا جاتا ہے۔

$$(5.12) \quad \frac{i_{E2}}{i_{E1}} = \frac{\left(\frac{I_S}{\alpha} e^{\frac{v_{B2}-v_E}{V_T}} \right)}{\left(\frac{I_S}{\alpha} e^{\frac{v_{B1}-v_E}{V_T}} \right)} = e^{\left(\frac{v_{B2}-v_{B1}}{V_T} \right)} = e^{-\frac{v_d}{V_T}}$$

جس 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

$$(5.16) \quad \begin{aligned} \left(\frac{2 \times I}{i_{E1}} \right)^{-1} &= \left(1 + e^{-\frac{v_d}{V_T}} \right)^{-1} \\ \frac{i_{E1}}{2 \times I} &= \frac{1}{\left(1 + e^{-\frac{v_d}{V_T}} \right)} \end{aligned}$$

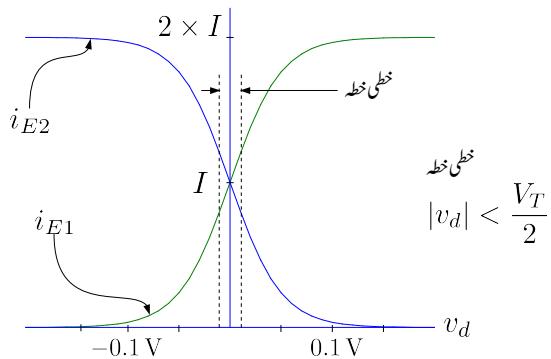
یعنی

$$(5.17) \quad i_{E1} = \frac{2 \times I}{\left(1 + e^{-\frac{v_d}{V_T}} \right)}$$

اگر ہم مساوات ۱۰.۵ کو مساوات ۱۱.۵ 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 ۱۱.۵ اور مساوات ۱۸.۵ شکل ۵.۵ میں کھینچ گئے ہیں۔



شکل ۵.۵: تفسیری جوڑے کے خط

مثال ۵.۳: صفر دوں تفسیری اشارہ یعنی $v_d = 0$ اور $i_{E1} \neq i_{E2}$ حاصل کریں۔
حل: مساوات ۱۵.۱۸ میں حاصل ہوتے ہیں

$$i_{E1} = \frac{2 \times I}{1 + e^{-\frac{0}{V_T}}} = \frac{2 \times I}{1 + e^0} = \frac{2 \times I}{1 + 1} = I$$

اسی طرح مساوات ۱۵.۱۸ میں حاصل ہوتے ہیں

$$i_{E2} = \frac{2 \times I}{1 + e^{+\frac{0}{V_T}}} = \frac{2 \times I}{1 + e^0} = \frac{2 \times I}{1 + 1} = I$$

مثال ۵.۴: مندرجہ ذیل تفسیری برتی 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 98.2% صدق برقی روپر Q_2 سے گرتی ہے جبکہ $v_d = 0.1 \text{ V}$ پر صرف 1.8% صد اس میں سے گرتی ہے۔ اس سے یہ بات واضح ہوتی ہے کہ تفسری اشارہ میں ہریکے تبدیلی سے تفسری جوڑے میں برقی روکی تقسیم بہت زیادہ متاثر ہوتی ہے۔

تفسری جوڑے میں برقی روکو ایک ٹرانزسٹر سے دوسرے ٹرانزسٹر میں مقتول کرنے کی حاضر نہیں۔ کم داخلی تفسری برقی دباؤ درکار ہوتا 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

۵.۵. باریکے اشارہ پر تفرقی جوڑے کے کارکردگی پر تفصیلی غور

۲۸۷

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 حدوں میں ترتیب بین لہذا اسے استعمال کرتے ہوئے نہیات 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 ۱۸.۵ اور مساوات ۱۹.۵ قطعی مساوات ہیں جن سے تفرقی جوڑے میں برقی رو کی تقسیم حاصل کی جاسکتی ہے۔ اگر ہم شکل ۵.۵ میں دکھائے خطی خط کی بات کریں تو اس خطے میں برقی رو کی تقسیم کو نہیات سادہ اور خطی مساوات سے بھی حاصل کیا جا سکتا ہے۔ اس حصہ میں ان مساوات کو حاصل کرتے ہیں۔

مساوات ۱۸.۵ 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 تھی۔ 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

$$(5.25) \quad i_{C1} = \alpha i_{E1} = \alpha I + \frac{\alpha I}{V_T} \frac{v_d}{2}$$

$$i_{C2} = \alpha i_{E2} = \alpha I - \frac{\alpha I}{V_T} \frac{v_d}{2}$$

تفرقی اشارہ کے عدم موجودگی، یعنی $i_{E1} = i_{E2} = I$ ، کی صورت میں v_d ہوتے ہیں جو کہ ان ٹرانزسٹر کے نقطے کارکردگی پر برقی رو I_{EQ1} اور I_{EQ2} میں اسی طرح v_d کی صورت میں مساوات ۵.۲۵ سے αI اور $i_{C1} = i_{C2}$ حاصل ہوتا ہے جو نقطے کارکردگی پر ٹلکش بر قی رو میں جنمیں I_{CQ} یا صرف I_C لکھا جاتا ہے۔ تفرقی اشارہ کے موجودگی میں مساوات ۵.۲۵ میں یک سمت رو کے علاوہ بدلتا رہو سمجھی جاتی ہے۔ پوچھنیں

$$\begin{aligned} i_{C1} &= I_C + \frac{\alpha I}{V_T} \frac{v_d}{2} \\ &= I_C + i_c \\ i_{C2} &= I_C - \frac{\alpha I}{V_T} \frac{v_d}{2} \\ &= I_C - i_c \end{aligned}$$

لکھا بسکتا ہے جہاں نہ بدلتا بر قی رو یعنی

$$(5.12) \quad i_c = \frac{\alpha I}{V_T} \frac{v_d}{2} = \left(\frac{I_C}{V_T} \right) \frac{v_d}{2}$$

ہے۔ آپ صفحہ ۲۷۶ پر دیے گئے مساوات ۱۷۳ کی مدد سے جانتے ہیں کہ $\frac{V_C}{V_T}$ دراصل g_m ہے لہذا مزید اس طرح لکھ سکتے ہیں۔

$$(d, r \wedge) \qquad i_c = g_m \frac{v_d}{\gamma}$$

اس طرح می اوات ۲۵ کوپون لکھ سکتے ہیں۔

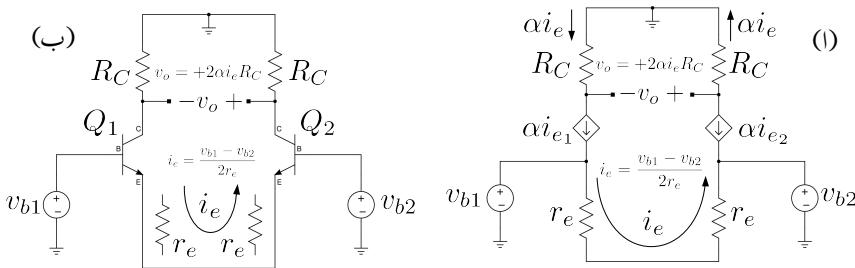
$$(a.49) \quad i_{C1} = I_C + g_m \frac{v_d}{2}$$

$$i_{C2} = I_C - g_m \frac{v_d}{2}$$

یہاں کے کر شکل ۵.۳ میں دکھائے گئے i_{C1} اور i_{C2} کامساوات ۵.۲۵ میں حاصل کئے گئے قیمتیں کے ساتھ موازنے کریں۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ $\frac{\alpha I}{V_T} \frac{v_d}{2} = \alpha \Delta I$ ہے۔ باریک دھنی اشارے پر مساوات ۵.۲۸ کی مدد سے تفریق جوڑے میں برقرار رکھ سکتی ہے۔ یہ ایک اہم تجربہ ہے جس پر اگلا حصہ میں تبصرہ کا حصہ گا۔

برقی روکا حصول بذریعه ٹرانزسٹر راضی نموونہ ۵.۳.۲

گزشتہ حصہ میں مساوات ۵۔۲۸ حاصل کی گئی جس کے مددے تقریبی جوڑے میں برقی رو ۶۰٪ حاصل کی حاصل کی سکتی ہے۔ آئین اسی مساوات کو انتہائی سادہ طریقے سے حاصل کر سے۔ شکل ۵۔۲— میں تقریبی



شکل ۲:۵: ترقی بر قی رو کا حصول بذریعہ ریاضی نمونہ

جوڑے کا مساوی بدلتا رو شکل دکھایا گیا ہے جہاں تسامیک سمت منبع بر قی دباؤ کو قصر دور اور تسامیک سمت منبع بر قی رو کو کھلے سے کیا گیا ہے۔ شکل ۵.۶ الف میں ٹرانزسٹر کے ٹی-ریاضی نمونہ استعمال کر کے اسی کا مساوی دور بنا دیا گیا ہے جہاں سے صاف ظاہر ہے کہ

$$(5.30) \quad i_e = \frac{v_{b1} - v_{b2}}{2r_e} = \frac{v_d}{2r_e}$$

ہو گا جہاں $v_{b1} - v_{b2}$ کو v_d کھلا گیا ہے۔ یوں $i_e = -i_{e1} - i_{e2}$ کے برابر ہو گا۔ صفحہ ۲۸۰ پر مساوات ۳.۱۹۲ کے تحت $r_e = \frac{\alpha}{g_m}$ کے برابر ہے۔ یوں 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 نہیات آسانی سے اس مساوات کو حاصل کیا گیا۔ یہ مساوات حاصل کرتے وقت ریاضی نمونہ بنانا ضروری ہیں۔ شکل ۵.۶ ب میں یہ میر سے کے مزاحمت r_e کو ترقی جوڑے کے اندر جناب دکھایا گیا ہے۔ یہ ایک تصوراتی شکل ہے جسے دیکھ کر آپ ساوات لکھ سکتے ہیں۔

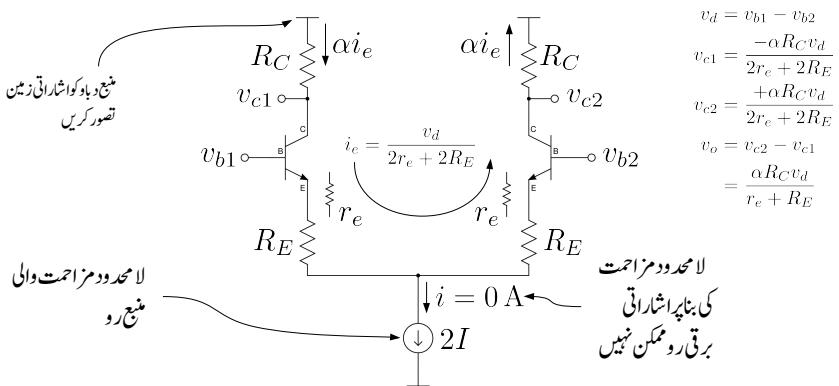
ان دونوں اشکال کو دیکھ کر حنا رجی بر قی دباؤ v_o حاصل کیا جاتا ہے یعنی

$$(5.33) \quad v_o = +i_c \times 2 \times R_C = +g_m R_C v_d$$

اس مساوات سے تفرقہ اخراجی بر قی دباؤ $A_d = \frac{v_o}{v_d} = \frac{v_o}{v_d}$ حاصل کی جا سکتی ہے۔

$$(5.33) \quad A_d = \frac{v_o}{v_d} = +g_m R_C$$

۵.۵. باریک اشارہ پر تفرقی 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 تفرقی ایک پلینیاٹر پر غور کریں جہاں ٹرانزسٹر کے بکھر سرے پر بیرونی مزاحمت R_E نسب کے گے ہیں۔ اس دور کو دیکھ کر ہی ہم لکھ سکتے ہیں۔

$$i_e = \frac{v_d}{2r_e + 2R_E}$$

اس مسادات سے تفرقی افرائش برقی رو با حاصل ہوتی ہے۔

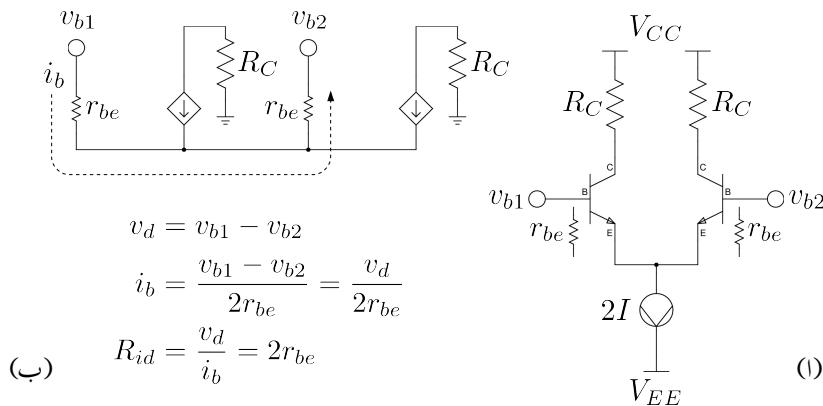
$$(5.35) \quad \begin{aligned} i_c &= \alpha i_e = \frac{\alpha v_d}{2r_e + 2R_E} \\ v_o &= +2i_c R_C = +\frac{\alpha v_d R_C}{r_e + R_E} \\ A_d &= \frac{v_o}{v_d} = +\frac{\alpha R_C}{r_e + R_E} \approx +\frac{R_C}{r_e + R_E} \end{aligned}$$

یاد رہے کہ اشاراتی تحبز یہ کرتے وقت یک سمت برقی رو کو قصر دور جبکہ یک سمت برقی رو کو آزاد سرے کر دیا جاتا ہے۔

۵.۶.۳ داخلی تفرقی مزاحمت

تفرقی جوڑے میں دونوں ٹرانزسٹر کے π ریاضی نمونہ استعمال کرتے شکل ۷.۸ ب حاصل ہوتا ہے جس سے اس کی داخلی برقی رو i_b

$$(5.36) \quad i_b = \frac{v_{b1} - v_{b2}}{2r_{be}} = \frac{v_d}{2r_{be}}$$



شکل ۵.۸: تفرقی جوڑے کی داخلی تفرقی مزاحمت

اور اس سے تفرقی جوڑے کا داخلی تفرقی مزاحمت^۸ یوں حاصل ہوتا ہے۔

$$(5.37) \quad R_{id} = \frac{v_d}{i_b} = 2r_{be}$$

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

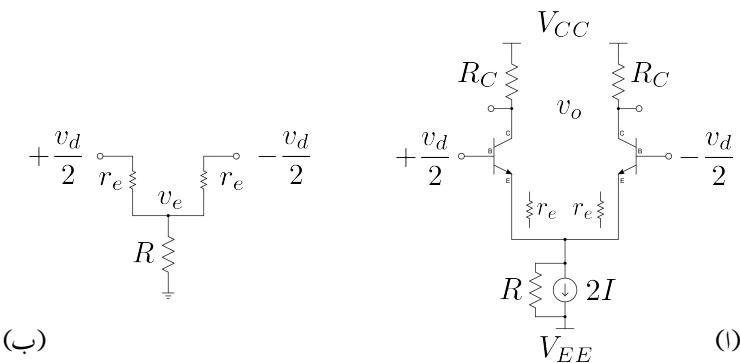
$$(5.39) \quad i_b = \frac{i_e}{\beta + 1} = \frac{1}{\beta + 1} \left(\frac{v_d}{2r_e + 2R_E} \right)$$

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

differential input resistance^۸



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 کا برق دباؤ v_e حاصل کرنے کی حوصلہ اسکے جوڑ پر خوف نہ کامتاون برائے برقرار روانہ کرتا ہے۔

$$(5.21) \quad \frac{v_e - \frac{v_d}{2}}{r_e} + \frac{v_e + \frac{v_d}{2}}{r_e} + \frac{v_e}{R} = 0$$

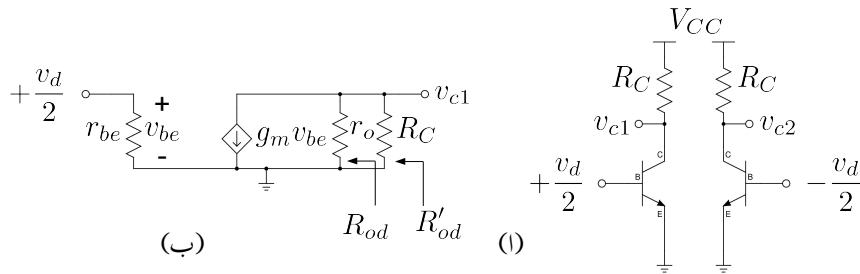
اس مساوات سے حاصل ہوتا ہے۔

$$(5.22) \quad v_e = 0$$

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 حنارتی اشارہ v_{ce1} ہے جبکہ دائیں ایپلیغاڑ کا داخنی اشارہ $\frac{v_d}{2}$ اور اس کا حنارتی 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_0 کے اثر کو بھی شامل کیا گیا ہے۔ اس ریاضی نمونے سے آدھے دور کا داخلہ باریکے اشاراتی مزاجت r_{be} کے بر احصال 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۔

$$(5.11) \quad A_d = \frac{v_o}{v_d} = \frac{v_{c2} - v_{c1}}{v_d} = g_m (R_C \parallel r_o)$$

ح صل ہوتا ہے۔ عموماً r_0 کی قیمت R_C کے مقابلے سے بہت زیادہ ہوتی ہے اور یوں اس مساوات کو یوں لکھا جاسکتا ہے۔

$$(\mathfrak{d},\mathfrak{r}\mathfrak{d}) \qquad \qquad A_{\mathfrak{d}\mathfrak{c}_2} = \frac{v_{c2} - v_{c1}}{v_d} = g_m R_C = \frac{R_C}{r_e}$$

اس کے برعکس اگر v_0 کو v_{c1} (یا v_{c2}) سے حاصل کیا جائے تو تفرقی انہماں برقرار دبادیوں حاصل ہوتی ہے۔

$$A_{d\zeta, \tilde{r}} = \frac{v_o}{v_d} = \frac{v_{c1}}{v_d} = -\frac{R_C}{2r_e}$$

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۔

۵۳۴ داخلي مشته کے مزاحمت اور مشته کے افزاں

شکل ۱۱.۵ اف میں تقریب جوڑے کو مشترک داخنی اشارہ CM میں فراہم کیا گیا ہے۔ دونوں ہاتھوں کے ٹرانزیستروں میں یک اپریقی دو ان گزرنے کی اور یوں

$$v_e = (i_{e1} + i_{e2}) R = 2i_e R$$

ہو گا۔ اسی کو شکل بے کے طرز پر بھی بنایا جاسکتا 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 جاسکتا 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

$$(5.43) \quad v_0 = v_{c1} = -\frac{\alpha R_C v_{CM}}{r_e + 2R}$$

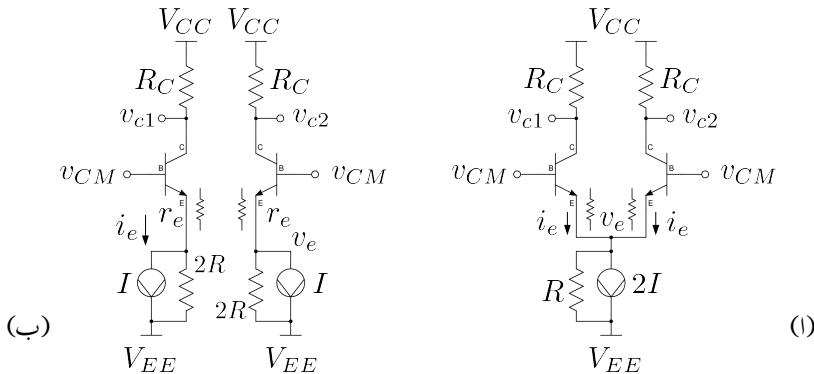
ہو گا اور مشترکہ اندازش برقی دباؤ

$$(5.44) \quad A_{cm,i} = \frac{v_o}{v_{CM}} = \frac{v_{c1}}{v_{CM}} = -\frac{\alpha R_C}{r_e + 2R}$$

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

^۱ common mode voltage gain



شکل ۵.۵: 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 کم کرنے کے صلاحیت "CMRR" کو A_d اور A_{cm} کے تناوب سے ناچلاتا 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 کم کرنے کے صلاحیت CMRR کو عموماً مذکور یہ ۱۰^۲ میں ناچلاتا 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 اشارہ کے 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}

بalki یکساں میں یوں

$$\begin{aligned} R_{C2} &= R_C - \Delta R_C \quad \text{اور} \quad R_{C1} = R_C + \Delta R_C \\ v_{c1} &= -\frac{\alpha (R_C + \Delta R_C) v_{CM}}{r_e + 2R} \\ v_{c2} &= \frac{\alpha (R_C - \Delta R_C) v_{CM}}{r_e + 2R} \end{aligned} \quad (5.58)$$

اور یوں

$$\begin{aligned} v_o &= v_{c2} - v_{c1} = -\frac{\alpha \Delta R_C v_{CM}}{r_e + 2R} \\ A_{cm} &= \frac{v_o}{v_{CM}} = -\frac{\alpha \Delta R_C}{r_e + 2R} \end{aligned} \quad (5.59)$$

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 ۵.۳۶ اور مساوات ۵.۵۹ کی مدد سے یوں حاصل ہوتا ہے

$$CMRR = \frac{g_m (r_e + 2R) R_C}{\alpha \Delta R_C} \quad (5.40)$$

۵.۵ غیر کامل تفرقی جوڑے کا ناقص پن

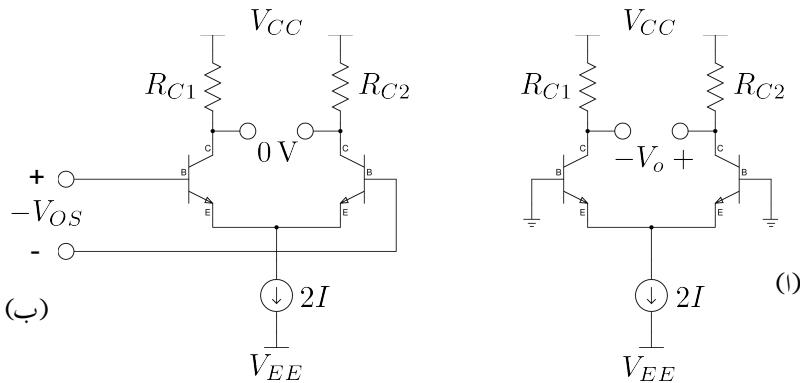
۵.۵.۱ داخلی انحرافی برقی دباؤ

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 یوں یہ صفر دوبلے کے مقابلے V_0 دوبلے خارج کرتا ہے۔ اس برقی دباؤ یعنی V_0 کو فارم ہے انحراف برقی دباؤ^{۱۰} کہتے ہیں۔ حنارتی انحرافی برقی دباؤ کو تفرقی جوڑے کے تفرقی افزاش A_d سے تقسیم کر کے دالنے انحراف برقی دباؤ^{۱۱} V_{OS} حاصل ہوتا ہے یعنی

$$V_{OS} = \frac{V_O}{A_d} \quad (5.41)$$

مانند ظاہر ہے کہ تفرقی جوڑے کے داخلي جانب $-V_{OS}$ مہا کرنے سے حنارتی جانب صفر دوبلے حاصل ہو گا۔ شکل ۵.۱۲ میں اس کی وضاحت کی گئی ہے۔ انحراف 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 انحراف برقی دباؤ جسم لیتا ہے۔ آئیں ان پر غور کریں۔

^{۱۰} output offset voltage
^{۱۱} input offset voltage



شکل ۱۲.۵: دا خنل انحرافی بر قی دباو

تفسیری جوڑے کے دو ڈیزائیٹر مکمل طور یکساں ہونے کی صورت میں اگر اس کے دونوں داخنی سرے بر قی ز میں پر کھے جائیں (یعنی $0 = V_{B1} = V_{B2}$) تو بر قی دو $I \times 2$ ان میں برابر تقسیم ہو گی۔ اگر R_{C1} اور R_{C2} کی مقادیر ہی بھی باکل برابر ہوں تو $V_{o1} = 0$ اور $V_{o2} = 0$ ہو گا۔ لبست اگر R_{C1} اور R_{C2} کی مقادیر 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 غارجہ انحرافی بر قی دباو ہے جس سے داغلہ انحرافی بر قی دباو 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۔ داخنی انحرافی بر قی دباو کو بطور مشتبہ عدد لکھا جاتا ہے یعنی

$$(5.26) \quad |V_{OS}| = \left| 2V_T \frac{\Delta R_C}{R_C} \right|$$

آنکے اب ٹرانزسٹر کی سائنس نے سے پیدا نہ کرنی برقی 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 پھر سرے آپس میں جبکہ ان کے بیچ سرے برقی زمین پر ہیں۔ یوں $V_{BE1} = V_{BE2}$ ہے۔ اس صورت ٹرانزسٹر کی برقی رومند رجہ ذیل 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

$$(5.43) \quad V_{C1} = V_{CC} - \alpha I \left(1 + \frac{\Delta I_S}{I_S} \right) R_C$$

$$V_{C2} = V_{CC} - \alpha I \left(1 - \frac{\Delta I_S}{I_S} \right) R_C$$

$$V_O = V_{C2} - V_{C1} = 2\alpha I R_C \frac{\Delta I_S}{I_S}$$

$$|V_{OS}| = \left| \frac{V_O}{A_d} \right| = \left| \frac{V_O}{g_m R_C} \right| = \left| \frac{2\alpha I R_C \frac{\Delta I_S}{I_S}}{\frac{\alpha I}{V_T} R_C} \right| = \left| 2V_T \frac{\Delta I_S}{I_S} \right|$$

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 حبانب برابر یک سمت میلان 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 داعلخہ میلان بر قی رو مختلف ہو سکتی ہیں۔ ایسی صورت میں دونوں حبانب کی داعلخہ میلان بر قی رو میں مندرجہ، جسے انحرافی داعلخہ 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

$$(5.46) \quad \beta_1 = \beta + \Delta\beta$$

$$\beta_2 = \beta - \Delta\beta$$

یہ جہاں β اس کی عسمی قیمت ہے اور $\Delta\beta$ اس عسمی قیمت سے انحراف ہے۔ اس طرح

$$(5.47) \quad I_{B1} = \frac{I}{\beta + \Delta\beta + 1} = \frac{I}{(\beta + 1) \left(1 + \frac{\Delta\beta}{\beta + 1} \right)} \approx \frac{I}{\beta + 1} \left(1 - \frac{\Delta\beta}{\beta + 1} \right)$$

$$I_{B2} = \frac{I}{\beta - \Delta\beta + 1} = \frac{I}{(\beta + 1) \left(1 - \frac{\Delta\beta}{\beta + 1} \right)} \approx \frac{I}{\beta + 1} \left(1 + \frac{\Delta\beta}{\beta + 1} \right)$$

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: بھی تقسیم

ہوں گے۔ مساوات ۵.۷۷ کے دوسرے مساوات میں x کو $\frac{\Delta\beta}{\beta+1}$ تصور کرتے ہوئے شکل ۵.۱۳ میں لکھائے گئے تھے۔ مساوات ۵.۷۷ کے پہلے مساوات میں بھی یہی ترقیت استعمال کی گئی ہے۔ اس طرح

$$(5.78) \quad I_B = \frac{I_{B1} + I_{B2}}{2} = \frac{I}{\beta+1}$$

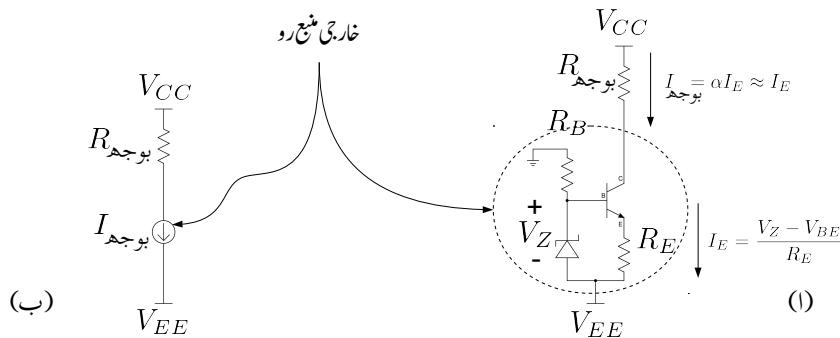
اور

$$(5.79) \quad I_{OS} = \left| \frac{2I}{\beta+1} \left(\frac{\Delta\beta}{\beta+1} \right) \right| = 2I_B \left(\frac{\Delta\beta}{\beta+1} \right)$$

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 مخفی روئے کی مدد سے مائل کیا جاتا ہے۔ اس سے پہلے کہ ہم دیکھیں یہ کیا کیا جاتا ہے یہ ضروری ہے کہ کیکس سخت مخفی روپ غور کیا جائے۔



شکل ۵.۱۳: حداچ کار منع رو

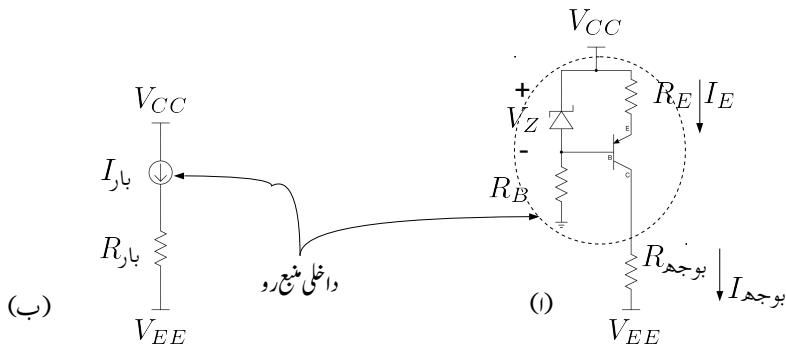
۷.۵ یک سمت منع بر قی رو

شکل ۵.۱۴.الف 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 برقی 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 ۵.۱۴.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 برقی رو کی سمت دکھلاتا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ اس طرز کے یک سمت منع رو کو استعمال کرتے ہوئے پوچھ کو ثابت برقی دباؤ 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 برقی رو حداچ ہو کر یک سمت منع رو میں داخل ہوتی ہے۔ اسی یک سمت منع رو پوچھ سے برقی رو زبرد سقی حداچ کرتی ہے۔ اسی لئے اس دور کا زیادہ مقبول نام غارج کار منع رو^{۱۸} ہے۔ شکل ۵.۱۵.الف میں pnp ٹرانزسٹر پر مبتنی یک سمت منع رو کھایا گیا ہے جبکہ شکل ۵.۱۵.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 برقی دباؤ 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۔ اسی یک سمت منع رو پوچھ میں برقی 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: داخی منبع رو کا برقی 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 نپٹانا بنتا 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-یونٹ پر برقی رو V_{BE} پایا جائے گا جہاں

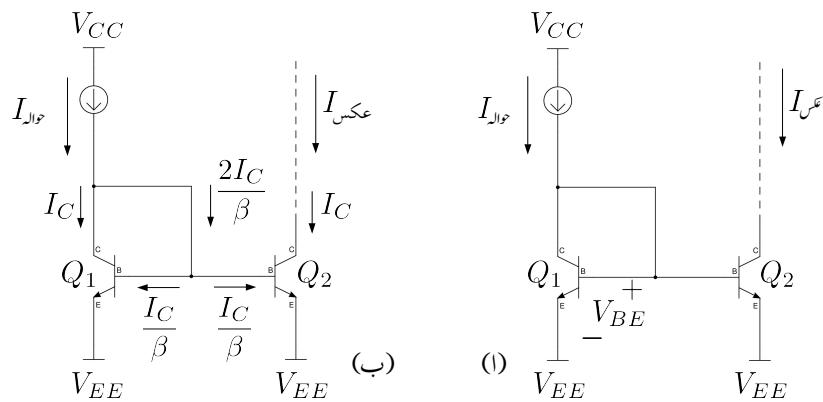
$$(5.80) \quad I_{\text{حوالہ}} = I_S \left(e^{\frac{V_{BE}}{V_T}} - 1 \right)$$

ٹرانزسٹر Q_1 اور Q_2 کے بیس سرے آپس میں جبڑے ہیں۔ اسی طرح ان کے یونٹ سرے بھی آپس میں جبڑے ہیں۔ یوں Q_2 کے بیس-یونٹ پر بھی برقی رو V_{BE} پایا جائے گا۔ اس ٹرانزسٹر کے لئے ہم لکھ سکتے ہیں۔

$$(5.81) \quad I_{\text{بوجہ}} = I_S \left(e^{\frac{V_{BE}}{V_T}} - 1 \right)$$

^{۱۰} ageing current mirror

باب ۵. تفسیری ایمپلینیٹر



شکل ۱۶.۵: آئینہ برقی رو

مساویات ۱۶.۵ کو مساوات ۱۶.۸۰ سے تقسیم کرتے ملتا ہے۔

$$(5.82) \quad \frac{I_س}{I_{واہ}} = \frac{I_S \left(e^{\frac{V_{BE}}{V_T}} - 1 \right)}{I_S \left(e^{\frac{V_{BE}}{V_T}} - 1 \right)} = 1$$

$$I_س = I_{واہ}$$

یوں $I_س$ بالکل $I_{واہ}$ کا عکس ہے۔ اس کو یوں بھی بیان کر سکتے ہیں کہ بوجھ میں $I_{واہ}$ 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 $I_س$ اور $I_{واہ}$ 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۔ $I_{C1} = I_{C2} = I_C$

$$(5.83) \quad I_{C1} = I_S \left(e^{\frac{V_{BE}}{V_T}} - 1 \right)$$

$$I_{C2} = I_S \left(e^{\frac{V_{BE}}{V_T}} - 1 \right)$$

$$I_{C1} = I_{C2} = I_C$$

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

$$(5.85) \quad I_{\text{حائل}} = I_C + \frac{2I_C}{\beta} = I_C \left(1 + \frac{2}{\beta}\right)$$

جبکہ دائیں بازو

$$(5.86) \quad I_{\text{حائل}} = I_{C2} = I_C$$

یوں

$$(5.87) \quad I_{\text{حائل}} = \frac{I_{\text{حائل}}}{1 + \frac{2}{\beta}}$$

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 ہے جہاں سے ظاہر ہے کہ

$$(5.88) \quad I_{\text{حائل}} \approx \frac{I_{\text{حائل}}}{1 + \frac{2}{\beta^2}}$$

اس مساوات کو مساوات ۵.۸۷ کے ساتھ دیکھیں۔ مندرج کے متدار کو β گستاخ کر دیا گیا ہے۔ اگر شکل ۵.۱۷ میں حائل $I_{\text{حائل}}$ پیدا کرنے کی حنا طاطرا ایک عدد مزاحمت R کو V_{CC} اور Q_3 کے گلشنہ سرے کے درمیان بخوبی جوہری میانہ برقی رو کو حائل $I_{\text{حائل}}$ یوں حاصل ہو گا۔

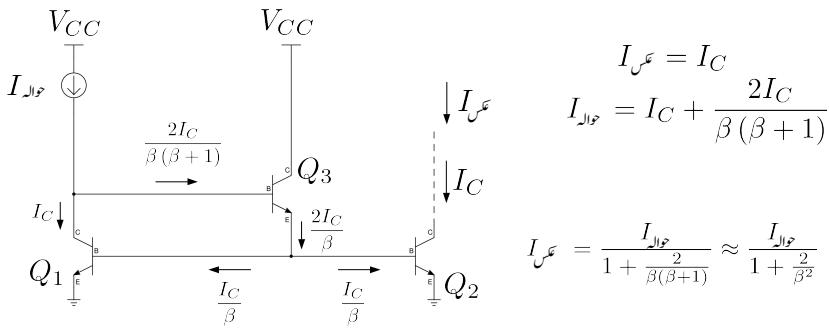
$$(5.89) \quad I_{\text{حائل}} = \frac{V_{CC} - V_{BE1} - V_{BE3}}{R}$$

مثال ۵.۵: شکل ۵.۱۸ اف میں، نقطہ دار لکیسر میں بند، ایک سادہ خارج کار مستقل برقی رو دکھایا گیا ہے جسے استعمال کرتے ہوئے برقی رو بوجھ R میں برقی رو عسی 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

$$R = 11.3 \text{ k}\Omega$$

$$R_{\text{بوجھ}} = 5 \text{ k}\Omega$$

ہوں تو



شکل ۱.۵: بستہ یک سمت منبع رو

۱. برقی بوجہ R میں برقی رو $I_{\text{و}}$ حاصل کریں۔
 ۲. برقی دباؤ V_0 حاصل کریں۔
 ۳. اگر بوجہ R کی مسازامت دنی کر دی جائے تو V_0 کی قیمت کیا ہو گی۔
 ۴. بوجہ R کی مسازامت 20 kΩ ہونے کی صورت میں V_0 کی قیمت حاصل کریں۔
 ۵. برقی بوجہ R کی وہ مسازامت دریافت کریں جس پر ثراز سٹر Q_2 غیر امنزانتہ حال ہو جاتا ہے۔
 ۶. برقی بوجہ کی مسازامت 40 kΩ کرنے سے کیا نتائج مرتباً ہوں گے۔
- حل:

۱. ثراز سٹر Q_1 کا نہ سر 12 V - پر ہے جبکہ اس کے بیس - میٹر جوڑ پر 0.7 V پائے جاتے ہیں۔ یہ اس کا نہ سر 11.3 V - پر ہو گا۔ چونکہ نیس اور مکٹر جبٹے ہیں لہذا مکٹر بھی 11.3 V - پر ہو گا۔ یہ مسازامت R کے ایک سرے پر 11.3 V - ہیں۔ مسازامت کا دوسرا سر ابرقی زمین پر ہے اور یہ اس پر 0 V ہے۔ مسازامت R میں برقی رو

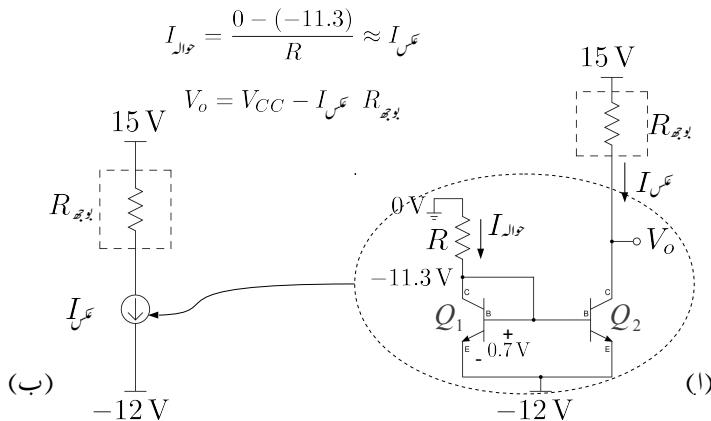
$$I_{\text{و}} = \frac{0 - (-11.3)}{11300} = 1 \text{ mA}$$

پائی جائے گی۔ برقی بوجہ R سے بھی ایک ملی ایمپیٹر کی برقی رو گرے گی۔

۲. ثراز سٹر Q_2 کے مکٹر سرے پر برقی دباؤ

$$\begin{aligned} V_0 &= V_{CC} - I_{\text{و}} R_{\text{و}} \\ &= 15 - 10^{-3} \times 5 \times 10^3 = 10 \text{ V} \end{aligned}$$

لیا جاتا ہے۔



شکل ۱۸.۵: خارج کار مستقل برقی رو اور اس کی علامت

۳. برقی بوجھ کی مسازحت دگنی یعنی $10\text{ k}\Omega$ کرنے سے

$$\begin{aligned} V_o &= V_{CC} - I_o R_o \\ &= 15 - 10^{-3} \times 2 \times 5 \times 10^3 = 5\text{ V} \end{aligned}$$

۴. برقی بوجھ کی مسازحت $20\text{ k}\Omega$ کرنے سے

$$\begin{aligned} V_o &= V_{CC} - I_o R_o \\ &= 15 - 10^{-3} \times 20 \times 10^3 = -5\text{ V} \end{aligned}$$

حوالہ۔

۵. اس مثال کے حبزوں، پپ اور س میں ہم دیکھتے ہیں کہ جب برقی بوجھ بوجھ R_o کی مسازحت بڑھائی جائے تو خارج کار مستقل برقی رو برقی دباؤ V_o گٹا کر برقی بوجھ میں برقی رو کی قیمت برفت ارکھتا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ اگر برقی بوجھ کی مسازحت اسی طرح بڑھائی جائے تو آخنر کار Q_2 غیر افزاں نہ دھٹے میں داخل ہو جائے گا اور اس کے لئے V_o کا مزید گھٹانا ممکن نہ ہو گا۔ ٹرانزسٹر Q_2 غیر افزاں نہ دھٹے ہونے کے بعد اگر برقی بوجھ کی مسازحت مزید بڑھائی جائے تو اس میں برقی رو گھٹن 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 مواتت کو بوجھ R_o کے لئے حل کریں تو حاصل ہوتا

۷

$$15 = I_{\text{امپلینیٹر}} R_{\text{بوجہ}} + V_{\text{CE}} \quad 12$$

$$15 = 10^{-3} \times R_{\text{بوجہ}} + 0.2 - 12$$

$$R_{\text{بوجہ}} = \frac{15 + 12 - 0.2}{10^{-3}} = 26.8 \text{ k}\Omega$$

۶۔ ہم نے دیکھا کہ حنارج کار مستقل برقی رو $26.8 \text{ k}\Omega$ کے برقی بوجہ تک کے مزاجمت میں مستقل برقی رو برقرار رکھ سکتا ہے۔ برقی بوجہ کے مزاجمت کو مزید بڑھانے سے برقی بوجہ میں رو اور برقی رو گھٹنا شروع ہو جاتی ہے۔ $40 \text{ k}\Omega$ کے برقی بوجہ کے لئے

$$15 = I R_{\text{بوجہ}} + V_{\text{CE}} \quad 12$$

$$15 = I \times 40 \times 10^3 + 0.2 - 12$$

$$I = \frac{15 + 12 - 0.2}{40 \times 10^3} = 0.67 \text{ mA}$$

ہم دیکھتے ہیں کہ برقی رو کی قیمت، مثلاً I سے گھٹے جاتی ہے اور حنارج کار مستقل برقی رو صحیح کار کردگی نہیں کر پاتا۔

شکل ۵.۱۹ الف میں $n-p-n$ ٹرانزسٹروں پر مبنی حنارج کار مستقل برقی رو دکھایا گیا ہے۔ یہ دور نقطہ دار لکیر کی 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 دکھایا گیا ہے۔ یہ دور نقطہ دار لکیر کی جگہ نسب مطلوب دور میں مستقل برقی رو عس I گزارتا ہے۔

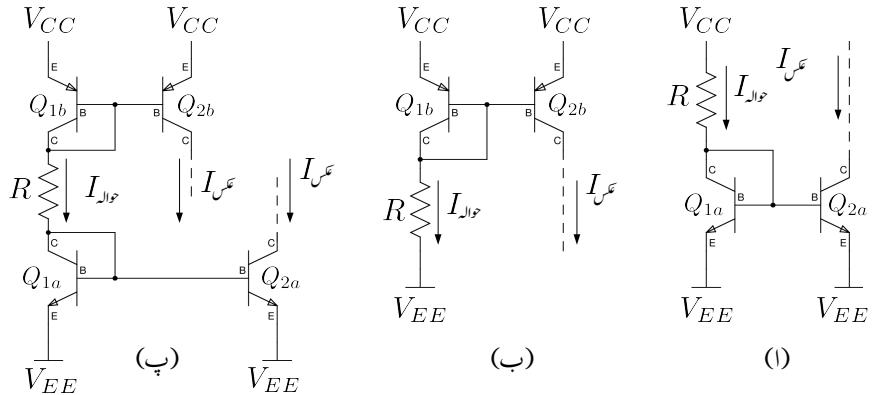
شکل پ میں ان دونوں ادوار کو یوں جوڑا گیا ہے کہ ایک ہی مزاجمت دونوں یک سمت منع رو کے عس I کا تعین کرتا ہے۔ اس دور کے لئے ہم لکھ سکتے ہیں۔

$$V_{CC} = V_{EB} + I_{\text{حوالہ}} R + V_{BE} + V_{EE}$$

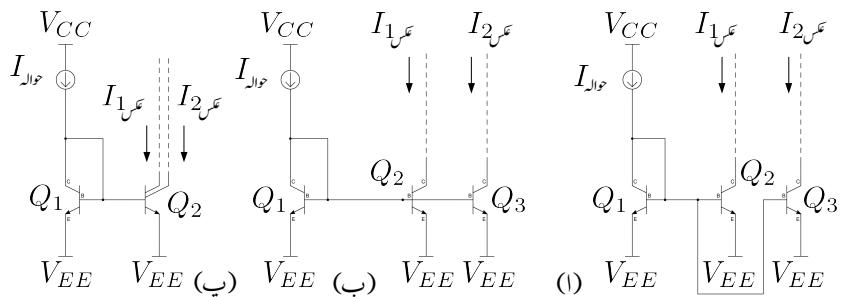
$$I_{\text{حوالہ}} = \frac{V_{CC} - 0.7 - 0.7 - V_{EE}}{R} = I_{\text{منع رو}}$$

۵.۸.۱ متعدد یک سمت منع رو

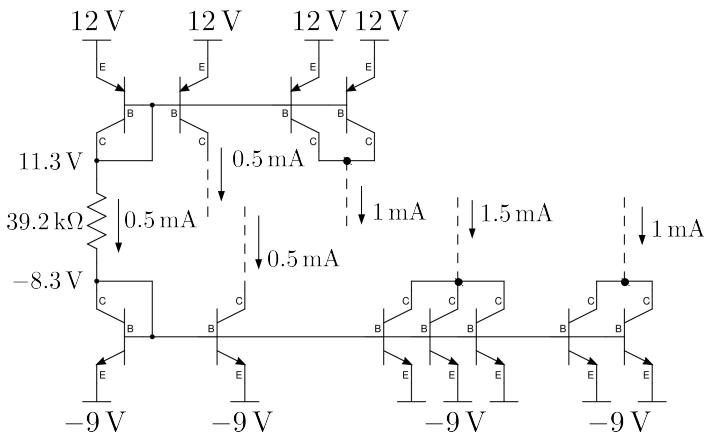
شکل ۵.۱۶ میں تیسرا ٹرانزسٹر یعنی Q_3 کے شمولیت سے شکل ۵.۲۰ الف حاصل ہوتا ہے۔ چونکہ Q_3 کے بیس-یونٹر جوڑ پر بھی Q_1 اور Q_2 کے برابر V_{BE} پیا جاتا ہے لہذا اس میں بھی بالکل انہیں کے برابر I_C برقی رو پائی جائے گی۔ آئیں دیکھتے ہیں کہ اس دور میں محدود β کی صورت میں ہم لکھ سکتے ہیں کہ



شکل ۵.۱۹: یک سست منج رو کے مختلف ادوار



شکل ۵.۲۰: عس کا حصول



شکل ۵.۲۱: متعدد یک سمت منبع دو

$$(5.90) \quad I_{\text{م}} = I_{\text{م}_1} = I_{\text{م}_2} = I_C$$

$$(5.91) \quad I_{\text{حوالہ}} = I_C + \frac{3I_C}{\beta}$$

اور یوں

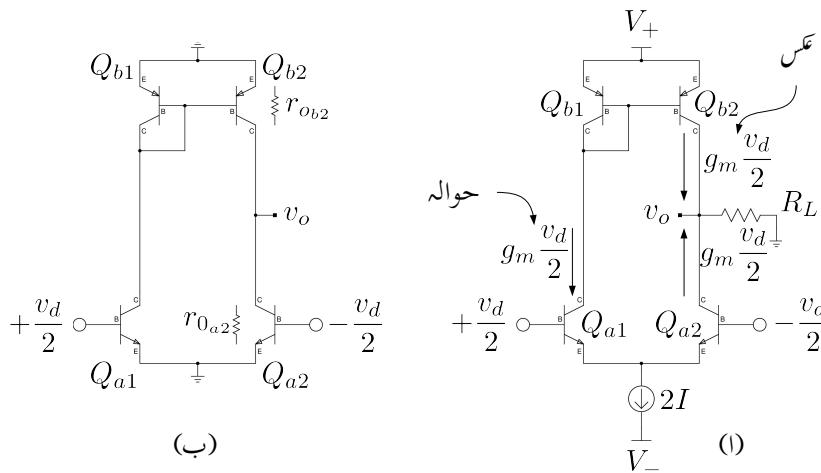
$$(5.92) \quad I_{\text{م}} = \frac{I_{\text{حوالہ}}}{1 + \frac{3}{\beta}}$$

اس دور کو عموماً شکل ۵.۲۰ ب یا شکل ۵.۲۰ پ کے طرز پر صاف اور شفاف طریقے سے بنایا جاتا ہے۔ شکل پ میں ایک ہی ٹرانزسٹر کے دو گلکٹر دکھائے گئے ہیں۔ اس سے مراد دو ٹرانزسٹر لینا چاہیے جس کے یہیں آپس میں جبڑے ہیں اور اسی طرح اس کے پھر بھی آپس میں جبڑے ہیں جبکہ دونوں کے گلکٹر آپس میں نہیں جوڑے گئے ہیں۔

ای جبڑے کو آگے بڑھاتے ہوئے ایک ایسے یک سمت منبع رو جو n عکس بناتا ہو کے لئے مساوات ۵.۹۲ کی صورت یوں ہوگی۔

$$(5.93) \quad I_{\text{م}} = \frac{I_{\text{حوالہ}}}{1 + \frac{n+1}{\beta}}$$

شکل ۵.۲۱ میں دو یادو سے زیادہ ٹرانزسٹر جوڑ کر حاصل عکس کو دیکھنا یا اس سے بھی بڑھانا دکھایا گیا ہے۔



شکل ۵.۲۲: بڑا نیز سسٹر بوجھ سے لد اور جوڑ بڑا نیز سسٹر والا تفسیری ایمپلیفیاٹر

۵.۹ بڑا نیز سسٹر بوجھ سے لد اور جوڑ بڑا نیز سسٹر کا تفسیری ایمپلیفیاٹر

جیسا کہ پہلے بھی ذکر کیا گیا، مختلط ادوار بناتے وقت کو شش کی جاتی ہے کہ مزاحمتوں کا استعمال کم کے کم کیا جائے۔ جیسا کہ شکل ۵.۲۲ الف میں دکھایا گیا ہے، مختلط ادوار میں استعمال ہونے والے تفسیری ایمپلیفیاٹر کے خارجی جانب مزاحمت R_C کی جگہ آئندہ برقی رو استعمال کیا جاتا ہے۔

یک سست منع روکل $I \times 2$ برقی رو بہت بڑا نیز سسٹر کے برقی روکل Q_{a1} اور Q_{a2} میں یک سست برقی رو I گز کراہیں مائل کرتی ہے۔ اور Q_{b1} اور Q_{b2} جو کہ آئینہ برقی روہیں، بطور برقی بوجھ استعمال کے گئے ہیں۔ Q_{b1} کی برقی رو کو دیکھ کر اس کا عسکر برقی رو پیدا کرتا ہے۔ چونکہ Q_{b1} کے وہی برقی رو گزرتی ہے جو Q_{a1} کے گزرتی ہے لہذا I بطور حوالہ استعمال ہو گا اور Q_{b2} اس کے برابر (یعنی I) عسکر 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} کے ہی گز رے گی اور یوں بیرونی برقی مزاحمت R_L میں صفر برقی رو گز رے گی۔ یوں v_o صفر ولٹ ہو گا۔ اب تصور کریں کہ تفسیری برقی اشارہ v_d میا کیا جاتا ہے۔ Q_{a1} اور Q_{a2} میں بدلتا برقی رو $\frac{v_d}{2}$ پیدا ہو گی جن کی سستیں شکل میں دکھائی گیں۔ Q_{a1} کا برقی رو (یعنی $\frac{v_d}{2}$) بڑا نیز سسٹر Q_{b1} سے بھی گزرتا ہے اور یوں Q_{b2} اس کا عسکر پیدا کرے گا جیسا کہ شکل میں دکھایا گیا ہے۔ جوڑ v_o میں دو اطراف سے $\frac{v_d}{2}$ کی برقی رو دا حصل ہوتی ہے۔ یوں اس جوڑ پر کل دا حصلی برقی رو کی مقدار $g_m v_d$ ہے۔ کرخوف کے فتاون براۓ برقی رو کے مطابق اتنی ہی برقی رو اس جوڑ سے باہر نکلے گی۔ یوں بوجھ R_L میں بھانب میں کی جانب گز رے 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 سمجھایا 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

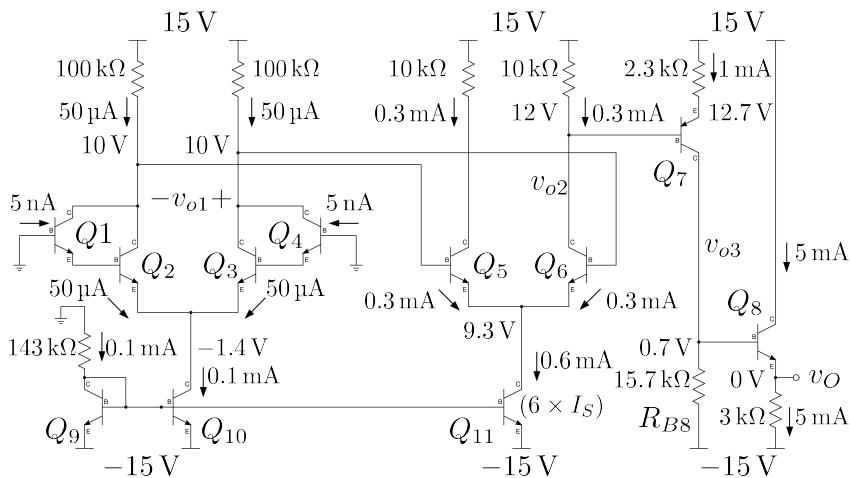
$$(5.97) \quad A_d = \frac{g_m r_0}{2} = \frac{1}{2} \left(\frac{I_C}{V_T} \right) \left(\frac{V_A}{I_C} \right) = \frac{V_A}{2V_T}$$

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 بیمس اور Q_4 کا بیمس حسابی ایپلینیاٹر کے دو داخلی سرے ہیں جنہیں بر قی ز میں پر دکھایا گیا ہے جبکہ Q_8 کا بیٹر حسابی ایپلینیاٹر کا حنارتی سرے ہے۔



شکل ۵.۲۳: حسابی ایمپلیفیاٹر کا بنیادی دور

۰ تمام یک سمت متغیرات حاصل کریں۔

۰ داخلی میلان بر قی I_B حاصل کریں۔

حل: پہلے حسابی ایمپلیفیاٹر کے مختلف حصے پہچانے کی کوشش کرتے ہیں۔ Q_9 اور Q_{10} 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 بنتا ہے۔ اسی طرح Q_3 اور Q_4 دوسری ڈار لسنگن جوڑی ہے۔ یہ دو ڈار لسنگن مسل کر پہلا یا داخلی تفسیری ایمپلیفیاٹر بنتا ہے۔ اسی طرح Q_6 اور Q_7 دوسرا تفسیری ایمپلیفیاٹر ہے۔ Q_7 اور Q_8 کا مزاجت $15.7 \text{ k}\Omega$ اور $2.3 \text{ k}\Omega$ مسل کر کیے سمت بر قی دباؤ کی یقینت تبدیل کرتے ہیں جبکہ Q_8 اور $3 \text{ k}\Omega$ خارجی ہے۔ Q_9 کے عس پر

$$V_{B9} = -15 + V_{BE} = -14.3 \text{ V}$$

ہیں۔ اس کے گلکش پر بھی بھی بر قی دباؤ ہے لہذا $143 \text{ k}\Omega$ کے فتاون سے $143 \text{ k}\Omega$ مزاجت میں

$$\frac{0 - (-14.3)}{143000} = 0.1 \text{ mA}$$

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 برابر تقسیم ہو گا جبکہ Q_3 اور Q_2 دونوں کا $A_{\mu} \approx I_E = 50 \mu\text{A}$ ہو گا جبکہ ان کے عس پر $\frac{50 \mu\text{A}}{\beta}$ یعنی $0.5 \mu\text{A}$ پیا جائے گا۔ اگر پہلی تفسیری جوڑی میں ڈار لسنگن استعمال نہ کیا جاتا تب

باب ۵. تفرقی ایمپلیفائز

حابی ایک پلیگانر کا دا حنلی میلان بر قی رو بھی μA 0.5 ہے جو تا Q_2 کا یس برقی رو I_E کا Q_1 ۔ اسی طرح Q_3 کا یس برقی رو I_E کا Q_4 ہے۔ یوں Q_1 اور Q_2 کا یس برقی رو $\frac{0.5 \mu A}{\beta}$ یعنی $5 nA$ ہے۔ یوں ڈار لسٹنگن کے استعمال سے حابی ایک پلیگانر کے دا حنلی میلان بر قی وو کو $0.5 \mu A$ کے 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 پایا جائے گا جو کہ Q_1 کا تیس برقی زمین پر ہے لہذا
ہے جبکہ اس کا میٹر V = 0.7V - پر ہے۔ اس طرح Q_2 کا تیس 0.7V - پر ہے اور یہ اس کا میٹر 1.4V - پر ہے۔
اوہ 0.6 mA پر Q_6 اور Q_5 تقریباً ہوتیں ہوں گا۔ یوں

$$I_{E5} = I_{E6} = \frac{0.6 \times 10^{-3}}{2} = 0.3 \text{ mA}$$

پیا جائے گا یوں ان کے تیس پر $\frac{0.3 \text{ mA}}{\beta}$ یعنی $A_{\mu\text{A}}$ میں ایجاد کی جائے گا۔ حقیقت میں $A_{\mu\text{A}}$ اور Q_6 کے طرح Q_5 اور Q_6 کے بینک پر

$$V_E = V_B - V_{BE} = 10 - 0.7 = 9.3 \text{ V}$$

پیاہبائے گاجبکہ ان کے گلگٹ پر

$$V_C = 15 - 0.3 \times 10^{-3} \times 10000 = 12 \text{ V}$$

پاپا جاتا ہے۔ یوں $V_{CE5} = V_{CE6} = 2.7\text{V}$ ہے اور دونوں ٹرانزسٹر افزاں ہندرہ میں۔
چونکہ حابی ایمپلیفیاٹر کے دونوں داخلی سرے برقی زمین پر ہیں لہذا ہم توقع کرتے ہیں کہ یہ صفر وولٹ خارج کرے گا۔ یہاں ہم دیکھ رہے ہیں کہ دوسرے اتفاقی ایمپلیفیاٹر 12V خارج کر رہا ہے۔ یہ ضروری ہے کہ کسی طرح اس بر قی دباؤ کے چکارہ ماسکل کیا جائے۔ Q_7 , Q_6 اور Q_5 کے مدد کرنے میں مدد کرتے ہیں۔ Q_7 کے یہاں پر 12V ہونے کی وجہ سے اس کے 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

$$\frac{15 - 12.7}{2300} = 1 \text{ mA}$$

ہو گا جو $15.7 \text{ k}\Omega$ سے گزرتے ہوئے اس پر

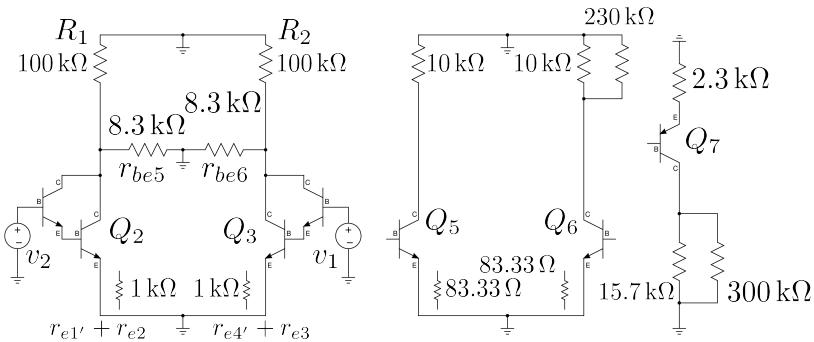
$$10^{-3} \times 15700 = 15.7 \text{ V}$$

$$A_{d1} = \frac{\sum R_C}{\sum R_E} = 7.66 \text{ V/V}$$

$$A_{d2} = -\frac{1}{2} \frac{\sum R_C}{\sum R_E} = -60 \text{ V/V}$$

$$A_{d3} = -6.826 \text{ V/V}$$

$$A_{d4} \approx 1 \text{ V/V}$$



شکل ۵.۲۳

کابر قی دا پیدا کرے گا جس کی وجہ سے Q_8 کے بیس پر

$$V_{B8} = -15 + 15.7 = 0.7 \text{ V}$$

پیا جائے گا اس طرح Q_8 کے بیس پر

$$V_{E8} = V_{B8} - V_{BE} = 0.7 - 0.7 = 0 \text{ V}$$

پیا جائے گا آپ دیکھ سکتے ہیں کہ $15.7 \text{ k}\Omega$ اور $2.3 \text{ k}\Omega$ اور Q_7 کی میتوں سے $v_O = 0 \text{ V}$ حاصل کیا گی۔ اور اس کے ساتھ مسلک 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 ۵.۷: شکل ۵.۲۳ کے حابی ایپلینافائز کو داخلي اشاره v_d مہیا کیا جاتا ہے۔ ایپلینافائز کا باریکے اشاراتي افزاں $A_d = \frac{v_O}{v_d}$ ، داخلي 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- 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- 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- جیسے r_{e1} کا Q_2 کے بیس پر منتقل کرنا ضروری ہے۔ $50 \text{ k}\Omega$ منتقل کرنے کے لئے $\frac{50 \text{ k}\Omega}{\beta} = 500 \Omega$ ماسول ہوتا ہے۔ جیسے- جیسے r_{e1} کا Q_2 کا ماسول ہوتا ہے۔ اس طرح Q_2 کے بیٹھ پر کل مزاجت $r_{e1'}$ 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 کرنا ضروری ہے۔ $50 \text{ k}\Omega = \frac{50 \text{ k}\Omega}{\beta} = 500 \Omega$ ماسول ہوتا ہے۔ اس طرح Q_3 کے بیٹھ پر کل مزاجت $r_{e3'}$ یعنی $1 \text{ k}\Omega$ اسی طرح Q_1 کا Q_2 کے بیس پر منتقل کرنا ضروری ہے۔ اس معلومات کو شکل ۵.۲۲ پر پیش کیا گیا ہے۔

دوسری تفسیری جوڑی کے Q_5 اور Q_6 میں 0.3 mA پر جاتا 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 مسازاحت ہے جبکہ R_E کے درمیان گل مسازاحت 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 مسازاحت $\gg 230 \text{ k}\Omega$ ہے جو R_{C6} کے متوازی جبڑا ہے۔ چونکہ $10 \text{ k}\Omega \gg 230 \text{ k}\Omega$ ہوتا ہے لہذا ان کے گل مسازاحت کو ہم $10 \text{ k}\Omega$ کے لئے سمجھ سکتے ہیں۔ اس کا مطلب ہے کہ تیسرا ایپلیکیشن کا داحتی مسازاحت 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 تفارقی اشارہ حاصل نہیں کیا جاتا بلکہ اس کے صرف ایک بازو سے حسارتی 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 حسارتی اشارہ منفی ہو گا۔

Q_7 اور اس کے ساتھ ملک 2.3 $\text{k}\Omega$ اور $15.7 \text{ k}\Omega$ مسل کر مشترک یا گل ایپلیکیشن ہیں۔ Q_7 اور r_e کے داحتی مسازاحت 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

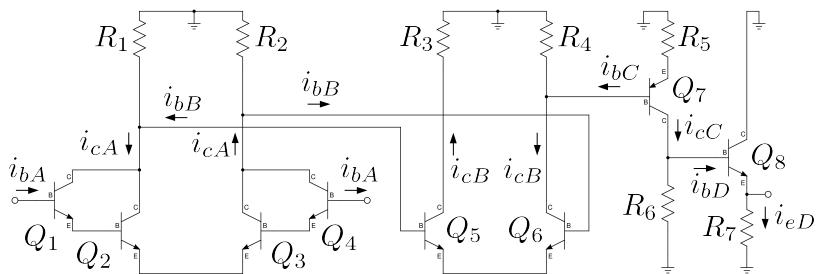
$$\frac{15700}{100} = 157\Omega$$

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 انسٹرائش

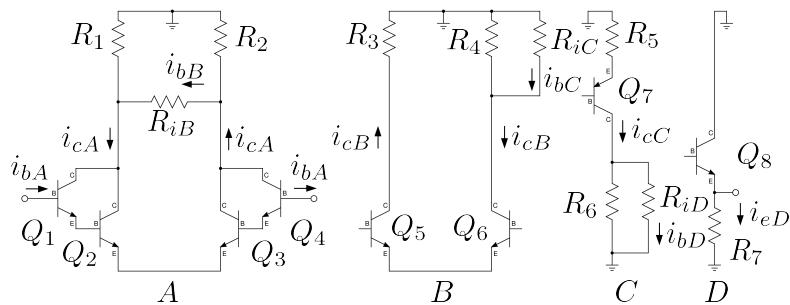
حل: شکل ۵.۲۵ میں مساوی باریک اشاراتی دور دکھایا گیا ہے جس اس داخلی جانب سے پہلے ایپلینیٹر کو دوسرے کو تحریر پر B، تیسرا کو C اور حنارجی ایپلینیٹر کو D سے ظاہر کرتے ہوئے ذخیری ضرب سے ہم لکھ سکتے ہیں

$$(5.100) \quad A_i = \frac{i_L}{i_b} = \frac{i_{eD}}{i_{bA}} = \frac{i_{eD}}{i_{bD}} \times \frac{i_{bD}}{i_{cC}} \times \frac{i_{cC}}{i_{bC}} \times \frac{i_{bC}}{i_{cB}} \times \frac{i_{cB}}{i_{bB}} \times \frac{i_{bB}}{i_{cA}} \times \frac{i_{cA}}{i_{bA}}$$

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 i_{cA} کا وہ حصہ جو R_{iB} سے گزرے در حقیقت دوسرے ایپلینیٹر کا داخلی برقی روکی 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 جا سکتا ہے۔ مزید سے کر

$$\begin{aligned}
 v_L &= i_{eD} R_7 \\
 v_d &= i_{bA} R_{iA}
 \end{aligned}$$

لکھتے ہوئے

$$\begin{aligned}
 A_d &= \frac{v_L}{v_d} \\
 (5.103) \quad &= \frac{i_{eD} R_7}{i_{bA} R_{iA}} \\
 &= A_i \times \frac{R_7}{R_{iA}}
 \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے۔

ذرا کوشش کرنے سے مندرجہ بالاتම 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 پڑ کرتے ہیں۔

مثال ۵.۸: مثال ۵.۷ میں A_d کی قیمتیں حاصل کریں۔

حل: مثال ۵.۷ 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 $V_A = 3137$ میں $A_d = 3137$ 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 رکھیں۔

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 دو کڑیوں کی کل افناش

$$(5.105) \quad A_d = A_{d1} A_{d2} = -\frac{1}{2} \times \left(\frac{r_{be5} + r_{be6}}{4r_{e2}} \right) \times \left(\frac{R_{C6}}{r_{e5} + r_{e6}} \right)$$

$$= -\frac{1}{2} \times \frac{(\beta + 1)(r_{e5} + r_{e6})}{4r_{e2}} \times \left(\frac{R_{C6}}{r_{e5} + r_{e6}} \right)$$

$$= -\frac{1}{2} \times \frac{(\beta + 1) R_{C6}}{4r_{e2}}$$

حاصل ہوتی ہے۔ اس مسادات کے تحت 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 ۳۱۰ پر مسادات ۳۲۲۳ پر تبصرہ کرتے وقت یہ حقیقت بتالائی گئی تھی کہ اگر افناش بڑھائی جائے تو داخنی مزاجمت گھشتی ہے۔ تفسیری ایپلیفائز میں بھی داخنی مزاجمت کھٹاتے ہوئے افناش بڑھانا ممکن ہے۔

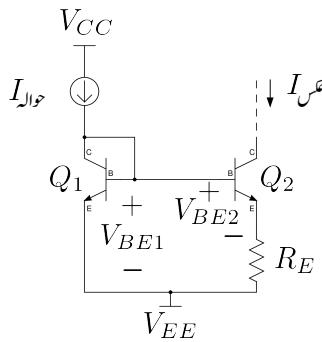
۵.۱۰ واکنڈر منبع برقی رو

شکل ۱۶ میں Q_2 کے ۴ ٹھر پر R_E نسب کرنے سے واکنڈر منبع برقی رو ۳۲ حاصل ہوتا ہے جسے شکل ۵.۲ میں ۳۲ 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^{۳۲}
^{۳۲} باب وانڈل نے اس دو کو دریافت کیا۔



شکل ۵.۲۷: دانڈار منع برقی رو

لکھا جا سکتا ہے۔ ان دو مساوات کو آپس میں منفی کرنے سے

$$V_{BE1} - V_{BE2} = V_T \ln \left(\frac{I_{\text{حوالہ}}}{I_{\text{مس}}} \right)$$

حاصل ہوتا ہے۔ شکل کو دیکھتے ہوئے ہم

$$V_{BE1} = V_{BE2} + I_{\text{مس}} R_E$$

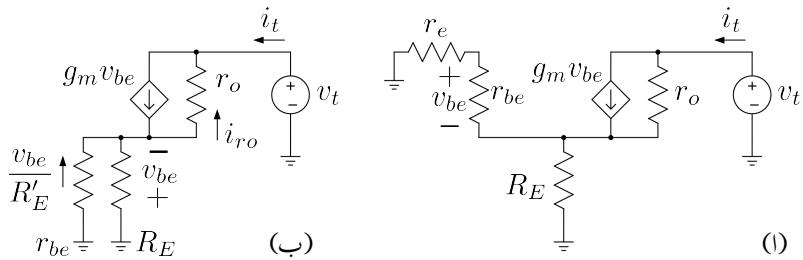
لکھ سکتے ہیں۔ یوں

$$(5.104) \quad I_{\text{مس}} R_E = V_T \ln \left(\frac{I_{\text{حوالہ}}}{I_{\text{مس}}} \right)$$

لکھا جا سکتا ہے۔

آنئی دانڈار منع برقی رو کی حنارتی مزاحمت R_o حاصل کریں۔ ایسا کرنے کی حنارت 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۔

دانڈار منع برقی رو میں آپس میں جبڑے ہیں۔ یوں یہ بطور ڈائیوڈ کردار ادا کرتا ہے۔ صفحہ ۳۵۸ پر مساوات ۳.۲۲۸ ایسے ٹرانزسٹر کی مزاحمت r_e دیتی ہے۔ دانڈار منع برقی رو کی حنارتی مزاحمت حاصل کرنے کی حنارت Q_2 کا پائے ریاضی نمون استعمال کرتے ہیں جبکہ Q_1 کی جگہ اس کا ہاریکے اشاراتی مساوی مزاحمت r_{be} نسب 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 سلسہ وار جبڑے اور r_e اور r_{be} میں r_e کو نظر انداز کیا جا سکتا ہے۔ ایسا کرنے سے شکل بے حاصل ہوتا ہے جس کے ماتحت r_{be} کے اور r_e میں متوالی جبڑے ہیں۔ ایسا کرنے سے R'_E کو R_E || r_{be} کو لکھتے



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

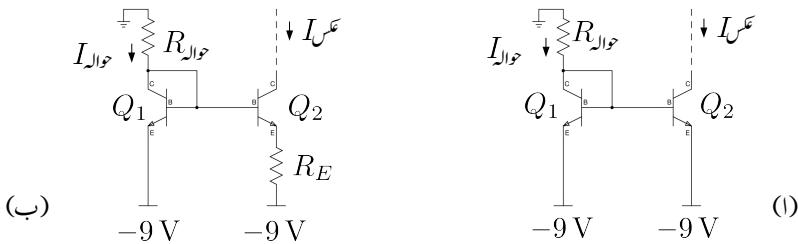
$$(5.107) \quad v_t = -v_{be} - \left(g_m + \frac{1}{R'_E} \right) v_{be} r_o$$

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: ورن 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 جیساں

$$(5.110) \quad R'_E = \frac{r_{be} R_E}{r_{be} + R_E}$$

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 در کار مزاہت حاصل کریں۔
حل: شکل الف میں $15 \mu A$ حاصل کرنے کی حنطہ

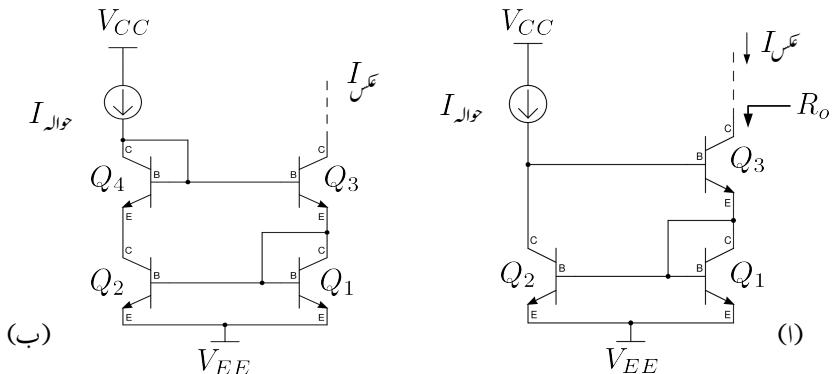
$$R_o = \frac{9 - 0.7}{15 \times 10^{-6}} = 553 \text{ k}\Omega$$

در کار ہے۔ شکل ب میں $I_E = 1 \text{ mA}$ رکھتے ہوئے $I_E = 15 \mu A$ حاصل کرتے ہیں۔ $I_E = 1 \text{ mA}$ حاصل کرنے کی حنطہ

$$R_o = \frac{9 - 0.7}{1 \times 10^{-3}} = 8.3 \text{ k}\Omega$$

اور مساوات ۵.۱۰۶ سے

$$R_E = \frac{25 \times 10^{-3}}{15 \times 10^{-6}} \ln \left(\frac{10^{-3}}{15 \times 10^{-6}} \right) = 7 \text{ k}\Omega$$



شکل ۳۰: ولن آئینہ

حاصل ہوتے ہیں۔ آپ نے دیکھا کہ کم برقی روپیہ اکرنے کی حاضر سادہ منع روکو $k\Omega$ 553 جبکہ وائز لر منع روکو $k\Omega$ 8.3 اور $k\Omega$ 7 کے مزاحمت درکار ہیں۔ جیسا کہ آپ جانتے ہیں کہ مخلوط دور میں زیادہ قیمت کا سزا محنت زیادہ چکر گھیرتے ہو کہ مہنگا تھا۔ اسی لئے مخلوط ادوار میں وائز لر منع رو استعمال کیا جائے گا۔

۵۱ آئینہ و لسن

شکل ۵.۱۶ میں سادہ آئینے برقی روکھا یا گی۔ $V_{BE} = 0.7V$ لیتے ہوئے $V_{CE1} = 0.7V$ ہے جبکہ $V_{CE2} \neq V_{CE1}$ پر ایسی کوئی باہنی لا گو نہیں ہے اس عکس میں V_{CE2} ہوتا ہے۔ اب تک آئینے برقی روکھروں میں ہم نے ارلی برقی دباؤ کے اثرات کو نظر انداز کی۔ حقیقت میں اگرچہ شکل ۵.۱۶ میں $V_{BE1} = V_{BE2}$ ہے لیکن $V_{CE1} \neq V_{CE2}$ کی ہے پر ارلی برقی دباؤ Q_1 اور Q_2 کے برقی روکمیں فرق پیدا کرتا ہے۔ اور V_{CE1} اور V_{CE2} میں فرق کو کم کرنے سے ارلی برقی دباؤ کے اثر کو کم کیا جاسکتا ہے۔ اسی عذرخواہ سے شکل ۵.۱۶ میں تیسرا اثر اندازہ شامل کرتے ہوئے شکل ۵.۳۰ اف صال ہوتا ہے جس کو لفڑی آئینے^{۲۴} کہتے ہیں۔ ولن آئینے میں

$$V_{CE1} = V_{BE1} = 0.7\text{V}$$

$$V_{CE2} = V_{BE1} + V_{BE3} = 1.4 \text{ V}$$

یہیں۔ دونوں ٹرانزسٹر کے V_{CE} میں مفرق صرف 0.7V ہے۔ اس دور کو حل کرتے ہوئے تمام ٹرانزسٹر کو بالکن یکیاں تصور کیا جائے گا۔ چونکہ عارضی I دراصل C_3 نیز ہے لہذا ہم C_3 اور جواہر I کا تلقین مصطلح مصطلح کے Q_1 اور Q_2 کے

Wilson mirror^{۱۵}

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 مت انون برائے برقی روکے تھے۔

$$\begin{aligned} (5.112) \quad i_{E3} &= i_{C1} + i_{B1} + i_{B2} \\ &= i_C + 2i_B \\ &= \left(\frac{\beta+2}{\beta} \right) i_C \end{aligned}$$

لکھا جب سکتا ہے۔ من درجہ بالا دو مساوات میں i_{E3} کو برائے 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 مت انون برائے برقی 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

$$(5.113) \quad I_{\text{و}} \approx \left[\frac{1}{1 + \frac{2}{\beta^2}} \right] I_{\text{و}}$$

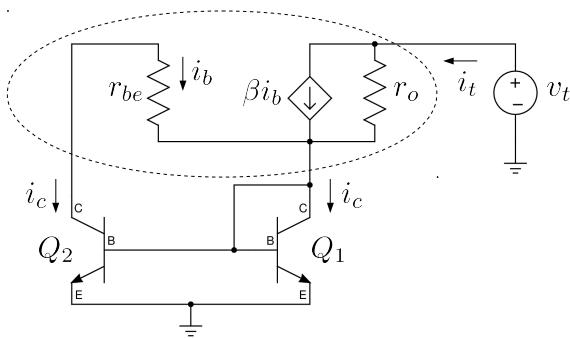
لکھا جا سکتا ہے۔ اس مساوات کا صفحہ ۵۰۵ پر مساوات ۵.۸۸ کے ساتھ موازنہ کریں۔ دونوں مساوات بالکل ایک چیز ہیں۔

آئین آئینے کی حماری مزاحمت حاصل کریں۔ ایسا کرنے کی خاطر Q_3 کے گلکشہ پر i_t لگو کرتے ہوئے i_t کا حساب لگاتے ہیں۔ $\frac{v_t}{i_t}$ حماری مزاحمت R_0 ہے۔ Q_3 کا پائی ریاضی نمونہ استعمال کرتے ہوئے ولسن آئینے کو شکل ۵.۳۱ میں دکھایا گیا ہے۔ نقطہ دار دائرے سے دو جگہ i_c بر قی رو حمارج اور ایک جگہ i_t داخنی ہو رہی ہے۔ یوں کر خوف کے فنا فنا برائے بر قی رو کی مدد سے ہم لکھ سکتے ہیں

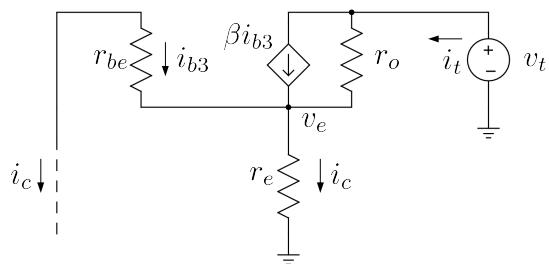
$$(5.115) \quad i_t = 2i_c$$

شکل ۵.۳۱ میں Q_1 کا یہیں اس کے گلکشہ کے ساتھ جبڑا ہے جس کی وجہ سے یہ بطور ڈائوڈ کردار ادا کرتا ہے اور اس کو مزاحمت 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 مزاحمت تقریباً r_e کے برابر ہو گا۔ شکل ۵.۳۲ میں اس حقیقت کو مدد لظیر کرتے ہوئے دور کو دوبارہ دکھائی ہے۔ Q_2 کے گلکشہ پر بر قی رو گزرے گی جسے شکل میں دکھایا گیا ہے۔ شکل کو دیکھتے ہوئے

$$\begin{aligned} v_e &= i_c r_e \\ i_{b3} &= -i_c \end{aligned}$$



شکل ۵.۳۱: ولن آئینے کی حنری مسازمحت



شکل ۵.۳۲: ولن آئینے کی حنری مسازمحت

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 آخری جزو کو نظر انداز کیا جا سکتا ہے۔ یوں مساوات ۵.۱۱۵ 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

$$(5.116) \quad R_o = \frac{v_t}{i_t} = \frac{v_t}{2i_c} = \frac{(\beta + 2) r_{o3}}{2}$$

حاصل ہوتا ہے جس کو

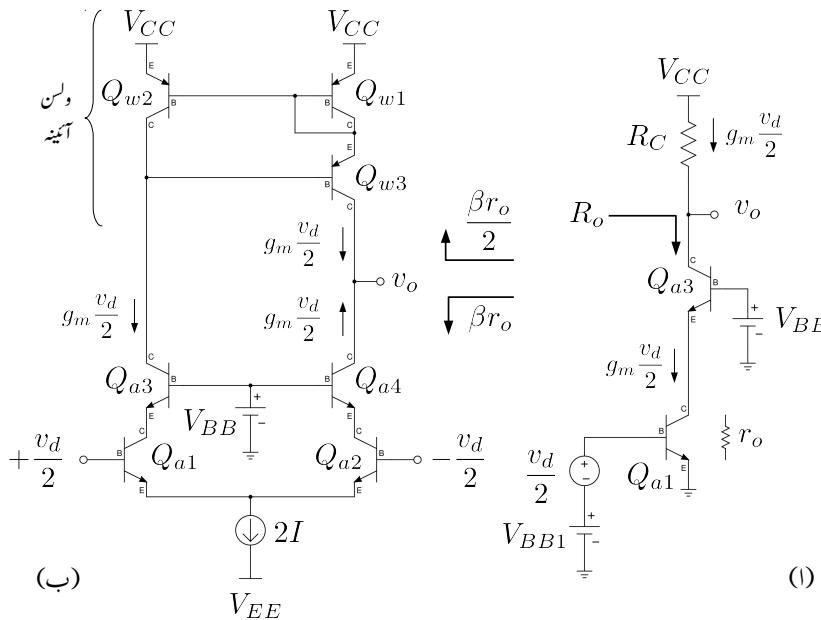
$$(5.117) \quad R_o \approx \frac{\beta r_o}{2}$$

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 ۰.۷V کر دیا گیا۔ 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۔



شکل ۳.۵: کیسکوڈ ایمپلیفائر اور تفرقی کیسکوڈ ایمپلیفائر

۵.۱۲ کیسکوڈ ایمپلیفائر

مشترک ایمپلیکیٹر کے میں ایمپلیکیٹر کو آپس میں جوڑ کر تجھیری ایمپلیکیٹر بنایا جاسکتا ہے۔ شکل ۵.۳۲ اف۔ میں ایسے ایمپلیکیٹر کو دکھایا گیا ہے۔ اس ایمپلیکیٹر کو لکھ کر ایمپلیکیٹر ۲ کہتے ہیں۔

Q3a اور Q1a کو بر قی و پر مائل رکھا جاتا ہے۔ یوں دونوں ٹرانزیشن سٹروں کے لئے ہم لکھ سکتے ہیں۔

$$\begin{aligned}g_m &= \frac{I}{V_T} \\r_e &= \frac{1}{g_m} \\r_{be} &= (\beta + 1) r_e\end{aligned}$$

اگر Q_{1a} کو $\frac{v_d}{2}$ دھنی اسارہ مہیا کیا جائے تو اس کا $i_{c1} = g_m \frac{v_d}{2}$ ہو گا۔ پھر Q_{3a} کے بھی گزرنے گا جو اس $i_{c1} = g_m \frac{v_d}{2}$ کے لیے تھے اس طرح $v_o = -g_m R C \frac{v_d}{2}$ ہو گا۔

cascode amplifier^{۲۸}

آئین کلیکوڈ ایپلیناٹر کا باریکے اشاراتی حنارجی مزاحمت R_o حاصل کریں۔ باریکے اشاراتی تجزیہ کرتے ہوئے ہم دیکھتے ہیں کہ Q_{3a} کے لیے طرفی زمین کے مابین r_{1a} کا نسبت میں برقی زمین پر ہے۔ ایسی صورت میں مسافت ۱۰۹.۵ اور مسافت ۱۱۰.۵ کی مدد سے R_o حاصل کی جاتا ہے۔ موجودہ مسئلے میں R_E کی جگہ r_o نسبت میں مسافت ۱۱۰.۵ کو یوں لکھا جائے گا۔

$$R'_E = \frac{r_{be} r_o}{r_{be} + r_o}$$

$$r_o \gg r_{be} \quad \text{مسافت } r_o \text{ میں مسافت } r_{be} \text{ سے اچھا ہے اور یوں مسافت } ۱۱۰.۵ \text{ سے}$$

$$\begin{aligned} R_o &= r_o (1 + g_m r_{be}) \\ (5.118) \quad &= r_o (1 + \beta) \\ &\approx \beta r_o \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے۔ کلیکوڈ ایپلیناٹر میں R_C کی جگہ ٹرانزستر بوجہ بھی استعمال کیا جاتا ہے۔ دو کلیکوڈ ایپلیناٹر کو ملا کر ترقی کلیکوڈ حاصل ہوتا ہے۔ شکل ۵.۳۳ میں ایسا ہی ترقی ایپلیناٹر دکھایا گیا ہے جس کا ورن آئینہ کو بطور برقی بوجہ استعمال کیا گیا ہے۔ اس شکل میں Q_{a1} , Q_{a3} ایک کلیکوڈ جسکے Q_{a2} اور Q_{a4} دوسرا کلیکوڈ ہے۔ انہیں ملا کر کلیکوڈ ترقی جوڑی حاصل کی گئی ہے۔ Q_{w3} اور Q_{w2} اور Q_{w1} اور Q_{w4} دو طور برقی بوجہ استعمال کیا گئی ہے۔

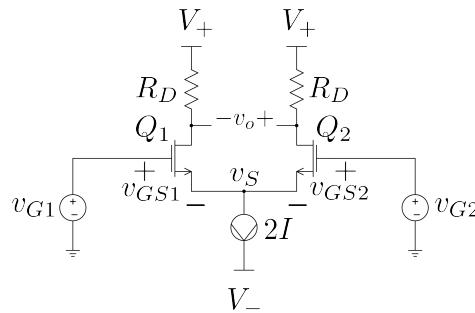
$\alpha = 1$ لیتے ہوئے ترقی کلیکوڈ کا باریکے اشاراتی حل حاصل کرتے ہیں۔ Q_{1a} کو $\frac{v_d}{2}$ ، احتی اشارہ مہیا کیا ہے۔ یوں اس کا حنارجی برقی رو v_d ہو گا۔ یعنی برقی رو Q_{a3} سے گزرتے ہوئے ورن آئینے کو بطور دھانی برقی رو مہیا ہوتا ہے۔ یوں ورن آئینے Q_{w3} سے v_d بطور عکس خارج کرے گا۔ کلیکوڈ کے دوسرا حباب Q_{2a} کو $-\frac{v_d}{2}$ ، احتی اشارہ مہیا کیا جاتا ہے۔ یوں Q_{a4} کی برقی رو v_d سے بھی گزرے گا۔ ورن آئینے کی حنارجی مزاحمت مسافت ۱۱۰.۵ کے تحت $\frac{\beta r_o}{2}$ ہے جبکہ کلیکوڈ کی حنارجی مزاحمت مسافت ۱۱۸.۵ 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

$$\begin{aligned} v_o &= \left(g_m \frac{v_d}{2} + g_m \frac{v_d}{2} \right) \frac{\beta r_o}{3} \\ &= \frac{1}{3} g_m \beta r_o v_d \end{aligned}$$

$$\text{حاصل ہوتا ہے۔ } r_o = \frac{V_A}{I_C} \text{ اور } g_m = \frac{I_C}{V_T}$$

$$(5.119) \quad A_d = \frac{v_o}{v_d} = \frac{1}{3} \beta \left(\frac{V_A}{V_T} \right)$$

حاصل ہوتا ہے۔ صفحہ ۵۱۲ پر مسافت ۷۵.۹ سادہ ترقی جوڑے کی افسزاں دیتا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ کلیکوڈ ترقی ایپلیناٹر کی افسزاں اس سے $\frac{2\beta}{3}$ کثنا زیادہ ہے۔



شکل ۵.۳۲: ماسفیٹ کا بنیادی تفرقی جوڑا

۵.۱۳ ماسفیٹ کے تفرقی جوڑے

شکل ۵.۳۲ میں دو یکساں بڑھاتے ماسفیٹ پر مبنی بنیادی تفرقی جوڑا دکھایا گیا ہے۔ تفرقی جوڑے میں ماسفیٹ کو افسز اسندہ رکھا جاتا ہے۔ الٹہ برقہ دباؤ کو نظر انداز کرتے ہوئے اسے حل کرتے ہیں۔ تفرقی اشارہ v_d سے مراد

$$v_d = v_{G1} - v_{G2}$$

ہے۔ چونکہ دونوں ماسفیٹ کے سورس آپس میں جبٹے ہیں لہذا $v_{S1} = v_S$ کے برابر ہو گا۔ یوں $v_G = v_{GS} + v_S$ کو لکھتے ہوئے

$$(5.120) \quad v_d = (v_{GS1} + v_S) - (v_{GS2} + v_S) \\ = v_{GS1} - v_{GS2}$$

لکھا جا سکتا ہے۔ دھیان رہے کہ v_{G1} اور v_{G2} تبدیل کرنے سے v_S بھی تبدیل ہوتا ہے۔ بدلتے اشارے کے عدم موجودگی میں $v_{GS1} = v_{GS2} = V_{GS}$ ہوتا ہے۔ اس صورت میں تفرقی جوڑے کے دونوں ماسفیٹ میں برابر یک سمت بر قی روکنر تی ہے۔ تفرقی جوڑے میں کرخوف کے قانون برائے بر قی روکنی مدد میں

$$(5.121) \quad i_{DS1} + i_{DS2} = 2I$$

لکھا جا سکتا ہے۔ یوں بدلتے اشارے کے عدم موجودگی (0) $v_d = 0$ میں اس مساوات سے $i_{DS1} = I$ حاصل ہوتا ہے۔ یوں ہم لکھ سکتے ہیں

$$(5.122) \quad I_{DS1} = I_{DS2} = I = \frac{k_n}{2} (V_{GS} - V_t)^2$$

بدلتے اشارے کے موجودگی میں

$$i_{DS1} = \frac{k_n}{2} (v_{GS1} - V_t)^2$$

$$i_{DS2} = \frac{k_n}{2} (v_{GS2} - V_t)^2$$

ہوں گے۔ آئین i_{DS1} اور i_{DS2} کے ایسے مساوات حاصل کریں جن کا آزاد تنقیہ صرف v_d ہو۔ ایسا کرنے کی خاطر مندرجہ بالا دو مساوات کا حجز رکھتے ہیں۔

$$\sqrt{i_{DS1}} = \sqrt{\frac{k_n}{2}} (v_{GS1} - V_t)$$

$$\sqrt{i_{DS2}} = \sqrt{\frac{k_n}{2}} (v_{GS2} - V_t)$$

$\sqrt{i_{DS2}} < \sqrt{i_{DS1}}$ کو منقی کرتے ہیں

$$\sqrt{i_{DS1}} - \sqrt{i_{DS2}} = \sqrt{\frac{k_n}{2}} (v_{GS1} - v_{GS2})$$

$$= \sqrt{\frac{k_n}{2}} v_d$$

جہاں مساوات ۵.۱۲۰ کو استعمال کیا گی۔ مساوات ۵.۱۲۱ سے i_{DS2} حاصل کر کے مندرجہ بالا مساوات میں پُر کرتے ہیں۔

$$\sqrt{i_{DS1}} - \sqrt{2I - i_{DS1}} = \sqrt{\frac{k_n}{2}} v_d$$

اس مساوات کا مربع لیتے ہیں

$$i_{DS1} + 2I - i_{DS1} - 2\sqrt{i_{DS1}}\sqrt{2I - i_{DS1}} = \frac{k_n}{2} v_d^2$$

$$2\sqrt{i_{DS1}}\sqrt{2I - i_{DS1}} = 2I - \frac{k_n}{2} v_d^2$$

اس کا دوبارہ مربع لیتے ہوئے دو درجی مساوات حاصل ہوتی ہے

$$4i_{DS1}(2I - i_{DS1}) = 4I^2 + \frac{k_n^2}{4} v_d^4 - 2Ik_n v_d^2$$

$$4i_{DS1}^2 - 8Ii_{DS1} + 4I^2 + \frac{k_n^2}{4} v_d^4 - 2Ik_n v_d^2 = 0$$

جس سے

$$\begin{aligned} i_{DS1} &= \frac{8I \mp \sqrt{64I^2 - 4 \times 4 \times \left(4I^2 + \frac{k_n^2}{4}v_d^4 - 2Ik_nv_d^2\right)}}{2 \times 4} \\ &= I \mp \frac{\sqrt{2Ik_nv_d^2 - \frac{k_n^2}{4}v_d^4}}{2} \\ &= I \mp \left(\frac{v_d}{2}\right) \sqrt{2Ik_n} \sqrt{1 - \frac{k_n}{2I} \left(\frac{v_d}{2}\right)^2} \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے۔ بدلتے اشارے کے عدم موجودگی ($v_d = 0$) کی صورت میں اس مساوات سے $i_{DS1} = I$ حاصل ہوتا ہے جو کہ درست جواب ہے۔ شکل ۵.۳۲ کو دیکھ کر ہم کہہ سکتے ہیں کہ مثبت 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 ۵.۱۲۳ اور مساوات ۵.۱۲۴ 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 ۳۱۶ پر مساوات ۳.۳۹ باریکے اشارے کی تعریف (۵.۱۲۵) میں حبزر کے اندر ایک سے منفی ہونے والے حصے کو نظر 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 ۳۱۷ پر مساوات ۳.۵۳ کے تحت

$$g_m = \frac{2I_{DS}}{V_{GS} - V_t}$$

کے برابر ہے جسas 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

$$(5.127) \quad i_{DS1} \approx I + g_m \left(\frac{v_d}{2} \right)$$

$$i_{DS2} \approx I - g_m \left(\frac{v_d}{2} \right)$$

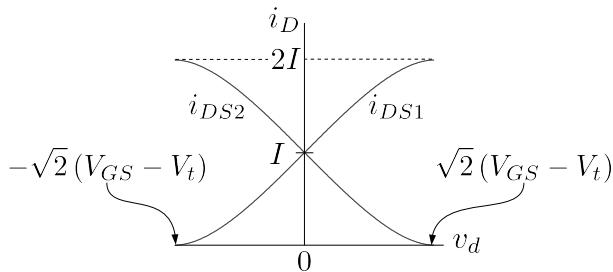
لکھا جا سکتا ہے۔ مساوات ۳.۵.۱۲۵ کا انتہائی سادہ مطلب ہے۔ بیشتر بدلتے برقی اشارے کے موجودگی میں i_{DS1} کی قیمت میں یوں $\frac{v_d}{2}$ کا اضافہ ہوتا ہے جبکہ i_{DS2} کی قیمت میں اتنی ہی کمی رونما ہوتی ہے۔ i_{DS1} اور i_{DS2} کو ۲ I کے برابر ہے۔ i_{DS1} اور i_{DS2} میں اس بدلتے برقی رو کو i_d لکھا جا سکتا 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: ماسیف تفسیہ بحوزے کے داخلی تفسیہ برقی بباو 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 ماسیف میں منتقل 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 منتقل ہو گی۔ یوں 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 دباو کی صورت میں تمام کی تمام یک سمت برقی رو Q_2 کو منتقل ہو جاتے گی اور یوں $i_{DS1} = 0$ 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 منتقل ہو جاتی ہے صفحہ ۳۶ پر مساوات ۵.۳۹ میں بیان کئے ہوئے اشارے کی حد سے کم ہے۔

شکل ۵.۳۲

$$v_{D1} = V_+ - i_{DS1}R_D$$

$$v_{D2} = V_+ - i_{DS2}R_D$$

اور

$$\begin{aligned} v_0 &= v_{D2} - v_{D1} \\ &= (V_+ - i_{DS2}R_D) - (V_+ - i_{DS1}R_D) \\ &= i_{DS1}R_D - i_{DS2}R_D \end{aligned}$$

لکھتے ہوئے مساوات ۵.۱۲۷ کے استعمال سے

$$\begin{aligned} v_o &= \left[I + g_m \frac{v_d}{2} \right] R_D - \left[I - g_m \frac{v_d}{2} \right] R_D \\ &= g_m v_d R_D \end{aligned}$$

ماتا ہے جس سے تفسری اندازش

$$(5.131) \quad A_d = \frac{v_o}{v_d} = g_m R_D$$

حاصل ہوتی ہے۔

مثال ۱۱۔۵: شکل ۱۱۔۵ میں دکھائے گئے ماسفیٹ کے تفسری جوڑے میں $2I = 200 \mu\text{A}$ ہے جبکہ $V_{GS} = 1.2 \text{ V}$ اور $g_m = 0.1 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2}$ میں $V_t = 0.1 \text{ V}$ اور $k_n = 0.1 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2}$ کی وہ قیمت حاصل کریں جس پر تمام کی تمام برقی روایک ماسفیٹ کو مقتول ہو جاتی ہے۔

حل: $v_d = 0$ پر دونوں ماسفیٹ اپنے نقطہ کار کردگی پر ہوتے ہیں اور دونوں میں برابر $A = 100$ برقی روپا یا جاتا ہے۔ اندازہ ماسفیٹ کی مساوات سے یوں

$$100 \times 10^{-6} = \frac{0.1 \times 10^{-3}}{2} (V_{GS} - 1.2)^2$$

لکھتے ہوئے 2.614 V حاصل ہوتا ہے۔ صفحہ ۱۷ پر مساوات 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۔ تفریقی ایکلینیک

مثال ۵.۱۳: شکل ۵.۳۲ میں، کھائے گئے ماسفیٹ کے تفریقی 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 ماسفیٹ میں برابر برقی رو ہو گا۔ افزایشہ ماسفیٹ 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 Q_2 کے گیٹ برقی زمین پر ہے۔ یہاں ہم جانتے ہیں کہ $v_{G2} = 0 \text{ V}$ پر ہے۔

$v_{GS1} = v_{G1} - v_S$ اور $v_{GS2} = v_{G2} - v_S$ لکھتے ہوئے اور $v_S = -2.614 \text{ V}$ میں حاصل کر دیں۔ $v_{G1} = 0 \text{ V}$ اور $v_{G2} = 0 \text{ V}$ میں حاصل کر دیں۔

.2. صورت میں $i_{DS1} = 150 \mu\text{A}$ کی قیمتیں پر کرنے سے $i_{DS2} = 50 \mu\text{A}$ ہو گی۔ افزایشہ ماسفیٹ کے مساوات سے دونوں ماسفیٹ 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 $v_{G1}, v_S, v_{GS1}, v_{GS2}$ 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^{۲۹} تین وجوہات سے پیدا ہو سکتا ہے۔ ڈرین پر نسب مساز گستاخوں میں فرق، دونوں ماسیٹ کے $\frac{W}{L}$ میں فرق اور دونوں ماسیٹ کے V_t میں فرق وہ تین وجوہات ہیں۔ آئین ان کے اثر کو پاری باری دیکھیں۔

$$\begin{aligned} R_{D1} &= R_D + \Delta R_D \\ R_{D2} &= R_D - \Delta R_D \end{aligned} \quad (5.132)$$

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 ۵.۳۲ 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} کے 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

$$\frac{i_{DS2}}{i_{DS1}} + 1 = \frac{k_{n2}}{k_{n1}} + 1$$

$$\frac{i_{DS2} + i_{DS1}}{i_{DS1}} = \frac{k_{n2} + k_{n1}}{k_{n1}}$$

$$\frac{2I}{i_{DS1}} = \frac{k_{n2} + k_{n1}}{k_{n1}}$$

باب ۵۔ تصریف ایپلینیاٹر

حاصل ہوتا ہے جہاں تیسرا فتم پر مساوات ۵.۱۲۱ کے تحت گیا۔ مندرجہ بالامساوات کو لشکرتے 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 ترقی 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 ترقی جوڑے میں داخلی اخراجی برقی دباؤ پیدا کرنے کی تیسری وجہ V_t بھی پائی جاتی ہے۔

5.15 ماسفیٹ آئینے برقی رو

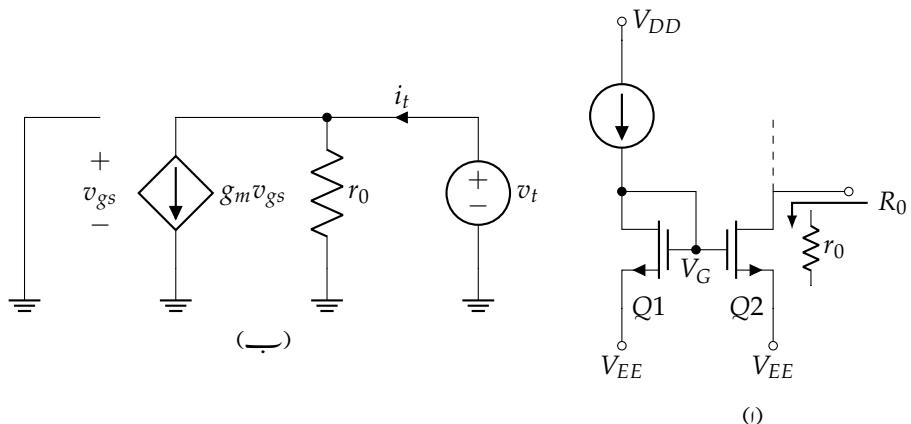
شکل ۵.۳۶ میں ماسفیٹ کا سادہ آئینے برقی رو دکھایا گیا ہے جس کو دیکھتے ہیں کہ $r_0 = R_0$ کے برابر ہے۔ آئینے بھی تیجہ ماسفیٹ ریاضی نمونے استعمال کرتے ہوئے حاصل کرنے کی حاضر Q_2 کے ڈرین پر باریک اشاراتی v_t لالگو کرتے ہوئے i_t کا تخمینہ لگا کر $\frac{v_t}{i_t}$ سے حماری مزاجمت R_0 حاصل کی جا سکتا ہے۔ شکل ۵.۳۶-۱ میں V_G یک سمت رو دباؤ ہے الہد اور کاریاضی نمونے 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 $R_0 = \frac{v_t}{i_t}$ ہو گا۔

جیسے آپ جانتے ہیں کہ آئینے کی حماری مزاجمت جتنی زیادہ ہو اتنا بہتر ہے۔ آئینے ماسفیٹ کے ولن آئینے پر غور کریں اور یکھیں کہ اس کی حماری مزاجمت کتنی حاصل ہوتی ہے۔

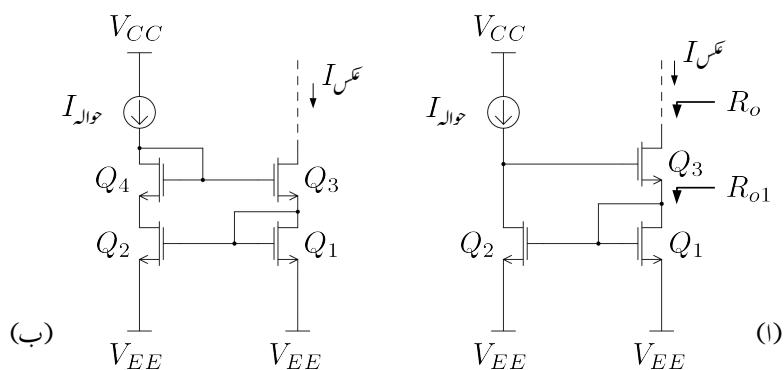
شکل ۵.۳۷ الف میں ولن آئینے برقی رو دکھایا گیا ہے۔ دو جوڑ ٹرانزسٹر سے بنائے گئے ولن آئینے میں ماسفیٹ استعمال کرنے سے یہ دور حاصل کی گیا ہے۔ شکل ۵.۳۷ ب میں Q_4 کا اضافہ کرتے ہوئے Q_1 اور Q_2 کے V_{DS} برابر کردے گئے ہیں۔ ایسا کرنے سے ولن آئینے میں ارلی برقی دباؤ کا اثر ختم ہو جاتا ہے۔

حماری 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۔ حماری مزاجمت ان دونوں کی شرح کو کہتے ہیں۔ آئینے پہلے Q_1 پر غور کریں۔

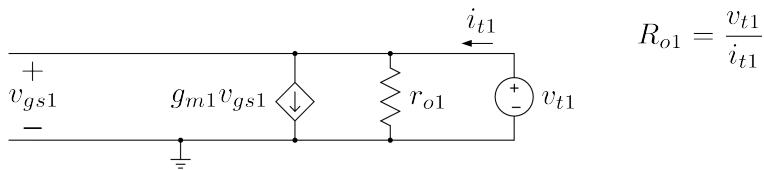
صحیح ۳۵۹ پر شکل ۳.۱۳۲ میں دو جوڑ ٹرانزسٹر کے ٹلکش اور میں کو آپس میں جوڑ کر ڈیوڈ حاصل کیا گیا ہے۔ شکل ۵.۳۷ ب میں Q_1 کو ای طرز پر جوڑا گیا ہے۔ آئینے شکل ۵.۳۷ الف میں Q_1 کا حماری مزاجمت حاصل کریں۔ R_{o1} حاصل کرنے کی حاضر Q_1 کے ڈرین پر v_{t1} لالگو کرتے ہوئے i_t کا تخمینہ لگاتے ہیں۔ شکل



شکل ۵.۳۶: ساده آئینه کی حنری مسازحت



شکل ۵.۳۷: لام آئینه کی حنری مسازحت



شکل ۵.۳۸: ماسیف ڈھنورڈ ایڈ

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۔

$$\begin{aligned} i_{t1} &= g_{m1}v_{gs1} + \frac{v_{t1}}{r_{o1}} \\ &= g_{m1}v_{t1} + \frac{v_{t1}}{r_{o1}} \end{aligned}$$

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 ماسیف کو مزاحمت $\frac{1}{g_{m1}}$ تصور کیا جا سکتا ہے۔ یہ ایک اہم اور عمومی نتیجہ ہے۔

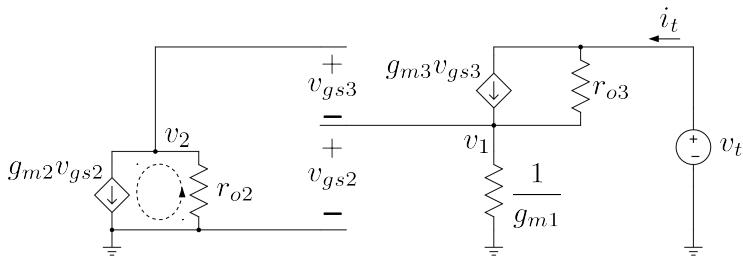
شکل ۵.۳۷ اف میں Q_1 کی جگہ مزاحمت $\frac{1}{g_{m1}}$ جبکہ بقیا ایک انسٹرودن کے ریاضی نوٹس استعمال کرتے ہوئے شکل ۵.۳۹ حاصل ہوتا ہے۔ یہاں رکھ کر تسلی کر لیں کہ یہی مسادی دور ہے۔

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۔ یہ Q_2 کے ریاضی نوٹس 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 $v_2 = v_{gs3}$ لہذا

$$(5.133) \quad v_{gs3} = -\frac{g_{m2}r_{o2}i_t}{g_{m1}}$$

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 مساوات 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

$$(5.134) \quad R_o = \frac{v_t}{i_t} = r_{o3} + \frac{g_{m2}g_{m3}r_{o2}r_{o3}}{g_{m1}} + g_{m1}$$

ساصل ہوتا ہے۔ اگر تمام ماسفیٹ بالکل یکساں ہوں تو $R_o = r_{o3} + g_{m1} = g_{m2} = g_{m3} = g_m$ اور $r_{o2} = r_{o3}$ لکھا سکتا ہے۔ مندرجہ بالامساوات میں درمیانی تجزیوں کیا دو جزاء کے بہت بڑی ہے لہذا ایسی اور آخری جزاء کو نظر انداز کرتے ہوئے

$$(5.135) \quad R_o \approx g_m r_o^2$$

ساصل 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 روکو شکل ۵.۲۰ میں دکھایا گیا ہے۔ تمام ماسنیٹ کو افسزاں شدہ تصور کریں۔ Q_3 اور Q_4 مل کر منبع برقی رو بنتے ہیں جسے اب تک ہم دیکھتے آ رہے ہیں۔ اور Q_4 باکل یکسان 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 کرنے 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 ریتی 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 مزاجمت اس بات کو یقینی بنائے گی کہ $I_{D1} = I_{D2}$ ہوں گے۔ چونکہ $0 \geq R$ ہوتا ہے لہذا

$$\left(\frac{W}{L}\right)_2 \geq \left(\frac{W}{L}\right)_1$$

ہو گا۔ Q_1 کے برقی روکے عکس لینے کی حناطر V_{GS1} برقی دباؤ مزید ماسیفیٹ کو دیا جاتا ہے۔ شکل میں یوں Q_6 سے عکس I حاصل کیا گیا ہے ہے میں I_{O6} سے ظاہر کیا گیا ہے۔ ای طرح Q_4 کے برقی روکے عکس لینے کی حناطر V_{GS4} برقی دباؤ مزید ماسیفیٹ کو دیا جاتا ہے۔ شکل میں یوں Q_5 سے عکس I حاصل کیا گیا ہے ہے I_{O5} سے ظاہر کیا گیا ہے۔

اس وقت تک V_+ اور V_- کے اثرات سے آزاد رہتے ہیں جب تک Q_2 اور Q_3 انہنز اندہ رہیں۔ یاد رہے کہ Q_1 کا گیئٹ اور اس کاڑیں آپس میں جبڑے ہیں لہذا پھر صورت انہنز اندہ ہی رہتا ہے۔ ای طرح Q_4 کا گیئٹ اور ڈین کھی آپس میں جبڑے ہیں لہذا پھر ماسیفیٹ بھی پھر صورت انہنز اندہ ہی رہتا ہے۔

$$V_{SG4} \text{ کا } Q_4$$

۵.۱۶ ماسیفیٹ کیکوڈ تفسری ایمپلیفایزر

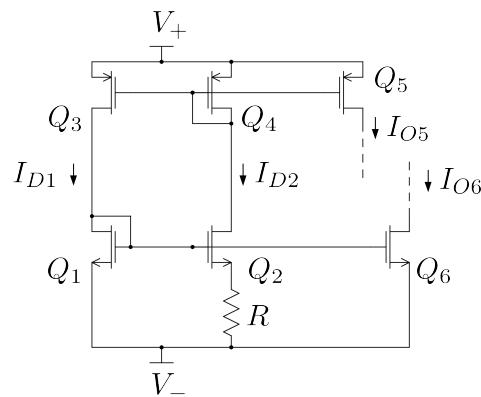
شکل ۵.۲۱ ماسیفیٹ سے بنایا گیا کیکوڈ تفسری ایمپلیفایزر دکھایا گیا ہے جس میں وسن آئینے کو بطور برقی بوجھ استعمال کیا گیا ہے۔ ولن آئینے کی حناری مزاجمت گزشتہ ہے میں حاصل کی گئی آئین کیکوڈ کی حناری مزاجمت بھی حاصل کریں۔ ایسا کرنے کی حناطر Q_{a4} کے دریں پر v_t مہیا کرتے ہوئے i_t کا تجھیٹ لگائیں گے۔

$\frac{v_t}{i_t}$ حناری مزاجمت ہو گا۔

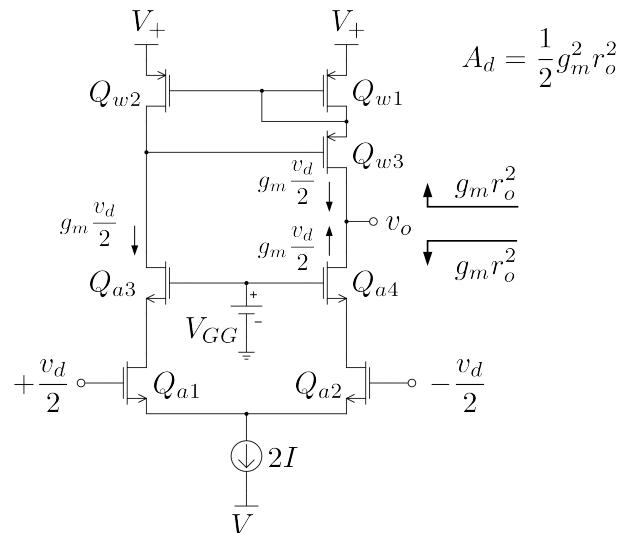
شکل ۵.۲۲ میں کیکوڈ ایمپلیفایزر کا مطلوب حصہ دکھایا گیا ہے۔ ساتھ ہی دونوں ماسیفیٹ کے باریک اشاراتی ریاضی نمونہ استعمال کرتے ہوئے مساوی دور بھی بنایا گیا ہے جہاں تفسری دھنی اشارہ $0 = v_d$ رکھا گیا ہے۔ چونکہ Q_{a2} کا سورس اور گیئٹ دونوں برقی زمین پر میں لہذا $0 = v_{gs2}$ ہے۔ یوں $0 = v_{gs2} = g_m 2 v_{gs2}$ ہو گا۔ اس طرح Q_{a2} کی جگہ صرف r_{o2} نسب کیا جا سکتا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ $i_t r_{o2}$ کی تمام کی تمام سے گزرتی ہے لہذا $i_t r_{o2} = v_1$ کے برابر ہے۔ شکل سے صاف ظاہر ہے کہ $-v_1 = v_{gs4}$

$$(5.139) \quad v_1 = i_t r_{o2}$$

$$v_{gs4} = -i_t r_{o2}$$



شکل ۵.۳۰: منع دباد کے اثرات سے پاک منع 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 مسافٹ بالکل یکساں ہوں تو $b_m = g_{m2} = g_{m4} = g_m$ اور $r_{o2} = r_{o4} = r_o$ لکھا جا سکتا ہے۔ یوں

$$(5.151) \quad R_o = g_m r_o^2$$

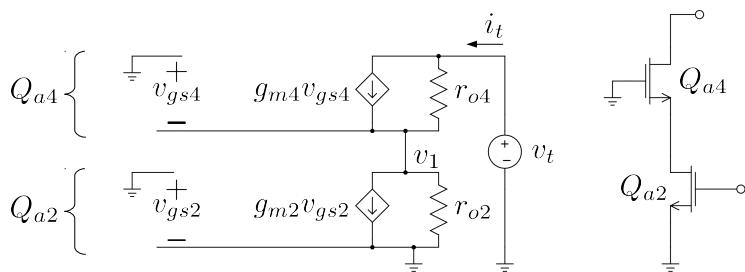
حاصل ہوتا ہے۔ شکل ۵.۸ میں اس حنارجی مسماحت کو دکھایا گیا ہے۔ کیکوڈ تفسیری جوڑے کی حنارجی مسماحت اور اسن آئینے کی حنارجی مسماحت آپس میں متوازی جستے ہیں لہذا ان کا مجموع $\frac{g_m r_o^2}{2}$ ہو گا۔ یوں کیکوڈ تفسیری ایپلیناٹ کا حنارجی اشارہ

$$v_o = \left(g_m \frac{v_d}{2} + g_m \frac{v_d}{2} \right) \left(g_m r_o^2 \right)$$

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: مساوات ۱.۸ 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: مساوات ۵.۲۲ میں حاصل کریں۔

سوال ۶.۵: i_{DS1} کو i_{DS2} پر تقسیم کرتے ہوئے مساوات ۱.۳۶ میں حاصل کریں۔

سوال ۷.۵: مساوات ۱.۳۷ میں حاصل کریں۔

سوال ۸.۵: اگر شکل ۵.۲۳ میں Q_{11} کا سبیری رقی رو $I_S \times 4$ 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 $I_{C5} = I_{E8} = 0.5 \text{ mA}$ حاصل کرنے کی حاطمہ $R_{C2} = R_{C5} = 7.5 \text{ V}$ ہے۔ $V_{C2} = V_{C3} = 7.5 \text{ V}$ حاصل کرنے کی حاطمہ $R_{C7} = R_{C5} = 10 \text{ V}$ ہے۔ $I_{C7} = I_{E8} = 6 \text{ mA}$ اور $v_O = 0 \text{ V}$ حاصل کرنے کے لئے درکار R_{E7} اور R_{E8} میں 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 ۵.۶ میں چاروں ایپلیکیشن کے داخلی مزاحمت حاصل کریں۔
جوابات: $250 \text{ k}\Omega$, $2 \text{ M}\Omega$, $3.33 \text{ k}\Omega$, $860 \text{ k}\Omega$

سوال ۱۲۔ سوال ۵.۶ میں تمام ترقی ایپلیکیشن کی امنزاٹش حاصل کرتے ہوئے گل امنزاٹش A_d حاصل کریں۔

$$\text{جوابات: } A_d = 4380 \frac{\text{V}}{\text{V}}, 1 \frac{\text{V}}{\text{V}}, -3.65 \frac{\text{V}}{\text{V}}, -100 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

سوال ۱۳۔ سوال ۵.۶ میں $v_d = 200 \mu\text{V}$ ہے۔ پہلے، دوسرے، تیسرا اور چوتھے ترقی ایپلیکیشن کے حنارجی اشارے دریافت کریں۔

$$\text{جواب: } 0.876 \text{ V}, 0.876 \text{ V}, 0.24 \text{ V}, 2.4 \text{ mV}$$

سوال ۱۴۔ سوال ۵.۶ میں A_d کی قیمت حاصل کریں۔

$$\text{سوال ۱۵۔ صفحہ ۵۲۶ پر شکل ۵.۲۹ ب میں } R_E = 12 \text{ k}\Omega \text{ جبکہ } I = 10 \text{ mA} \text{ حاصل کریں۔}$$

جواب: $I = 0.83 \text{ mA}$ اور $V_A = 9.3 \text{ V}$ حاصل ہوتے ہیں۔ اس جواب کو گراف کی مدد سے ہاؤں حاصل کیا جاتا ہے۔ اس کے علاوہ بار بار حل کرتے ہوئے بہترے ہستروں جواب حاصل کرتے ہوئے بھی جواب حاصل کیا جاتا ہے۔

سوال ۱۶۔ صفحہ ۵۲۷ پر شکل ۵.۳۰ الف میں وسن آئینٹ دکھایا گیا ہے۔ ڈائزن سٹر کا $\beta = 100$ جبکہ ارلی برقی دبادی $V_A = 150 \text{ V}$ ہے۔ $I = 1.5 \text{ mA}$ کی صورت میں حنارجی مزاحمت R_0 حاصل کریں۔

$$\text{جواب: } R_0 = 5 \text{ M}\Omega, r_o = 100 \text{ k}\Omega$$

سوال ۱۷۔ صفحہ ۵۲۷ پر شکل ۵.۳۲ میں ماسفین میں وسن آئینٹ دکھایا گیا ہے۔ $V_A = 50 \text{ V}$ اور $k_n = 0.4 \text{ mA/V}^2$ پر آئینٹ کی حنارجی مزاحمت R_0 اور امنزاٹش A_d حاصل کریں۔

$$\text{جواب: } A_d = 666 \frac{\text{V}}{\text{V}}, R_0 = 1.22 \text{ M}\Omega$$

سوال ۱۸۔ صفحہ ۵۲۲ پر شکل ۵.۳۳ میں ترقی کیکوڈ ایپلیکیشن دکھایا گیا ہے۔ اگر $100 = \beta$ اور $V_A = 200 \text{ V}$ ہوں تو A_d کی قیمت کیا ہوگی؟ اگر $v_d = 0.00002 \sin \omega t$ ہو تو v_0 کیا ہوگا؟

$$\text{جوابات: } v_0 = 5.34 \sin \omega t, A_d = 267 \frac{\text{kV}}{\text{V}}$$

باب ۶

ایمپلیفائر کا تعدادی رد عمل اور فلٹر

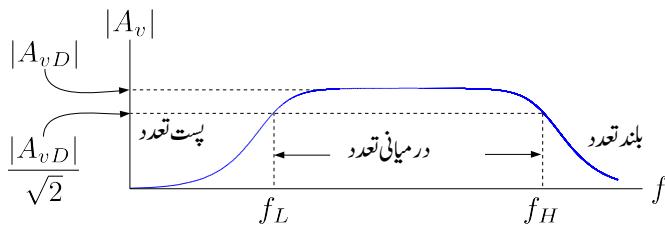
۶.۱ پست تعدادی رد عمل

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 $|A_v|$ 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} (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 نظرے یا حدود کا عسمونا ذکر ہوتا ہے جنہیں پست تعداد، درمیانی تعداد اور بلند تعداد کے محدود کہتے ہیں۔ A_{vD} لکھتے ہوئے زیرنوشت میں D اس حقیقت کو ظاہر کرتا ہے کہ انڈزاش کی یہ قیمت درمیانی 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 حرفت ”کی آوازے D میں صالح 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

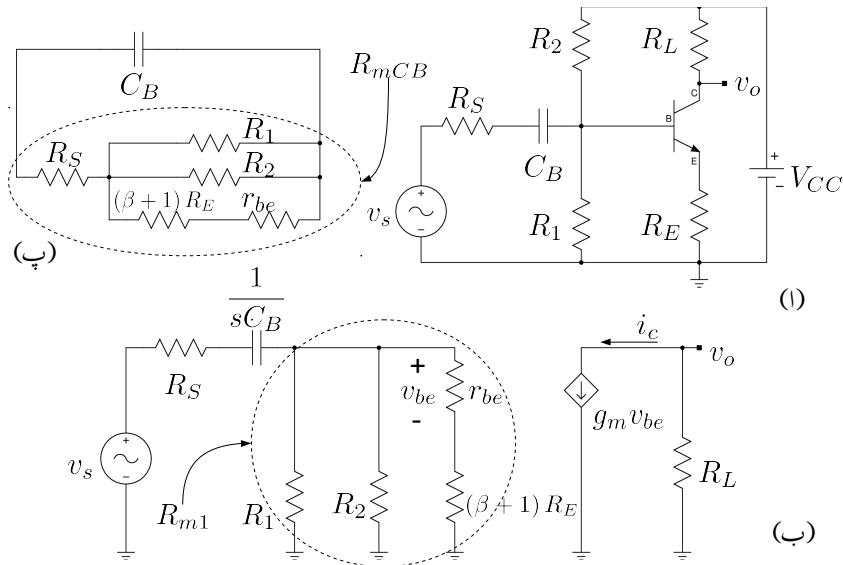
$$(2.2) \quad B \approx f_H$$

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_i (A_i کی قیمت گھشتی ہے۔ یوں یہی بیرونی^{۱۱} کپیسٹر پست افظاعی تعداد f_L کی قیمت تعین کرتے ہیں۔ حقیقت میں پست افظاعی تعداد f_L کا درود مرکزی 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 $B - E$ جوڑ پر اندروی کپیسٹر $C_{b'e}$ اور C_{be} پائے جاتے ہیں۔ درمیانی تعداد اور اس کے تعداد پر ان اندروی کپیسٹروں کی برقی رکاوٹ اتنی زیادہ ہوتی ہے کہ انہیں کھلے دور تصور کیا جاتا ہے۔ بلند تعداد پر ان کی برقی رکاوٹ کم ہو جاتی ہے اور انہیں نظر انداز کرنا ممکن نہیں رہت۔ انہیں اندروی کپیسٹروں کی وجہ سے بلند تعداد پر A_v (A_i کی قیمت گھشتی 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 مساوات لالپارہ بدھ "استعمال کرتے ہوئے" s کے ساتھ لکھے جائیں گے۔ سائن نہ اشارات کے لئے s کی جگہ ω لکھتے ہوئے جوابت حاصل کئے جاتے ہیں۔

۶.۲ بیس سرے پر کپیٹر C_B

ایپیٹنیا کے استعمال کرتے وقت اس کے داخلی اور خارجی جنبے 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 جنبے اشارہ فناہم کرنے یا ایپیٹنی کے خارجی جنبے کے کپیٹر کے ذریعہ اشارہ حاصل کرنے سے ٹرانزسٹر کے نقطہ کار کر دگی پر کوئی اثر نہیں ہوتا۔ شکل ۶.۲ الف میں ایسا ہی کرتے ہوئے کپیٹر C_B کے ذریعہ داخلی اشارے کو ایپیٹنی تک پہنچایا گیا ہے۔ C_B پر توبہ رکھنے کی خاطر شکل میں C_E اور C_C نہیں استعمال کئے گئے۔ شکل ۶.۲ ب میں اسی کا مساوی باریک اشاراتی دور دکھایا گیا ہے جس ان نقطے دار دائرے میں بند کل مسازحت کو

^{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 ۲ پر میں وضاحت کی گئی ہے کہ v_s کو قصر دور تصور کرتے ہوئے، C_B کے متوالی کل مزاجت کی قیمت $(R_S + R_{m1})$ ہے جسے R_{mCB} لکھتے ہوئے اس مساوات کو یوں لکھا جاسکتا ہے۔

$$(2.3) \quad A_v = -R_L g_m \left(\frac{r_{be}}{r_{be} + (\beta + 1) R_E} \right) \left(\frac{R_{m1}}{R_S + R_{m1}} \right) \left(\frac{s}{s + \frac{1}{R_{mCB} C_B}} \right)$$

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 پہنچتے ہے

حاصل ہوتا ہے جبے درمیانی تعداد کو افزائش 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 جا سکتا 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 $|A_{vD}|$ افزائش کی حقیقت ہے جبکہ θ_D افزائش 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 جا سکتا 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 جبے آپ مثال ۱.۱ میں دیکھیں گے کہ درمیانی سطح کے تعداد کے لئے بھی یہی مساوات صحیح جوابات دیتا ہے۔ یوں A_{vD} کو ایک پیغام کی درمیانی تعداد کو افزائش کہتے ہیں۔

مثال ۶.۱: شکل ۶.۲ 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 ۶.۲ 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 ۴.79463 گن بڑھے گا اور اس کے زاویے میں π ریڈین یعنی 180° کی تبدیلی رونما ہو گی۔

۲. 1 MHz پر مساوات ۶.۸ 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۔

$$\text{پر } f = 100 \text{ kHz}$$

$$\begin{aligned} A_v &= \frac{-4.79463}{1 + \frac{1}{j \times 2 \times \pi \times 100 \times 10^3 \times (5000 + 245238) \times 0.1 \times 10^{-9}}} \\ &= -4.7753 - j0.30372 \\ &= 4.78495/-3.0781 \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اب بھی افسزاں تقریباً A_{vD} کے برابر ہے۔

$$\text{پر } f = 10 \text{ kHz}$$

$$\begin{aligned} A_v &= \frac{-4.79463}{1 + \frac{1}{j \times 2 \times \pi \times 10 \times 10^3 \times (5000 + 245238) \times 0.1 \times 10^{-9}}} \\ &= -3.4137 - j2.1712 \\ &= 4.04567/-2.5751 \end{aligned}$$

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۔

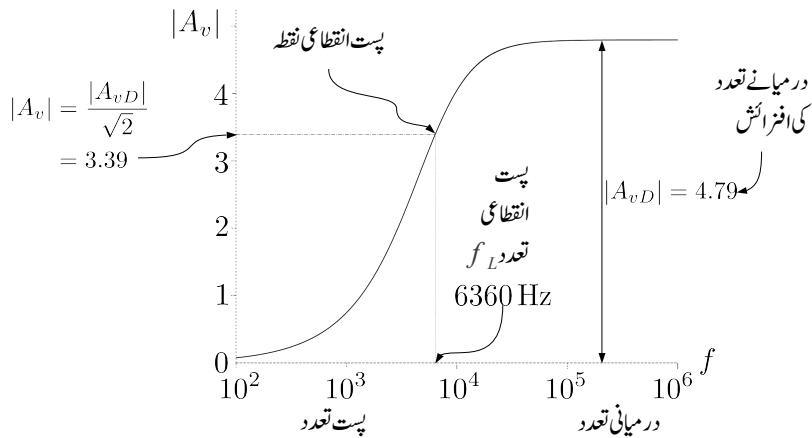
$$\text{پر } f = 1 \text{ kHz}$$

$$\begin{aligned} A_v &= \frac{-4.79463}{1 + \frac{1}{j \times 2 \times \pi \times 1 \times 10^3 \times (5000 + 245238) \times 0.1 \times 10^{-9}}} \\ &= -0.1157 - j0.7357 \\ &= 0.7447/-1.7268 \end{aligned}$$

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 تقسیماً A_{vD} کے برابر تصور کیا جاتا 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 جہاں تعداد کو لوگاریتم^{۱۹} اپسانے پر دکھایا گیا ہے۔ اس شکل میں زیادہ تعداد پر افزاش تبدیل نہیں ہوتی اور $|A_{vD}|$ ہی رہتی ہے۔ حقیقت میں بلند تعداد پر بھی افزاش کم پڑ جاتی ہے۔ موجودہ حصے میں صرف پہتھے تعداد 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^{۲۰} نہیں ہے جبکہ اس نقطے پر تعداد f_L کو پست افطاع^{۲۱} تعداد پکارا جاتا ہے۔

Bode plot^{۱۸}
log^{۱۹}
high frequency^{۲۰}
low frequency^{۲۱}
low cut-off frequency^{۲۲}

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 داخلی کپیٹر C_B اور اس کے ساتھ متوازی کل مسازحت 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 ۲.۱ کی مدد سے C_B حاصل کرتے ہیں۔

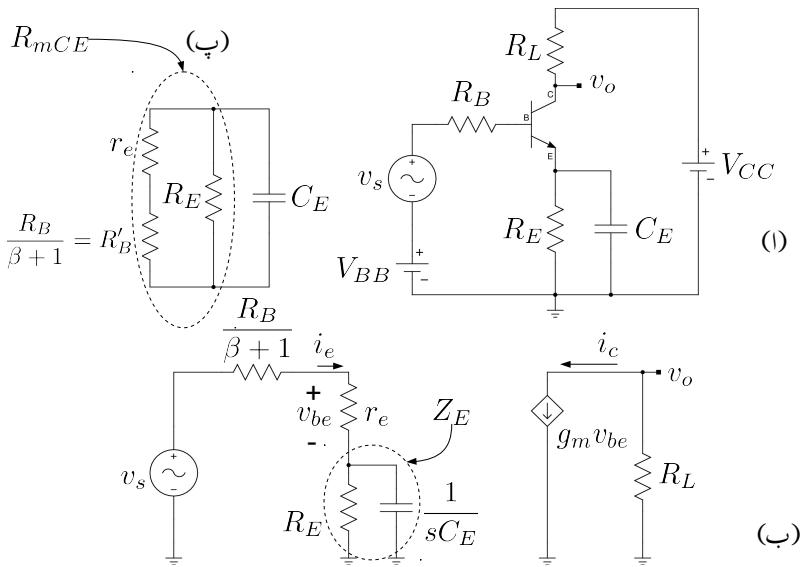
$$\begin{aligned} C_B &= \frac{1}{2\pi f_L (R_{mCB})} \\ &= \frac{1}{2\pi \times 2 \times 250238} \\ &= 0.318 \times 10^{-6} = 0.318 \mu\text{F} \end{aligned}$$

۲.۳ بھتر 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 بھتر 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 کاردار ادا کرتا ہے لہذا اس کے استعمال سے یک سمت متغیرات متاثر نہیں ہوتے۔ C_E کو یوں چنانجاہتا ہے کہ درکار تعدد پر اس کی برقی رکاوٹ R_E سے کم ہو۔ چونکہ C_E مزاجحت R_E کے متوالی جستہ ابتداء رکاوٹ نظر سے ٹرانزسٹر کے بھتر پر کل رکاوٹ R_E سے کم ہو جاتا ہے اور یوں افسزاں بڑھتی ہے۔ اس حصے میں C_E پر توجہ رکھنے کی حناصر C_B اور C_C کا استعمال نہیں کیا گیا۔

شکل ۲.۳ ب میں شکل ۲.۳ اف کا 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 بھتر جواب دکھائے گے ہیں۔ جیسا کہ آپ جانتے ہیں کہ بھتر جواب کے مزاجحت کا عس، یہیں جواب $(\beta + 1) \beta$ گناہ زیادہ نظر آتا ہے جبکہ یہیں جواب مزاجحت کا عس، بھتر جواب $(\beta + 1)$ گن کم نظر آتا ہے۔ یہیں یہیں جواب کے مزاجحت R_B اور r_{be} کے عس، بھتر 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 بے 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 ۶.۱۴ 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 ۲.۱۲ 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۔

$$(2.17) \quad A_v = - \left(\frac{R_L g_m r_e}{R'_B + r_e} \right) \left(\frac{s + \frac{1}{R_E C_E}}{s + \frac{1}{R_{mCE} C_E}} \right)$$

اس کو مسادات ۲.۱۲ کے طرز پر لکھتے ہیں یعنی

$$(2.18) \quad A_v = A_{vD} \left(\frac{s + \omega_1}{s + \omega_2} \right)$$

$$\begin{aligned}
 A_v &= A_{vD} \left(\frac{j\omega + \omega_1}{j\omega + \omega_2} \right) \\
 (1.19) \quad &= A_{vD} \left(\frac{j2\pi f + 2\pi f_1}{j2\pi f + 2\pi f_2} \right) \\
 &= A_{vD} \left(\frac{jf + f_1}{jf + f_2} \right)
 \end{aligned}$$

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 صصل کرتے ہیں۔ اس زیادہ تعداد کو $\omega \rightarrow \infty$ تصور کرتے ہوئے

$$(1.23) \quad A_v \Bigg|_{\omega \rightarrow \infty} = A_{vD} \left(\frac{j\infty + \omega_1}{j\infty + \omega_2} \right) = A_{vD}$$

صصل 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

$$(1.23) \quad R_E \gg \frac{R_B}{\beta+1} + r_e$$

تب مساوات ۶.۱۸ کا صفحہ ۱۲ سے قطب ۳ سے کم تعداد پر پیاحا بے گایں

$$(6.25) \quad \omega_1 \ll \omega_2$$

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 پیاحا بے 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 سے 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۔

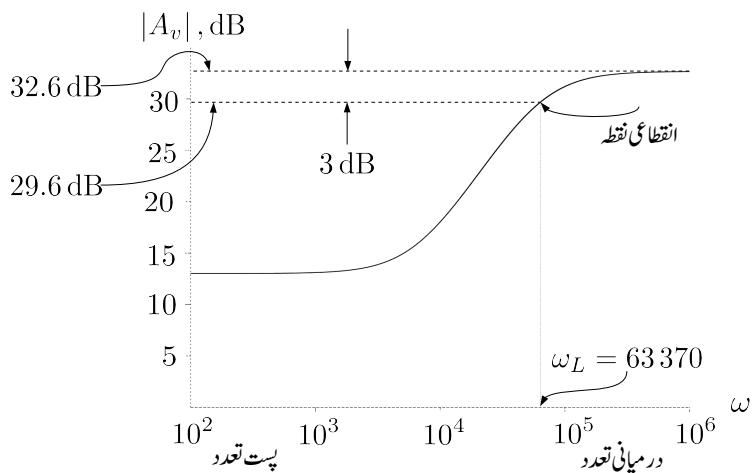
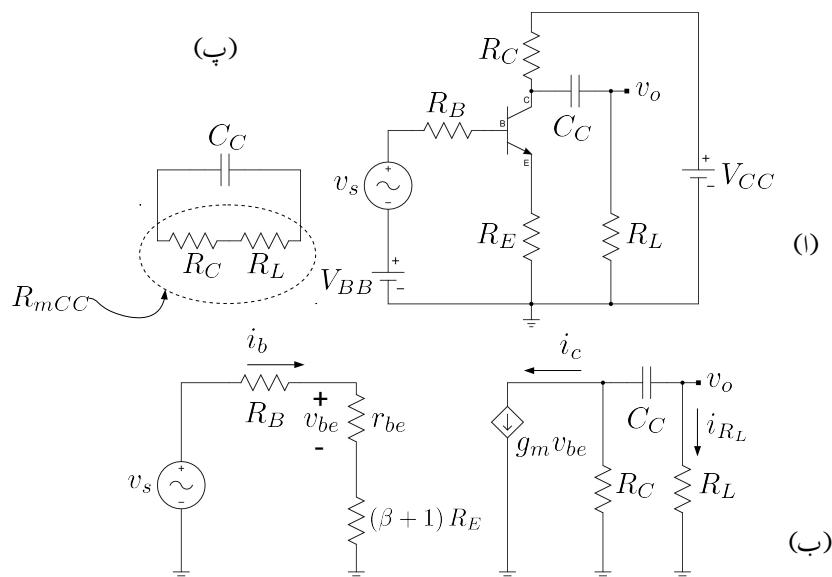
$$(6.28) \quad A_v = -43 \left(\frac{s + 6666}{s + 64068} \right)$$

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 ۳۲ میں پڑھا جائے گا۔

۶.۳ گلکٹر سے پر کپیسٹر C_C

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 سے حاصل ω_L کے حاملشکل 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 سمت i_c کے الٹے رکھی گئی۔ اخراں کی مساوات یوں لکھی جائے گی۔

$$\begin{aligned} A_v &= \frac{v_o}{v_s} = \left(\frac{v_o}{i_{R_L}} \right) \left(\frac{i_{R_L}}{i_c} \right) \left(\frac{i_c}{v_{be}} \right) \left(\frac{v_{be}}{v_s} \right) \\ &= (R_L) \left(-\frac{R_C}{R_C + Z} \right) (g_m) \left(\frac{r_{be}}{R_S + r_{be} + (\beta + 1)R_E} \right) \end{aligned}$$

منقی کی علامت باہر نکالتے ہوئے، $\frac{R_C}{R_C + Z}$ میں Z کی قیمت پر کر کے اسے دائیں مقتول کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned} A_v &= - (R_L) (g_m) \left(\frac{r_{be}}{R_S + r_{be} + (\beta + 1)R_E} \right) \left(\frac{R_C}{R_C + R_L + \frac{1}{sC_C}} \right) \\ &= - \left(\frac{R_L g_m r_{be}}{R_S + r_{be} + (\beta + 1)R_E} \right) \left(\frac{s R_C}{(R_C + R_L) \left(s + \frac{1}{(R_C + R_L) C_C} \right)} \right) \end{aligned}$$

جہاں دائیں جناب آخوندی کسر میں نیچے $(R_C + R_L)$ باہر نکلا گیا ہے۔ اسی کسر کے اپر حصے سے R_C اور اس کے نیچے حصے سے $(R_C + R_L)$ کو مساوات کے بائیں جناب مقتول کرتے ہوئے اسے یوں لکھا جا سکتا ہے۔

$$\begin{aligned} (2.29) \quad A_v &= - \frac{R_C R_L}{R_C + R_L} \left(\frac{g_m r_{be}}{R_S + r_{be} + (\beta + 1)R_E} \right) \left(\frac{s}{s + \frac{1}{(R_C + R_L) C_C}} \right) \\ &= A_{vD} \left(\frac{s}{s + \omega_L} \right) \end{aligned}$$

چہاں

$$(4.15) \quad A_{vD} = A_v \Bigg|_{\omega \rightarrow \infty} = - \frac{R_C R_L}{R_C + R_L} \left(\frac{g_m r_{be}}{R_S + r_{be} + (\beta + 1)R_E} \right)$$

$$\omega_L = \frac{1}{(R_C + R_L)C_C}$$

کے برابر ہیں۔

٦٥ خطوط

این پلیفائز کے افسزاں بال مقابل تعداد کے خط کو عسمو مابودا خط^{۲۵} کے طرز پر کھینچا جاتا ہے۔^{۲۶} افسزاں کی حقیقت بال مقابل تعداد اور افسزاں کا زاویہ بال مقابل تعداد کے خط علیہ ملیجہ کھینچ جاتے ہیں جنہیں حقیقتی قیمت بال مقابل تعداد کا بودا خط اور زاویہ بال مقابل تعداد کا بودا خط پر راحاتی ہے۔ حقیقتی قیمت بال مقابل تعداد کے بودا خط میں افقی محاذ پر $\omega \log f$ جبکہ اس کے عمودی محاذ پر $A_0 \log f$ رکھے جاتے ہیں۔ یوں عمودی محاذ پر حقیقتی قیمت ڈیکھیا جائے گی۔ زاویہ بال مقابل تعداد کے بودا خط میں افقی محاذ پر ω میں پائی جاتی ہے۔ بودا خطوط کو سمجھنے کی خاطر مادا^{۱۹} کو مثال بناتے ہوئے افسزاں کی حقیقتی قیمت بال مقابل تعداد کا بودا خط کھینچتے ہیں۔ مادا میں

$$A_{vD} = -177.8 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

$$f_1 = 100 \text{ Hz}$$

$$f_2 = 10 \text{ kHz}$$

Bode plot^{۲۵} میہندر کے واڈیوڈا نے خط کھینچ کے اس طرز کو دریافت کیا۔ ان خطوط کو واڈیا بوڈی خطوط پر کارا جاتے ہیں

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

$$\begin{aligned}
 (2.31) \quad |A_v| &= 1.778 \frac{\sqrt{1 + \left(\frac{f}{100}\right)^2}}{\sqrt{1 + \left(\frac{f}{10000}\right)^2}} \\
 \theta &= \pi + \left(\tan^{-1} \frac{f}{100} \right) - \left(\tan^{-1} \frac{f}{10000} \right)
 \end{aligned}$$

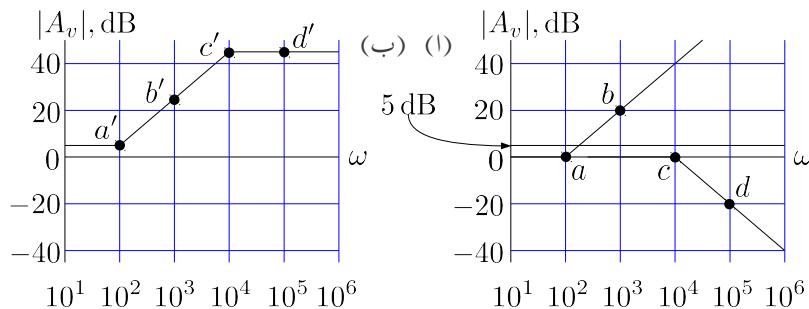
کے برابر ہیں۔ آئیں مساوات ۲.۳۱ کو استعمال کرتے ہوئے $|A_v|$ بال مقابل f کا بیوڈا خط کھینچنا سیکھیں۔

$$(2.32) \quad |A_v|_{dB} = 20 \log 1.778 + 20 \log \sqrt{1 + \frac{f^2}{100^2}} - 20 \log \sqrt{1 + \frac{f^2}{10000^2}}$$

حاصل ہوتا ہے۔ $|A_v|_{dB}$ کا خط کھینچنے کی خاطر مندرجہ بالا مساوات کے تین اجزاء کے خطوط کو باری باری کھینچنے ہوئے آخر میں تمام کا ادھر مجموعہ حاصل کریں گے۔ ایسا کرنے کی خاطر مساوات 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 ۲.۷.۱ میں دکھایا گیا ہے۔



شکل ۲.۷: حقیقی قیمت 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 آخوندی متدم پر $100 = f_1$ کا استعمال کیا گیا ہے۔

$20 \log \frac{f}{100}$ کی قیمت $100, 1000, 10000$ اور 100000 کے تعداد پر $20, 40, 40$ اور 60 ڈبی بیل ہاصل ہوتی ہے۔ اس حقیقت کو یوں بیان کیا جا سکتا ہے کہ تعداد دس برابر کرنے سے افزاش 20 dB ہوتی ہے یا کہ افزاش 20 dB فی دہائی کے شرح سے ہوتی ہے۔ اتفاقی مورپر تعداد کا لوگاریتم اسیتے ہوئے ان قیمتیں کے استعمال سے خط کھینچا گیا ہے۔ یہ خط تعداد کے مورکو f_1 یعنی $2 = \log(100)$ پر چھوٹے ہوئے 20 dB فی دہائی کے شرح سے ہوتا ہے۔ ایسا خط کھینچنے وقت $(10f_1, 20 \text{ dB})$ اور $(f_1, 0 \text{ dB})$ کے میان پر نقطہ لکھ کر انہیں سیدھی لکھیے جوڑتے ہوئے حاصل کیا جاتا ہے۔

شکل ۲.۷ الف میں $(f_1, 0 \text{ dB})$ یعنی $(10^2, 0 \text{ dB})$ پر نقطہ a اور اسی طرح $(10f_1, 20 \text{ dB})$ یعنی $(10^3, 20 \text{ dB})$ پر نقطہ b دکھائے گئے ہیں۔ نہایت کم تعداد پر مساوات ۲.۳۳ کے مطابق اس حصہ کی قیمت 0 dB ہے۔ حقیقت میں بوڑا خط کھینچنے 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 کھینچنے 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 ۲۰۳۲ کے تیسرا جزو کی کارکردگی نہایت کم اور نہایت زیادہ تعداد پر دیکھتے ہیں۔ نہایت کم تعداد یعنی $f_2 \ll f$ پر

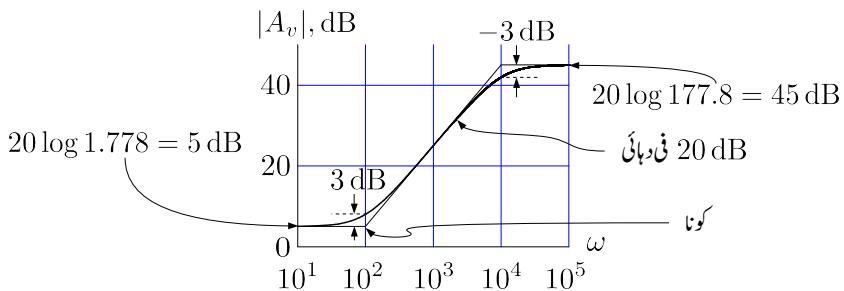
$$(2.35) \quad -20 \log \sqrt{1 + \left(\frac{f}{f_2} \right)^2} \rightarrow 20 \log 1 = 0 \text{ dB}$$

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 آف نیشن 20 dB گھٹتی ہے یا کہ آف نیشن 20 dB فی دہائی کے شرح سے تبدیل ہوتی ہے۔ انچی محور پر تعداد کا لوگاریتم لیتے ہوئے ان قیتوں کے استعمال سے خط کھینچا 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 ۲۰۳۲ کے $|A_v|$ کا مکمل یوڈا خط ہے۔ شکل ۲.۶.الف میں نقطہ a پر سادا ۲۰۳۲ کے پہلے جزو کے خط کی قیمت 5 dB جبکہ بقیاء دو 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، 20 dB اور 25 dB ہیں جن کے مجموعہ 25 dB کو b' سے ظاہر کیا گیا ہے۔ c پر تینوں کا مجموعہ 45 dB کو c' سے ظاہر کیا گیا ہے۔ d پر تین احیاء کے قیمتیں 5 dB، 60 dB اور 20 dB ہیں جن کا مجموعہ 45 dB ہے۔ اس نقطے کو d' سے ظاہر کیا گیا ہے۔ مندرجہ بالاتم عمل کو نہایت آسانی سے یوں سراغبام دیا جاسکتا ہے۔ دئے گئے سادا ۲۰۳۲ کی جتنی قیمت کم تر تعداد پر حاصل کریں۔ یوڈا خط کی قیمت یہی رکھتے ہوئے تعداد بڑھائیں حتیٰ کہ سادا ۲۰۳۲ 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 ۲۰۳۲ 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 ۶.۸: مصل خط اور بوداخط کاموازن

شکل ۶.۸ میں مساوات ۶.۳۱ کے بوداخط اور اس کا حقیقی خط^{۲۹} ایک سانحہ کھانے گے ہیں۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ بوداخط کے کونوں پر دونوں خطوط میں 3 dB کا فنر قبایا جاتا ہے جبکہ بمقابلہ عدد د پر دونوں تقریباً ایک ہی طرح کے ہیں۔ مساوات ۶.۳۳ سے اس فنر کو سمجھا جاسکتا ہے۔ کونے پر تعدد f_1 کے برابر ہے پوں اس مساوات سے

$$20 \log \sqrt{1 + \left(\frac{f_1}{f_2} \right)^2} = 20 \log \sqrt{2} \approx 3 \text{ dB}$$

مصل ہوتا ہے ناک 0 dB۔ اسی حقیقت کے بنا پر بوداخط کے کونوں کو 3 dB نقطے بھی کہتے ہیں۔

مثال ۶.۲: مساوات ۶.۲۸ کا بوداخط کیجیئیں۔
حل: اس مساوات کو دوبارہ پیش کرتے ہیں۔

$$A_v = -43 \left(\frac{j\omega + 6666}{j\omega + 64068} \right)$$

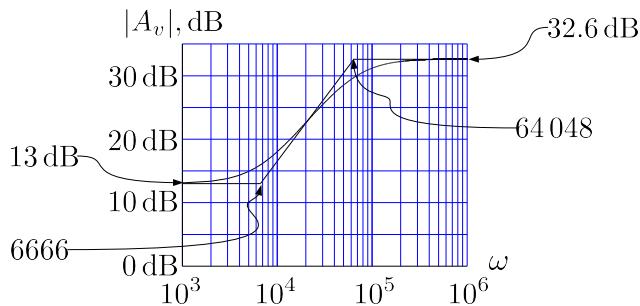
انہائی تعداد ($\omega \rightarrow 0$) پر اس کی حقیقی قیمت

$$|A_v|_{\omega \rightarrow 0} = 43 \left(\frac{0 + 6666}{0 + 64068} \right) = 4.474$$

یعنی

$$20 \times \log 4.474 \approx 13 \text{ dB}$$

^{۲۹} حقیقی خط کسپیڈر کے پروگرام میٹ لین ایک ایجنسی octave کی مدد سے آسانی کیجیے جا سکتا ہے۔ اس تاب میں مشترک خطوط لیست Linux پائے جانے والے پروگرام آفیس استعمال کرتے ہوئے یہ کیجیے گے ہیں۔



شکل ۶.۹

حاصل ہوتی ہے۔ مساوات کا صرف 6666 جبکہ اس کا قطب 64.068 پر پایا جاتا ہے۔ ان معلومات سے شکل ۶.۹ میں بوڈا خط حاصل کیا گیا ہے۔

مثال ۶.۵: مندرجہ ذیل مساوات کا بوڈا خط کھینچیں۔

$$A_v = \frac{1000s}{s + 10}$$

حل: اس کو عمومی طرز پر لکھتے ہیں۔

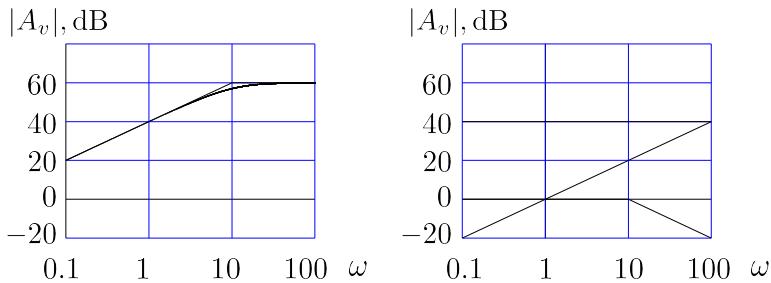
$$A_v = \frac{100j\omega}{\frac{j\omega}{10} + 1}$$

جسے ذیلی بیل میں لکھتے ملتا ہے

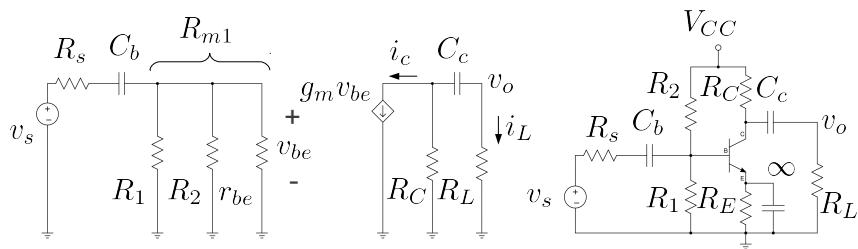
$$A_v = 20 \log 100 + 20 \log \omega - 20 \log \sqrt{\frac{\omega^2}{10^2} + 1}$$

اس کے بوڈا خط کے اجزاء شکل ۶.۱۰ الف جبکہ کمپل بوڈا خط شکل ب میں دکھائے گئے ہیں۔

مندرجہ بالا مثال میں دی گئی مساوات میں کسر کے اوپر تعدادی 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 تعداد پر 0 dB جبکہ اس سے زیادہ تعداد پر یہ میں ذیلی بیل نی دہائی کی شرح سے تبدیل ہوتا ہے۔ اس کے بر عکس ($j\omega$) کہیں بھی 0 dB پر فترار نہیں رہتا۔ یہ 1 $\omega = 1$



شکل ۶.۱۰



شکل ۶.۱۱: بیس اور گلکٹر پر کمیٹر نسب کرنے کے اثرات

پر 0 dB سے گزرتے ہوئے بیس ڈیسی بیل فنی دہائی کی شرح سے تام تعدد پر تبدیل ہوتا ہے۔ اگر یہ جزو بطور صفر پایا جائے تو یہ بیس ڈیسی بیل فنی دہائی کی شرح سے بڑھتا ہے جبکہ اگر جزو بطور قطب پایا جائے تو یہ بیس ڈیسی بیل فنی دہائی کی شرح سے گھٹتا ہے۔

۶.۶ بیس اور گلکٹر بیرونی کمیٹر

شکل ۶.۱۲ میں بیس اور گلکٹر پر کمیٹر نسب کئے گئے ہیں۔ اگرچہ شکل میں C_E بھی نسب ہے لیکن اس کی قیمت لامحدود تصور کی گئی ہے۔ یوں درکار تعداد 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 گھنے 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 گھا 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 جبڑے سزاہت کی کل سزاہت ہے ہے عموماً $\frac{R_C R_L}{R_C + R_L}$ لکھتے ہوئے اسے یوں گھا جاتا ہے۔ اسی طرح $\frac{R_s \| R_{m1}}{R_s}$ کو $\frac{R_{m1}}{R_{m1} + R_s}$ لکھتے ہوئے اسے یوں گھا جاتا ہے۔

$$\begin{aligned}
 A_v &= -\frac{1}{R_s} (R_C \| R_L) (R_s \| R_{m1}) \left(\frac{s}{s + \omega_c} \right) \left(\frac{s}{s + \omega_b} \right) \\
 &= A_{vD} \left(\frac{s}{s + \omega_c} \right) \left(\frac{s}{s + \omega_b} \right)
 \end{aligned}
 \tag{۶.۳۹}$$

جس

$$A_{vD} = -\frac{1}{R_s} (R_C \| R_L) (R_s \| R_{m1})$$

گھا گیا ہے۔

پست انقطائی تعداد پر ω_L کے برابر ہو گا۔ یوں مساوات ۶.۳۹ میں پست انقطائی تعداد کو ω_L 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

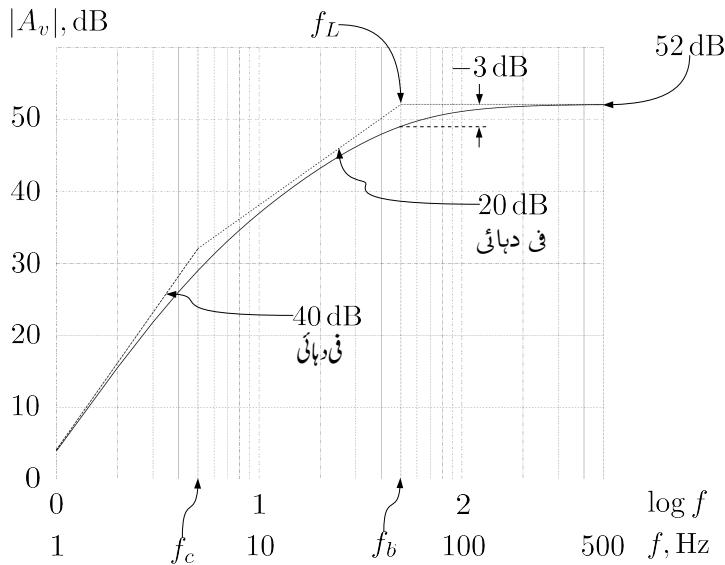
$$V_{CC} = 9 \text{ V}, R_C = 1.8 \text{ k}\Omega, R_E = 200 \text{ }\Omega$$

$$R_1 = 2.2 \text{ k}\Omega, R_2 = 16 \text{ k}\Omega, R_s = 1 \text{ k}\Omega$$

$$\beta = 99, R_L = 1.8 \text{ k}\Omega$$

میں۔

- 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 حنا طریقہ اور f_b حاصل کریں



شکل ۶.۱۲: پست انقطعی نقطے زیادہ تعدادے کو نے پڑے

حل: نقطے کارکردگی حاصل کرتے وقت تمام کمیٹر کھلے سرے کردار ادا کرتے ہیں۔ مسئلہ تھونن کی مدد سے، $I_{CQ} = 1.0879 \text{ mA}$ جبکہ $V_{th} = 1.934 \text{ k}\Omega$ حاصل ہوتے ہیں جن سے $R_{th} = 810 \Omega$ اور $r_{be} = 1.394 \text{ k}\Omega$ اور $g_m = 0.071 \text{ S}$ حاصل ہوتا ہے۔

$$C_c = \frac{1}{2\pi f_c (R_C + R_L)} = \frac{1}{2 \times \pi \times 5 \times (1800 + 1800)} = 8.84 \mu\text{F}$$

$$C_b = \frac{1}{2\pi f_b (R_s + R_{m1})} = \frac{1}{2 \times \pi \times 50 \times (1000 + 810)} = 1.76 \mu\text{F}$$

شکل ۶.۱۲ میں یوڈاخط کھینچ گیا ہے جہاں سے واضح ہے کہ پست انقطعی تعداد تقریباً f_b کے برابر ہے۔ شکل میں 5 Hz تا 1 Hz یوڈاخط کی ڈھالوان 40 dB فی دہائی ہے جبکہ 5 Hz تا 50 Hz تا 5 Hz یوڈاخط کی 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۔

۶۔ بیس اور بیکٹر بیرونی کپیسٹروں کا مجموعی اثر

اب تک دیکھے گئے تمام ادوار میں ہم نے دیکھا کہ کسی بھی کپیسٹر کی بدولت پیدا ہونے والے قطبے کو $\omega = \frac{1}{R_m C}$ لکھا جا سکتا ہے جہاں R_m اس کپیسٹر کے متوازی حبڑی مزاجت ہے۔ بیس اور بیکٹر دونوں پر کپیسٹر نسبت کرنے سے ایسا ادھ مساوات حاصل نہیں ہوتا۔ آئین شکل ۶.۱۴ میں $\frac{v_L}{v_i}$ حاصل کرتے ہوئے اس صورت کو بھی دیکھیں۔ شکل ۶.۱۵ میں اس کا باریکے مساوی دور دکھایا گیا ہے جس میں R_e اور C_e کوڑانہ سڑکے بیس جانب منتقل کرتے ہوئے R'_e اور C'_e لکھا گیا ہے۔ یوں

$$R'_e = (\beta + 1) R_e$$

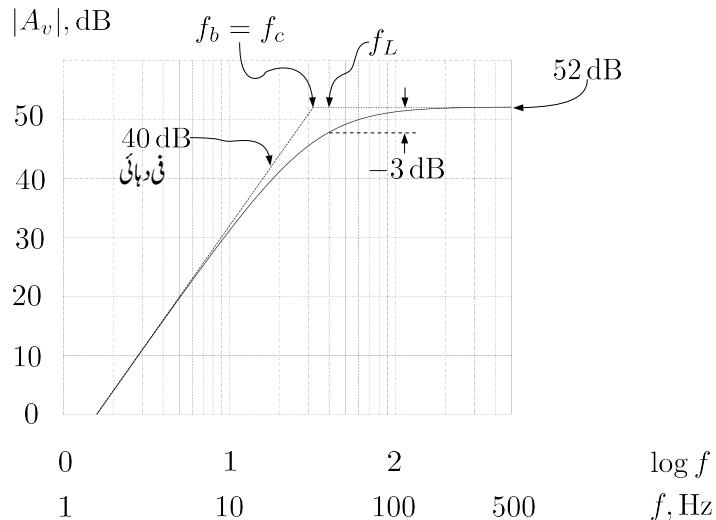
$$C'_e = \frac{C_e}{\beta + 1}$$

ہیں۔ شکل کو دیکھتے ہوئے ہم لکھ سکتے ہیں

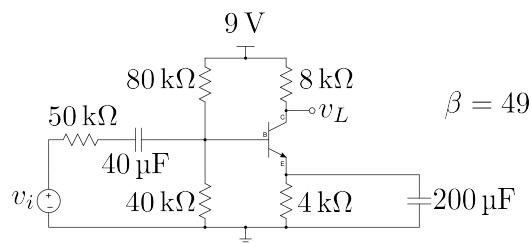
$$(6.31)$$

$$A_v = \frac{v_L}{v_i} = \frac{v_L}{i_c} \times \frac{i_c}{i_b} \times \frac{i_b}{v_b} \times \frac{v_b}{v_i}$$

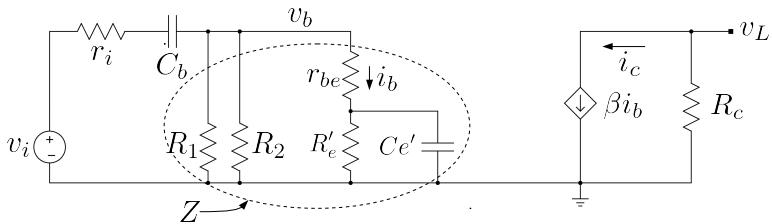
$$= -R_c \beta \left(\frac{1}{R'_e} + sC'_e \right) \left(\frac{Z}{r_i + \frac{1}{sC_b} + Z} \right)$$



شکل ۷.۱۳: جبڑو 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 بنیں۔ 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

$$\begin{aligned}
 A_v &= \frac{-(1.96 + 1.568s)}{\left(50000 + \frac{1}{0.00004s}\right)(42.5 + 4s) \times 10^{-6} + 1} \\
 &= \frac{-(1.96 + 1.568s)}{2.125 + 0.2s + \frac{1.0625}{s} + 0.1 + 1} \\
 &= \frac{-(1.96 + 1.568s)}{3.225 + 0.2s + \frac{1.0625}{s}} \\
 &= \frac{-(1.96 + 1.568s)s}{3.225s + 0.2s^2 + 1.0625} \\
 &= \frac{-(1.96 + 1.568s)s}{0.2s^2 + 3.225s + 1.0625}
 \end{aligned}$$

جسے یوں لکھا جاتا ہے

$$\begin{aligned}
 A_v &= \frac{-(1.96 + 1.568s)s}{0.2(s^2 + 16.125s + 5.3125)} \\
 &= \frac{-6.25(1.25 + s)s}{(s + 0.336)(s + 15.788)}
 \end{aligned}$$

اس کو عوومی شکل میں لکھتے ہوئے اس کا بذاتہ کمیت ہے۔

$$(۶.۳۲) \quad A_v = \frac{-1.8473 \left(1 + \frac{s}{1.25}\right)s}{\left(1 + \frac{s}{0.336}\right) \left(1 + \frac{s}{15.788}\right)}$$

شکل ۶.۱۶ میں اس مساوات کا خط دکھایا گیا ہے۔

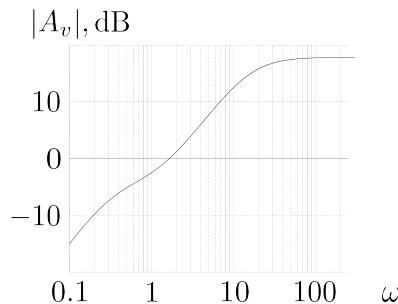
شکل ۶.۱۵ پر دوبارہ غور کریں۔ C_b اور C'_e کے قیتوں میں واضح فرق ہے۔ کم تعدد پر $\frac{1}{\omega C_b}$ کی قیمت کے قیمت سے بہت زیاد ہو گی۔ یوں کم تعدد پر C'_e کو کھلے سرے تصور کرتے ہوئے C_b کے کردار پر غور کرتے ہیں۔ C_b کے متوازی کل مزاہت R_{mCb} مندرجہ ذیل ہے

$$R_{mCb} = r_i + R_1 \parallel R_2 \parallel R'_e = 73.529 \text{ k}\Omega$$

یوں ہم توچ رکھتے ہیں کہ C_b سے

$$\frac{1}{R_{mCB} \times C_b} = \frac{1}{73.529 \times 10^3 \times 40 \times 10^{-6}} = 0.34$$

تعداد پر قطب حاصل ہو گا۔ ہم دیکھتے ہیں کہ یہ قطب مساوات ۶.۳۲ میں دے 0.336 تعداد پر قطب کے تقریباً برابر ہے۔ اسی طرح نہایت زیادہ تعداد پر $\frac{1}{\omega C_b}$ کو تصریح دور تصور کیا جاتا ہے۔ ایسا کرتے ہوئے C'_e کے



شکل ۶.۱۶

متوازی کل مزاحمت حاصل کرتے ہیں

$$\frac{1}{R_{mCe'}} = \frac{1}{r_i} + \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R'_e}$$

۔

$$R_{mCe'} = 16 \text{ k}\Omega$$

حاصل ہوتا ہے۔ ہم تو چکرتے ہیں کہ یوں C'_e سے حاصل قطب

$$\frac{1}{R_{mCe'} \times C'_e} = \frac{1}{16 \times 10^3 \times 4 \times 10^{-6}} = 15.625 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

پرپلیا جبائے 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 جبائتا 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 ہے 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 پر کرتے ہوئے حل کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned} A_v &= \frac{-R_c \beta \left(sC'_e + \frac{1}{R'_e} \right)}{\left(r_i + \frac{1}{sC_b} \right) \left(\frac{1}{R_m} + sC'_e \right) + 1} \\ &= \frac{-R_c \beta \left(sC'_e + \frac{1}{R'_e} \right)}{\frac{r_i}{R_m} + sr_i C'_e + \frac{1}{sR_m C_b} + \frac{C'_e}{C_b} + 1} \end{aligned}$$

کسر کے نیچے ہے میں s کی تعلق سے اجزاء اکٹھے کرتے ہوئے حل کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned} A_v &= \frac{-R_c \beta \left(sC'_e + \frac{1}{R'_e} \right)}{sr_i C'_e + \left(\frac{r_i}{R_m} + \frac{C'_e}{C_b} + 1 \right) + \frac{1}{sR_m C_b}} \\ &= \frac{-R_c \beta R_m C_b \left(sC'_e + \frac{1}{R'_e} \right) s}{s^2 r_i C'_e R_m C_b + s \left(\frac{r_i}{R_m} + \frac{C'_e}{C_b} + 1 \right) R_m C_b + 1} \\ &= \frac{-R_c \beta R_m C_b C'_e \left(s + \frac{1}{R'_e C'_e} \right) s}{r_i C'_e R_m C_b \left[s^2 + s \left(\frac{r_i}{R_m} + \frac{C'_e}{C_b} + 1 \right) \frac{1}{r_i C'_e} + \frac{1}{r_i C'_e R_m C_b} \right]} \end{aligned}$$

اس مزید یوں لکھ سکتے ہیں۔

$$\begin{aligned} A_v &= \frac{\frac{-R_c \beta}{r_i} \left(s + \frac{1}{R'_e C'_e} \right) s}{s^2 + s \left(\frac{1}{R_m C'_e} + \frac{1}{r_i C_b} + \frac{1}{r_i C'_e} \right) + \frac{1}{r_i C'_e R_m C_b}} \\ &= \frac{\frac{-R_c \beta}{r_i} \left(s + \frac{1}{R'_e C'_e} \right) s}{s^2 + s \left[\frac{1}{R_m C'_e} + \frac{1}{r_i} \left(\frac{1}{C_b} + \frac{1}{C'_e} \right) \right] + \frac{1}{R_m C'_e r_i C_b}} \end{aligned}$$

اس مساوات میں

$$(2.33) \quad \begin{aligned} \omega_c &= \frac{1}{R'_e C'_e} = \frac{1}{R_e C_e} \\ \omega_1 &= \frac{1}{R_m C'_e} \\ \omega_2 &= \frac{1}{r_i} \left(\frac{1}{C_b} + \frac{1}{C'_e} \right) \\ \omega_3 &= \frac{1}{r_i C_b} \end{aligned}$$

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

$$(2.35) \quad \begin{aligned} A_v &= \frac{\frac{-R_c \beta}{r_i} (s + \omega_c) s}{(s + \omega_{q1})(s + \omega_{q2})} \\ &= \frac{\frac{-R_c \beta \omega_c}{\omega_{q1} \omega_{q2}} \left(\frac{s}{\omega_c} + 1 \right) s}{\left(\frac{s}{\omega_{q1}} + 1 \right) \left(\frac{s}{\omega_{q2}} + 1 \right)} \end{aligned}$$

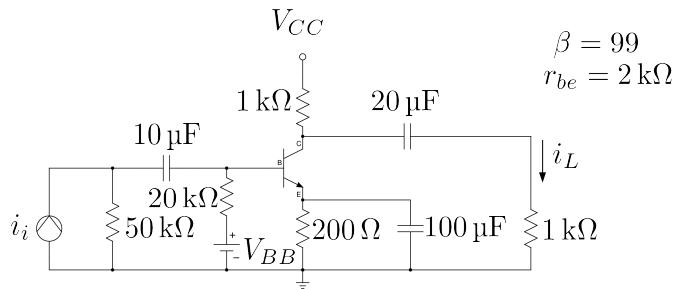
جس اس

$$(2.36) \quad \begin{aligned} \omega_{q1} &= \frac{-(\omega_1 + \omega_2) - \sqrt{(\omega_1 + \omega_2)^2 - 4\omega_1 \omega_3}}{2} \\ \omega_{q2} &= \frac{-(\omega_1 + \omega_2) + \sqrt{(\omega_1 + \omega_2)^2 - 4\omega_1 \omega_3}}{2} \end{aligned}$$

ہیں۔

۶.۸ بیس، ایمٹر اور لکلکٹر 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 اسے انتظامی تعداد زیادہ تعداد پر پائے جانے والے کونے پر ہو گا۔ ایکلیپسیٹر تخلیق دیتے ہوئے اس حقیقت کو عسوماً بروئے کار لایا جاتا ہے۔



شکل ۶.۱۷

اسی طرح مثال ۶.۷ میں یہ حقیقت سامنے آئی کہ بیس اور بیس روہ دونوں پر کمیٹر نسبت ہونے کی صورت میں دور کو حل کرنا دشوار ہوتا ہے اور اسے حل کرنے سے زیادہ وقت میں استعمال میا واتیں 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 جہاتا ہے۔ ایمپلیفیگر کی پست انقطعی تعدد اشارے کے کم سے کم ممکن تعدد سے کم رکھا جاتا ہے۔ یہ ایمپلیفیگر پست انقطعی تعدد کے درمیانی تعداد کی افزائش برقرار رکھتا ہے جبکہ پست انقطعی نقطے سے کم تعدد پر ایمپلیفیگر کی کارکردگی ابھیت نہیں رکھتی چونکہ اس خطے میں اسے استعمال نہیں کیا جاتا۔

$C = \frac{1}{\omega_0 R_m}$ لیتے ہوئے $\omega_0 = \frac{1}{R_m C_m}$ حاصل ہوتا ہے۔ یہ کم R_m کی صورت میں C کی بڑی قیمت سے حاصل ہوتی ہے۔ حقیقی ایمپلیفیگر میں C_E کے ساتھ کل متوالی جبڑی مزاحمت کی قیمت C_C اور C_B کے متوالی مزاحمتوں سے کم ہوتی ہے۔ لہذا کمی بھی 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 رکھا جاتا ہے۔ یہ حاصل C_E کی قیمت کم سے کم ہوتی ہے۔ 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 رکھنا 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 $A_i = \frac{i_L}{i_i}$ کا درمیانی تعدد پر افزائش $A_i = \frac{i_L}{i_i}$ 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 استعمال

کئے گئے ہیں۔ درمیانی تعداد 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 پر اب غور کرتے ہیں۔ C_e کا عکس ٹرانزسٹر کے یہیں جواب لیا گیا ہے جو کہ $1 \mu\text{F}$ کے برابر ہے۔ یوں جن تعداد پر $1 \mu\text{F}$ 1 اہمیت رکھتا ہے ان تعداد پر C_b بطور تصریح دور کردار ادا کرے گا۔ C_b کو تصریح دور تصور کرتے ہوئے $1 \mu\text{F}$ کے متوالی کل مساحت

$$R'_e \parallel (r_{be} + r_i \parallel R_b) = 8.976 \text{ k}\Omega$$

حاصل ہوتا ہے لہذا $1 \mu\text{F}$ سے حاصل قطب

$$\omega_{qe} = \frac{1}{10^{-6} \times 8976} = 111.4 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

پر پیاہبائے گا۔ اسی طرح جن تعداد پر $10 \mu\text{F}$ 1 اہمیت رکھتا ہے ان تعداد پر $1 \mu\text{F}$ 1 بطور کھلے دور کردار ادا کرے گا۔ $1 \mu\text{F}$ کو کھلے دور تصور کرتے ہوئے $10 \mu\text{F}$ کے متوالی کل مساحت

$$r_i + R_b \parallel [r_{be} + R'_e] = 60.476 \text{ k}\Omega$$

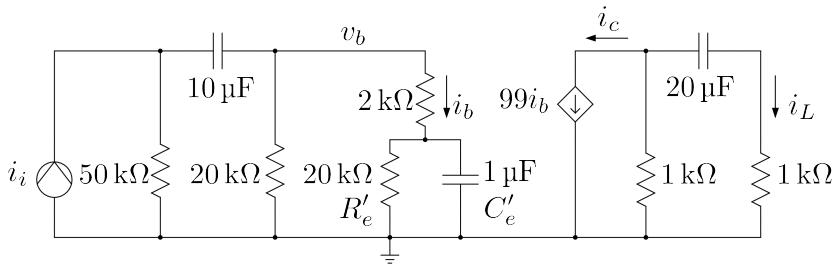
حاصل ہوتا ہے اور یوں

$$\omega_{qb} = \frac{1}{10 \times 10^{-6} \times 60476} = 1.65 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

پر قطب پیاہبائے گا۔ آپ نے دیکھا کہ

$$\omega_{qe} \gg \omega_{qc} \gg \omega_{qb}$$

ہیں۔ یوں پست انتظامی تعداد $\omega_{qe} = \omega_L$ 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

$$\left| \frac{1}{\omega_{qe} C_b} \right| = \frac{1}{111.4 \times 10 \times 10^{-6}} = 0.898 \text{ k}\Omega$$

ہے۔ 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

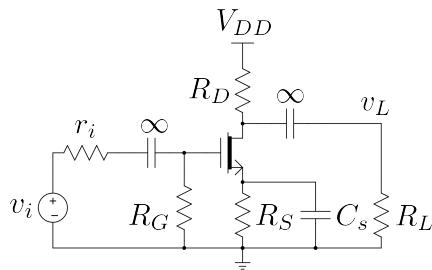
$$\left| \frac{1}{\omega_{qb} C'_e} \right| = \frac{1}{1.65 \times 10^{-6}} = 606 \text{ k}\Omega$$

ہے اہنہذا C_e پر ω_{qb} کو کھلے دور تصور کیا جاسکتا ہے۔

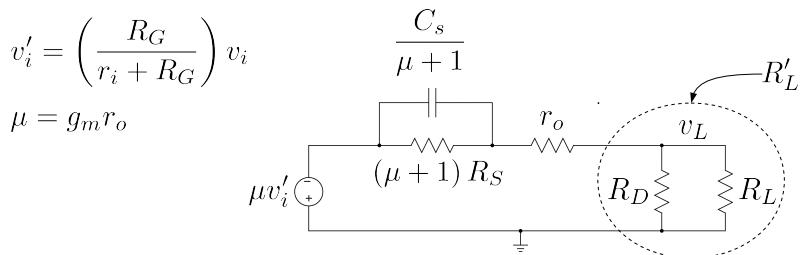
۶.۹ پست نقطائی تعداد بذریعہ سورس کپیسٹر

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 ۶.۱۹



شکل ۶.۲۰

کے برابر ہے۔ یوں صفحہ ۲۵۳ پر شکل ۶.۱۵ کے طرز پر موجودہ دور کا مساوی دور بناتے ہوئے شکل ۶.۲۰ 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 ملکیت ہوتا ہے۔ پہلی تو سین میں میں μ پر کرنے سے اس تو سین کو

$$\begin{aligned} \frac{-g_m r_o R'_L}{r_o + R'_L} &= -g_m (r_o \| R'_L) \\ &= -g_m (r_o \| R_L \| R_D) \\ &= -g_m R_{\parallel} \end{aligned}$$

لکھ جا سکتا ہے جہاں

$$R_{\parallel} = r_o \| R_L \| R_D$$

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 ملکیت ہوتا ہے۔ امنزائلش

$$(۱.۷۷) A_v = \frac{v_L}{v_i} = \left(\frac{v_L}{v'_i} \right) \times \left(\frac{v'_i}{v_i} \right)$$

$$(۱.۷۸) = -g_m R_{\parallel} \left[\frac{s + \frac{1}{R_S C_s}}{s + \omega_L} \right] \left(\frac{R_G}{r_i + R_G} \right)$$

کے برابر ہے جس کا

$$(2.49) \quad \omega_L = \frac{(\mu + 1) R_S + r_o + R'_L}{R_S C_s (r_o + R'_L)}$$

پست انتظامی تعداد ہے۔ ω کو مزید یوں لکھا جاتا ہے

$$(2.50) \quad \omega_L = \frac{1}{R_m \frac{C_s}{\mu+1}}$$

جس کا شکل ۲.۲۰ 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 ۲.۳۷ 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

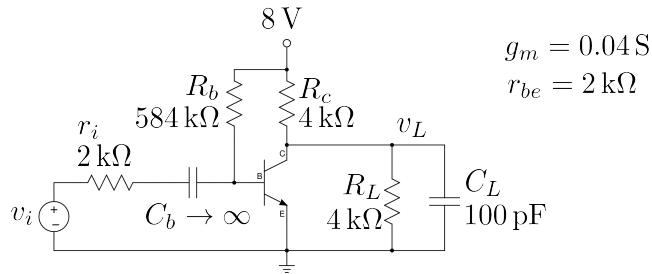
$$(2.51) \quad A_{vD} \approx -g_m R_{\parallel}$$

لکھا جاتا ہے۔

مثال ۲.۱۹: شکل ۲.۱۹ 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 ۲.۴۹ 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

مساویات ایڈمیں

$$\frac{1}{R_{\parallel}} = \frac{1}{10000} + \frac{1}{100000} + \frac{1}{4700} = 3.22765 \times 10^{-4}$$

$$R_{\parallel} = 3098$$

پر کرتے ہوئے

$$A_{vD} = -0.004 \times 3098 = -12.4 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

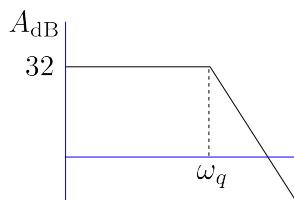
حاصل ہوتا ہے۔

اب تک ہم نے جتنے بھی مثال دیکھے ان تمام میں بیرونی جبٹے کپیٹر کی وحیبے سے پست نقطائی نقطے حاصل ہوئے۔ آئیں اب ایک ایسا مثال دیکھیں جہاں بیرونی کپیٹر کی وحیبے سے زیادہ تعداد کا اشارہ متاثر ہوتا ہو۔ اس مثال سے زیادہ تعداد کے مسائل بھی سامنے آئیں گے جن کا آگے تفصیل احباہ لیا جائے گا۔

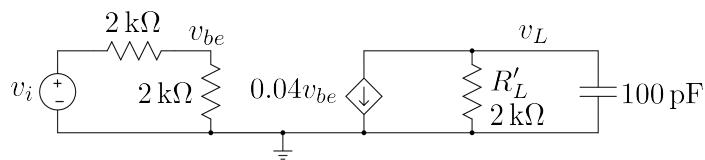
مثال ۶.۱۰: شکل ۶.۲۱ میں $A_v = \frac{v_L}{v_i}$ کی مساوات حاصل کرتے ہوئے اس کا بوداخط کھینچیں۔
حل: اس کو آپ آسانی سے حل کر سکتے ہیں۔ جواب مندرجہ ذیل ہے۔

$$A_v = -g_m \left(\frac{R_b \parallel r_{be}}{r_i + R_b \parallel r_{be}} \right) \left(\frac{R_c \parallel R_L}{\frac{s}{\omega_q} + 1} \right) = \frac{-40}{\frac{s}{5 \times 10^6} + 1}$$

$$\omega_q = \frac{1}{(R_c \parallel R_L) C_L} = 5 \times 10^6$$



شکل ۶.۲۲



شکل ۶.۲۳

بودا خاطر شکل ۶.۲۲ میں دیا گیا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ ω_q سے کم تعداد کے اشارات پر کمیٹر کا کوئی اثر نہیں۔ یوں ω_q بلند افکار میں تعدد 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 اور $K = 0.8$ ہے

$$v_L = 0.8 \left(e^{-\frac{t}{R'_L C_L}} - 1 \right)$$

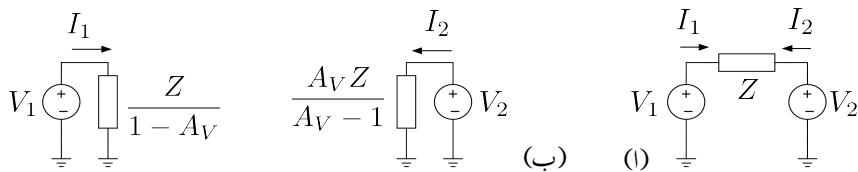
$$= 0.8 \left(e^{-5 \times 10^6 t} - 1 \right)$$

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 کپیسٹر ہوتا ہے جسے کم کرنے کی پوری کوشش کی جاتی ہے۔ اس مثال میں کپیسٹر کی بدولت دور کے رفتار میں مستقیماً پیدا ہونا یکھا گیا۔ آئیں اب بلند تعداد انقطائی لفظوں پر غور کریں اور جن کپیسٹروں 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 یکساں 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

$$\begin{aligned} I_2 &= \frac{V_2 - V_1}{Z} \\ &= V_2 \left(\frac{1 - \frac{V_1}{V_2}}{Z} \right) \\ &= \frac{V_2}{\left(\frac{Z}{1 - \frac{V_1}{V_2}} \right)} \end{aligned}$$

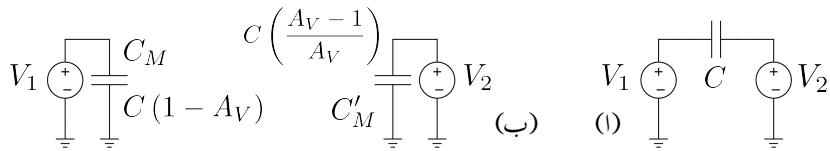
۷

$$(۶.۵۶) \quad I = \frac{V_2}{Z'_M}$$

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



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

$$(6.59) \quad C'_M = C \left(1 - \frac{1}{A_V}\right)$$

حصہ میں بار بار استعمال ہو گا۔ C_M مل کیپیسٹر ۳۳ پکار احبا تے ہے۔

۶.۱۱ بند تعدادی رد عمل

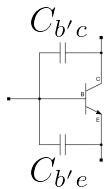
گزشتہ حصوں میں پست تعداد پر ٹرانزسٹر ایمپلیفیاٹر کی کارکردگی دیکھی گئی جس ٹرانزسٹر کے ساتھ بیرونی جبڑے کپیٹروں کی وجہ سے پائے جانے والے پست انقلائی قطلوں پر غور کیا گیا۔ اس حصے میں بلند تعداد پر ایمپلیفیاٹر کی کارکردگی دیکھی جائے گی۔ بلند تعداد پر ٹرانزسٹر کے ساتھ بیرونی جبڑے کپیٹروں کی برقی رکاوٹ $\frac{1}{wC}$ نہیں یہ کم ہوتی ہے اور یوں انہیں قصر دور تصور کیا جاتا ہے۔ بلند تعداد پر ٹرانزسٹر کے اندر ونی کپیٹروں کی وجہ سے باند انقلائی نقطے پیدا ہوتے ہیں جس پر اس حصے میں غور کیا جائے گا پہلے $p-n-p$ ٹرانزسٹر کو مثال بناتے ہوئے ان اندر ونی کپیٹروں پر تبصرہ کرتے ہیں۔

۶.۱۱. بند تعدادی پایه π ریاضی نموده

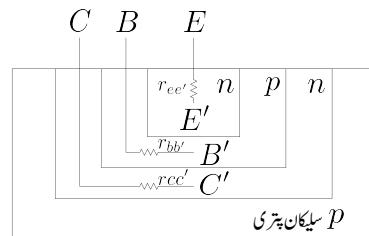
اس تنہال کے دوران ٹرانزیستر کے تیس۔ یہ مژوڑ کو الٹ مائل رکھا جاتا ہے۔ بالکل ڈائیوڈ کی طرح، اس الٹ مائل $p-n-p$ میں جو ڈپر ویران خط پایا جاتا ہے جس کے ایک جانب مثبت بار جبکہ دوسری جانب منفی بار پایا جاتا ہے۔ یہ دو الٹ قسم کے بار مسل کر کیمیٹر کو صنم دینے میں ہے $C_{b'e}$ کی علامت سے پہچانا جاتا ہے۔ اس کمپیٹر کی قیمت نہایت کم ہوتی ہے جو پست تعداد پر چلنے والے ٹرانزیستروں میں 30 pF کے لگ بھگ جبکہ بہت تعداد پر چلنے والے ٹرانزیستروں میں 1 pF کی قیمت میں 1 یا اس سے بھی کم ہوتی ہے۔ اس کمپیٹر کی قیمت اس مائل کرنے والے بر قی دباؤ V_{CB} پر مخصوص ہوتی ہے۔ حقیقت میں $C_{b'e}$ کی قیمت $V_{CB}^{-\frac{1}{3}}$ یا $V_{CB}^{-\frac{1}{2}}$ کے تناسب سے تبدیل ہوتی ہے۔ صنعت کار عہوماً C_{ob} کو پکار کر اس کی قیمت کمپیٹر کے معالماتی صفات میں پیش کرتا ہے۔

اس کے علاوہ جیسے۔ یہ مژوڑ کیمیٹر $C_{b'e}$ پایا جاتا ہے جس کی قیمت 5000 pF 100 pA جلتی ہے۔ آئین دیکھیں کہ یہ کمپیٹر کس طرح چیدا ہوتا ہے۔ ٹرانزیستر کے بھیس۔ یہ مژوڑ پر شبہ اشارے کی موجودگی میں یہ مژوڑ سے یہ میں کی جانب آزاد ایکٹر ان رواؤ ہوتے ہیں جن کامیٹر حصہ یہس خطے سے بذریعہ نفوذ گزر کر آختہ رکارڈ کلکٹر پہنچ کر i_e کا حصہ بنتے ہیں۔ اب تصور کریں کہ اس سے پہلے کہ ایکٹر ان یہس خطے سے گز پانی، مہیا کردہ اشارہ منفی ہو جاتا ہے۔ آزاد ایکٹر ان اشارے کی منی حقیقت کو دیکھتے ہوئے واپس یہ مژوڑ سے کی جانب پل پڑیں گے۔ تیجت گلکش سے پر بر قی رو i_n کی مقدار نہیں کم ہو جائے گی۔ اس عمل کو مدم نظر رکھتے ہوئے آپ دیکھ سکتے ہیں کہ ٹرانزیستر کے کارکردگی کے لئے ضروری ہے کہ یہس خطے ایکٹر ان کے گزرنے کا دورانیہ مہیا کردہ اشارے کے دوری عرصے سے کم ہو۔ جیسے جیسے اشارے کی تعداد بڑھائی جائے، ویسے دیسے گلکش بر قی رو i_n کی قیمت کم ہو جاتی ہے۔ بڑھتی تعداد کی وجہ سے کم بر قی رو کے حصول کو کمپیٹر $C_{b'e}$ سے ظاہر کیا جاتا ہے۔ بدلتے اشارے کی وجہ سے یہس خطے سے گزرنے والے آزاد ایکٹر ان کبھی گلکٹر اور کبھی یہ مژوڑ کی جانب پہنچنے کی کوشش ہی کرتے رہ جاتے ہیں۔ یوں یہس خطے میں گھیرے ایکٹر انوں کی تعداد بالکل بر قی رو I_{EQ} پر مخصوص ہوتی ہے۔ $C_{b'e}$ کی مقدار یہس خطے میں گھیرے بار کی مقدار پر مخصوص ہوتی ہے اور یوں اس کی قیمت بر قی رو کے راست تناسب ہوتی ہے۔ ٹرانزیستر کے اندر وی کمپیٹر کو شکل ۶.۲۶ میں بطور بیرونی کمپیٹر دکھا گا۔

باب ۲۔ ایکلیپسائز کا تعدادی رد عمل اور فلسر



شکل ۲.۲۶: ٹرانزسٹر کے اندر ونی پیسٹر کو بطور بیرونی پیسٹر دکھایا گیا ہے

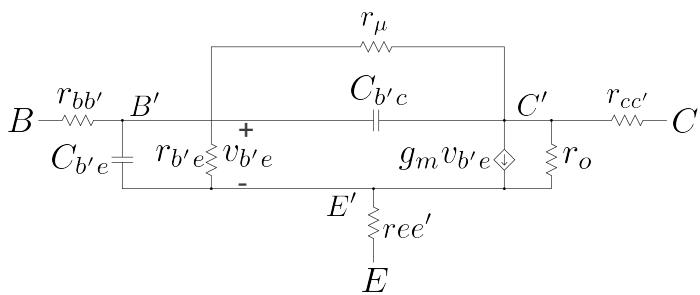


شکل ۲.۲۷: ٹرانزسٹر کے اندر ونی مزاحمت

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 لکھر 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 $r_{cc'}, r_{ee'}$ 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 کام ادھور دکھایا گیا ہے جس میں $r_{cc'}$ ، $r_{ee'}$ 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

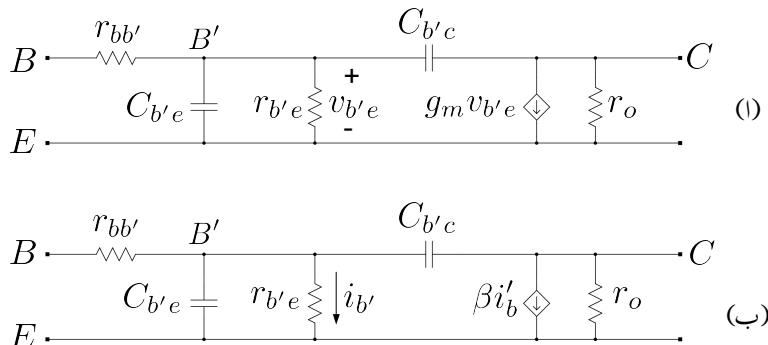
بے پست تعدادی پائے ریاضی نمونے کے حصہ r_{be} کو یہاں $r_{b'e}$ کہا گیا ہے۔ یوں مساوات ۳.۱۸۷ کے تحت

$$(2.20) \quad r_{b'e} = \frac{\beta V_T}{I_{CQ}}$$

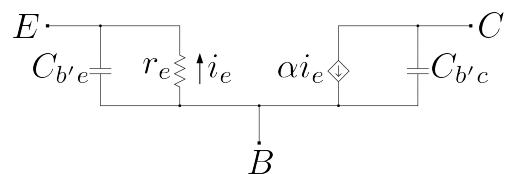
کے برابر ہے۔ $i'_b r_{b'e} = i'_b r_{b'e}$ لکھتے ہوئے اور مساوات ۳.۱۸۸ سے $g_m = \frac{\beta}{r_{b'e}}$ کے استعمال سے شکل اف ۲ کے کھلاشتاتے ہے جس سے قدر مختلف شکل ب میں دکھایا گیا بلند تعدادی پائے ریاضی نمونے حاصل ہوتا ہے۔ شکل ب میں i'_b پر دوبارہ غور کریں۔ یہ $r_{b'e}$ میں سے گزرتی برقی رو ہے ناکہ ٹرانزسٹر کے بینروں میں سے پہلی جبانے والی برقی رو۔ ٹرانزسٹر اس 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 ٹی ریاضی نمونے کو صفحہ ۲۸۶ پر شکل ۲.۳ میں دکھایا گیا ہے۔ شکل ۲.۳ سے میں ٹرانزسٹر کے اندر ونی پیسٹر کے شمولیت سے شکل ۲.۳۰ حاصل ہوتا ہے جس میں $r_{bb'}$ شامل نہیں کیا گیا۔ ٹی ریاضی نمونے کا استعمال مشترک کیس ایپلیفیکٹ حل کرتے وقت آتا ہے جہاں $r_{bb'}$ کے اثر ناظر انداز کرنا ممکن ہوتا ہے۔ ٹی ریاضی نمونے میں i_e وہ برقی رو ہے جو اندر ونی مزاجت r_e میں سے گزرتی ہے۔

۲.۱۱.۲ مشترک کم بیشتر بلند انقطاعی تعدد

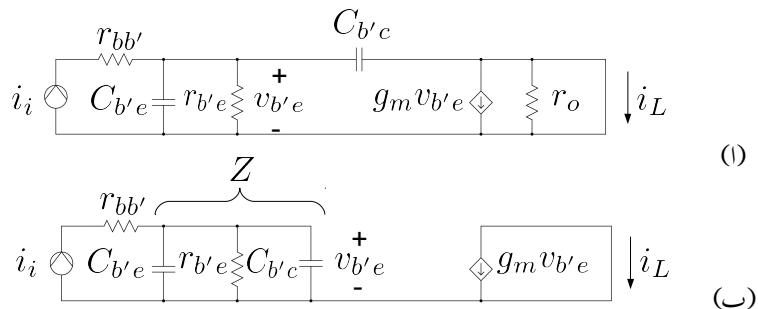
شکل ۲.۲۹ اف کے حنارتی جبانے برقی بوجہ R_L جو زکر افزائش برقی رو $\frac{i_L}{i_i}$ حاصل کی جاسکتی ہے جس کی قیمت R_L بڑھانے سے گھٹے گی۔ ایسا کرنے کی وجہ، جیسا کہ شکل ۲.۳۱ اف میں دکھایا گیا ہے، ہم $A_i = R_L$ رکھتے ہوئے قصر دور افزائش برقی رو A_i حاصل کرتے ہیں جو اس کی زیادہ ممکن قیمت ہے۔ چونکہ R_L سے مزاد ٹرانزسٹر کے ٹلکٹر کو اس کے بیٹھنے کے ساتھ جوڑنا ہے لہذا ایسا کرنے سے r_o بھی قصر دور ہو جاتا ہے اور ساتھ ہی ساتھ $C_{b'c}$ کا ایک سر ابرقی زمین کے ساتھ جبڑ جاتا ہے۔ چنانکہ ٹرانزسٹر کا ٹلکٹر بھی برقی رو میں پر ہے لہذا $C_{b'c}$ کا یہ سر ایٹھر کے ساتھ جبڑ جاتا ہے۔ ان حقائق کو مد نظر رکھتے ہوئے شکل ب حاصل ہوتا ہے۔ شکل اف میں ہم دیکھتے ہیں کہ $C_{b'c}$ میں داخلی جبانے سے حنارتی جبانے



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

$$\begin{aligned}\frac{1}{Z} &= sC_{b'e} + sC_{b'c} + \frac{1}{r_{b'e}} \\ &= \frac{s(C_{b'e} + C_{b'c}) r_{b'e} + 1}{r_{b'e}}\end{aligned}$$

کے

$$Z = \frac{r_{b'e}}{s(C_{b'e} + C_{b'c}) r_{b'e} + 1}$$

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 حقیقت

$$(6.23) \quad |A_i|_{v_{ce}=0} = \frac{\beta}{\sqrt{1 + \left(\frac{f}{f_\beta}\right)^2}}$$

حاصل ہوتی ہے۔ f_β کو ڈریفرینس سٹر کی قصر دور باند انظار میں تعداد کرتے ہیں۔ مساوات ۶.۲۲ میں $C_{be'} \gg C_{bc'}$ ہونے 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 حقیقت 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 جا سکتی ہے جس پر تصریح انفرائش کی حقیقت ایک (۱) کے برابر ہو۔ اس تعداد کو ω_T لکھتے ہوئے

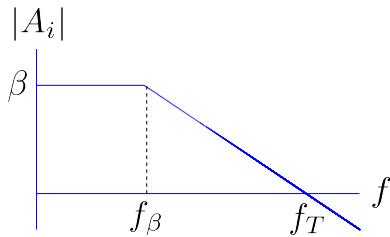
$$|A_i| = \frac{\beta \omega_\beta}{\sqrt{\omega_T^2 + \omega_\beta^2}} = 1$$

—

$$\beta \omega_\beta = \sqrt{\omega_T^2 + \omega_\beta^2}$$

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 بواخت

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

$$(2.26) \quad \begin{aligned} \omega_T &\approx \beta \omega_\beta \\ f_T &\approx \beta f_\beta \end{aligned}$$

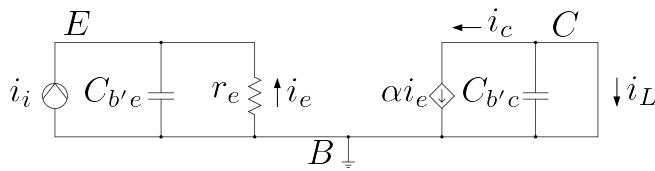
لکھ جائے۔ اس مساوات کے تحت f_T دراصل ٹرانزسٹر کے β اور f_β کا مصالح ضرب ہے۔ اسی سے f_T کو ٹرانزسٹر کا افراہٹ ضربے دائرہ کارکردگی ۳۳ کہتی ہے۔ ٹرانزسٹر کے بلند تعدادی صلاحیت کو اس کے معلومانے صفتیات میں بطور f_T پیش کیا جاتا ہے۔ یوں کسی بھی اشارے کو بڑھانے کی حاضر استعمال کے جانے والے ایک پیغام کے ٹرانزسٹر کی f_T اس اشارے کی تعداد سے زیادہ ہو ناظوری 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 پیس تصریحی دو برقی روانہ اسٹر

مادا ۶.۲۲ کے مطابق f_T وہ حتی بلند تعداد ہے جس تک مشترک ٹرانزیستر ایمپلیفائز اشارے کا چیلنج ہانے کی صلاحیت رکھتا ہے۔ اس مادا کو حاصل کرتے وقت $C_{b'c}$ کے راستے ملکشہ تک پہنچتے ہیں تو کو ظفر انداز کیا جس کی وجہ سے حقیقت میں مشترک ٹرانزیستر ایمپلیفائز کبھی بھی f_T تعداد کے اشارات کو نہیں بڑھا سکتا۔

۶.۱۱.۳ مشترک پیس بلند نقطائی تعداد

آئین مشترک پیس طرز پر استعمال کے حبانے والے ایمپلیفائز کی بلند نقطائی تعداد حاصل کریں۔ بلند نقطائی تعداد ٹرانزیستر کے ساتھ بیرونی جبڑے مزاحمت وغیرہ پر بھی محفوظ ہو گا۔ دو مختلف ٹرانزیستروں کا آپس میں موازنے کرنے کے لئے یہ ضروری ہے کہ ٹرانزیستر کے ساتھ بیرونی جبڑے پر زوں کے اثر کو شاملا ہے کیا جائے۔ یوں مشترک پیس بلند تعدادی ریاضی نمونے کو استعمال کرتے ہوئے شکل ۶.۳۳ کو خوبی ضربے سے حل کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned} A_i \Big|_{v_{cb} \rightarrow 0} &= \frac{i_L}{i_i} = \left(\frac{i_L}{i_c} \right) \left(\frac{i_c}{i_e} \right) \left(\frac{i_e}{i_i} \right) \\ &= (-1) (\alpha) \left(\frac{-\frac{1}{j\omega C_{b'e}}}{r_e + \frac{1}{j\omega C_{b'e}}} \right) \\ &= \frac{\alpha}{j\omega C_{b'e} r_e + 1} \end{aligned}$$

جہاں پہلی تو سین میں منی کی علامت اس لئے استعمال کئے گئے کہ اس تو سین کے 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 بالا مادا میں

$$C_{b'e} r_{b'e} = \frac{C_{b'e} r_{b'e}}{\beta} = \frac{1}{\beta \omega_\beta} = \frac{1}{\omega_T}$$

لیتے ہوئے اسے یوں لکھ سکتے ہیں۔

$$(۶.۲۸) \quad A_i \Big|_{v_{cb} \rightarrow 0} = \frac{\alpha}{j \frac{\omega}{\omega_T} + 1}$$

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

$$(۶.۲۹) \quad \omega_\alpha = \beta \omega_\beta = \omega_T$$

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

$$(۶.۳۰) \quad \omega_\alpha = (1 + \lambda) \omega_T$$

کے برابر ہوتا ہے جہاں λ کی قیمت ۰.۲ تا ۰.۴ ہوتی ہے۔ λ کی عسموی قیمت ۰.۴ ہے۔

۶.۱۱.۳ f_T کا تجربی تخمینہ

f_T نہایت بلند تعداد ہے جسے ناپنافتدر مسئلہ ہوتا ہے۔ مساوات ۶.۲۳ 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 جاتا ہے۔

$$(۶.۳۱) \quad |A_i|_{v_{ce}=0} \approx \frac{\beta f_\beta}{f_1} = \frac{f_T}{f_1}$$

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 ۶.۲۷ کے سے $C_{b'e}$ کی قیمت حاصل کی جاتی ہے۔

مثال ۶.۱۲: 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 ۶.۲۷ کی مدد سے

$$f_T = 41.5 \times 6.5 \text{ MHz} \approx 270 \text{ MHz}$$

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 ۶.۳۷ 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۔

۶.۱۱.۵ برقی بوجھ کے موجودگی میں بلند تعدادی رد عمل

شکل ۶.۳۸ میں مشترکہ ایپلیٹر اور اس کا بلند تعدادی دور دکھایا گیا ہے۔ یہ بلند تعدادی رد عمل ہونے والے مشترکہ ایپلیٹر 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 ۶.۳۵ اف میں اس ہے کو پیش کیا گیا ہے جس کا تھوڑا برقی دباد v_{th} اور تھوڑی مزاحمت R_{th} کی نتیجہ ہیں کی گئی ہے۔ شکل ۶.۳۵ ب میں مساوی تھوڑا دور دکھایا گیا ہے۔ متوازی جبڑے اور R_2 کی کل مزاحمت کو R_B یعنی

$$(6.42) \quad R_B = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

لکھتے ہوئے

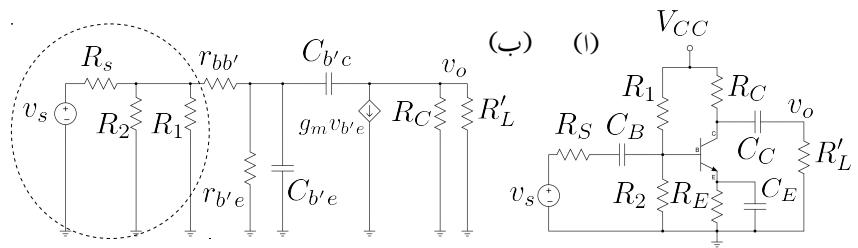
$$(6.43) \quad v_{th} = \left(\frac{R_B}{R_S + R_B} \right) v_s$$

$$(6.44) \quad R_{th} = \frac{R_S R_B}{R_S + R_B}$$

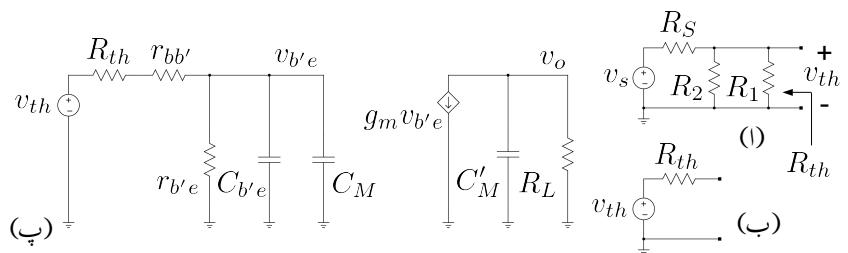
حاصل ہوتے ہیں۔ شکل ۶.۳۸ ب میں R_C اور R'_L متوازی جبڑے ہیں۔ ان کے کل مزاحمت کو R_L لکھتے ہیں یعنی

$$(6.45) \quad R_L = \frac{R_C R'_L}{R_C + R'_L}$$

$C_{b'c}$ 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 ۶.۳۵ 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 ۶.۳۸ 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

$$(2.80) \quad C'_M \approx C_{b'c}$$

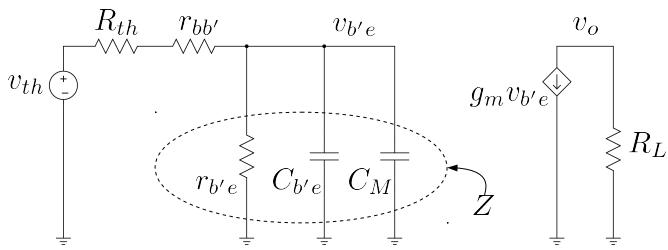
ہو گا۔ $C_{b'c}$ کی قیمت انتہائی کم ہوتی ہے۔ یہ اس کے برقی رکاوٹ کی حقیقت برقی بوجھ سے بہت زیادہ ہو گی یعنی

$$(2.81) \quad \left| \frac{1}{j\omega C_{b'c}} \right| \gg R_L$$

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

$$\frac{1}{Z} = s(C_{b'c} + C_M) + \frac{1}{r_{b'e}}$$



شکل ۲.۳۲: میلر کپیشن کے اثرات

$$(2.82) \quad Z = \frac{r_{b'e}}{s(C_{b'e} + C_M)r_{b'e} + 1}$$

عمل ہوتا ہے زنجیری ضربے

$$A'_v = \frac{v_o}{v_{th}} = \left(\frac{v_o}{i_c} \right) \left(\frac{i_c}{v_{b'e}} \right) \left(\frac{v_{b'e}}{v_{th}} \right)$$

$$= (-R_L)(g_m) \left(\frac{Z}{R_{th} + r_{bb'} + Z} \right)$$

عمل ہوتا ہے اس میں Z کی تیز استعمال کرتے ہوئے حل کرتے ہیں۔

$$A'_v = -R_L g_m \left(\frac{\frac{r_{b'e}}{s(C_{b'e} + C_M)r_{b'e} + 1}}{R_{th} + r_{bb'} + \frac{r_{b'e}}{s(C_{b'e} + C_M)r_{b'e} + 1}} \right)$$

$$= \frac{-R_L g_m r_{b'e}}{[s(C_{b'e} + C_M)r_{b'e} + 1](R_{th} + r_{bb'}) + r_{b'e}}$$

$$= \frac{-R_L g_m r_{b'e}}{s(C_{b'e} + C_M)r_{b'e}(R_{th} + r_{bb'}) + R_{th} + r_{bb'} + r_{b'e}}$$

$$= \frac{-R_L g_m r_{b'e}}{(C_{b'e} + C_M)r_{b'e}(R_{th} + r_{bb'}) \left[s + \frac{R_{th} + r_{bb'} + r_{b'e}}{(C_{b'e} + C_M)r_{b'e}(R_{th} + r_{bb'})} \right]}$$

$$(2.83) \quad A'_v = - \left[\frac{g_m R_L}{(C_{b'e} + C_M)(R_{th} + r_{bb'})} \right] \left(\frac{1}{s + \omega_H} \right)$$

لکھا جا سکتا ہے جیسا

$$(2.83) \quad \begin{aligned} \omega_H &= \frac{R_{th} + r_{bb'} + r_{b'e}}{(C_{b'e} + C_M) r_{b'e} (R_{th} + r_{bb'})} \\ &= \frac{1}{[r_{b'e} \| (R_{th} + r_{bb'})] (C_{b'e} + C_M)} \\ &\quad \frac{1}{R_m (C_{b'e} + C_M)} \end{aligned}$$

۴.۳۶ میں ω_H کی مساوات جانی بچپنی 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

$$(2.84) \quad \begin{aligned} \omega_H &= \frac{1}{(C_{b'e} + C_M) r_{b'e}} \\ f_H &= \frac{1}{2\pi (C_{b'e} + C_M) r_{b'e}} \end{aligned}$$

۴.۳۷ میں دئے گئے ω_β کا مساوات ω_H کا مساوات کرتے ہیں۔

$$(2.84) \quad \frac{\omega_\beta}{\omega_H} = \frac{\left(\frac{1}{C_{b'e} r_{b'e}}\right)}{\left[\frac{1}{(C_{b'e} + C_M) r_{b'e}}\right]} = \frac{C_{b'e} + C_M}{C_{b'e}} = 1 + \frac{C_M}{C_{b'e}}$$

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۔

$$\begin{aligned} A_v &\approx - \left(\frac{g_m r_{b'e} R_L}{R_{th} + r_{bb'}} \right) \left(\frac{R_B}{R_S + R_B} \right) \left(\frac{1}{1 + \frac{s}{\omega_H}} \right) \\ &\quad \text{لکھتے ہوئے } g_m r_{b'e} = \beta \end{aligned}$$

$$(2.87) \quad A_v \approx - \left(\frac{\beta R_L}{R_{th} + r_{bb'}} \right) \left(\frac{R_B}{R_S + R_B} \right) \left(\frac{1}{1 + \frac{s}{\omega_H}} \right)$$

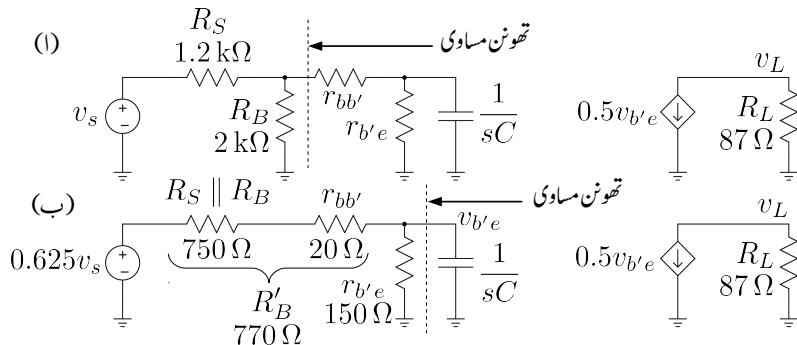
حاصل ہوتا ہے۔ اس مساوات سے درمیانی تعدد پر حاصل کرنے ہیں۔

$$(2.88) \quad |A_{vD}|_{\omega \ll \omega_H} = - \left(\frac{\beta R_L}{R_{th} + r_{bb'}} \right) \left(\frac{R_B}{R_S + R_B} \right)$$

مثال ۲.۳۳ میں شکل

$V_{CC} = 15 \text{ V}$	$R_1 = 7 \text{ k}\Omega$	$R_2 = 2.8 \text{ k}\Omega$
$R_C = 650 \text{ }\Omega$	$R'_L = 100 \text{ }\Omega$	$R_E = 260 \text{ }\Omega$
$C_{b'c} = 2 \text{ pF}$	$C_{b'e} = 220 \text{ pF}$	$r_{bb'} = 20 \text{ }\Omega$
	$\beta = 75$	$R_S = 1.2 \text{ k}\Omega$

باب ۶۔ ایکلینیٹر کا تعدادی رد عمل اور فلتر



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 رفراائز A_v اور بہندانقطائی تعدادی f_H حاصل کریں۔
حل: حل ۶.۱۱.۵ 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۔
 $R_L \parallel R_C \parallel R'_L$

$$R_L = \frac{650 \times 100}{650 + 100} = 87 \Omega$$

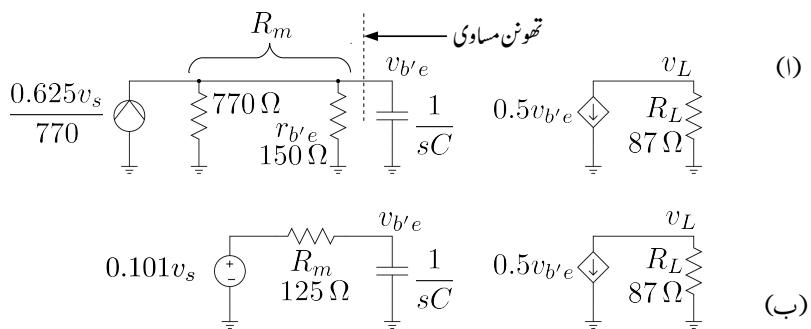
حاصل ہوتا ہے۔ شکل ۶.۳۷ ب سے مسئلہ ملکی مدد سے شکل ۶.۳۷ ب سے حاصل ہوتا ہے جیسا

$$\begin{aligned} C &= C_{b'e} + C_M \\ &= C_{b'e} + (1 + g_m R_L) C_{b'c} \\ &= 220 \times 10^{-12} + (1 + 0.5 \times 87) \times 2 \times 10^{-12} \\ &= 220 \text{ pF} + 89 \text{ pF} \\ &= 309 \text{ pF} \end{aligned}$$

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 حمل

جہاں تحونن مساوی مقدار

$$\left(\frac{R_B}{R_S + R_B} \right) v_s = 0.625 v_s \quad \text{تحونن دباؤ}$$

$$R_S \parallel R_B = 750 \Omega \quad \text{تحونن مسازھت}$$

میں دکھایا گیا ہے جہاں نارٹن مساوی برقرار رکھی گئی ہے شکل ۲.۳۸ اف میں۔ شکل ۲.۳۷ ب کے نقطہ دار لکیر سے باہمی جہابنگھے کا اب مساوی نارٹن دو لیتے ہیں جسے شکل ۲.۳۸ اف میں دکھایا گیا ہے جہاں نارٹن مساوی برقرار رکھی گئی ہے۔

$$\frac{0.625 v_s}{R'_B} = \frac{0.625}{770} v_s$$

کے برابر ہے۔ شکل ۲.۳۸ اف میں نقطہ دار لکیر کے باہمی جہابنگھے کا تحونن مساوی دو لیتے ہوئے شکل ب س مصلحت ہوتا ہے۔ شکل ۲.۳۸ ب کو دیکھ کر $v_{b'e}$ کی مساوات کمی جاسکتی ہے۔

$$v_{b'e} = 0.101 v_s \left(\frac{\frac{1}{sC}}{125 + \frac{1}{sC}} \right) = 0.101 v_s \left(\frac{1}{125 \times sC + 1} \right)$$

$$= \frac{0.101 v_s}{1 + \frac{j\omega}{26 \times 10^6}} = \frac{0.101 v_s}{1 + \frac{jf}{4 \times 10^6}}$$

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

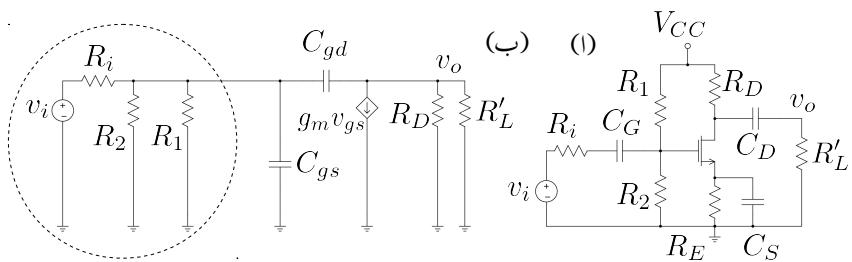
شکل ۶.۳۹ الف میں ماسفیٹ ایکلپیٹر اور شکل بے میں اسی کامساوی بلند تعدادی دور دکھایا گیا ہے جس میں ماسفیٹ کا بلند تعدادی ریاضی نمونہ استعمال کیا گیا ہے۔ ماسفیٹ کا بلند تعدادی ریاضی نمونہ ماسفیٹ کے پست تعدادی ریاضی نمونے میں C_{gd} اور C_{gs} اندر وہی کپیٹر کی شمولیت سے حاصل کیا گیا ہے۔ شکل ۶.۳۹ ب اور شکل 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 ۲.۳۹: ماسنیٹ ایکپیغا اور اس کا بلند تعدادی سادی 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

$$\begin{aligned} \frac{v_o}{v_{th}} &= \left(\frac{v_o}{i_d} \right) \left(\frac{i_d}{v_{gs}} \right) \left(\frac{v_{gs}}{v_{th}} \right) \\ &= (-Z_L) (g_m) \left(\frac{\frac{1}{j\omega(C_{gs} + C_M)}}{R_{th} + \frac{1}{j\omega(C_{gs} + C_M)}} \right) \\ &= - \left(\frac{g_m R_L}{j\omega C'_M R_L + 1} \right) \left(\frac{1}{j\omega(C_{gs} + C_M) R_{th} + 1} \right) \end{aligned}$$

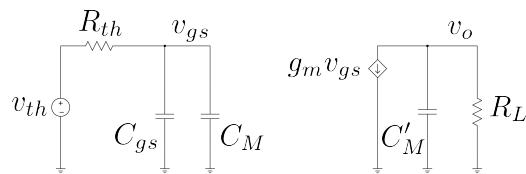
اس میں

$$(2.89) \quad \omega'_H = \frac{1}{C'_M R_L}$$

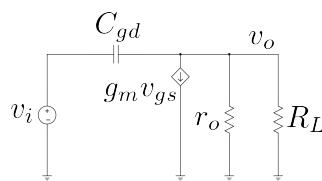
$$(2.90) \quad \omega_H = \frac{1}{(C_{gs} + C_M) R_{th}}$$

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: ماسیفیٹ 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' حاصل ہوتا ہے جسے گزشتہ ہے میں نظر انداز کیا گیا تھا۔ حقیقت میں $\omega_H \gg \omega_H'$ ہوتا ہے لہذا ماسیفیٹ ایکلیپیٹر میں بھی C'_M کی موجودگی کو نظر انداز کیا جاتا ہے۔ یہ رسمیت کا اثر کل امنڑا شیش پول 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 ماسیفیٹ 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 کا تینوں داخلی اشادہ v_i کے متوازن جبڑے ہیں لہذا ایکیٹ پر $v_i = v_o$ ہے۔

$$\begin{aligned} \frac{v_o - v_i}{j \frac{1}{\omega C_{gd}}} + g_m v_i + \frac{v_o}{R_L r_o} &= 0 \\ \frac{v_o}{v_i} &= \left(\frac{R_L r_o}{r_L + r_o} \right) \left[\frac{j \omega C_{gd} - g_m}{1 + \omega C_{gd} \left(\frac{R_L r_o}{R_L + r_o} \right)} \right] \end{aligned}$$

یعنی

$$(2.93) \quad A_v = \frac{v_o}{v_i} = \left(\frac{g_m R_L r_o}{r_L + r_o} \right) \left[-1 + \frac{j \frac{\omega C_{gd}}{g_m}}{1 + j \omega C_{gd} \left(\frac{R_L r_o}{R_L + r_o} \right)} \right]$$

جس میں

$$(2.94) \quad \omega_s = \frac{g_m}{C_{gd}}$$

$$(2.95) \quad \omega_H = \frac{1}{C_{gd} \left(\frac{R_L r_o}{R_L + r_o} \right)}$$

لیتھیٹ ہوئے

$$(2.96) \quad A_v = \left(\frac{g_m R_L r_o}{r_L + r_o} \right) \left[\frac{-1 + j \frac{\omega}{\omega_s}}{1 + j \frac{\omega}{\omega_H}} \right]$$

حاصل ہوتا ہے۔ اس مساوات میں $\omega_s \gg \omega_H$ ہوتا ہے یعنی

$$\frac{g_m}{C_{gd}} \gg \frac{1}{C_{gd} \left(\frac{R_L r_o}{R_L + r_o} \right)}$$

ج

$$(2.97) \quad g_m \left(\frac{R_L r_o}{R_L + r_o} \right) \gg 1$$

لکھا جائے۔ مساوات ۲.۹۶ کا بڑا خط شکل ۲.۷۲ 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 تعداد

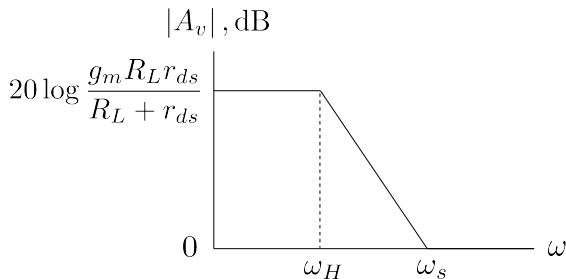
$$(2.98) \quad \omega_H \Big|_{R_L \rightarrow \infty} = \frac{1}{C_{gd} r_o}$$

حاصل ہو گی جو ماسنیٹ ریاضی نوونے کے اجزاء، C_{gd} اور r_o پر مخصوص ہے۔

۲.۱۲۔ مشترک کے گلکٹر ایپلیفائر کا بلند تعدادی رد عمل

شکل ۲.۷۳ 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 بودا خاطر

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

$$V_{th} = \left(\frac{R_1 \parallel R_2}{r_i + R_1 \parallel R_2} \right) v_i = v_s$$

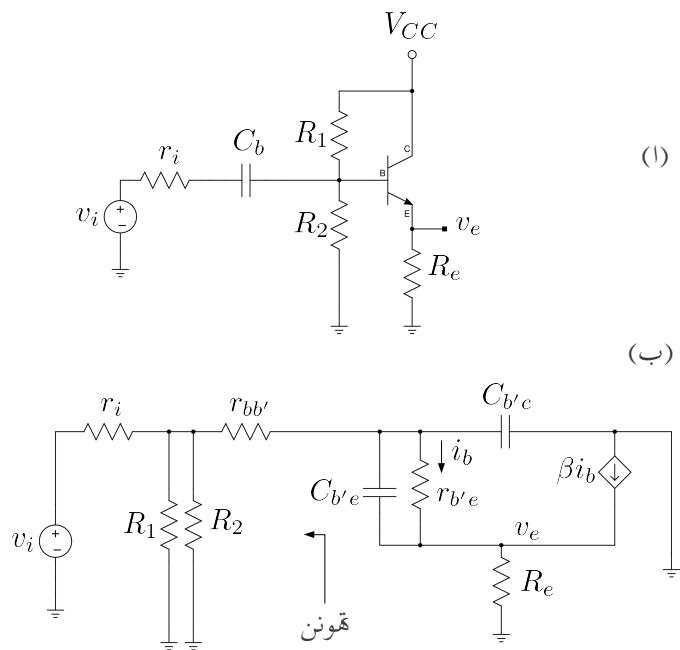
$$R_{th} = r_i \parallel R_1 \parallel R_2 + r_{bb'} = r_s$$

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 کروخوں کے دن اون برائے بر قی رو کے استعمال سے نیٹ پر ہم لکھ سکتے ہیں

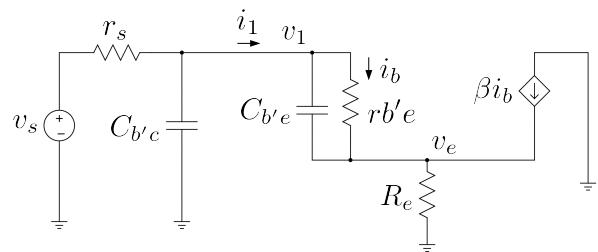
$$(v_e - v_1) s C_{b'e} + \frac{v_e - v_1}{r_{b'e}} + \frac{v_e}{R_e} = \beta i_b = \beta \frac{v_1 - v_e}{r_{b'e}}$$

۶.۱۲. مشترک که گلکسیم پلیفابریکابند تعدادی رد عمل

۴۲۵



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 مقدم پر مساوات 6.99 کا استعمال کیا گیا۔ باقیں ہاتھ کے تو سین کو کھولتے ہیں

$$\begin{aligned}
 \left(\frac{1}{r_s} + sC_{b'c} + sC_{b'e} + \frac{1}{r_{b'e}} \right) v_e + \left[\frac{\frac{1}{r_s} + sC_{b'c} + sC_{b'e} + \frac{1}{r_{b'e}}}{R_e \left(sC_{b'e} + \frac{\beta+1}{r_{b'e}} \right)} \right] v_e & \\
 &= \frac{v_s}{r_s} + v_e \left(sC_{b'e} + \frac{1}{r_{b'e}} \right)
 \end{aligned}$$

اور یک اس اجزاء کٹھے کرتے ہیں۔

$$\left[\frac{\frac{1}{r_s} + sC_{b'c} + \frac{\frac{1}{r_s} + sC_{b'c} + sC_{b'e} + \frac{1}{r_{b'e}}}{R_e \left(sC_{b'e} + \frac{\beta+1}{r_{b'e}} \right)}}{R_e \left(sC_{b'e} + \frac{\beta+1}{r_{b'e}} \right)} \right] v_e = \frac{v_s}{r_s}$$

اس مساوات کو

$$\left[\frac{\frac{1}{r_s} (1 + s r_s C_{b'c}) + \frac{\frac{1}{r_s} (1 + s r_s C_{b'c}) + \frac{1}{r_{b'e}} (s r_{b'e} C_{b'e} + 1)}{\frac{R_e (\beta+1)}{r_{b'e}} \left(s \frac{r_{b'e} C_{b'e}}{\beta+1} + 1 \right)}}{\frac{R_e (\beta+1)}{r_{b'e}} \left(s \frac{r_{b'e} C_{b'e}}{\beta+1} + 1 \right)} \right] v_e = \frac{v_s}{r_s}$$

لکھ کر دونوں جانب کو r_s سے ضرب دیتے اور

$$(2.100) \quad \omega_1 = \frac{1}{r_s C_{b'c}}$$

$$(2.101) \quad \omega_\beta = \frac{1}{r_{b'e} C_{b'e}}$$

$$(2.102) \quad \omega_T = \frac{\beta+1}{r_{b'e} C_{b'e}}$$

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

$$\left[\frac{\frac{R_e (\beta+1)}{r_{b'e}} \left(\frac{j\omega}{\omega_T} + 1 \right) \left(1 + \frac{j\omega}{\omega_1} \right) + \left(1 + \frac{j\omega}{\omega_1} \right) + \frac{r_s}{r_{b'e}} \left(\frac{j\omega}{\omega_\beta} + 1 \right)}{\frac{R_e (\beta+1)}{r_{b'e}} \left(\frac{j\omega}{\omega_T} + 1 \right)} \right] v_e = v_s$$

لکھ سکتا ہے۔ کس کے بالائی حصے میں تمام قوین کھولتے ہوئے اس مساوات کو یہ لکھ سکتا 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

$$(6.103) \quad \frac{v_e}{v_s} = \frac{\frac{R_e(\beta+1)}{r_{b'e}} \left(\frac{j\omega}{\omega_T} + 1 \right)}{A + j\omega B + (j\omega)^2 C}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اگر $(\beta + 1) R_e \gg r_s + r_{b'e}$ تو اس طرح لکھا جاتا ہے

$$(6.104) \quad \frac{v_e}{v_s} = \frac{1 + \frac{j\omega}{\omega_T}}{1 + j\omega \left(\frac{1}{\omega_1} + \frac{1 + \frac{r_s}{R_e}}{\omega_T} \right) + \frac{j\omega}{\omega_T} \frac{j\omega}{\omega_1}}$$

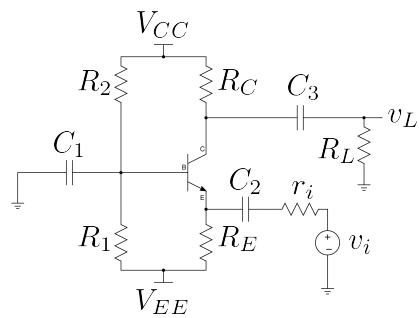
۶.۱۳ مشترک بیس ایمپلینیاٹر کا بلند انقطعائی تعدد

شکل ۶.۷۵ میں بیس مشترک ایمپلینیاٹر کا بلند ریاضی نمونہ دکھایا گیا ہے۔ صفحہ ۲۸۶ پر ٹرانزistor کا بلند تعددی مساوی دور شکل ۶.۷۶ میں دکھایا ہے پائی ریاضی نمونہ کی شکل میں بناتے ہوئے شکل ۶.۷۵ کا بلند تعددی مساوی دور شکل ۶.۷۶ میں دکھایا گیا ہے۔ باریکے اشاراتی دور میں R_1 اور R_2 دونوں کے دونوں سرے بر قی زمین پر ہیں لہذا انہیں دکھایا گیا۔ چونکہ ٹرانزistor 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۔

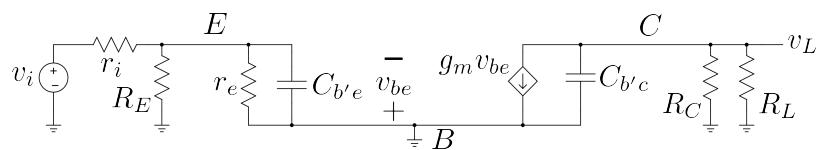
مساوی دور سے دو انقطعائی تعدد حاصل ہوتے ہیں لیکن

$$(6.105) \quad \omega_{H1} = \frac{1}{(r_e \parallel R_E \parallel r_i) C_{b'e}}$$

$$\omega_{H2} = \frac{1}{(R_C \parallel R_L) C_{b'e}}$$



شکل ۶.۳۵: تیس مشترک-ایپلیفرا



شکل ۶.۳۶: تیس مشترک-ایپلیفرا کا مساوی دور

باب ۶۔ ایکلیپس کا تعددی رد عمل اور فلتر

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 نتیجہ 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۔ ٹرانزستر 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 مسادت 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۔

$$A_v = \left(\frac{5000 \times 10000}{5000 + 1000} \right) 0.0416 \left(\frac{\frac{24 \times 600}{24+600}}{\frac{24 \times 600}{24+600} + 100} \right)$$

$$= 26 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

مشال ۶.۱۵: گزشته مشال کے دور میں اگر داخنی اشارہ بس پر مہیا کیا جائے تو بیٹری مشترک ایپلیناٹر میں بند انتظامی تعداد ۲.۳۷ میں دکھایا گیا ہے۔ بقیا تمام متغیرات وہی رکھتے ہوئے دیکھتے ہیں کہ اس صورت میں بند انتظامی تعداد کا حاصل ہوتا ہے۔

حل: مسادی دور شکل ۶.۲۸ میں دکھایا گیا ہے۔ گزشته مشال کی معلومات استعمال کرتے ہوئے

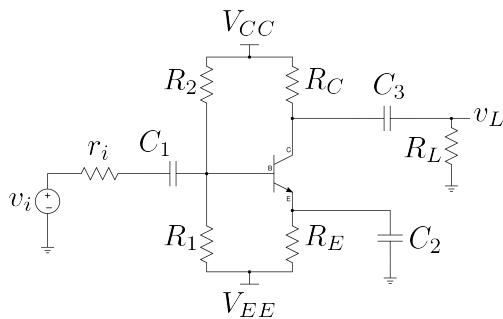
$$C_M = (1 + 0.0416 \times 3333) \times 4 \times 10^{-12} = 559 \text{ pF}$$

$$C_{b'e} + C_M = 594 \text{ pF}$$

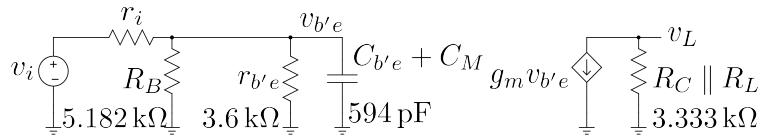
اور اس کے متوالی کل مزاحمت R_m

$$\frac{1}{R_m} = \frac{1}{100} + \frac{1}{5182} + \frac{1}{3600}$$

$$R_m = 95.5 \Omega$$



شکل ۶.۳۷: ہٹر مشترک ایکلیفائر



شکل ۶.۳۸: ہٹر مشترک ایکلیفائر کے نقطائی تعداد حاصل کرنے کے لئے درکار مساوی دور

حاصل ہوتا ہے۔ یوں بلت نقطائی تعداد

$$f_H = \frac{1}{2\pi \times 95.5 \times 594 \times 10^{-12}} = 2.8 \text{ MHz}$$

اور درمیانی تعداد پر امنزاس

$$A_v = \frac{v_L}{v_i} = -3333 \times 0.0416 \times \frac{\frac{3600 \times 5182}{3600 + 5182}}{\frac{3600 \times 5182}{3600 + 5182} + 100} = -132 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

مندرجہ بالا دو مساوات سے آپ دیکھ سکتے ہیں کہ یہس مشترک ایکلیفائر کی بلند نقطائی تعداد ہٹر مشترک ایکلیفائر کے بلند نقطائی تعداد سے تقریباً سواچار گناہ زیادہ ہے۔

۲.۱۲ کیکوڈ ایپلیناٹر

ایپلیناٹر کے بلند تعدادی رد عمل پر غور کے دوران سے حقیقت سامنے آئی کہ اگرچہ $C_{b'c}$ کی قیمت نہایت کم لیکن ملر کیپیٹر^{۲۸} کی وجہ سے بلند انقطعی نقطے تعین کرنے میں اس کا کردار نہایت اہم ہے۔ ٹرانزسترا 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 میں کرمشتر کے بیٹھ 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 ادھب اتاتے 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} میں کرمشتر کے بیٹھ طرز کا ایپلیناٹر بناتے ہیں۔ کیکوڈ کی بلند انقطعی تعداد اس میں پائے جانے والے Q_1 پر مبنی مشتر کے بیٹھ طرز کے ایپلیناٹر اور Q_2 پر مبنی مشتر کے بیٹھ 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 مشتر کے بیٹھ طرز کے ایپلیناٹر کی قصر درور بلند انقطعی تعداد جبکہ ω_α مشتر کے بیٹھ طرز کے ایپلیناٹر کی قصر درور بلند انقطعی تعداد ہے۔ چونکہ $\omega_T = \omega_\alpha$ کے برابر ہے لہذا مشتر کے بیٹھ طرز کا ایپلیناٹر ٹرانزستر کے ω_T تعداد تک مطابق استعمال ہوتا ہے۔ اس کے بر عکس مشتر کے بیٹھ طرز کے ایپلیناٹر کی بلند انقطعی تعداد C_M پر مختص ہوتی ہے جو اخود اس پر لدمے بر قی بوجہ R_L پر مختص ہوتا ہے۔ یوں کیکوڈ ایپلیناٹر کی بلند تعدادی انقطعی تعداد اس میں پائے جانے والے مشتر کے بیٹھ ایپلیناٹر کی بلند انقطعی تعداد پر مختص ہوگا۔ آئیں اب اس پر غور کریں۔

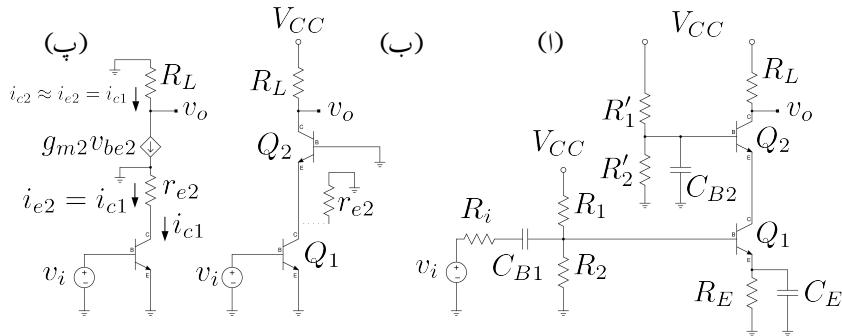
شکل ۲.۶۹ ب میں کیکوڈ ایپلیناٹر کا مساوی باریک اشاراتی دور دکھایا گیا ہے جس میں ٹرانزستر مائل کرنے والے اجسام نہیں دکھائے گئے تاکہ کیکوڈ ایپلیناٹر کی بنیادی کارکردگی پر توجہ رکھے۔ اس شکل میں Q_2 کا مسماحت r_{e2} بطور Q_1 کے بر قی بوجہ کردار ادا کرتا ہے۔ r_{e2} کو Q_2 کے باہر دکھاتے ہوئے اسے Q_1 کے گلکشن 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} نسبت میں کا بر قی بوجہ r_{e2} لیتے ہوئے ہے۔

$$(2.102) \quad C_M = (1 + g_m r_{e2}) C_{b'c}$$

حاصل ہوتا ہے۔ چونکہ Q_1 اور Q_2 میں باریک 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} ٹرنزیٹر کے دنٹن ہنٹ نے اس ایپلیناٹر کو دیانت 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

$$g_{m1} r_{e2} = 1 \text{ ہو گا۔ یہ } i_{c2} \text{ لیتے ہوئے}$$

$$(6.107) \quad C_M = (1 + 1) C_{b'c} = 2C_{b'c}$$

حاصل ہوتا ہے جو کہ کم ترین ممکنہ ملکپیٹر ہے۔ C_M کی قیمت کم سے کم ہونے کی بنا پر مشترکہ بیٹری طرز کے ایپلیناٹ کی بلند انقلائی تعدادی زیادہ سے زیادہ تعداد دیر حاصل ہوتی ہے۔

شکل ۶.۵۰ میں Q_1 کا بلند تعدادی ریاضی نمونہ استعمال کرتے ہوئے باریکے اشاراتی مساوی دور دکھایا گیا ہے جس میں r_{e2} کو بطور برقرار بوجھ دکھایا گیا ہے۔ متوازی جبڑے R_1 اور R_2 کے کل مسماحت کو R_B لکھتے ہیں یعنی

$$\frac{1}{R_B} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

یوں متوازی جبڑے مسماحت R_1 اور R_2 کی کل مقدار R_m یوں لکھی جاسکتی ہے۔

$$\begin{aligned} \frac{1}{R_m} &= \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{r_{be}} \\ &= \frac{1}{R_B} + \frac{1}{r_{be}} \end{aligned}$$

یعنی

$$R_m = \frac{R_B r_{be}}{R_B + r_{be}}$$

ای طرح متوازی جبڑے R_m اور دو کپیسٹروں کی برقرارکاڈی Z کو یوں لکھ سکتے ہیں۔

$$\frac{1}{Z} = j\omega (C_{b'e} + 2C_{b'c}) + \frac{1}{R_m}$$

ایپلیناٹر کی موصل نہ افزاش $G_M = \frac{i_c}{v_i}$ میں 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

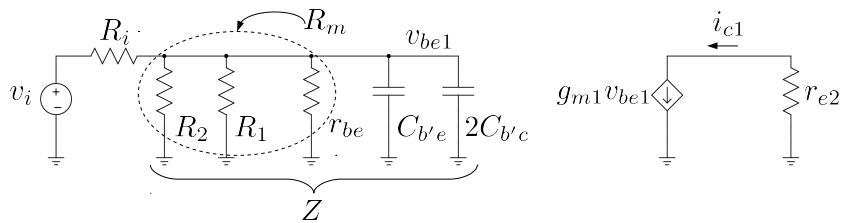
$$(1.108) \quad \omega_H = \frac{\frac{R_i}{R_m} + 1}{(C_{b'e} + 2C_{b'c}) R_i}$$

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 ۲۔ ایپلیفائر کا تعدادی رد عمل اور فلتر



شکل ۲.۵۰: کیکوڈ ایپلیفائر باریک اشاراتی تجزیے

شکل ۲.۳۹ 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

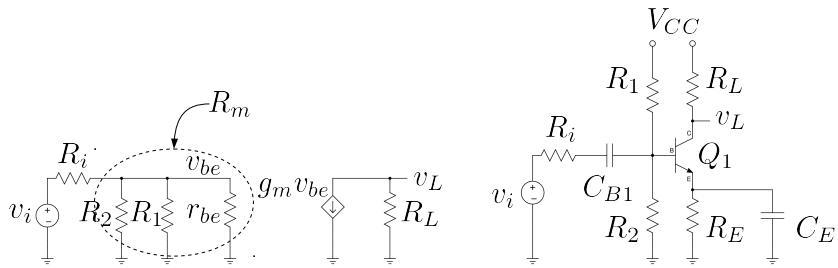
$$\begin{aligned} (2.110) \quad A_v &= - \left(\frac{g_m R_L}{\frac{R_i}{R_m} + 1} \right) \left(\frac{1}{j \frac{\omega}{\omega_H} + 1} \right) \\ &= A_{vD} \left(\frac{1}{j \frac{\omega}{\omega_H} + 1} \right) \end{aligned}$$

حاصل ہوتی ہے جہاں A_{vD} درمیانی تعداد پر افسزاں ہے جو

$$(2.111) \quad A_{vD} = - \left(\frac{g_m R_L}{\frac{R_i}{R_m} + 1} \right) = - \left(\frac{g_m R_L R_m}{R_i + R_m} \right)$$

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

$$\begin{aligned} (2.112) \quad \omega_H &= \frac{R_i + R_m}{(C_{b'e} + 2C_{b'c}) R_i R_m} \\ &= \frac{1}{(C_{b'e} + 2C_{b'c}) \frac{R_i R_m}{R_i + R_m}} \end{aligned}$$



شکل ۲.۵: کیکوڈ ایمپلینیٹر کا مشترک کے ایمپلینیٹر

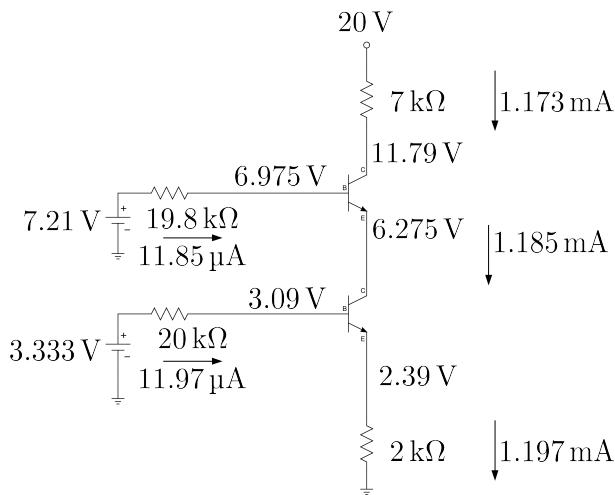
لہجہ جا سکتا ہے جہاں کپیٹر $C_{b'e} + 2C_{b'c}$ کے متوالی کل مسازحت $R_i \parallel R_m$ دراصل متوازی جبڑے، R_1, R_i اور r_{be} کی کل مسازحت ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ کیکوڈ ایمپلینیٹر کی بلند اقطعی تعدد کو بھی $\frac{1}{RC}$ کی شکل میں لہجہ جا سکتا ہے جہاں C کل کپیٹر اور R اس کے ساتھ متوازی جبڑی کی مسازحت ہے۔ شکل ۲.۴۹ میں دکھایا گیا مشترک کے ایمپلینیٹر حاصل ہو گا جس کا درمیانی تعدد پر مساوی دور بھی اسی شکل میں دکھایا گیا ہے۔ آئیں زنجیری ضرب کی مدد سے شکل ۲.۵۱ کا حاصل کریں۔

$$\begin{aligned}
 A_v &= \frac{v_L}{v_i} = \frac{v_L}{i_c} \times \frac{i_c}{v_{be1}} \times \frac{v_{be1}}{v_i} \\
 (2.113) \quad &= -R_L g_m \left(\frac{R_m}{R_i + R_m} \right) \\
 &= \frac{-g_m R_L R_i}{R_i + R_m}
 \end{aligned}$$

اس مساوات کا مساوات ۲.۱۱۱ کے ساتھ موانenze کرنے سے ثابت ہوتا ہے کہ کیکوڈ ایمپلینیٹر کی درمیانی تعدد پر افزاں وی ہے جو مشترک کے ایمپلینیٹر کی ہے۔ کیکوڈ ایمپلینیٹر کی افادیت اس حقیقت میں ہے کہ اس کا بلند اقطعی تعدد کافی زیادہ تعداد پر پایا جاتا ہے۔

مثال ۲.۴۹: شکل ۲.۵۱ 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 نہیں سادہ سادہ حاصل مسادی اداوار نسبہ کر دے گئے ہیں۔

Q_1 کا برقی رو سیدھا سیدھا یوں حاصل ہو جاتا ہے

$$(۶.۱۱۲) \quad I_{E1} = \frac{3.333 - 0.7}{\frac{20000}{99+1} + 2000} = 1.197 \text{ mA}$$

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 نسبہ 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 گائیج نہیں

$$\frac{1}{R_m} = \frac{1}{120000} + \frac{1}{24000} + \frac{1}{2067}$$

$$R_m = 1873 \Omega$$

ہے استعمال کرتے ہوئے

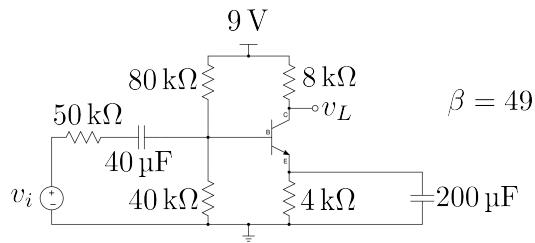
$$A_{vD} = \frac{-0.04788 \times 7000 \times 1873}{100 + 1873} = -318 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

اور مساوات ۶.۱۱۲ کی مدد سے

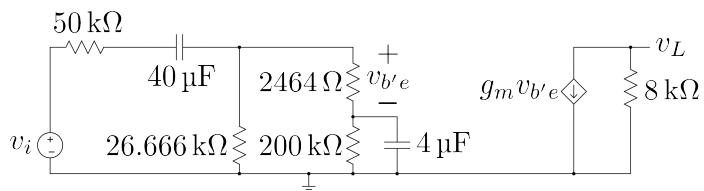
$$\omega_H = \frac{1}{(30 \times 10^{-12} + 2 \times 3 \times 10^{-12}) \left(\frac{100 \times 1873}{100 + 1873} \right)} = 293 \frac{\text{Mrad}}{\text{s}}$$

$$f_H = \frac{293000000}{2\pi} = 46.6 \text{ MHz}$$

حاصل ہوتا ہے۔



شکل ۶.۵۳: مشترک-بیٹر کا مکمل تعددی رد عمل



شکل ۶.۵۴: مشترک-بیٹر کا مکمل تعددی رد 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 تراز سٹر کا 200 MHz $f_t = 2 \text{ pF}$ اور $C_{b'c} = 2 \text{ pF}$ ہے۔ اس ایپلینیاٹر کی پست اور بلند انتظامی تعدد حاصل کریں۔ درمیانی تعدد پر افزائش حاصل کرتے ہوئے افزائش کے حقیقتی قیمت کا مکمل بذاتہ حساب مل کریں۔

حل: یک سمت تجزیے سے $R_B = 26.666 \Omega$ اور $V_{BB} = 3 \text{ V}$ اور $I_C = 0.507 \text{ mA}$ حاصل ہوتا ہے۔ یوں $r_e = 50 \Omega$ ، $g_m = 0.02 \text{ S}$ اور $r_{b'e} = 2500 \Omega$ ہیں۔ مساوات ۶.۲۷ کی مدد سے f_T کو استعمال کرتے ہوئے $C_{b'c} = 14 \text{ pF}$ یوں حاصل ہوتا ہے۔

$$C_{b'c} = \frac{g_m}{2\pi f_T} - C_{b'c} = \frac{0.02}{2\pi \times 200 \times 10^6} - 2 \times 10^{-12} = 14 \text{ pF}$$

شکل ۶.۵۴ میں کم تعدد پر مساوی دور دکھایا گیا ہے جبکہ $R_E = (\beta + 1) R_L$

استعمال کئے گئے۔ انہیں کمپیوٹر کے اندرونی کمپیوٹر وں 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 $F = 40 \mu\text{F}$ کے کمپیوٹر کو قصر دور تصور کرتے ہیں۔ یوں پست انتظامی تعداد f_L کو $4 \mu\text{F}$ 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 کمپیوٹر وں 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 کمپیوٹر $C_{b'e} + C_M = 336 \text{ pF}$ استعمال کیا گیا ہے۔ کمپیوٹر کے متوازی کل مزاحمت کو R کہتے ہوئے

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{50000} + \frac{1}{26666} + \frac{1}{2464}$$

$$R = 2158 \Omega$$

حاصل ہوتا ہے۔ یوں بلت انتظامی تعداد f_H

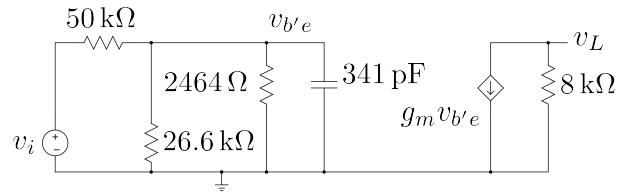
$$f_H = \frac{1}{2\pi RC} = \frac{1}{2\pi \times 2158 \times 336 \times 10^{-12}} = 219 \text{ kHz}$$

حاصل ہوتا ہے۔

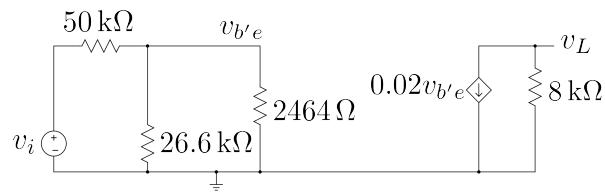
درمیانی تعداد پر شکل ۶.۵۶ میں مزاحمت کو $26.666 \text{ k}\Omega$ اور $2.464 \text{ k}\Omega$ کی کل مزاحمت کو $2.255 \text{ k}\Omega$ لیتے ہوئے

$$A_v = \frac{v_L}{v_i} = -8000 \times 0.02 \times \frac{2255}{2255 + 50000} = -6.9 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

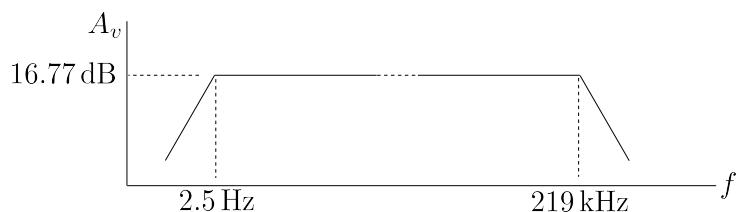
حاصل ہوتا ہے۔ ان تمام معلومات کو شکل ۶.۵۷ کے بوڈنگ میں دکھایا گیا ہے۔



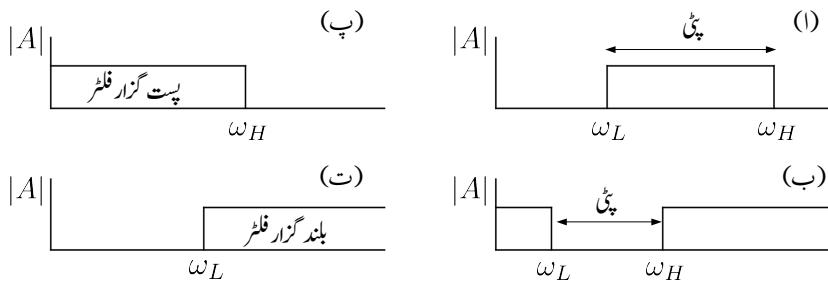
شکل ۶.۵۵: مشترک-لیٹر کا زیادہ تعداد پر مساوی دور



شکل ۶.۵۶: مشترک-لیٹر کا درمیانی تعداد پر مساوی دور



شکل ۶.۵۷: مشترک-لیٹر کا مکمل بوڈاخط



شکل ۶.۵۸: فلٹریا چھلنی کے اقسام

۶.۱۵ فلٹریا چھلنی

ایسا دور جو کسی حنصال سدود کے درمیان تعداد رکھنے والے اشارات کو گزرنے دے کوہنئی گزار فلٹر^{۳۲} یا ہنئی گزار فلٹر^{۳۳} 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^{۳۴} یا ہنئی روکے چھلنے کہتے ہیں۔ شکل ۶.۵۸ 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 گئے 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 ۶.۵۸ کے قطعہ ب قطعہ ہو۔

حابی ایپلیگاڑ استعمال کرتے ہوئے ہر قسم کے فلٹر تخلیق دے جاتے ہیں۔ ایسے فلٹر دونوں میں بڑی ورثتے فلٹر کا اپنا ایک ممتاز ہے۔ آئیں اس پر غور کرتے ہیں۔

۶.۱۶ 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 $c_1, c_2, c_3, \dots, c_n$ وغیرہ، تسلیم کے ضریب ہیں۔ جنہیں n کی صورت میں لیتی جائیں گے تو $s = 2, 4, 6, \dots$ کی صورت میں $\left(s^2 + 2\zeta_m \omega_m s + \omega_m^2 \right)$ میں

band pass filter^{۳۲}
band stop filter^{۳۳}

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 ورتہ 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

$$(2.118) \quad s^2 + 2\zeta_m\omega_0 s + \omega_0^2 = 0$$

$$(2.119) \quad \begin{aligned} s_1 &= s_m = -\zeta_m\omega_0 + j\omega_0\sqrt{1 - \zeta_m^2} \\ s_2 &= s_m^* = -\zeta_m\omega_0 - j\omega_0\sqrt{1 - \zeta_m^2} \end{aligned}$$

damping constant ^{r_d}	
undamped natural frequency ^{r_n}	
Butterworth ^{r_b}	
zeros ^{r_z}	
complex plane ^{r_x}	

باب ۲۔ ایپلیگاڑ کا تعددی رد عمل اور فلتر

ضفر حاصل ہوتے ہیں۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ کسی بھی دو درجی لکایے سے دو ضفر 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 ضفروں کو دکھایا گیا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ دونوں ضفر عمودی مور کے بائیں جناب پائے جاتے ہیں۔ ایک ضفر افقی مور کے اوپر جناب جبکہ دوسرا ضفر مور کے نیچے جناب پایا جاتا ہے۔ دونوں افقی مور سے برادر فنا صلے پر پائے جاتے ہیں۔ یہ عمومی نتائج ہیں۔

s_m^* اور s_m کی حقیقت

$$(2.120) \quad |s_m| = |s_m^*| = \omega_0$$

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۔

$$(2.121) \quad s_m = -\zeta_m \omega_0 + j\omega_0 \sqrt{1 - \zeta_m^2} = |s_m| \angle \theta$$

جہاں

$$(2.122) \quad |s_m| = \sqrt{\zeta_m^2 \omega_0^2 + \omega_0^2 (1 - \zeta_m^2)} = \omega_0$$

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

$$(2.123) \quad \cos \theta_m = \frac{\zeta_m \omega_0}{\omega_0} = \zeta_m$$

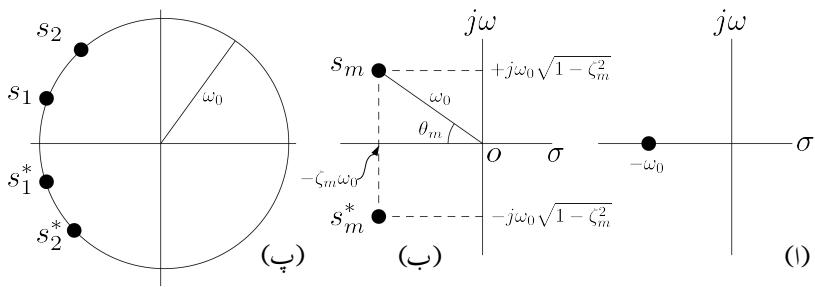
لکھا جا سکتا ہے۔

ماداٹ ۲.۱۲۲ کے تحت تمام ضفروں کی حقیقت ω_0 کے برابر ہے۔ یوں مختلط سطح پر تمام ضفر 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 مور کے الٹے جناب برادر فنا صلے پر ہیں۔ یہی کچھ s_2 اور s_2^* کے لئے بھی درست ہے۔ بشرطی تسلیم کے تمام ضفر اسی دائرے پر عمودی مور کے بائیں جناب 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 ۲.۱۱۸ میں $1 = \omega_0$ رکھا جاتا تب شکل ۶.۵۹ ب پ میں دائرے کاردا اس ایک کے برابر ہوتا جبکہ ماداٹ ۲.۱۲۳ اب بھی درست ثابت ہوتا۔ اکالی ردا اس کے اس دائرے کو بُر ور تھے دائرہ ^۳ لکھا جائے گا۔



شکل ۶.۵۹: مختلط سطح پر بہرورت تسلیم کے صفر

بہرورت فلٹر کا عسمی کمی

$$(6.123) \quad A(s) = \frac{A_0}{B_n(s)}$$

ہے۔ اس مساوات کی حقیقتی نہایت سادہ شکل رکھتی ہے۔

$$(6.125) \quad |A(s)| = \frac{|A_0|}{\sqrt{1 + \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^{2n}}}$$

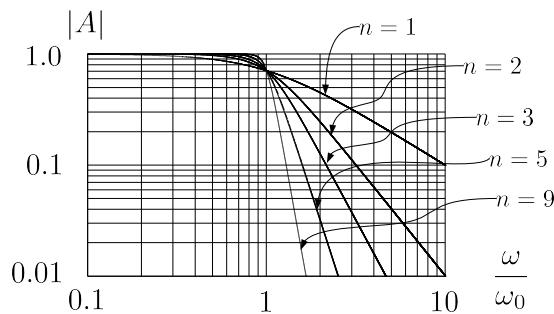
$|A(s)| = |A_0|$ کے خط کو n کی مختلف قیتوں کے لئے شکل ۶.۲۰ میں کھینچا گیا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ n کی تمام قیتوں کے لئے $|A|$ کی قیمت ω_0 تک درج 3 dB پر گھٹ جاتی ہے۔ ساتھ ہی ساتھ یہ حقیقت بھی واضح ہے کہ n کی قیمت بڑھنے سے شکل ۶.۲۰ کی صورت سطح پر کے مسترد تر ہوتی جاتی ہے۔

ω_0 کی صورت میں بہرورت کے تسلیم کو جدول ۶.۱ میں پیش کیا گیا ہے۔ طاقت n کی صورت میں بہرورت تسلیم میں $(s + 1)$ ضرور پایا جاتا ہے جبکہ جفت n کی صورت میں صرف دوری ω_0 اجتناب پائے جاتے ہیں۔

مثال ۶.۱۹: جدول ۶.۱ میں $n = 2$ کے $|B_n(s)|$ حاصل کرتے ہوئے مساوات ۶.۱۲۵ ثابت کریں۔

حل: جدول میں $\omega_0 = 1$ 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 ۲.۲۱ میں بُشروعت دائرے سے جفت n کی صورت میں ζ کا حصول دکھایا گیا ہے۔ بُشروعت دائرے کارداس $^{5^\circ}$ ایک کے برائے ہے۔ جفت n کی صورت میں اس دائرے پر زاویہ $/aoa'$ کھینچا 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 $/a'oo' = /aoa'$ ہوں۔ شکل ۲.۲۱ میں ایسا کیا گیا ہے۔ $/aoa'$ کو θ لکھتے ہوئے چ کو

(۲.۱۲۶)

$$\zeta = \cos \theta$$

سے حاصل کیا جاتا ہے۔ یوں $2 = n$ کی صورت میں

$$\zeta = \cos 45 = 0.7071$$

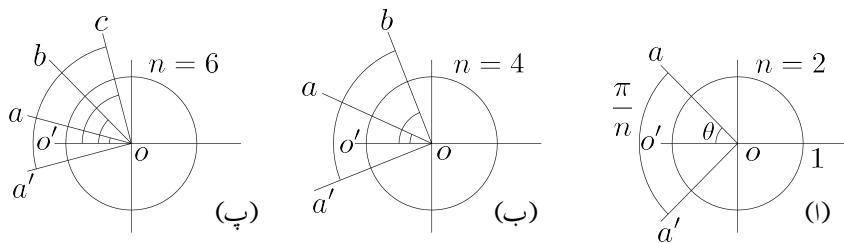
حاصل ہوتا ہے اور بُشروعت کی

$$s^2 + 2\zeta s + 1 = s^2 + 1.4142s + 1$$

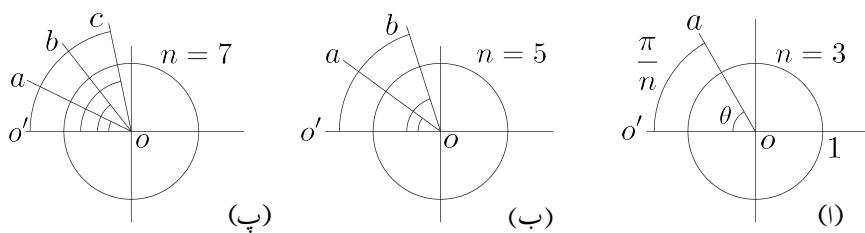
صورت اختیار کر لیا جو جدول ۲.۱ کے عین مطابق ہے۔
شکل ۲.۲۱ بے میں $/aoa' = \frac{\pi}{4} = 45^\circ$ یوں $n = 4$ کی صورت میں $/a'oo' = /aoa'$ ہو گا جہاں $/aoa'$ کے گے ہیں۔ $4 = n$ کی صورت میں بُشروعت کیلئے میں دوسری اجسام دو مرتب پائے جاتے ہیں۔ یوں ایک اضافی زاویہ 45° کی کھینچا جاتا ہے۔ یوں

$$\theta_1 = /a'oo' = 22.5^\circ$$

$$\theta_2 = /boo' = 67.5^\circ$$



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 میخپا گیا ہے۔ $\theta = /aoa'$ یعنی $\theta = 60^\circ$

$$\zeta = \cos 60 = 0.5$$

حاصل ہوتا ہے۔ طاق بُشروعت کیے میں $(s + 1)$ کا اضافی جزو پیا جاتا ہے لہذا $n = 3$ کی صورت میں بُشروعت کا یہ ہے

$$(s + 1) \left(s^2 + 2 \times 0.5 \times s + 1 \right)$$

یعنی

$$(s + 1) \left(s^2 + s + 1 \right)$$

نکھنے کے بعد $\angle aoo' = \frac{\pi}{5}$ کی پیشہ یہیں ہوگا $n = 5$ کی صورت میں

$$\begin{aligned}\theta_1 &= \angle aoo' \\ \theta_2 &= \angle boo'\end{aligned}$$

ہوں گے جدول ۲.۶ میں $1 \neq \omega_0$ ایتھے رتبے اول بُشروعت فلٹر کے کمیں کو

$$(2.127) \quad \frac{A(s)}{A_0} = \frac{1}{\left(\frac{s}{\omega_0}\right) + 1}$$

جبکہ دور تی بُشروعت فلٹر کے کمیں کو

$$(2.128) \quad \frac{A(s)}{A_0} = \frac{1}{\left(\frac{s}{\omega_0}\right)^2 + 2\zeta \left(\frac{s}{\omega_0}\right) + 1}$$

لکھا جاسکتا ہے۔

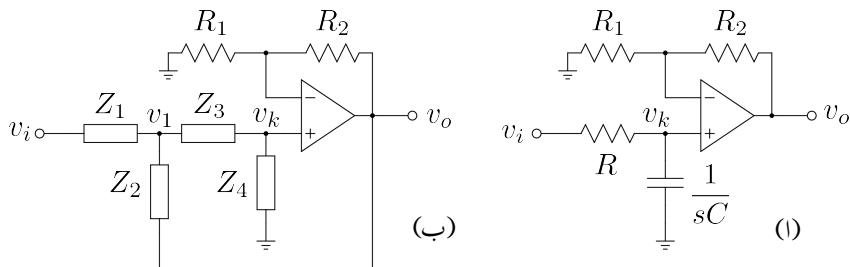
۲.۱۶.۱ بُشروعت فلٹر کا دور

شکل ۲.۲۳ افے میں رتبے اول پست گزار بُشروعت فلٹر دکھایا گیا ہے۔ اس کو دیکھتے ہوئے

$$\begin{aligned}v_k &= \left(\frac{\frac{1}{sC}}{R + \frac{1}{sC}} \right) v_i = \frac{v_i}{sRC + 1} \\ v_o &= \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) v_k\end{aligned}$$

لکھا جاسکتا ہے جس سے

$$A(s) = \frac{v_o}{v_i} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) \left(\frac{1}{sRC + 1} \right)$$



شکل ۶.۲۳: 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 موازنہ 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۔ R 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

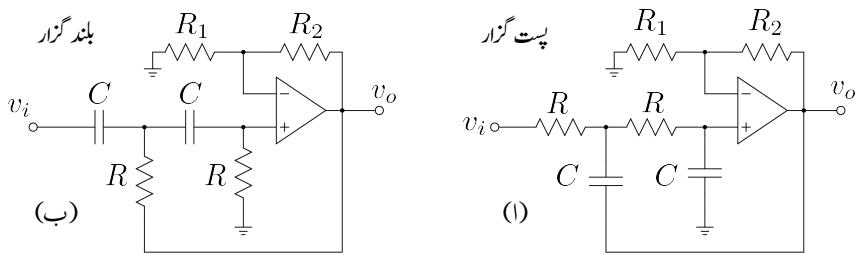
$$\frac{v_1 - v_i}{Z_1} + \frac{v_1}{Z_3 + Z_4} + \frac{v_1 - v_o}{Z_2} = 0$$

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 برکار 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 کے لئے مساوات ۶.۱۳۰ درج ذیل دیتی ہے۔

$$(6.131) \quad A(s) = \frac{A_0 \left(\frac{1}{RC} \right)^2}{s^2 + \left(\frac{3-A_0}{RC} \right) s + \left(\frac{1}{RC} \right)^2}$$

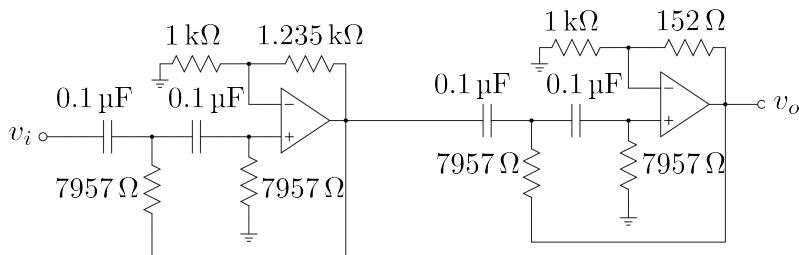
مساوات ۶.۱۳۱ کا مساوات ۶.۱۲۸ کے ساتھ موازن کرتے ہوئے

$$(6.132) \quad \omega_0 = \frac{1}{RC}$$

$$A_0 = 3 - 2\zeta$$

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 کوئی 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 بلندگزار بثروت فلٹر

مثال ۶.۲۰: ایک ایسا چپارتبی بلندگزار بثروت فلٹر تخلیق دیں جس کی $f_L = 200 \text{ Hz}$ ہو۔
حل: شکل ۶.۶۲ کے دو کڑیاں زخیری شکل میں جوڑ کر چپارتبی بلندگزار فلٹر حاصل ہو گا۔ جب دل ۶.۱ سے چپارتبی فلٹر کے

$$\zeta_1 = \frac{0.765}{2} = 0.3825$$

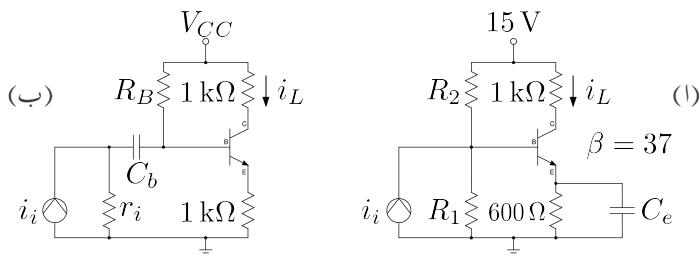
$$\zeta_2 = \frac{1.848}{2} = 0.924$$

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: $R_2 = 7.6 \text{ k}\Omega$, $R_1 = 3.26 \text{ k}\Omega$, $V_{BB} = 4.5 \text{ V}$, $R_B = 2.2 \text{ k}\Omega$, $I_{CQ} = 5.77 \text{ mA}$,
 $C_e = 548 \mu\text{F}$, $r_e = 4.3 \Omega$

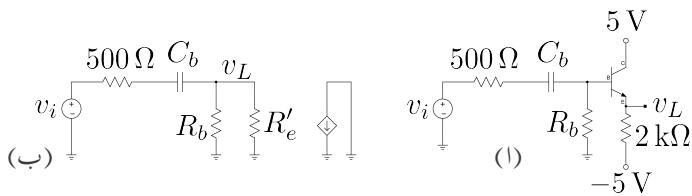
$$A_i = \left(\frac{\beta R_B}{R_B + r_{be}} \right) \frac{s + \frac{1}{R_E C_E}}{s + \frac{R_B + r_{be} + \beta R_E}{R_E C_E (R_B + r_{be})}} = 34.5 \left(\frac{s + 3.04}{s + 31.66} \right)$$

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؟ $A_i = \frac{i_L}{i_i}$ میں پست انتقالی نقطہ 60 Hz پر حاصل کرنے کے لئے درکار C_b کی مساوات حاصل کرتے ہوئے اس کے تجتی قیمت کا بوداخط کھینچیں۔

جو بات: کی بنابر $r_e \gg R_E$ کو نظر رہا از کرتے ہوئے $C_b = 21.8 \text{ nF}$ حاصل ہوتا ہے۔ $R_B \parallel (r_{be} + R'_B)$ کو $(\beta + 1)R_E$ کی لکھتے ہوئے

$$A_i = \frac{r_i \parallel R'_B}{r_e + R_E} \left(\frac{s}{s + \frac{1}{(r_i + R'_B)C_b}} \right)$$

سوال ۶.۳: شکل ۶.۲۶ الف 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 طرزی میں ایک مداری دور کھایا گیا ہے جس کو $(\beta + 1)$ سے ضرب دیتے جوئے ٹرانزسٹر کے یہ سب جانب مقفل کر کے R'_e کہا 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 $100 \mu F$ کی پیٹر 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:

$$A_i = \frac{-158s \left(1 + \frac{s}{10}\right)}{\left(1 + \frac{s}{0.355}\right) \left(1 + \frac{s}{17.65}\right)}$$

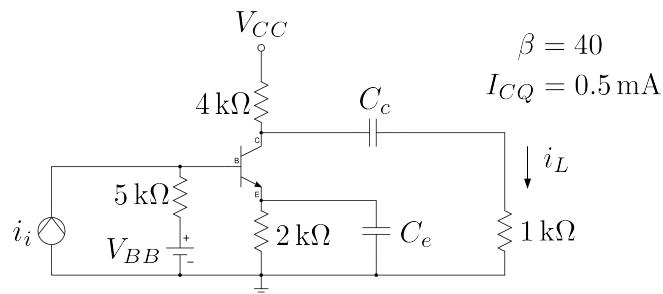
سوال ۶.۲۸ میں شکل ۶.۲۸

$$A_i = \frac{i_L}{i_i} \cdot r_{be}$$

- دوں کی پیٹر کی وہ قیمتیں دریافت کریں جن پر A_i کے دونوں قطب 10 rad/s پر پائے جائیں۔

- افزار اش A_i کے حقیقتی قیمت کا بڑا خط کچھیں۔

جوابات:



شکل ۶.۱۸

$$A_i = \frac{-R_c r_i \beta}{(R_c + R_L)(r_i + r_{be})} \frac{s(s + w_s)}{(s + w_{q1})(s + w_{q2})}$$

$$w_s = \frac{1}{R_e C_e}$$

$$w_{q1} = \frac{1}{(R_c + R_L) C_c}$$

$$w_{q2} = \frac{1}{\left[Re \parallel \left(\frac{r_i + r_{be}}{\beta + 1} \right) \right] C_e}$$

$$r_{be} = \frac{\beta V_T}{I_{CQ}}$$

$$C_e = 636 \mu F, C_c = 20 \mu F$$

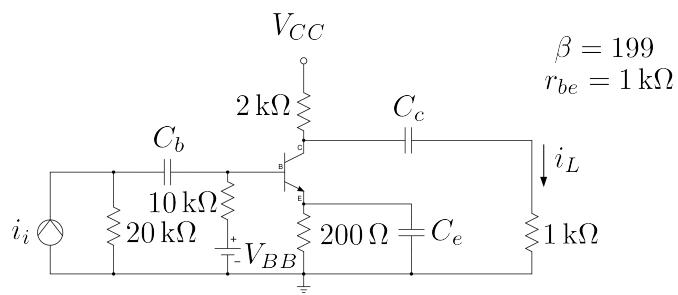
سوال ۶.۶: شکل ۶.۲۹ میں پست انتظامی تعداد 200 rad/s رکھنے کی حنا طرد رکارڈ C_e کو مثال ۶.۸ کے طرز پر حاصل کریں۔ بقایاد نوں کمپیوٹروں کے قطب s پر رکھتے ہوئے ان کی بھی قیمتیں حاصل کریں۔ درمیانی تعداد پر افزاں حاصل کریں۔

$$\text{جواب: } -138 \frac{\text{A}}{\text{F}}, 7.1 \mu \text{F}, 66.6 \mu \text{F}, 155 \mu \text{F}$$

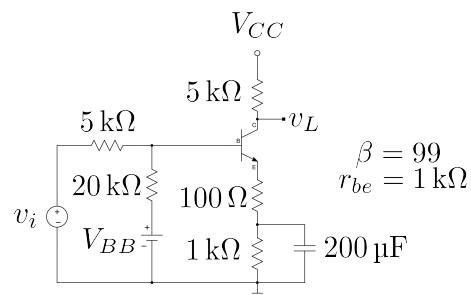
سوال ۶.۷: شکل ۶.۷۰ میں $A_v = \frac{v_L}{v_i}$ حاصل کریں۔

$$\text{جواب: } A_v = \frac{-26.4(s+5)}{s+38.55}$$

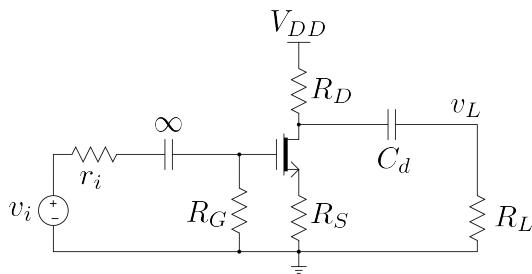
سوال ۶.۸: شکل ۶.۷۱ میں $A_v = \frac{v_L}{v_i}$ حاصل کرتے ہوئے پست انتظامی تعداد ω_L کی مسافت $g_m = 4 \text{ mS}$ ، $r_o = 10 \text{ k}\Omega$ ، $R_L = 100 \text{ k}\Omega$ ، $R_D = 4.7 \text{ k}\Omega$ ، $R_S = 1 \text{ k}\Omega$ حاصل کریں۔



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: $C_d = 77 \text{ nF}$

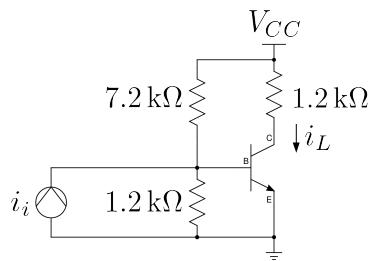
$$\omega_L = \frac{1}{C_d (R_L + R_D \parallel r_o)}$$

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 حمول کے لئے دکار ٹرانزسٹر کی طرح مافیٹ کا بھی سورس کپیٹر زیادہ قیمت رکھتا ہے۔

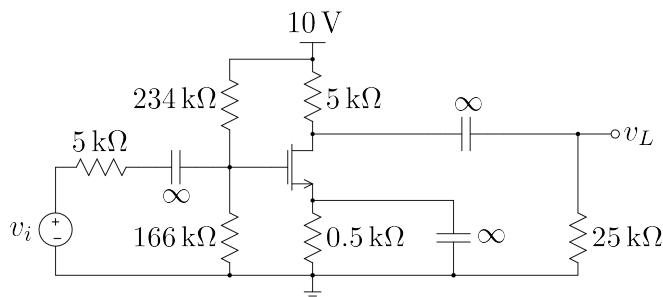
سوال ۶.۱۰: شکل ۶.۷ میں $\frac{i_L}{i_I} = 34 \text{ dB}$ اور بلند نقطائی تعدد 1.2 MHz کو صفر تصور کرتے ہوئے، $\beta = 129$ اور $r_{b'e} = 1625 \Omega$ میں $I_{CQ} = 2 \text{ mA}$ حاصل کریں۔
جوابات: $C_{b'c} = r_{b'e} = 12.5 \Omega$, $r_e = 0.08 \text{ S}$, $g_m = 82 \text{ pF}$

سوال ۶.۱۱: صفحہ ۶.۳ 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 کرتے ہوئے $f_H = 1 \text{ kHz}$ حاصل کریں۔
جوابات: $C_{b'c} = 318 \text{ pF}$, $R_{th} = 1 \text{ k}\Omega$, $r_{b'e} = 253 \Omega$, $g_m = 0.4 \text{ S}$, $A_{vD} = -5.9 \frac{\text{V}}{\text{V}}$, 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 $A_{vD} = 1$ تصور کرتے ہوئے $f_H = 1 \text{ kHz}$ دوبارہ حاصل کریں۔ بقیا تمام معلوم جوں کے توں ہیں۔



شکل ۶.۷۲



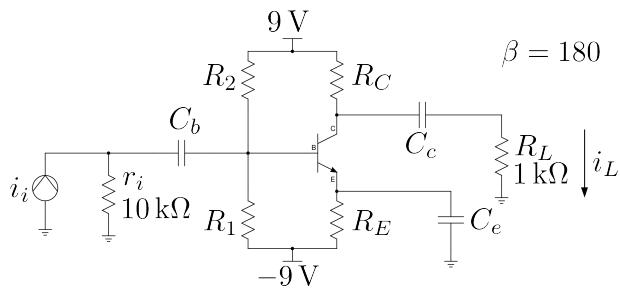
شکل ۶.۷۳

جواب: R_{th} کے جو $r_{b'e} = 650 \Omega$ اور $C_M = 50 \text{ pF}$ اور $C_{b'e} = 32 \text{ pF}$ اور $g_m = 0.04 \text{ S}$ ہے۔
بہت کم نہیں لہذا f_H کے لئے مساوات ۶.۸۳ استعمال کیا جائے گا جوں $f_H = 4.9 \text{ MHz}$ حاصل ہوتا ہے۔
 $A_{vD} = -1.47 \frac{\text{V}}{\text{V}}$
سوال ۶.۱۳: ایک ماسفیٹ جس میں $k_n = 0.4 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2}$ اور $V_t = 1 \text{ V}$ اور $C_{gd} = 0.02 \text{ pF}$ اور $C_{gs} = 0.25 \text{ pF}$ اور $f_T = 333 \text{ MHz}$ ہے۔ اس کی $I_{DS} = 0.4 \text{ mA}$ پر چالایا جبارا ہے۔ اس کی f_T حاصل کریں۔

سوال ۶.۱۴: شکل ۶.۷۳ میں $C_{gd} = 0.12 \text{ pF}$ اور $C_{gs} = 1.2 \text{ pF}$ اور $V_t = 2 \text{ V}$ اور $k_n = 1 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2}$ ہے۔ مل کپیٹر، f_T اور A_v کا f_H کا حاصل کریں۔

جواب: $f_T = 118 \text{ MHz}$ اور $C_M = 0.895 \text{ pF}$ اور $g_m = 1.55 \text{ mS}$ اور $I_{DS} = 1.2 \text{ mA}$ اور $f_H = 8.4 \text{ MHz}$ ہے۔

سوال ۶.۱۵: کیکوڈ ایکلیپس فارک تعددی کو شکل ۶.۷۹ میں دکھایا گیا ہے جس میں $V_{CC} = 15 \text{ V}$ اور $V_{CE1} = 5 \text{ V}$ اور $V_{CE2} = 2 \text{ V}$ ہے۔ $R_E = 2.5 \text{ k}\Omega$ اور R_2 یون چنینی کے رکھنے والے R_1 اور $I_{C1} = 0.5 \text{ mA}$ اور R'_2 اور R'_1 یون چنینی کے رکھنے والے R_C2 اور R_C1 ہے۔ ان قیتوں کو استعمال کرتے ہوئے درمیانی تعدد پر افزاش



شکل ۶.۷۳

حاصل کریں۔

سوال ۶.۱۶: شکل ۶.۷۲ میں داخلی اسٹارے کی مزاجمت $10 \text{ k}\Omega = r_i$ جبکہ بوجھ کی مزاجمت $1 \text{ k}\Omega$ 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 $C_b = C_c = C_e$ 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 افزاش حاصل کریں۔

$$A_i = \frac{i_L}{i_i}$$

جوابات: $V_{BB} = 1.69 \text{ V}$, $I_C = 1.62 \text{ mA}$, $R_C = 5 \text{ k}\Omega$, $R_E = 556 \text{ }\Omega$, $R_B = 10 \text{ k}\Omega$, $A_i = -55$, $C_e = 198 \mu\text{F}$, $C_b = 15.9 \mu\text{F}$, $C_c = 13.3 \mu\text{F}$, $R_1 = 24.7 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 16.8 \text{ k}\Omega$, $-96.4 \frac{\text{A}}{\text{A}}$

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 اقطعی تعداد حاصل کرنے ہوئے مکمل بوداً خط کھینچیں اور اس پر پست اقطعی تعداد، بلند اقطعی تعداد اور درمیانی تعداد کی افزاش A_i واضح طور پر دکھائیں۔ ایسا کرنے کی حناظر $A_r = \frac{v_L}{i_L} \times \frac{i_L}{i_i} = \frac{v_L}{i_i}$ یعنی $A_i R_L$ لکھ کر حاصل کریں۔

$$A_r = -96.4 \frac{\text{kV}}{\text{A}}, f_H = 11.57 \text{ MHz}, C_{b'e} = 631 \text{ pF}$$

سوال ۶.۱۸: شکل ۶.۷۵ میں درمیانی تعداد پر $A_i = \frac{i_L}{i_i}$ حاصل کریں۔ ٹرانزستر کا $f_T = 5 \text{ pF}$ اور $C_{b'e} = 5 \text{ pF}$ ہے۔ بلند اقطعی تعداد بھی حاصل کریں۔ سیر ون کیسٹروں کی قیمت لامدد و تصور کریں۔

جوابات: $A_i = 0.833 \frac{\text{A}}{\text{A}}$, $C_{b'e} = 636 \text{ pF}$, $f_{Hbc} = 32 \text{ MHz}$, $f_{Hbe} = 46.7 \text{ MHz}$, $C_{b'e} = 32 \text{ MHz}$ کو بلند اقطعی تعداد لے سکتے ہیں۔

دوں جوابات بہت متربیت تحریک ہیں تاہم ہم $C_{b'e} = 32 \text{ MHz}$ کو بلند اقطعی تعداد لے سکتے ہیں۔

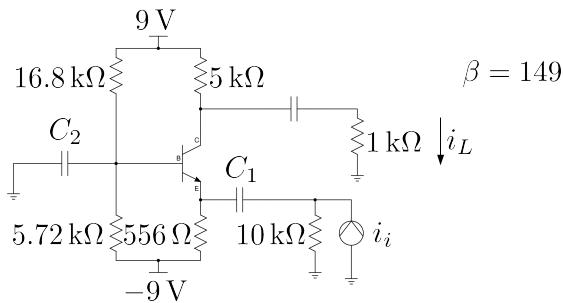
سوال ۶.۱۹: شکل ۶.۲۱ کی مدد سے $n = 6$ کی صورت میں تینوں k حاصل کرتے ہوئے بثروت کلیے لکھیں۔

جواب: جدول ۶.۱ میں جوابات دئے گئے ہیں۔

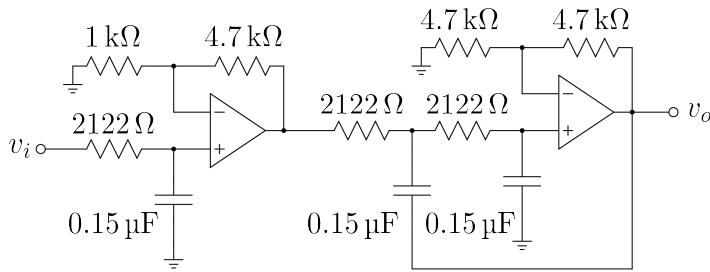
سوال ۶.۲۰: شکل ۶.۲۲ کی مدد سے $n = 7$ کی صورت میں تینوں k حاصل کرتے ہوئے بثروت کلیے لکھیں۔

جواب: جدول ۶.۱ میں جوابات دئے گئے ہیں۔

سوال ۶.۲۱: مساوات ۶.۱۳۰ حاصل کریں۔



شکل ۶.۷۵



شکل ۶.۷۶: بثروت فلاش 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 بثروت فلاش دکایا گیا ہے۔ اس کی پچان کرتے ہوئے اس کے مختلف متغیرات حاصل کریں۔ جوابات: یہ مین رتی $f_H = 500 \text{ Hz}$ کا پست گزار فلاش 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 دباؤ	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 مہیا کیا جائے تو ہم توقع کریں گے کہ بوجھ پر A_v بر قی دباؤ پیدا 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 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۔

۱.۱.۷ بر قی دباؤ ایکلیفائز

بر قی دباؤ ایکلیفائز کا مساوی تھوڑن دور شکل ۱.۷ میں نظر دار کیا رہیں گے۔ اسے داخنی جانب اشارہ V_s مہیا 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۔

$$V_s = I_i R_s + I_i R_i$$

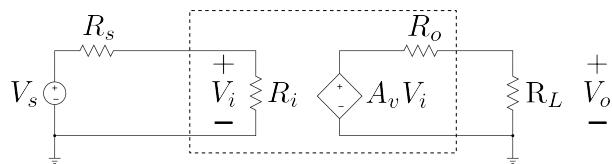
$$I_i = \frac{V_s}{R_s + R_i}$$

اور یوں

$$(1.1) \quad V_i = I_i R_i = V_s \left(\frac{R_i}{R_s + R_i} \right)$$

^۱ ادبیات میں والی ادوار پر غور کرتے ہوئے اشارات کو بڑے صورت ٹھیکے علیہ کیا جاتا ہے۔ اس باب میں ہم بھی ایسا ہی کریں گے

تحیونن مساوی دور



شکل ۱.۷: بر قی دباؤ ایمپلیفیائر کا مساوی تحیونن دور

س مصل ہوتا ہے۔ اسی طرح حنارجی جناب بر قی رکو I_0 لکھتے ہوئے حاصل ہوتا ہے

$$(1.2) \quad \begin{aligned} A_v V_i &= I_0 R_o + I_0 R_L \\ I_0 &= \frac{A_v V_i}{R_o + R_L} \\ V_o &= I_0 R_L = A_v V_i \left(\frac{R_L}{R_o + R_L} \right) \end{aligned}$$

اس مساوات میں V_i کی قیمت استعمال کر کے حاصل ہوتا ہے

$$(1.3) \quad \begin{aligned} V_o &= A_v V_s \left(\frac{R_L}{R_o + R_L} \right) \left(\frac{R_i}{R_s + R_i} \right) \\ A_V &= \frac{V_o}{V_s} = A_v \left(\frac{R_L}{R_o + R_L} \right) \left(\frac{R_i}{R_s + R_i} \right) \end{aligned}$$

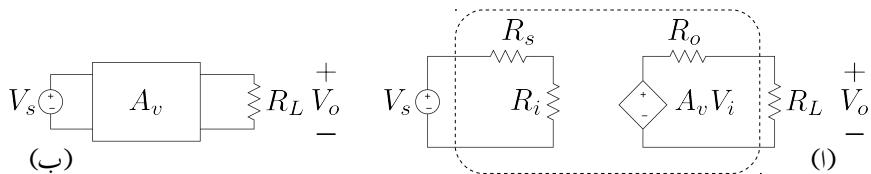
اس مساوات کے تحت امنڑا ش کی قیمت اشارے کی مسازامت R_s اور بوجھ کے مسازامت R_L پر تغیر ہے جب کہ ایسا نہیں ہونا چاہیے۔ آئیں دیکھیں کہ R_s اور R_L کے اثر کو کیسے ختم یا کم کیا جا سکتا ہے۔
بر قی دباؤ ایمپلیفیائر میں اگر

$$(1.4) \quad \begin{aligned} R_i &\rightarrow \infty \\ R_o &\rightarrow 0 \end{aligned}$$

ہوں تب مساوات ۱.۳ کے

$$(1.5) \quad A_V = A_v$$

س مصل ہوتا ہے۔ ایسا ایمپلیفیائر جس کی کل امنڑا ش A_V کا دارودار اشارے کی مسازامت R_s اور بوجھ کے مسازامت R_L پر قطعاً تغیر نہیں ہو اور جس کے A_V کی قیمت اٹھ ہو کو بر قی دباؤ ایمپلیفیائر کہتے ہیں۔ شکل ۱.۷ میں دکھایا، مساوات ۲.۷ پر بورا اترتا دور کا مصل بر قی دباؤ ایمپلیفیائر کا دور ہے۔



شکل ۷.۷: برقی دباؤ ایکلینیٹر کا سادہ ڈب بنس شکل

حقیقی برقی دباؤ ایکلینیٹر مساوات ۷.۲ کی بھائے مساوات ۷.۷ پر پورا اترتا ہے۔

$$(7.4) \quad R_i \gg R_s \\ R_0 \ll R_L$$

جس کے لئے ہم لکھ سکتے ہیں

$$(7.5) \quad A_V \approx A_v$$

مساوات ۷.۲ سے آپ دیکھ سکتے ہیں کہ لامددود R_L پر $\frac{V_o}{V_i}$ کی قیمت A_v کے برابر ہے یعنی

$$(7.6) \quad A_v = \left. \frac{V_o}{V_i} \right|_{R_L \rightarrow \infty}$$

لہذا A_v کو ایکلینیٹر کی لامددود بوجھ کے مزاحمت پر اندازش برقی دباؤ ایکلینیٹر کی اندازش برقی دباؤ بھی پکارا جاتا ہے۔

شکل ۷.۷ الف میں برقی دباؤ ایکلینیٹر میں داخلی اشارے کی مزاحمت R_s کو بھی ایکلینیٹر کا حصہ تصور کرتے ہوئے شکل ب میں اسی کا سادہ ڈب بنس شکل دکھایا گیا ہے۔

۷.۱.۲ برقی روا ایکلینیٹر

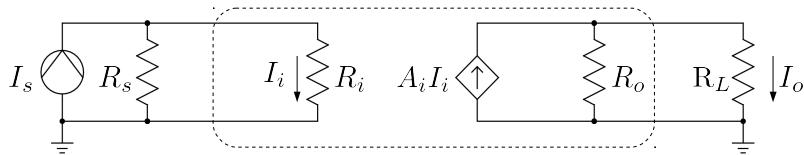
برقی روا ایکلینیٹر کا مساوی نارٹن دور شکل ۷.۳ میں نظرے دار لکیر میں بند دکھایا گیا ہے۔ اسے داخلی جناب اشارہ I_s مہی کیا گیا ہے جبکہ حنارجی جناب اس پر برقی بوجھ R_L لادا گیا ہے۔ منبع داخلی اشارے کی مزاحمت R_s ہے۔ داخلی جناب تقسیم برقی رو سے حاصل ہوتا ہے

$$(7.7) \quad I_i = I_s \left(\frac{R_s}{R_s + R_i} \right)$$

اسی طرح حنارجی جناب تقسیم برقی رو سے حاصل ہوتا ہے

$$(7.8) \quad I_o = A_i I_i \left(\frac{R_o}{R_o + R_L} \right)$$

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

$$(1.11) \quad A_I = \frac{I_o}{I_s} = A_i \left(\frac{R_s}{R_s + R_i} \right) \left(\frac{R_o}{R_o + R_L} \right)$$

مساویت ۱.۷ میں اگر

$$(1.12) \quad \begin{aligned} R_i &\ll R_s \\ R_o &\gg R_L \end{aligned}$$

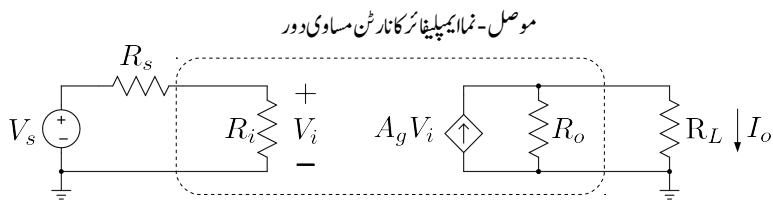
ہوں تو اسے یوں لکھا جا سکتا ہے

$$(1.13) \quad A_I \approx A_i$$

ایسا ایپلیفار جس کی افناش I_A کا دار و مدار داخلی ہے یعنی مسز احمدت R_s اور حناری بیرونی مسز احمدت R_L پر قطعاً مخفسر نہیں ہوا اور جس کے A_I کی قیمت اٹل ہو کو برقرار رکھتے ہیں۔ برقی روایپلیفار مساوات ۱.۷، ۱.۱۰، ۱.۱۳ کے تحت ہی تختین دئے جاتے ہیں تاکہ ان کی افناش زیادہ سے زیادہ ہو اور اس کی قیمت حناری مسز احمدت پر مخفسر ہو۔ کامل برقی روایپلیفار میں $R_o = 0$ اور $R_i = \infty$ ہوں گے۔ مساوات ۱.۱۰ سے آپ دیکھ سکتے ہیں کہ $R_L = 0$ کی صورت میں

$$(1.14) \quad \left. \frac{I_o}{I_i} \right|_{R_L=0} = A_i$$

حاصل ہوتا ہے، لہذا A_i کو صفر بوجھ کے مسز احمدت پر افناش برقی روپ کارا جائے 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 جناب بھی نارٹن مساوی دور استعمال 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

$$(7.12)$$

$$V_i = V_s \left(\frac{R_i}{R_i + R_s} \right)$$

$$I_o = A_g V_i \left(\frac{R_o}{R_o + R_L} \right)$$

$$I_o = A_g V_s \left(\frac{R_i}{R_i + R_s} \right) \left(\frac{R_o}{R_o + R_L} \right)$$

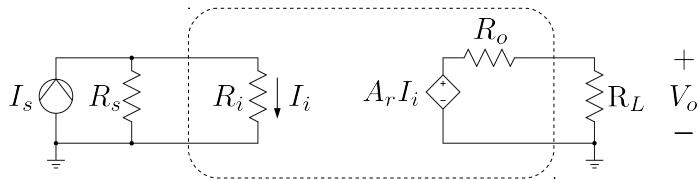
لہذا

$$(7.13) \quad A_G = \frac{I_o}{V_s} = A_g \left(\frac{R_i}{R_i + R_s} \right) \left(\frac{R_o}{R_o + R_L} \right)$$

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 ۱.۷: مزاحمت نما ایمپلیفیاٹر کا مساوی دور

اسی طرح

$$(1.19) \quad R_i \gg R_s \\ R_o \gg R_L$$

کی صورت میں مساوات ۱.۷ سے حاصل ہوتا ہے

$$(1.20) \quad A_G \approx A_g$$

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۔

۱.۷ مزاحمت نما ایمپلیفیاٹر

شکل ۱.۷ 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۔

$$(1.21) \quad I_i = I_s \left(\frac{R_s}{R_s + R_i} \right) \\ V_o = A_r I_i \left(\frac{R_L}{R_L + R_o} \right)$$

اس مساوات سے ہم دیکھتے ہیں کہ $A_r R_L = \infty$ کی صورت میں A_r کی قیمت $\frac{V_o}{I_i}$ کے برابر ہو گی یعنی

$$(1.22) \quad \left. \frac{V_o}{I_i} \right|_{R_L=\infty} = A_r$$

لبذا A_r کو لامدد مزاحمتی بوجہ پر ایمپلیفیاٹر کی مزاحمت نما افنزاٹشن کہتے ہیں۔ کل مزاحمت نما افنزاٹشن A_R مساوات ۱.۷ سے حاصل کرتے ہیں۔

$$(1.23) \quad A_R = \frac{V_o}{I_s} = A_r \left(\frac{R_s}{R_s + R_i} \right) \left(\frac{R_L}{R_L + R_o} \right)$$

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 ۱.۷: شکل ۱.۷ 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۔

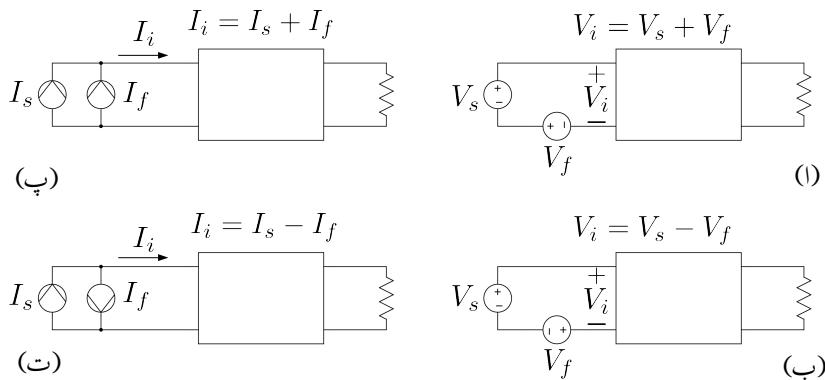
۱.۷ واپسی اشارہ

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 ۱.۷ الف میں واپسی اشارے V_f کو برقی دباؤ اشارے V_s کے ساتھ جمع کرنا دکھایا گیا ہے جبکہ شکل ۱.۷ ب میں V_f کو V_s سے منفی کرنا دکھایا گیا ہے۔ شکل ۱.۷ پ میں واپسی اشارے I_f کو برقی دباؤ اشارے I_s کے ساتھ جمع کرنا دکھایا گیا ہے جبکہ شکل ۱.۷ میں I_f کو I_s سے منفی کرنا دکھایا گیا ہے۔ برقی دباؤ اشارات کو آپس میں جمع یا منفی کرتے وقت انہیں سالمہ دار 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 ۱.۷ 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 ۱.۷ 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 کہا جائے گا۔ اس شکل میں اوپر والا سب بینیادی بر قی دباؤ ایمپلیفیاٹر ہے جبکہ نچلا لاؤب وابس کار ہے۔ وابس کار کا داخلی اشارہ V_0 ہے جبکہ اس کا خارجی واپسی اشارہ V_f ہے۔ واپس 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۔

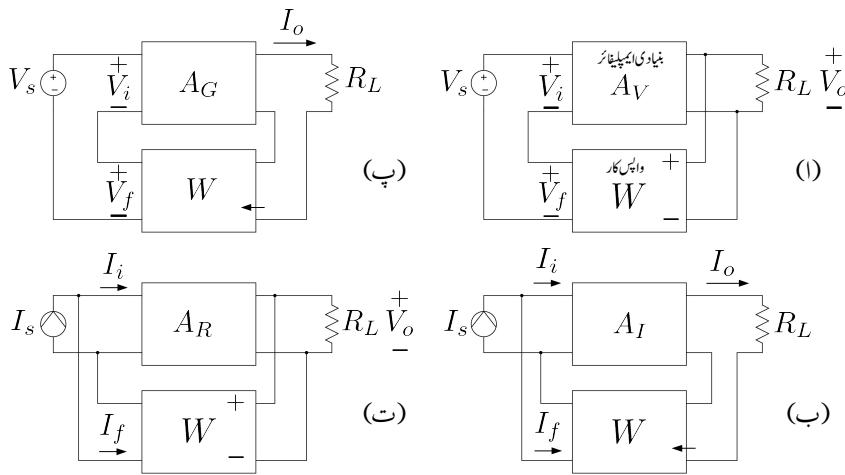
اس شکل میں واپسی اشارہ V_f کو اشارہ V_0 کے ساتھ جمع کیا گیا ہے اور یوں اس ایمپلیفیاٹر کو منفی واپسی بر قی دباؤ ایمپلیفیاٹر کہا جائے گا۔ اگر V_f کو V_s کے ساتھ جمع کیا جاتا تب اسے جمع واپسی بر قی دباؤ ایمپلیفیاٹر^۸ کہا جاتا۔ اس باب میں منفی واپسی ایمپلیفیاٹر پر ہی بحث کی جائے گی۔ اگلے باب میں جمع واپسی ادوار کا استعمال کیا جائے گا۔

شکل ۷.۷ ب میں بر قی دباؤ 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 کمبل دور کو منفی واپسی بر قی دباؤ ایمپلیفیاٹر^۹ کہا جائے 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 دباؤ کو بطور داخلی اشارہ مہیا کیا جائے۔

یہاں رک کر اس بات کو سمجھیں کہ خارجی بر قی دباؤ V_0 سے واپسی اشارہ حاصل کرتے وقت وابس کار کے داخلی جانب کو بینیادی ایمپلیفیاٹر کے خارجی جانب متوازی جوڑا ہوتا ہے جبکہ خارجی بر قی I_0 سے واپسی اشارہ حاصل کرتے وقت واپس کار کا داخلی جانب اور بینیادی ایمپلیفیاٹر کا خارجی جانب سلسلہ دار جوڑے ہوتے ہیں۔ واپسی اشارہ از خود بر قی دباؤ 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 واپس کار کے داخلی جانب کو بینیادی ایمپلیفیاٹر کے خارجی جانب سلسلہ دار جوڑا گیا ہے۔ واپس کار کا خارجی اشارہ بر قی دباؤ V_f ہے جسے منفی کیا گیا ہے۔

negative feedback voltage amplifier^۶
positive feedback voltage amplifier^۸
negative feedback current amplifier^۹



شکل ۷.۷: واپسی ایکلپیٹنائز کے اقسام

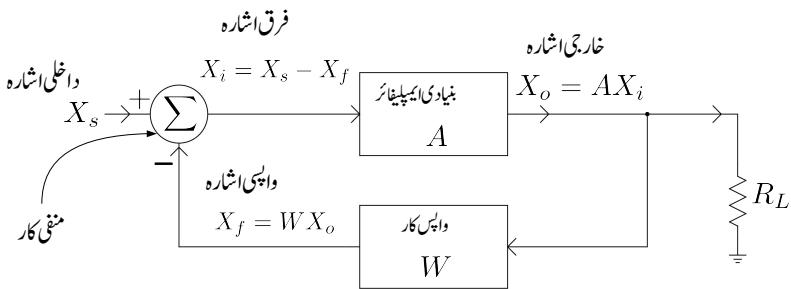
شکل ۷.۷ ت میں مزاحمت نہ ایکلپیٹنائز میں واپسی اشارے کی شمولیت دکھائی گئی ہے جسے آپ خود سمجھ سکتے ہیں۔
جہاں متن سے واضح ہو وہاں ان ایکلپیٹنائز کے پورے نام کی جگہ صرف واپسی ایکلپیٹنائز کا نام استعمال کیا جائے گا۔

۷.۳ بنیادی کارکردگی

ٹرانزسٹر ایکلپیٹنائز کے دور میں ٹرانزسٹر کاریاضی نموہنیب کرتے ہوئے انہیں کرخوفے کے قوانین سے حل کرنے سے آپ بخوبی واقف ہیں۔ واپسی ایکلپیٹنائز کو بھی اسی طرح حل کرنا ممکن ہے البتہ انہیں یوں حل کرنے سے واپسی عمل کی وضاحت نہیں ہوتی۔ اس حصے میں ہم واپسی ایکلپیٹنائز کو اس طرح حل کریں گے کہ ان میں واپسی اشارے کا کردار اچا گر ہو۔

واپسی ادوار کے تین حصے ہیں۔ پہلا حصہ بنیادی ایکلپیٹنائز، دوسرا حصہ جمع کار (یا منفی کار) اور تیسرا حصہ واپسی کار۔ شکل ۷.۸ میں ان تینوں حصے کو دکھائیا گیا ہے۔

یہاں بنیادی ایکلپیٹنائز سے مراد حصہ ۱ میں دکھائے چار قسم کے ایکلپیٹنائز میں سے کوئی بھی ہو سکتا ہے۔ اشارے کی مزاحمت R_S کو یہاں بنیادی ایکلپیٹنائز کا حصہ تصور کیا گیا ہے۔ یوں شکل ۷.۸ میں A سے مراد A_R یا A_G یا A_I یا A_V ہو سکتا ہے۔ یہاں R_L کے علاوہ واپس کار کا داخلی جناب بھی ایکلپیٹنائز کے حنارتی جانب نسبت ہے اور A واپس کار کے بوچھ کو بھی شامل کرتے حاصل کیا جاتا ہے۔ اس کی وضاحت حصہ ۷.۸ میں کی جائے گی۔ ایکلپیٹنائز کے داخلی اشارے V_S کو I_S کو X_S کے مقابلے میں جبکہ اس کے حنارتی اشارے V_O کو I_O کو X_O کے مقابلے میں کی جائے گی۔



شکل ۸.۷: بنیادی وابی ایکپلینیز

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 X_o کا کچھ حصہ منفی کار کو بطور وابی 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 وابی 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 $W_p = 0.01$

$$A_f = \frac{99}{1 + 0.01 \times 99} = 49.749$$

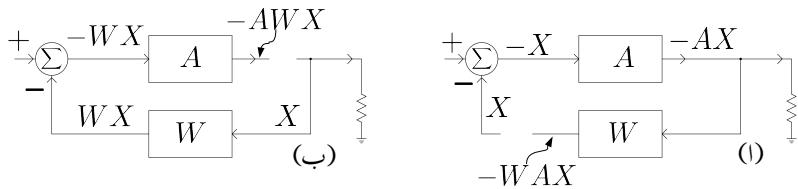
جبکہ $W = 0.1$ پر

$$A_f = \frac{99}{1 + 0.1 \times 99} = 9.0826$$

حصہ ملتا 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 ایکلینیکر کا شرح دائرہ

ہے۔ مندرج کریں کہ اس نقطے کے بائیں جناب 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 ایکلینیکر سے گزرتے ہوئے اے ضرب ہو کر $-AX$ ہو جاتا ہے اور آخوند کار و اپی دوڑے 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 ایکلینیکر کا افرما^۲ 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 ایکلینیکر 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 ایکلینیکر کی انسزاکش A کے قیمت پر بوجھ کے مزاحمت R_L کا کوئی اثر نہیں ہوتا۔

۳. داخلی اشارہ صرف اور صرف بنیادی ایکلینیکر سے گزرتے ہوئے خارجی جناب پنچتا 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 ایکلینیکر میں ٹرانزسٹر کا h_{fe} مفسر کرنے سے A کی قیمت صفر کی جا سکتی ہے)۔

اس مفروضے کے تحت واپس کار میں اشارہ صرف اور صرف اپی ایکلینیکر کے خارجی جناب سے داخلی جناب گزرتا ہے۔ حقیقت میں واپس کار عموماً مزاحمت، کپیٹر و فریڈر سے بنتا ہے اور اس میں اشارہ دونوں جناب گزرتا ہے۔ ہم دیکھیں گے کہ اس کے باوجود حقیقی ایکلینیکر 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 جناب پنچتا 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 گھاتا 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 گھاتا 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 جاتا 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 $A_{f1} = 40$ 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

$$\left| \frac{8.1818 - 8.3333}{8.3333} \right| \times 100 = 1.818\%$$

ہے۔

آپ نے دیکھ کر بیاری ایک پلینگ ائر میں 11.11 فی صد تبدیلی آئی جبکہ واپسی ایک پلینگ ائر میں سرف 1.818 فی صد 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 ۳۱ 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 ۳۱ 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 لئے اہم ساوات ہے جس کے تحت $1 \gg WA$ کی صورت میں داپکی ایکلینیائز کی افسزاش صرف اور صرف داپک کا رکے 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 وغیرہ 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۔

ممکن ایکلینیائز تخلیق دینے کا طریقہ ایک مشال کی مدد سے سیکھتے ہیں۔

مشال ۷.۳: 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 روشن ہو گی جو کہ قابل مقبول نہیں۔ زیادہ سے زیادہ ۰.۴% تبدیلی قابل برداشت ہے۔ ایک عدد موصل نما داپکی ایکلینیائز تخلیق دین جس کی افسزاش $V/A = 45$ ہو اور اس میں تبدیلی ۰.۴% سے خباؤرنے کرے

حل:

ایسی صورت میں بنیادی ایکلینیائز کی افسزاش A کو ضرورت سے M گن ازیادہ رکھ کر اسے تخلیق دیا جاتا ہے۔ اس ایکلینیائز کے افسزاش میں درجہ حرارت کے تبدیلی سے ۵% تبدیلی پیدا ہو گی۔ اس کے بعد اس میں داپک اشارے کی شمولیت کی جاتی ہے جس سے ایکلینیائز کی داپکی افسزاش M گن کم ہونے کے ساتھ ساتھ M گن 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 آٹھانی صد ہو تو A کو سو فی صد تصور کیا جائے گا۔ یوں

$$\begin{aligned} \frac{dA}{A} &= M \left(\frac{dA_f}{A_f} \right) \\ \frac{5}{100} &= M \left(\frac{0.5}{100} \right) \\ M &= 10 \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے یوں اس ایکلینیکر کو دس گن مسحکم کرنے کی ضرورت ہے۔ لہذا اہم ایسا ایکلینیکر تحقیق دیں گے جس کی واپسی اشارہ شامل کرنے سے پہلا افسزائش درکار قیمت سے M گن زیادہ ہوئی کی قیمت $= 450 \times 45 = 450$ ہوگی۔ اس میں واپسی اشارے کی شمولیت سے افسزائش کو دس گن مسحکم کی وجہ ساتھی ساتھ $A_f = 45$ حاصل کی جائے گی جو کہ درکار موصل بی افسزائش ہے۔ مساوات ۷.۳.۷ کے تحت

$$45 = \frac{450}{1 + W \times 450} \approx \frac{1}{W}$$

$$W = \frac{1}{45} = 0.02222$$

حاصل ہوتا ہے جو کہ واپس کار کے مستقل کی درکار قیمت ہے۔

مساوات ۷.۵.۷: $A_f = -100$ اور $-1000 = A_f$ کی صورت میں W حاصل کریں۔ حل:

$$-100 = \frac{-1000}{1 - 1000W}$$

$W = -0.009$ حاصل ہوتا ہے۔

مساوات ۷.۳.۵ میں A_f سے مراود واپسی ایکلینیکر کی افسزائش ہے جو کہ بر قی دباد واپسی ایکلینیکر کی صورت میں A_{v_f} ، بر قی رہوا پس ایکلینیکر کی صورت میں A_{if} ، موصل بی اس ایکلینیکر کی صورت میں A_{gf} اور مسماحت نہ رہا پس ایکلینیکر کی صورت میں A_{rf} کو ظاہر کرتا ہے۔

۷.۳.۲ تعدادی بگاڑ

مساوات ۷.۳.۵ کے تحت $1 \gg WA$ کی صورت میں واپسی ایکلینیکر کی افسزائش صرف اور صرف W پر مختص ہوتی ہے۔ اگر واپس کار کی حصیت تعداد پر مختص ہے تو بے واپسی ایکلینیکر کی کار کردگی بھی تعداد پر مختص نہیں ہو گی۔ واپس کار میں صرف مسماحت استعمال کرتے ہوئے اس کے کار کردگی کو تعدد سے پاک بنایا جاستا ہے۔ اگر واپس کار میں کپیٹ اور امالة استعمال کئے جائیں تب اس کی کار کردگی تعداد پر مختص ہو گی۔ اسی صورت میں واپسی ایکلینیکر کی کار کردگی بھی تعداد پر مختص ہو گی۔ یوں اگر کسی حناص تعداد W_0 پر WA کی قیمت کم ہو جسکہ اس تعداد سے کمیا اس سے زیادہ تعداد پر W کی قیمت زیادہ ہوتے 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 گزار فلٹر^{۱۲} کی حصیت ہے۔ اسی طرح پہنچ گزار فلٹر^{۱۳}، پست گزار فلٹر اور بلند گزار فلٹر بھی بنائے جاسکتے ہیں۔

۷.۳.۳ دائرہ کارکردگی کے پڑی میں وسعت

فسرپ 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 درمیانی 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

$$(7.32) \quad A_{f0} = \frac{A_0}{1 + WA_0}$$

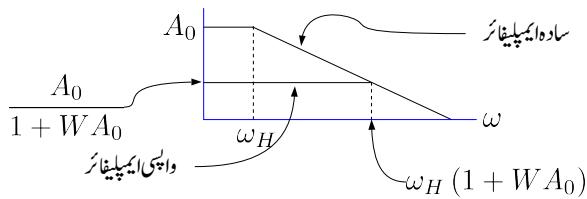
ہے جبکہ اس کی بلند انقطعی تعداد

$$(7.33) \quad \omega'_H = \omega_H (1 + WA_0)$$

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 تعدد پر افزائش $\frac{V}{V} = 3000$ ہے جبکہ اس کی بلند اقطعی 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 تعدد کی افزائش اور بلند اقطعی تعدد 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 مشمولیت 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 دبای 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 انسان ہے کہ 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

$$(7.31) \quad A_V \Bigg|_{R_L \rightarrow \infty} = A'_v$$

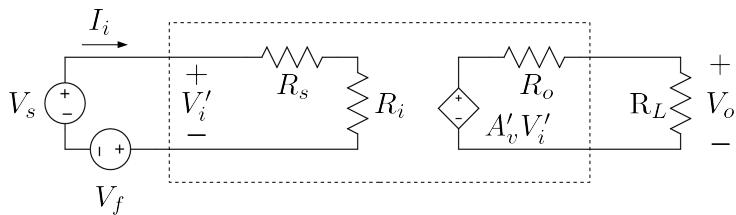
حاصل ہوتا ہے۔
واپسی اشارے کی عدم موجودگی میں

$$\begin{aligned} V_s &= V'_i = I_i (R_i + R_s) \\ (7.32) \quad R'_i &= \frac{V_s}{I_i} = R_i + R_s \end{aligned}$$

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 دبادیمپلینیائز 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 دبادیمپلینیائز کی قیمت بھی کم ہو جاتی ہے۔ یوں $V_s - V_f$ رہ جاتا ہے جس سے داخلي جانب برقی رو کی شرح بڑھ جاتی ہے، جس سے داخلي مزاحمت بھی بڑھ جاتا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ برقی دبادیمپلینیائز اشارہ چھپا ہے خارجی برقی دبادیمپلینیائز برقی رو سے حاصل کیا جائے، یہ ہر صورت داخلي مزاحمت کو بڑھاتے گا۔

مساوات ۷.۳۳ میں $R_s = 0$ پر کرتے ہوئے

$$(7.33) \quad R'_{if} = (1 + WA_V) R_i$$

حاصل ہوتا ہے جہاں داخلي مزاحمت کو R'_{if} لکھ کر اس بات کی وضاحت کی گئی ہے کہ اس میں ۰

لیا گیا ہے۔

۵.۷.۲ واپسی برقی دبادیمپلینیائز کا داخلي مزاحمت

شکل ۱۱.۷ میں دکھائے برقی دبادیمپلینیائز 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 دبادیمپلینیائز 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 ($I_f = 0$) 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

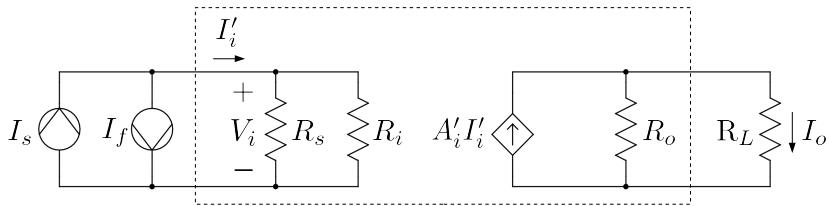
$$\begin{aligned} I_o &= A'_i I'_i \left(\frac{R_o}{R_o + R_L} \right) \\ &= A_i I'_i \left(\frac{R_s}{R_s + R_i} \right) \left(\frac{R_o}{R_o + R_L} \right) \\ \frac{I_o}{I'_i} &= A_i \left(\frac{R_s}{R_s + R_i} \right) \left(\frac{R_o}{R_o + R_L} \right) \end{aligned}$$

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 روایم پلیگانر کی دا حنلی مزاجمٹ

جہاں آخوندی فتدم پر مساوات ۷۸ کا استعمال کیا گی۔ اس صورت میں داخلی بر قبیل دباو

$$\begin{aligned} V_i &= I'_i \left(\frac{R_s R_i}{R_s + R_i} \right) \\ &= I'_i R'_i \\ &= \left(\frac{I_s}{1 + WA_I} \right) R'_i \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے جس سے

$$(2.79) \quad R'_{if} = \frac{V_i}{I_s} = \frac{R'_i}{1 + WA_I}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اس میادت کے تحت واپسی رو ایکلیفیٹر کا دھنی مزاجت R_{if} غیر واپسی ایکلیفیٹر کے دھنی مزاجت R_i سے M کم ہوتا ہے۔

اس حقیقت کو یہ سمجھا جا سکتا ہے کہ واپسی اشارے کے عدم موجودگی میں I_S داخلی مزاحمت R'_i کے گزرنے ہوئے V_i کو جسم دیتا ہے۔ اور I_S کی شرح کو داغلی مزاحمت کہتے ہیں۔ واپسی اشارے کے موجودگی میں مزاحمت R'_i کے گرتر برقی رکمیت کم ہو کر $I_i - I_S$ ہو جاتی ہے لہذا I_i کی قیمت بھی کم ہو جاتی ہے۔ یہ I_S اور I_i کی شرح بھی کم ہو جاتی ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ I_i چاہے خارجی برقی دبادہ V_0 یا خارجی برقی رو I_0 سے حاصل کیا جائے، اس کا داخلی مزاحمت کل مزاحمت پر ایک جیسا اثر ہوتا ہے لہنی کل داخلی مزاحمت کم ہوتا ہے۔

$$(2.5 \circ) \quad R_{if} = \frac{R_i}{1 + WA_I}$$

R_s = حاصل ہوتا ہے جہاں اخنی مزاحمت کو iR لکھ کر اس بات کی وضاحت کی گئی ہے کہ اس میں 0 لسا گا۔

۷.۵.۳۔ واپسی موصل نہ ایک پلیناٹ کا داخنی مزاجت

شکل ۷.۲ 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 ۱۳.۷ 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 ۷.۱.۷ 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۔

$$V'_i = V_s = I_i (R_s + R_i)$$

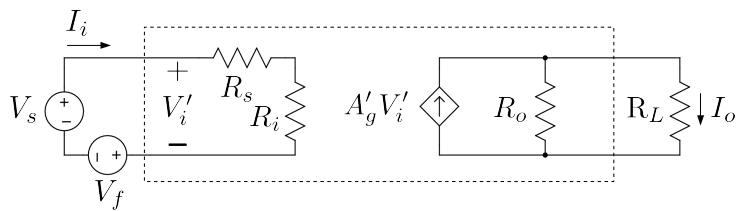
$$R'_i = \frac{V_s}{I_i} = R_s + R_i$$

آنکے اب واپسی اشارے کے موجودگی میں کل داخنی مزاجت I'_f حاصل کریں۔

$$\begin{aligned} (7.53) \quad V'_i &= V_s - V_f \\ &= V_s - W I_o \\ &= V_s - W A_G V'_i \\ V'_i &= \frac{V_s}{1 + W A_G} \end{aligned}$$

تیرے وتم پر مساوات ۷.۵.۶ کا استعمال کیا گیا۔ اس مساوات کو

$$(7.53) \quad V'_i = I_i (R_s + R_i)$$



شکل ۵.۷: واپسی موصل نہ ایک پلیناٹ کی داخلي مزاحمت

میں ڈالنے ہیں

$$\frac{V_s}{1 + WA_G} = I_i (R_s + R_i)$$

حصہ سے موصل ہوتا ہے

$$(5.55) \quad R'_{if} = \frac{V_s}{I_i} = (R_s + R_i)(1 + WA_G) \\ = R'_i(1 + WA_G)$$

اس مساوات کے مطابق واپسی اشارے کے موجودگی میں کل داخلي مزاحمت R'_{if} کی قیمت واپسی اشارے کے عدم موجودگی میں کل داخلي مزاحمت R_i کے M گناہ ہے۔
مساوات ۵.۵۵ میں $R_s = 0$ پر کرتے ہوئے

$$(5.56) \quad R'_{if} = R_i(1 + WA_G)$$

موصل ہوتا ہے جس کا داخلي مزاحمت R'_{if} کا اس بات کی وضاحت کی گئی ہے کہ اس میں $0 = R_s$ لیا گیا ہے۔

۵.۷. واپسی مزاحمت نہ ایک پلیناٹ کا داخلي مزاحمت

شکل ۵.۷ میں واپسی اشارہ V_f کی شمولیت اور

$$(5.57) \quad A'_r = A_r \left(\frac{R_s}{R_s + R_i} \right)$$

تصور کرتے ہوئے یہاں شکل ۱۳ میں دوبارہ کھایا گیا ہے۔ مزید یہ کہ یہاں R_s کو ای پلیفار 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

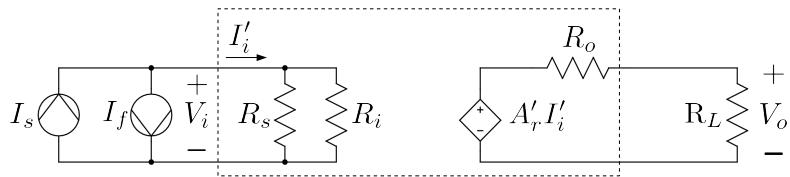
$$\begin{aligned} I'_i &= I_s - I_f \\ &= I_s - W V_o \\ &= I_s - W A_R I'_i \\ I'_i &= \frac{I_s}{1 + W A_R} \end{aligned}$$

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 ۱۳.۷: 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۔

۲.۶.۱ واپسی بر قی دباؤ ایمپلیفائز کا حنارجی مزاجمت

شکل ۲.۷ میں R_L کو منقطع کرتے ہوئے، $V_s = 0$ اور حنارجی جناب بر قی دباؤ V_t لاگو کرتے ہیں۔ اور I_t کی شرح اس ایمپلیفائز کا حنارجی مزاجمت R_{of} ہو گا۔ شکل ۲.۸ 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

$$(2.12) \quad R_{of} = \frac{V_t}{I_t} = \frac{R_o}{1 + WA'_v}$$

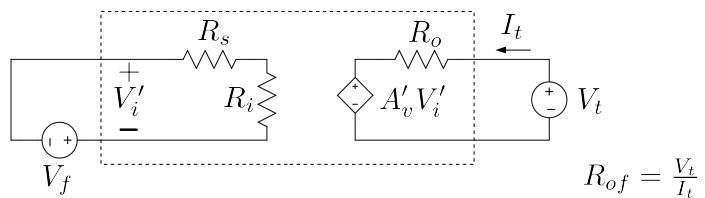
اگر R_L کو بھی شامل کیا جائے تب چونکہ R_{of} متوازی جبٹے ہیں لہذا اس صورت کل حنارجی مزاجمت R_{of}' یوں حاصل ہوگی

$$\begin{aligned} R_{of'} &= \frac{R_{of} R_L}{R_{of} + R_L} = \frac{\left(\frac{R_o}{1+WA'_v}\right) R_L}{\left(\frac{R_o}{1+WA'_v}\right) + R_L} \\ &= \frac{\frac{R_o R_L}{1+WA'_v}}{\frac{R_o + R_L(1+WA'_v)}{1+WA'_v}} = \frac{R_o R_L}{R_o + R_L(1+WA'_v)} \\ &= \frac{R_o R_L}{R_o + R_L + WA'_v R_L} = \frac{R_o R_L}{(R_o + R_L) \left(1 + \frac{WA'_v R_L}{R_o + R_L}\right)} \\ &= \frac{\frac{R_o R_L}{R_o + R_L}}{1 + \frac{WA'_v R_L}{R_o + R_L}} \end{aligned}$$

A_V کو $\frac{A'_v R_L}{R_o + R_L}$ داصل R_o کا مساوی متوازی مزاجمت ہے جسے لکھتے ہوئے اور R'_o کو کھوئے مندرجہ بالامساوات سے حاصل ہوتا ہے

$$(2.13) \quad R_{of'} = \frac{R'_o}{1 + WA_V}$$

^{۱۰} بر قی دباؤ کو صفر کرنے کی حرطی اسے قصر دیو 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

$$\begin{aligned} V_t &= (I_t + A'_i I'_i) R_o \\ &= (I_t - A'_i I_f) R_o \\ &= (I_t - A'_i W I_o) R_o \end{aligned}$$

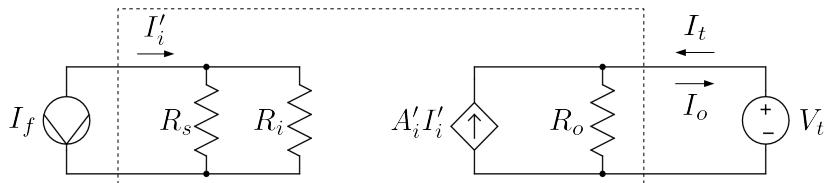
جیسا شکل میں دکھایا گیا ہے $I_o = -I_t$ ہے لہذا مندرجہ بالامساوات کو یوں لکھ سکتے ہیں

$$V_t = (I_t + A'_i W I_t) R_o$$

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

مزاحمت بوجھ مزاحمت R_{of} کے متوازی حصہ ہے لہذا اس کے شمولیت سے کل حناری مزاحمت R'_{of} یوں حاصل کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned}
 R'_{of} &= \frac{R_{of} R_L}{R_{of} + R_L} = \frac{R_o (1 + WA'_i) R_L}{R_o (1 + WA'_i) + R_L} \\
 &= \frac{(1 + WA'_i) R_o R_L}{R_o + WA'_i R_o + R_L} = \frac{(1 + WA'_i) R_o R_L}{R_o + R_L + WA'_i R_o} \\
 &= \frac{(1 + WA'_i) R_o R_L}{(R_o + R_L) + WA'_i R_o} = \frac{(1 + WA'_i) R_o R_L}{(R_o + R_L) \left(1 + \frac{WA'_i R_o}{R_o + R_L}\right)} \\
 &= \left(\frac{R_o R_L}{R_o + R_L}\right) \frac{(1 + WA'_i)}{\left(1 + W \frac{A'_i R_o}{R_o + R_L}\right)}
 \end{aligned}$$

متوازی جوڑنے سے A_I کو $\frac{A'_i R_o}{R_o + R_L}$ اور R'_o کو $\frac{R_o R_L}{R_o + R_L}$ حاصل ہوتا ہے

$$(7.44) \quad R'_{of} = R'_o \frac{(1 + WA'_i)}{(1 + WA_I)}$$

۷.۶.۳ واپسی موصل نہ ایک پلیناٹر کا حنارجی مزاحمت

شکل ۷.۳ میں R_L کو منقطع کرتے ہوئے، $0 = V_s - R_L I_t$ اور حنارجی جبانب بر قی دباد V_t لاگو کرتے ہیں۔ اور I_t کی شرح اس ایک پلیناٹر کا حنارجی مزاحمت R_{of} ہو گا۔ شکل ۷.۴ میں ایسا وکھایا گیا ہے جس سے ہم لکھ سکتے ہیں

$$\begin{aligned} V_t &= \left(I_t + A'_g V'_i \right) R_o \\ &= \left(I_t - A'_g V_f \right) R_o \\ &= \left(I_t - A'_g W I_o \right) R_o \\ &= \left(I_t + A'_g W I_t \right) R_o \end{aligned}$$

جہاں دوسرے وتد مپر $-V_f$ اور چوتھے تدم پر $-V'_i$ کا استعمال کیا گیا ہے۔ یوں کل حنارجی مزاحمت R_{of} کی قیمت یوں حاصل ہوتی ہے۔

$$(7.17) \quad R_{of} = \frac{V_t}{I_t} = R_o \left(1 + WA'_g \right)$$

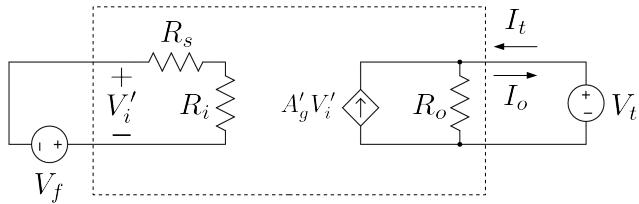
اگر R_L کو بھی شامل کیا جائے تو کل حنارجی مزاحمت R'_{of} لکھتے ہوئے

$$\begin{aligned} R'_{of} &= \frac{R_{of} R_L}{R_{of} + R_L} = \frac{R_o R_L \left(1 + WA'_g \right)}{R_o \left(1 + WA'_g \right) + R_L} \\ &= \frac{R_o R_L \left(1 + WA'_g \right)}{R_o + R_o W A'_g + R_L} = \frac{R_o R_L \left(1 + WA'_g \right)}{\left(R_o + R_L \right) \left(1 + \frac{R_o W A'_g}{R_o + R_L} \right)} \\ &= \left(\frac{R_o R_L}{R_o + R_L} \right) \left(\frac{1 + WA'_g}{1 + \frac{R_o A'_g W}{R_o + R_L}} \right) \end{aligned}$$

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

$$(7.18) \quad R'_{of} = R'_o \left(\frac{1 + WA'_g}{1 + WA_G} \right)$$

^{۱۶} بر قی دباد کو صفر کرنے کی حنا طریقے قصر دور کیا جاتا ہے



شکل ۷.۱۷: داپکی موصل نہ ایک پلینیاٹر کا حنارجی مزاحمت

۷.۲.۳ داپکی مزاحمت نہ ایک پلینیاٹر کا حنارجی مزاحمت

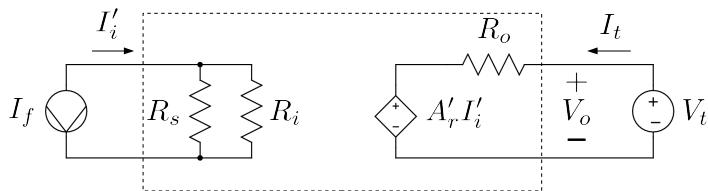
شکل ۷.۱۳ میں R_L کو منقطع کرتے ہوئے، $I_s = 0$ کے لئے اک حنارجی حبائب برقی دباد V_t لاگو کرتے ہیں۔ اور I_t کی شرح اس ایک پلینیاٹر کا حنارجی مزاحمت R_{of} ہوگا۔ شکل ۷.۱۸ میں ایسا دکھایا گیا ہے جہاں سے ہم لکھ سکتے ہیں

$$\begin{aligned} I_t &= \frac{V_t - A'_r I'_i}{R_o} \\ &= \frac{V_t + A'_r I_f}{R_o} \\ &= \frac{V_t + A'_r W V_o}{R_o} \\ &= \frac{V_t + A'_r W V_t}{R_o} \end{aligned}$$

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 حنطہ اسے کھلے دو رکی جاتا ہے



شکل ۱۸.۷: واپسی مزاحمت نہ ایکلینیاٹر 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 $A_R \frac{A'_r R_L}{R_o + R_L}$ کو لکھتے ہوئے اور $R'_{of} \frac{R_o R_L}{R_o + R_L}$ 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 ایکلینیاٹر 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 ایکلینیاٹر کا داخنی مزاحمت بڑھتا ہے جبکہ اس کا حنارجی مزاحمت گھٹتا ہے۔ جہاں ایکلینیاٹر 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۔

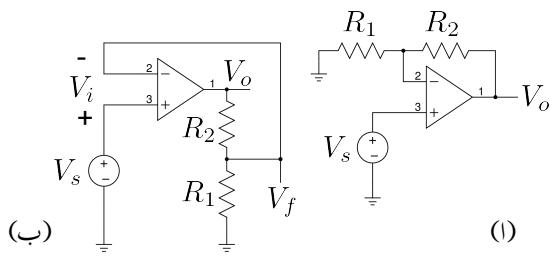
اس ہے میں مساوات ۳۰۔۷ کے طرز کی مساوات کا حصول دکھایا جائے گا۔ ایسا کرتے ہوئے تصور کیا جائے گا کہ ایکلینیاٹر مساوات ۳۲۔۷ پر پورا اترتتے ہے لہذا افسزاں کے لئے مساوات ۳۵۔۷ استعمال کیا جائے گا۔ حسابی ایکلینیاٹر کی افسزاں نہیں زیادہ ہوتی ہے۔ یوں اسک پر مسنبی واپسی دور مساوات ۳۰۔۷ پر پورا اترتتے ہے اور اس کی داخلی مساوات ہو ہو مساوات ۳۰۔۷ کی طرح ہوتا ہے۔ یوں حسابی ایکلینیاٹر استعمال کرتے ہوئے کامل واپسی ادوار بنتے 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 بنتتا 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

$$\begin{aligned} V_i &= V_s - V_f \\ V_f &= \left(\frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) V_o \\ &= WV_o \\ W &= \frac{R_1}{R_1 + R_2} \\ A_V &= \frac{1}{W} \\ &= 1 + \frac{R_2}{R_1} \end{aligned}$$



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)

$$V_i = V_s - V_f$$

لکھ 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 سرا ہے۔ اس حصے میں واپسی ایکلینیائز میں داخلی اشارہ V_i کو ثابت داخلی سرے پر مہیا کیا گیا جبکہ واپسی اشارہ V_o 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 سکتے ہے جہاں متanon اہم کی مدد سے

$$(7.77) \quad I_f = \frac{V_n - V_o}{R_2} = \frac{0 - V_o}{R_2} = WV_o$$

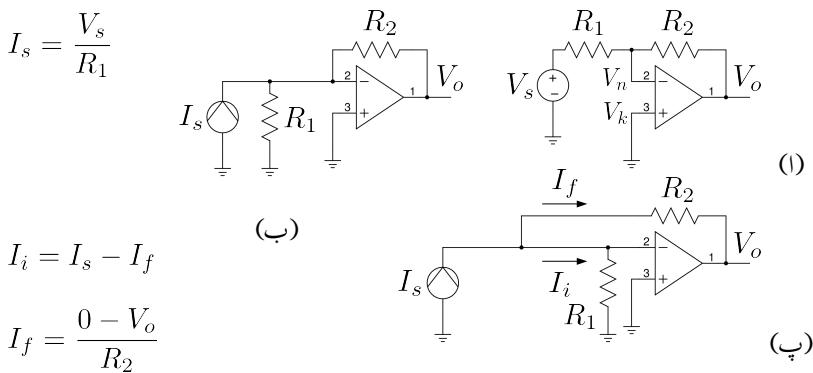
حاصل ہوتا ہے۔ مندرجہ بالا مساوات لکھتے ہوئے یاد رہے کہ حابی ایکلینیفار کے منفی اور مثبت داخنی سروں پر برابر برقی دباؤ رہتا ہے۔ چونکہ یہاں مثبت داخنی سر ابرقی زمین پر ہے لہذا $0 = V_k = 0$ ہو گا اور اس طرح $0 = V_n$ حاصل ہوتا ہے۔ مساوات ۷.۷.۷ سے ظاہر ہے کہ واپسی اشارہ برقی روکی صورت میں ہے اور اس کو حنارتی 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 اترتہ 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

حصہ میں مساوات ۷.۷ کی مدد سے اس مساوات کو یوں لکھا جاسکتا ہے

$$(7.80) \quad \frac{V_o}{\left(\frac{V_s}{R_1}\right)} = -R_2$$

$$(7.81) \quad \frac{V_o}{V_s} = -\frac{R_2}{R_1}$$

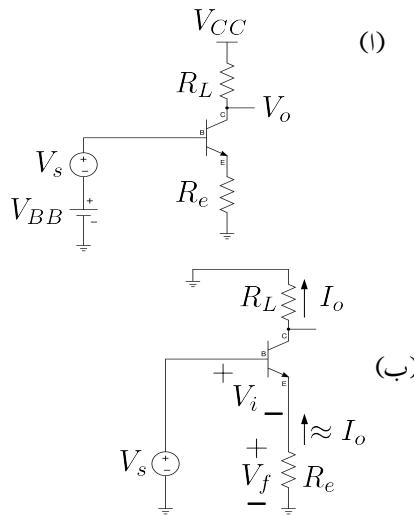
جو کہ مخفی حسابی ایکلینیفار کی حسابی پہچانی مساوات ہے۔

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 تصویر کریں۔ چونکہ صرف بر قی رو کے اشارات کو ہی متوازن جبڑا جاسکتا ہے لہذا اسی صورت میں داخلی اور واپسی اشارات کو بر قی رو اشارات تصویر کریں۔ متوازن داخلی اشارے کو ناراثن شکل دیں اور واپسی اشارے کی مساوات کو بر قی رو (یعنی I_f) کی صورت میں حاصل کریں۔ I_f کے مساوات سے یہ بتانا ممکن ہو گا کہ آیا اشارہ برقی دباؤ یا اشارہ برقی رو سے واپسی اشارہ حاصل کیا گیا ہے۔ ان معلومات سے ایکلینیفار کی جماعت دریافت ہوتی ہے۔

۷.۷.۳ واپسی موصل نہ ایکلینیفار

شکل ۷.۲۱: میں ٹرانزستر کا دور دکھایا گیا ہے جس میں بوجھ R_L ٹرانزستر کے گلکش پر لگایا گیا ہے۔ شکل میں باریک اشاراتی تجربے کی عنرضے $V_{CC} = 0$ اور $V_{BB} = 0$ ہے۔ مزید ٹرانزستر کے V_{be} کو V_i کے لئے ہے۔

$$\begin{aligned}V_i &= V_s - V_f \\V_f &= -I_o R_e \\W &= -R_e \\A_{gf} &\approx \frac{1}{W} = -\frac{1}{R_e}\end{aligned}$$



شکل ۲۱.۷: ترانزسٹر کا داپکی موصل نہ ایک پلیغایزر

$$\begin{aligned}V_i &= V_s - V_f \\&= V_s - (-I_o R_e) \\&= V_s - W I_o\end{aligned}$$

لکھا جا سکتا ہے۔ اس کا (X_i = X_s - W X_o) کے ساتھ موازن کرنے سے

$$(7.82) \quad W = -R_e$$

موصل ہوتا ہے۔ مندرجہ بالا دو مساوات کو دیکھتے ہوئے ہم کہہ سکتے ہیں کہ یہ داپکی موصل نہ ایک پلیغایزر ہے اور یوں

$$(7.83) \quad A_{gf} = \frac{I_o}{V_s} \approx \frac{1}{W} = -\frac{1}{R_e}$$

موصل ہوتا ہے۔

حصہ 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 باریکے اشاراتی تجربے کی عذر ضمیم کی پیٹر کو قصر دور 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۔

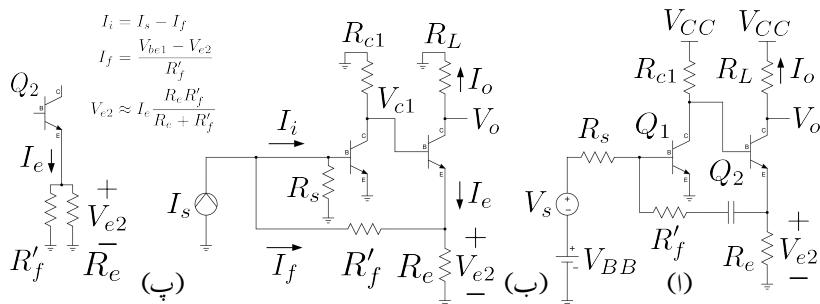
$$I_i = I_s - I_f$$

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 پیس مندرجہ بالامساوات میں $\frac{V_{be1}}{R'_f}$ غیر ضروری جزو ہے۔ یہ جزو اس لئے پیا گیا ہے کہ ٹرانزسٹر ادوار کا مسل و اپکی ادوار نہیں ہوتے۔ اس غیر ضروری جزو کو نظر انداز کرتے ہوئے

$$I_f \approx -\frac{V_{e2}}{R'_f}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اس طرح جیسے شکل پ میں دکھایا گیا ہے، V_{be1} کو نظر انداز کرتے ہوئے (یعنی 0 لیتے ہوئے) اور R'_f کو متوازن تصور کیا جاسکتا ہے اور یوں

$$\begin{aligned} V_{e2} &\approx I_e \left(\frac{R_e R'_f}{R_e + R'_f} \right) \\ &= -I_o \left(\frac{R_e R'_f}{R_e + R'_f} \right) \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے جیسا کہ $I_e \approx -I_o$ کے برابر یا گیا ہے۔ اس طرح

$$I_f \approx -\frac{V_{e2}}{R'_f} = \left(\frac{R_e}{R_e + R'_f} \right) I_o$$

لکھا جاسکتا ہے جس سے

$$W = \frac{R_e}{R_e + R'_f}$$

حاصل ہوتا ہے۔
آپ دیکھ سکتے ہیں کہ یہ واپسی بر قی روایکلینیائز ہے اور یوں

$$(7.85) \quad A_{if} \approx \frac{1}{W} = 1 + \frac{R'_f}{R_e}$$

لکھا جاتا ہے۔
اس ایکلینیائز کا $\frac{V_o}{V_s}$ یوں حاصل کی جاتا ہے۔

$$(7.86) \quad A_{vf} = \frac{V_o}{V_s} = \frac{I_o R_L}{I_s R_s} = \left(\frac{I_o}{I_s} \right) \left(\frac{R_L}{R_s} \right)$$

$$= A_{if} \left(\frac{R_L}{R_s} \right) = \left(1 + \frac{R'_f}{R_e} \right) \left(\frac{R_L}{R_s} \right)$$

اس ہے میں داخلی اور واپسی دونوں اشارات کو تراز سٹر کے B پر مہیا کیا گیا۔ جب بھی ان دو اشارات کو ایک ہی داخلی سرے پر مہیا کیا جائے، انہیں متوازی جبڑا تصور کریں۔ چونکہ صرف بر قی رواشarat ہی متوازی جوڑے جبا سکتے ہیں لہذا ایسی صورت میں داخلی اور واپسی اشارات کو بر قی رواشarat تصور کریں۔ مزید داخلی اشارے کو نارٹن شکل دیں جبکہ واپسی اشارے کی مساوات کو بر قی رو (یعنی 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 مزاجمت (یا کپیٹر و غیرہ) کا ایک سر اجبار ہو جبکہ اس مزاجمت (یا کپیٹر) کا دوسرا سر ایکلینیائز کے خارجی جانب جبڑا ہو تو ایسی صورت میں داخلی اور واپسی اشارات متوازی جبڑے ہوتے ہیں۔

۷.۷.۷. واپسی مزاجمت نما ایکلینیائز

شکل ۷.۷.الف میں تراز سٹر کا درکھایا گیا ہے جس میں بوجھ R_L تراز سٹر کے E پر لگایا گیا ہے۔ شکل ب میں باریک اشاراتی تجربے کی عذر ضم کے کپیٹر 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

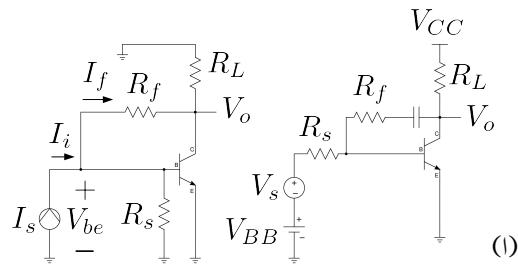
$$(7.90) \quad A_{if} = \frac{I_o}{I_s} = \frac{\frac{V_o}{R_L}}{I_s} = \left(\frac{V_o}{I_s} \right) \frac{1}{R_L} = \frac{A_{rf}}{R_L} = -\frac{R_f}{R_L}$$

اور $\frac{I_o}{V_s}$ کو یوں

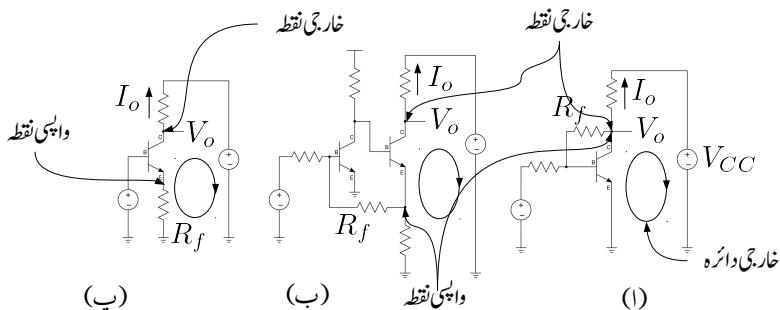
$$(7.91) \quad A_{gf} = \frac{I_o}{V_s} = \frac{\frac{V_o}{R_L}}{I_s R_s} = \left(\frac{V_o}{I_s} \right) \frac{R_s}{R_L} = A_{rf} \frac{R_s}{R_L} = -\frac{R_f R_s}{R_L}$$

شکل ۷.۲۳ الف، ب اور پ میں شکل ۷.۲۳ اور شکل ۷.۲۱ اور 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 عیینہ 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 عیینہ 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 عیینہ 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 دھوں یعنی بنیادی 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 بنیادی ایکلینیاٹر حاصل کیا جاتا ہے۔ مندرجہ ذیل اقتداء کی مدد سے ایسا کیا جاتا ہے۔ یعنی بنیادی ایکلینیاٹر کا داخلی حصہ حاصل کرنے کی خاطر حرارتی اشارہ X_0 کی قیمت کو صفر کر دیا جاتا ہے۔ یعنی

- اگر حرارتی بر قی دباؤ V_0 سے واپسی اشارہ حاصل کیا گیا ہو (یعنی $WX_0 = f$) تو حرارتی بر قی دباؤ کو قصر دور کر کرنے سے $V_0 = 0$ کر دیا جاتا ہے جس سے X_f بھی صفر ہو جاتا ہے۔

- اس کے بر عکس اگر واپسی اشارے کو I_0 سے حاصل کیا گیا ہو تو حرارتی دائرے کو کھلے سرے کر دیا جاتا ہے۔ یہ $I_0 = 0$ ہو جاتا ہے جس سے X_f بھی صفر ہو جاتا ہے۔

بنیادی ایکلینیاٹر کا حرارتی حصہ حاصل کرنے کی خاطر کل داخلی اشارہ X کی قیمت صفر کر دیا جاتا ہے۔ یعنی

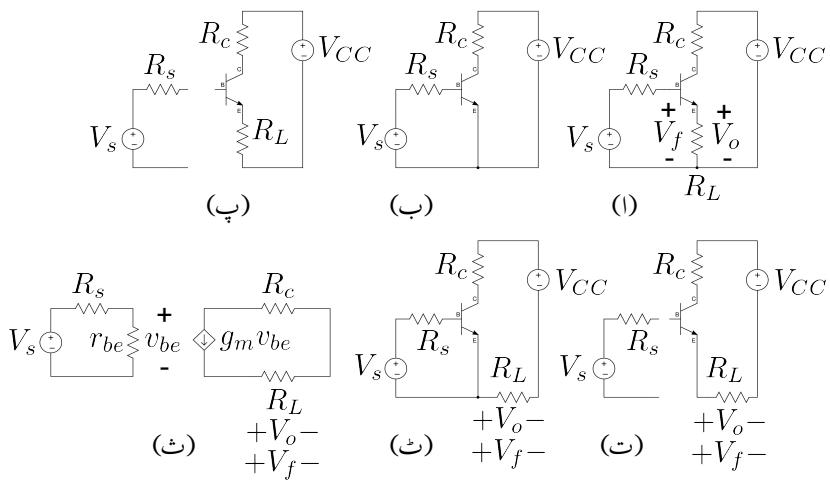
- اگر داخلی اور واپسی اشارات متوالی جبڑے ہوں تب یہ دونوں بر قی رو اشارات ہوں گے۔ انہیں قصر دور کرنے سے $I_i = 0$ کیا جاتا ہے۔

- اس کے بر عکس اگر داخلی اور واپسی اشارات سالمہ وار جبڑے ہوں تب یہ دونوں بر قی دباؤ اشارات ہوں گے۔ داخلی دائرے کو کھلے سرے کرنے سے $V_i = 0$ کیا جاتا ہے۔ اس ترکیب سے واپسی اشارہ کے اثرات کو ختم کر دیا جاتا ہے جبکہ بنیادی ایکلینیاٹر پر واپس کار کے بوجھ کے اثرات برقرار رہنے والے جباتے ہیں۔ اس ترکیب کو استعمال کرتے ہوئے واپسی ایکلینیاٹر حاصل کرنے کے مکمل اقتداء مندرجہ ذیل ہیں۔

- پہلے یہ فیصلہ کریں کہ X بر قی دباؤ بر قی رو کا اشارہ ہے۔ اگر X داخلی اشارہ X_0 کے ساتھ سالمہ وار جبڑا ہو تو X بر قی دباؤ اشارہ ہو گا اور اگر یہ X_S کے ساتھ متوالی جبڑا ہو تو X بر قی رو اشارہ 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 دائرہ سے حاصل کیا گیا ہو تو X_0 بر قی رو اشارہ ہو گا۔

- واپسی ایکلینیاٹر کی جماعت دریافت کریں۔ اگر X سالمہ وار جبڑے ہوں تب X بر قی دباؤ اشارہ یعنی V ہو گا اور اگر یہ دونوں متوالی جبڑے ہوں تب X بر قی رو اشارہ یعنی I ہو گا۔ اسی طرح اگر واپسی اشارے کو حرارتی نقطے سے حاصل کیا گیا ہو تو واپسی اشارے کو V_0 سے حاصل کیا گیا ہو گا اور حرارتی اشارے کو V تصور کیا جائے گا۔ اس کے بر عکس اگر واپسی اشارے کو حرارتی دائرے سے حاصل کیا گیا ہو تو حرارتی اشارہ I_0 تصور کیا جائے گا۔

- واپسی اشارے کا اثر ختم کرتے ہوئے مگر واپس کار کے بوجھ کے اثر کو برقرار رکھتے ہوئے مندرجہ بالا قوائیں کی مدد سے بنیادی ایکلینیاٹر کا دور حاصل کریں۔ اگر X اور X_S سالمہ وار جبڑے ہوں تب داخلی اشارہ X_S کا تھوڑن مساوی دور استعمال کریں۔ اس کے بر عکس اگر X اور X_S متوالی جبڑے ہوں تب داخلی اشارہ X_S کا نارٹن مساوی دور استعمال کریں۔



شکل ۷.۲۵: بنیادی ایکلپیغاڑ کا حصول

- ۰ بنیادی ایکلپیغاڑ میں ٹرانزسٹر کاریاضی مونہب استعمال کرتے ہوئے اس کا باریکے اشاراتی مساوی دور حاصل کریں اور اس میں X_0 اور X_f کی نشانہ ہی کریں۔
- ۰ واپسی اشارے $X_f = W X_0$ کی مساوات حاصل کریں جس سے W کی قیمت حاصل ہوگی۔
- ۰ کرخوف کے قوانین استعمال کرتے ہوئے بنیادی ایکلپیغاڑ سے افزاش A ، داخلی مزاحمت R_i اور خارجی مزاحمت R_o حاصل کریں۔
- ۰ مندرجہ بالا حاصل کردہ معلومات کے R_{if} ، A_f اور R_{of} حاصل کریں۔
- آئین 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 چونکہ V_0 سے واپسی اشارہ حاصل کیا گیا ہے لہذا، بنیادی ایکلپیغاڑ کا داخلی مساوی دور حاصل کرنے کی حافظہ V_0 کو قصر دو کرتے ہیں۔ ایسا شکل ب میں دکھایا گیا ہے جہاں صرف داخلی دائے پر نظر رکھتے ہے۔

ہوئے ہم لکھ سکتے ہیں

$$(7.92) \quad V_s = I_s R_s + V_{be}$$

چونکہ داخلی جناب V_s اور V_f سلسلہ وار حصہ ہیں لہذا بینیادی ایمپلیفائر کا حنارتی مساوی دور حاصل کرنے کی حنارتی دائرے کو کھلے سرے کر دیا جاتا ہے۔ ایس شکل پے میں دکھایا گیا ہے۔ اس شکل میں صرف حنارتی دائرے پر نظر رکھتے ہوئے ہم لکھ سکتے ہیں

$$(7.93) \quad V_{CC} = I_c R_c + V_{ce} + I_c R_L$$

شکل پے کو فردا مختلف طرز پر شکل تے میں دوبارہ دکھایا گیا ہے جہاں V_0 اور V_f کی نشاندہی بھی کی گئی ہے۔ آپ تسلی کر لیں کہ اس شکل کے حنارتی دائرے کی مساوات بھی مندرجہ بالا مساوات ہی ہے۔ شکل تے کے داخلی مساوی دور اور شکل تے کے حنارتی مساوی دور کو ملا کر شکل تے حاصل ہوتا ہے۔ شکل تے کے داخلی اور حنارتی مساوات یوں حاصل ہوں گے۔

$$(7.94) \quad V_s = I_s R_s + V_{be}$$

$$(7.95) \quad V_{CC} = I_c R_c + V_{ce} + I_c R_L$$

یہ باکل مساوات ۷.۹۲ اور مساوات ۷.۹۳ ہی ہیں۔
شکل تے میں ٹرانزسٹر کا پائے ریاضی نوبہ استعمال کرتے ہوئے شکل تے کا باریکے اثاراتی دور حاصل کیا گیا ہے۔ اس سے

$$(7.96) \quad A_V = \frac{V_o}{V_s} = \frac{V_o}{I_c} \times \frac{I_c}{V_{be}} \times \frac{V_{be}}{V_s} = \frac{R_L g_m r_{be}}{R_s + r_{be}} = \frac{\beta R_L}{R_s + r_{be}}$$

حاصل ہوتا ہے جہاں مساوات ۳.۱۸۸ کے تحت $g_m r_{be} = \beta$ کے برابر ہے۔ شکل تے کے تحت $V_f = V_0$ ہے۔ اس طرح حاصل ہوتا ہے۔ اس طرح $W = 1$

$$(7.97) \quad M = 1 + WA_V = 1 + \frac{\beta R_L}{R_s + r_{be}} = \frac{R_s + r_{be} + \beta R_L}{R_s + r_{be}}$$

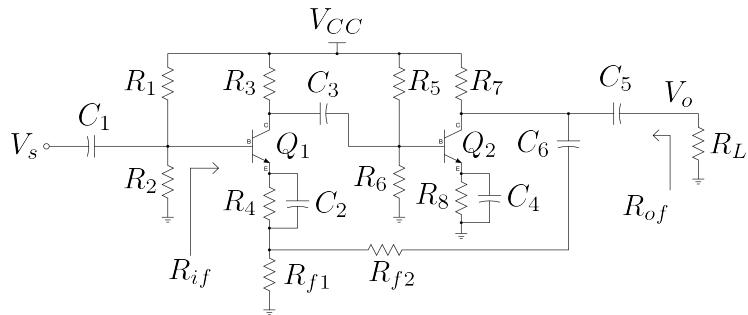
بنیادی ایمپلیفائر کا داخلی مزاحمت ہے۔

$$(7.98) \quad R'_i = R_s + r_{be}$$

کے برابر ہے اور یوں

$$(7.99) \quad R'_{if} = MR'_i = (R_s + r_{be}) \times \frac{R_s + r_{be} + \beta R_L}{R_s + r_{be}} = R_s + r_{be} + \beta R_L$$

حاصل ہوتا ہے۔



شکل ۲۶.۷: دو مرحلہ زنجیبیری واپسی بر قی دباؤز ایکسلینیائز

مساوات ۲۶.۷ کے تحت یوں مساوات ۲۶.۹۶ میں $\infty \rightarrow R_L$ کے استعمال سے $A'_v = \infty$ حاصل ہوتا ہے۔ خارجی مزاجمت R_o حاصل کرتے وقت R_L کو ایکسلینیائز کا حصہ تصور نہیں کیا جاتا اور یوں شکل ۷ سے $\infty = R_o$ حاصل ہوتا ہے جس سے

$$R_{of} = \frac{R_o}{1 + WA'_v} = \frac{\infty}{\infty}$$

حاصل ہوتا ہے جس کا کوئی مطلب نہیں۔

مساوات ۱۰۰ سے خارجی مزاجمت حاصل کرنا ممکن نہیں۔ R_o حاصل کرنے کی حناطر درورے پہلے R'_{of} حاصل کریں اور پھر مساوات ۲۶.۷ کی مدد سے R_o حاصل کریں۔ R_L کی شمولیت سے R'_o کی قیمت R_L کے برابر ہے۔ اس طرح

$$(26.100) \quad R'_{of} = \frac{R'_o}{M} = \frac{R_L(R_s + r_{be})}{R_s + r_{be} + \beta R_L}$$

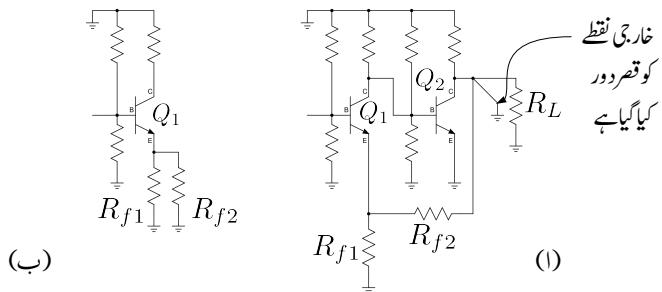
اور

$$(26.101) \quad R_{of} = R'_{of} \Big|_{R_L \rightarrow \infty} = \frac{R_s + r_{be}}{\beta}$$

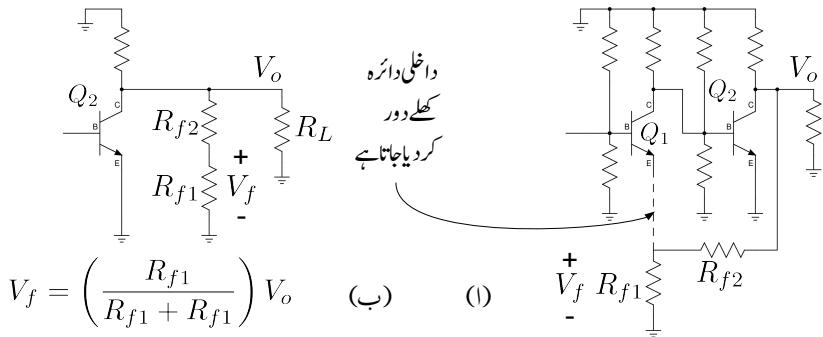
حاصل ہوتا ہے۔

۱۰.۷. واپسی بر قی دباؤز نجیبیری ایکسلینیائز

شکل ۲۶.۷ میں دو کڑی زنجیبیری ایکسلینیائز کھایا گیا ہے۔ درکار تعداد پر تمام کپیٹروں کو قصر درور تصور کریں۔ اس ایکسلینیائز میں خارجی بر قی دباؤز V_o سے واپسی اشارہ V_o حاصل کیا گیا ہے لہذا ابھی وی ایکسلینیائز کے داخنی جانب کا دور

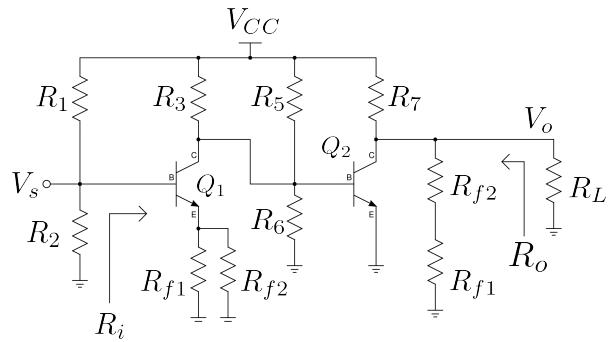


شکل ۲.۷: دو مرحلہ زنجیری واپسی بر قی دیا و ایمپلیفائر کے داخلی حصے کا حصول



شکل ۲۸.۷: دوسرے حلقہ زنجیری واپسی بر قی دباو ایمپلیفائر کے نتائجی حصے کا حصول

حاصل کرتے وقت خارجی نقطے کو قصر دور کیا جائے گا۔ چونکہ V_0 کو R_L پر ناچاباتا ہے لہذا خارجی نقطے کو قصر دور کرنے سے مراواں نقطے کو برتنی زمین کے ساتھ جوڑنا ہے۔ شکل ۲.۷۔۱۷ الف میں ایسا دکھایا گیا ہے۔ جیسا کہ شکل ب میں دکھایا گیا ہے، اس عمل سے R_{f1} اور R_{f2} متوازی جبڑ جاتے ہیں۔ اس ایکلیپٹائزر میں V_0 اور V_s سلسلہ وار جبڑے ہیں لہذا اپنی دی ایکلیپٹائزر کے خارجی حباب کا دور حاصل کرتے وقت داخنی دائرے کو کھلے دور کیا جائے گا۔ اس دائرے کو Q_1 کے نیس یا اس کے بغیر پر کھلے دور کیا جا سکتا ہے۔ شکل ۲.۷۔۱۷ الف میں داخنی دائرے کو Q_1 کے بغیر پر کھلے دور کیا گیا ہے۔ جیسا کہ شکل ب میں دکھایا گیا ہے، اس عمل سے R_{f1} اور R_{f2} خارجی حباب سلسلہ وار جبڑ جاتے ہیں۔ شکل ۲.۷۔۲۹ کو زخیری ضرب کے باسانی حل کرتے ہوئے حاصل کی جاسکتی ہے۔ اسی طرح اس بنی دی ایکلیپٹائزر کو R_L اور R_0 بھی حاصل کیا جاسکتا ہے۔ شکلے



شکل ۱۰.۲۹: دو مرحلہ زنجیری واپسی برقی دباؤز ایک پلینیاٹر کا بنیادی ایک پلینیاٹر

واپس کار کا W میں حاصل ہوتا ہے۔

$$(10.2) \quad W = \frac{R_{f1}}{R_{f1} + R_{f2}}$$

ان تمام معلومات سے حاصل کیا جاتا ہے۔

سوالات

سوال ۱.۷: ایک سادہ ایمپلیفیائر کی افسناش میں مختلف وجوہات کی بنا پر 7% کے مندرجہ پیشہ میں داپکی اشارہ شامل کیا جاتا ہے۔ یوں حاصل داپکی ایمپلیفیائر کی افسناش میں انہیں وجوہات کی بناء پر صرف 1% اضافہ پیدا ہوتا ہے۔ M کی قیمت حاصل کریں۔ اگر سادہ ایمپلیفیائر کی افسناش $\frac{V}{7} = 245$ تھی تو داپکی ایمپلیفیائر 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 ایمپلیفیائر کا بلند انقطعائی تعداد 200 kHz ہو تو داپکی ایمپلیفیائر کی بلند انقطعائی تعداد کیا ہوگی۔

جواب: 1.4 MHz

سوال ۳.۷: ایک داپکی برقی دباؤ ایمپلیفیائر 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 ایمپلیفیائر میں داپکی اشارہ شامل کیا جاتا ہے۔ واپس کار کا مستقل $W = 0.01 \frac{V}{V}$ ہے۔ داپکی ایمپلیفیائر کی افسناش، داھنی 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 داپکی برقی ردو ایمپلیفیائر 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 ایمپلیفیائر میں داپکی اشارہ شامل کیا جاتا ہے۔ واپس کار کا مستقل $W = 0.01 \frac{A}{A}$ ہے۔ داپکی ایمپلیفیائر کی افسناش، داھنی 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 ایمپلیفیائر 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 ایمپلیفیائر میں داپکی اشارہ شامل کیا جاتا ہے۔ واپس کار کا مستقل $W = 0.01 \frac{V}{A}$ ہے۔ داپکی ایمپلیفیائر کی افسناش، داھنی 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 ایمپلیفیائر 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 ایمپلیفیائر میں داپکی اشارہ شامل کیا جاتا ہے۔ واپس کار کا مستقل $W = 0.01 \frac{A}{V}$ ہے۔ داپکی ایمپلیفیائر کی افسناش، داھنی مزاحمت اور خارجی مزاحمت حاصل کریں۔

$$R_{of} = 238 \Omega, R'_{rf} = 32 \Omega, A_{rf} = 93 \frac{V}{A}$$

سوال ۷.۷: آپ کے پاس $\frac{V}{7} = 2000$ کا برقی دباؤ ایمپلیفیائر موجود ہے جس کا داھنی مزاحمت $5 \text{k}\Omega$ اور خارجی مزاحمت $\Omega = 500$ ہیں۔ اس کو استعمال کرتے ہوئے داپکی برقی دباؤ کا ایمپلیفیائر تحملیں دیں جس کی افسناش $\frac{V}{7} = 12.5$ ہو۔ داھنی اشارے کی مزاحمت 1A اور برقی بوچھے $1.5 \text{k}\Omega$ ہیں۔ $R_{of} = R'_{if}$ اور $A_{vf} = 12.5 \frac{V}{V}$ ہے۔

جواب: $6 \text{k}\Omega$ اور کار ہے۔ $R_{of} = 4.95 \Omega$ اور $R'_{if} = 606 \text{k}\Omega$ ہیں۔ $A_{vf} = 1250 \frac{V}{V}$ اور $A'_v = 1667 \frac{V}{V}$ ہیں لہذا $A_{vf} = 12.5 \frac{V}{V}$ کی حاطر $W = 0.08 \frac{V}{V}$

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: $R_{of} = 26 \text{ }\Omega$ اور $R'_{if} = 150 \text{ k}\Omega$, $A_{vf} = 6000 \frac{V}{V}$, $A_V = 80 \frac{V}{V}$, $W = 0.01233 \frac{V}{V}$ ہیں۔

سوال ۱۱.۷: بنیادی بر قی رہ 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 $R'_{if} = 3 \text{ M}\Omega$ اور $R_{of} = 100 \text{ }\Omega$ حاصل کریں۔

سوال ۱۲.۷: شکل ۲.۷.۷ میں $I_{CQ} = 1 \text{ mA}$, $R_s = 2 \text{ k}\Omega$, $R_L = 1 \text{ k}\Omega$, $\beta = 100$ اور $R'_{if} = 103.5 \text{ k}\Omega$ اور $R_{of} = 2.5 \text{ k}\Omega$ ہے۔ اس میں A_{vf} حاصل کریں۔

جوابات: $R_{of} = 35 \Omega$ اور $R'_{if} = 103.5 \text{ k}\Omega$, $A_{vf} = 0.957 \frac{V}{V}$, $A_V = 22.22 \frac{V}{V}$, $r_{be} = 2.5 \text{ k}\Omega$ ہے۔

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 $R_{of} = 22.5 \text{ k}\Omega$, $A_{vf} = 204.5 \text{ k}\Omega$, $R'_{if} = 204.5 \text{ k}\Omega$ اور تبدیلی تقریباً 2% ہے۔

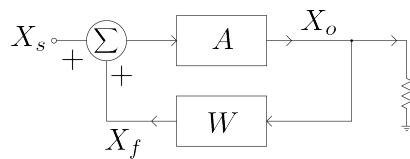
سوال ۱۴.۷: شکل ۲.۷.۷ میں زنجیری ایکلینیاٹر دکھلایا گیا ہے جبکہ مسافت ۱۰۲.۷ میں اس کے واپس کارکا مسئلہ W حاصل کیا گیا ہے۔ A_{vf} حاصل کریں۔

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 ہے اسی دلیل سے اسے سمجھیں۔ تصور کریں کہ ایک لمحے کے لئے اس دور کو ارتقاش کرتا ہے اسی اشارہ X_s مسراہم کرنے کے بعد $X_o = 0$ کر دیا جاتا ہے۔ اس طرح ایک لمحے کے لئے اس دور میں ارتقاش کرتا ہے اسی اشارہ X_o نمودار ہو گا۔ واپسی دور X_o سے $X_f = W X_o$ اسی پرداز کے گا جو کہ بنیادی ایکپلینائز کو بطور داخلی اشارہ مہیا کیا گیا ہے۔ بنیادی ایکپلینائز X_f سے خارجی اشارہ پیدا کرے گا جوکہ $A X_f = W A X_o$ ہو گا۔ پہلی واپسی دور اور بنیادی ایکپلینائز میں ایک چکر کے بعد پہلی مرتبا نمودار ہونے والے اشارے X_o کی قیمت اب $W A X_o$ ہو گی۔ یہ اشارہ بھی جب واپسی دور اور بنیادی ایکپلینائز میں ایک چکر کا ٹو اس کی نئی قیمت $(WA)^2 X_o$ ہو جائے گی۔ اسی طرح n چکر کے بعد بنیادی ایکپلینائز کا خارجی اشارہ $(WA)^n X_o$ ہو گا۔ اب اگر $1^n = 1$ ہی ہو گا۔ اس طرح اگرچہ اس دور کو کوئی داخلی اشارہ نہیں دیا جا رہا ہے پھر بھی ارتقاش کرتا ہے اسدارے X_o خارج کرتا ہے گا۔ ایسی خوبی رکھنے والے دور کو مرتعش کہتے ہیں۔



شكل ۸: مثبتہ واپسی دور

oscillator^۱

باب ۸۔ مسر قوش

اس کے بر عکس اگر WA کی قیمت ایک (۱) سے کم ہو، مثلاً $0.9 = WA$ 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۔ اسی طرح اگر WA کی قیمت ایک (۱) سے زیاد ہو، مثلاً $1.1 = WA$ 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 حنارجی اشارہ بڑھتا رہے گا۔ حنارجی اشارہ بڑھتے بڑھتے اس مدتام تک تین چھتے جبکہ گاہیں بنیادی ایکپلیغائز غیر خطی خطے میں داخل ہونا شروع ہو جائے گا۔ غیر خطی خطے میں داخل ہوتے ہوئے بنیادی ایکپلیغائز کے افسزاں کی قیمت گھٹنا شروع ہو جائے گی اور یوں حنارجی اشارے کے جیٹے کا بڑھنا پہلے کم اور آخوند کار اس کا بڑھنا تکمیل طور کر جائے گا۔ جہاں ترازوں سڑک افسزاں کے ساتھ کا جیٹہ بڑھنا اور اشارے کا جیٹہ بڑھنے سے ترازوں سڑک افسزاں کم ہونے کے اعمال تو ازن اخیار کر لیں، وہیں ارتقاشی اشارے کا جیٹہ برقرار رہتا ہے۔ یہ اعمال غیر خطی نوعیت کے ہوتے ہیں جنہیں فلم و کاغذ سے حل کرتے ہوئے مسر قوش کے حنارجی اشارے کے جیٹے کا حساب لگانا نہایت مشکل ہوتا ہے۔

کسی بھی مسر قوش میں زیادہ دیر $1 = WA$ 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 $1 \neq WA$ ہو جائے گا۔ اگر $1 < WA$ ہو جبکہ تو ایسی صورت میں مسر قوش رکھ جائے گا۔ اس کے بر عکس اگر WA کی قیمت ۱ سے فدر زیادہ ہو جبکہ تو ایسی صورت میں مسر قوش برقرار ارتقاشی اشارہ حنارج کرتا ہے۔

مسر قوش کے اس بنیادی اصول جسے مساوات ۸.۱ میں دوبارہ کھایا گیا ہے کو بر کھانڈ 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 $2m\pi / WA$ ہوتا ضروری ہے جہاں $m = 0, 1, 2, \dots$ ہو سکتا ہے۔ 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 کرتے رکھنے کے لئے ضروری ہے کہ $< 1 > |WA|$ رکھا جائے۔ حقیقت میں $1.05 > |WA|$ رکھا جاتا ہے۔

مندرجہ بالاتر کرے میں تصور کیا گی کہ مسر قوش کو چپا لو کرنے کی حنارج 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 وولٹ (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 یک

Barkhausen criteria^۴

حکمرتی کے عالم طبیعتیات ہائیکریکیز بر کھانڈ 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 ات بل متوجہ نہ ہو تب مرتقش کو پالو کرنے کی حناطہ بیرونی اشارہ چند لمحات کے لئے مہیا کیا جاتا ہے۔^۳

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 ائن نما 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 تعدد (W) پر مختص ہوتی ہے۔ پوں اس کو (ω) $W(\omega)$ لکھنا زیادہ درست ہو گا۔ اسی صورت میں بر کمانڈنگ کا اصول $= 1$ $|W(\omega)|$ عسموماً کسی ایک ہی تعدد پر پورا تر ہے۔ آپ جانتے ہیں کہ کسی بھی غیر ائن نما لہس کو فوریہ تسلیم^۴ 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 تعداد پائے جاتے ہیں۔ مرتقش ان میں سے صرف اس تعدد پر ارتعاش کرے گا جو بر کمانڈنگ کے اصول پر پورا تر 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 ب میں واپس کار کو ظہبے 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۔

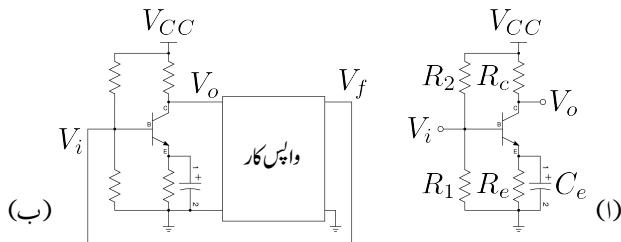
مثال ۸.۱: شکل ۸.۳ الف میں V_0 اور i کے درمیان زاویہ کی مساوات حاصل کریں۔

• $R = 1 k\Omega$ اور $C = 0.1 \mu F$ پر $10 kHz$ میں اس زاویہ کی قیمت حاصل کریں۔

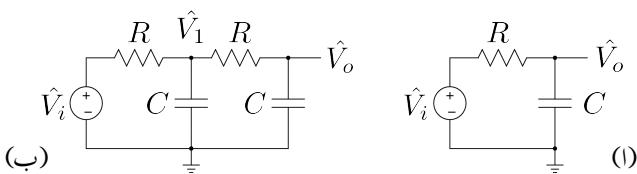
• مزاحمت R کی وہ قیمت حاصل کریں جس پر یہ زاویہ 60° ہو گا۔

^۳ مجھے گزشتہ پہلیں سالوں میں صرف ایک مرتب مرتقش کو پالو کرنے کی حناطہ اشارہ مہیا کرنا پڑا ہے۔

⁴ fourier series



شکل ۸.۲: مسر تھش کی تحلیق



شکل ۸.۳: مزاحمت۔ کپیٹر کی مدد سے اشارات کے زاویہ میں تبدیلی

حول: مزاحمت۔ دائرے میں بر قی روکھتے ہوئے کرنوف کے فتاون 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۔

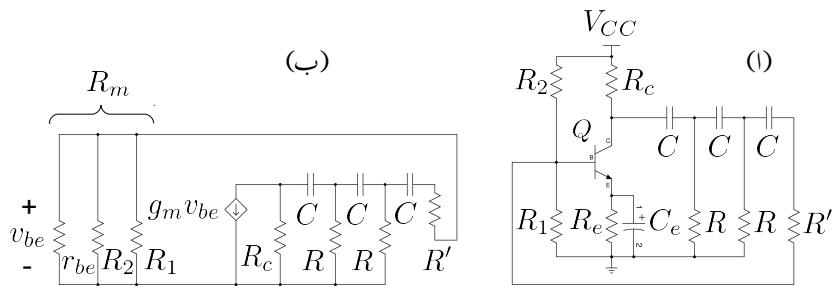
مندرجہ بالا مثال کو دیکھتے ہوئے ایسا معلوم ہوتا ہے کہ مزاجت - کپیٹ کے دو کیوں استعمال کرتے ہوئے دگنا زاویہ حاصل کیا جاتا ہے۔ یہ بات درست ثابت ہوتی ہے، البتہ جیسے آپ سوال ۸.۱ میں دیکھیں گے، دو کڑی RC کا زاویہ حاصل کرتے وقت نسبتاً بیسی مساوات حل کرنی ہوگی۔

R اور C کے ضرب RC کو بڑھا کر زیادہ زاویہ حاصل کیا جاتا ہے۔ لامدد RC یعنی ∞ 90° پر RC 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۔ یوں RC کے دو کڑیوں سے 180° حاصل نہیں کیا جاتا۔ حقیقت میں کم از کم تین RC کیوں استعمال کرتے ہوئے 180° حاصل کیا جاتا ہے۔ مندرجہ ذیل حصے میں مزاجت - کپیٹ مرتقش میں ایسا ہی کیا گیا ہے۔

۸.۲ مزاجت - کپیٹ RC مرتقش

شکل ۸.۲ الف میں ٹرانزسٹر ایکلیپٹر پر مبنی مرتقش دکھایا گیا ہے جس میں گلکشپر پائے جانے والے اشارے X_0 سے واپس کار X پیدا کرتا ہے۔ ٹرانزسٹر اپنے میں پر پائے جانے والے اشارے کے جھٹے کو بڑھا کر جبکہ اس کے زاویہ میں 180° کے تبدیلی کے ساتھ اے گلکشپر پر خارج کرتا ہے۔ یوں بنیادی ایکلیپٹر 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 کیوں 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 ایکلیپٹر $Q, C_e, R_c, R_2, R_1, R_m$ اور r_{be} پر مشتمل ہے۔ مرتقش کے خارجی تعداد پر کپیٹ C_e بطور تصریح دور کام کرتا ہے۔ بنیادی ایکلیپٹر میں واپس کار استعمال کرنے سے مرتقش حاصل ہوتا ہے۔ واپس کار تین عد پیٹر اور تین عد مزاجت سے حاصل کیا گیا ہے۔ شکل ب میں ٹرانزسٹر کا پائے π ریاضی نومتے استعمال کرتے ہوئے اس مرتقش کا مساوی دور دکھایا گیا ہے جس میں R_e کو قصر دکیا 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۔ یوں 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 یوں R_m کی قیمت تقریباً r_{be} کے ہی برابر ہوتی ہے یعنی $R_m \approx r_{be}$ ہوتا ہے۔ اگر R' کی قیمت یوں 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 مرتقش پر ترسیل غور نہیں آسان ہو جاتا ہے۔ ہم ایسا کرتے ہیں۔ شکل ۸.۵ پر نظر رکھیں جیسا کہ اس میں $R_m + r_{be}$ کو دیکھ سکتے ہیں۔



شکل ۸.۷: مزاجت-کپیٹر مختصر RC یا

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

$$I_3 = \frac{V_2}{R} = I_0 \left[1 + \frac{3}{j\omega CR} + \frac{1}{(j\omega CR)^2} \right]$$

۴۰

$$\begin{aligned} I_4 &= I_3 + I_2 \\ &= I_0 \left[1 + \frac{3}{j\omega CR} + \frac{1}{(j\omega CR)^2} \right] + I_0 \left[2 + \frac{1}{j\omega CR} \right] \\ &= I_0 \left[3 + \frac{4}{j\omega CR} + \frac{1}{(j\omega CR)^2} \right] \end{aligned}$$

ہوں گے۔ اسی طرح

$$\begin{aligned} V_3 &= V_2 + \frac{I_4}{j\omega C} \\ (\text{۸.۵}) \quad &= I_0 \left[R + \frac{3}{j\omega C} + \frac{1}{(j\omega C)^2 R} \right] + \frac{I_0}{j\omega C} \left[3 + \frac{4}{j\omega CR} + \frac{1}{(j\omega CR)^2} \right] \\ &= I_0 \left[R + \frac{6}{j\omega C} + \frac{5}{(j\omega C)^2 R} + \frac{1}{(j\omega C)^3 R^2} \right] \end{aligned}$$

ہوں گے اگر

$$(8.5) \quad R_c = kR$$

لی جائے تو

$$\begin{aligned} I_5 &= \frac{V_3}{R_c} = \frac{V_3}{kR} \\ &= I_0 \left[\frac{1}{k} + \frac{6}{j\omega CRk} + \frac{5}{(j\omega CR)^2 k} + \frac{1}{(j\omega CR)^3 k} \right] \end{aligned}$$

اور

$$I_6 = I_5 + I_4$$

$$= I_0 \left[\frac{1}{k} + \frac{6}{j\omega CRk} + \frac{5}{(j\omega CR)^2 k} + \frac{1}{(j\omega CR)^3 k} \right] \\ + I_0 \left[3 + \frac{4}{j\omega CR} + \frac{1}{(j\omega CR)^2} \right]$$

ہوں گے۔ چونکہ خیالی عدد دو ہو گا۔ اسی طرح $j^3 = -j$ اور $j^2 = -1$ ہوتا ہے لہذا $\frac{1}{j} = -j$ ہو گا۔ یہ

$$(8.4) \quad I_6 = I_0 \left[\frac{1}{k} + 3 - \frac{\left(\frac{5}{k} + 1\right)}{(\omega CR)^2} + j \left[\frac{1}{(\omega CR)^3 k} - \frac{\left(\frac{6}{k} + 4\right)}{\omega CR} \right] \right]$$

شکل کو دیکھتے ہوئے معلوم ہوتا ہے کہ برابریں لہذا $I_6 = -g_m v_{be}$ اور $I_0 = g_m r_{be}$ ہو گا۔ باب ۳ میں مساوات ۱۸۸ کے تحت ہو گا۔ یہ $I_6 = -\beta I_0$ اور $v_{be} = \beta r_{be}$ ہو گائے مندرجہ بالا مساوات کے استعمال سے

$$(8.5) \quad I_0 \left[\frac{1}{k} + 3 - \frac{\left(\frac{5}{k} + 1\right)}{(\omega CR)^2} + j \left[\frac{1}{(\omega CR)^3 k} - \frac{\left(\frac{6}{k} + 4\right)}{\omega CR} \right] \right] = -\beta I_0$$

لکھا جا سکتا ہے۔

مساوات ۷.۸ میں مساوی نشان کے دونوں جانب کے حقیقی مقادیریں آپس میں برابر ہوں گے اور اس طرح مساوی نشان کے دونوں جانب خیالی مقادیریں آپس میں برابر ہوں گے۔ یہ اس مساوات کو دو مساوات کی شکل میں لکھا جا سکتا ہے۔ خیالی مقادروں سے حاصل ہوتا ہے۔

$$I_0 \left[\frac{1}{(\omega CR)^3 k} - \frac{\left(\frac{6}{k} + 4\right)}{\omega CR} \right] = 0$$

جس سے حاصل ہوتا ہے

$$(\omega_0 CR)^2 = \frac{1}{6 + 4k}$$

$$(8.6) \quad \omega_0 = \frac{1}{CR\sqrt{6 + 4k}}$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi CR\sqrt{6 + 4k}}$$

مزاجت - کپیٹر سر ترش مسادات ۸.۸ میں حاصل کردہ تعداد f_0 پر کام کرے گا۔ لکھتے وقت ۰ کو زیر نوشت لکھ کر اس بات کی یاد ہانی کرنی گئی ہے کہ یہ سر ترش کی قدرتی تعداد ہے۔ مسادات ۸.۷ کے حقیقی مقادروں سے حاصل ہوتا ہے۔

$$-I_0\beta = I_0 \left[\frac{1}{k} + 3 - \frac{\left(\frac{5}{k} + 1\right)}{(\omega CR)^2} \right]$$

جسے مسادات ۸.۸ کی مدد سے یوں لکھا جاسکتا ہے۔

$$(8.9) \quad \begin{aligned} -\beta &= \frac{1}{k} + 3 - \left(\frac{5}{k} + 1 \right) (6 + 4k) \\ \beta &= \frac{29}{k} + 23 + 4k \end{aligned}$$

سر ترش کو برقرار ہپا اور کھنے کی حنا طریقہ کی حنا طریقہ میں β کو مندرجہ بالا حاصل کئے گئے قیمت سے زیادہ رکھنا پڑتا ہے لہذا اس مسادات کو یوں لکھا جا پائے۔

$$(8.10) \quad \beta > \frac{29}{k} + 23 + 4k$$

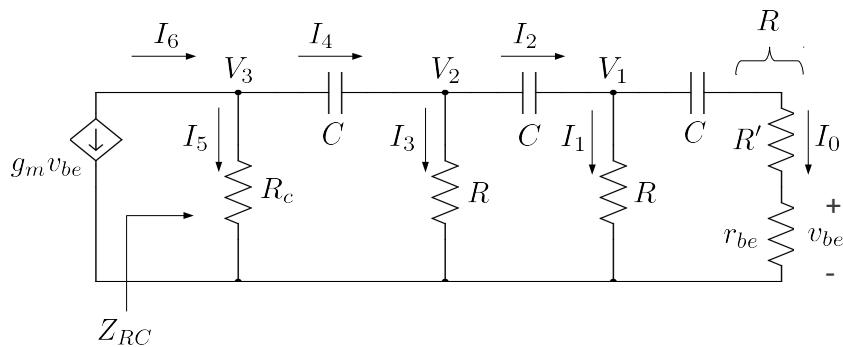
مختلف k کے لئے ٹرانزسٹر کی کم سے کم β کی قیمت اس مسادات سے حاصل کی جا سکتی ہے۔ اگر بنیادی ایک پلیغائز میں استعمال ٹرانزسٹر کا β مندرجہ بالا مسادات پر پورا نہ اترے، تب اس سے بنیا گیا مزاجت - کپیٹر سر ترش کام نہیں کرے گا۔ آئین ایسے سر ترش میں درکار ٹرانزسٹر کی کم سے کم β حاصل کریں۔ ایسا $= \frac{d\beta}{dk}$ 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 برقی رکاوٹ $j - \frac{1}{\omega_0 C}$ کو مسادات ۸.۸ کی مدد سے $j R \sqrt{6 + 4k}$ لکھا جاسکتا ہے۔ اس نتیجے کے مطابق



شکل ۸.۵: مزاحمت-کپیٹر مسرعت کی مساوات کا حصول

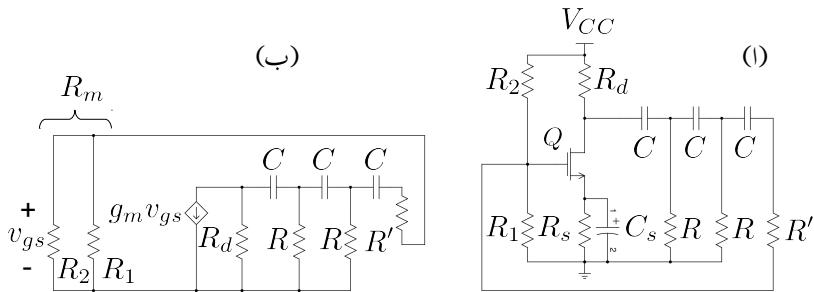
اس برقی رکاوٹ کی قیت C کے بجائے مزاحمت R پر منحصر ہے۔ شکل ۸.۵ میں برقی رکاوٹ Z_{RC} کی نمائندگی کی گئی ہے جو ٹرانزسٹر پر بطور برقی بوجھ لدا ہے۔ یوں Z_{RC} کی قیت بھی C پر منحصر نہیں ہو گی۔ اگرچہ واپس کار کے کسی بھی مزاحمت یا کپیٹر کو تبدیل کرتے ہوئے اس مسرعت کی قدرتی تعداد تبدیل کی جا سکتی ہے، حقیقت 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 ارتقائی لبر کا جیٹ بھی تبدیل نہیں ہوتا۔ یہ مسرعت چند ہزار Hz سے کئی سو کلو ہزار Hz کا نکتہ کے ارتقائش پریدا کرنے کے لئے استعمال کیا جاتا ہے۔ میگا ہر ثانية MHz کے حصوں میں اسے دیگر اقسام کے امالة-کپیٹر LC مسرعت کو 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

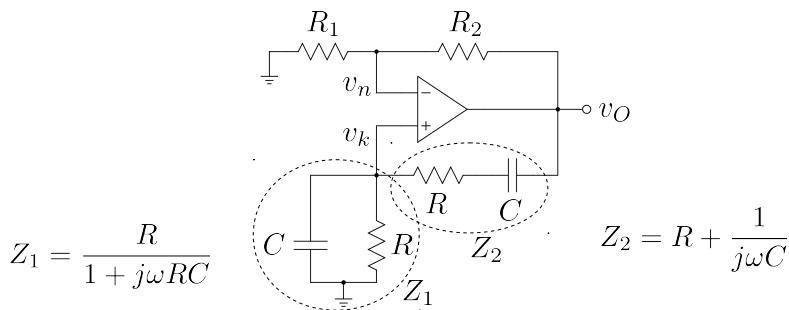
$$Z_{RC} = \frac{R + \frac{6CR\sqrt{6+4k}}{jC} + \frac{5(CR\sqrt{6+4k})^2}{(jC)^2 R} + \frac{(CR\sqrt{6+4k})^3}{(jC)^3 R^2}}{\frac{1}{k} + 3 - \frac{(\frac{5}{k}+1)(CR\sqrt{6+4k})^2}{(CR)^2} + j \left[\frac{(CR\sqrt{6+4k})^3}{(CR)^3 k} - \frac{(\frac{6}{k}+4)(CR\sqrt{6+4k})}{CR} \right]} \\ = \frac{-R \left[1 + \frac{6\sqrt{6+4k}}{j} + \frac{5(\sqrt{6+4k})^2}{(j)^2} + \frac{(\sqrt{6+4k})^3}{(j)^3} \right]}{\frac{29}{k} + 23 + 4k}$$

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 اسی 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 $R = R_m$ کے شرط کو بھی پورا کرے جبکہ $R_m = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$ کے برائے ہے۔



شکل ۸.۷: دائن مسر تشر

۸.۳ دائن مسر تشر

شکل ۸.۷ میں دائن متر ڈکھایا 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۔ یہاں اگر v_O برفترا ر کی مثبت برقی روپ رہے تو Z_2 کھلے سرے کردار ادا کرے گا جبکہ Z_1 بطور مزاحمت R کردار ادا کرے گا۔ یہاں v_k برقی زمین پر رہے گا اور $v_k = 0$ ہو گا۔ اس کے بر عکس R_1 اور R_2 حابی ایکلینگر کے مثبت حارجی برقی دباؤ سے $v_O = \frac{R_1 v_O}{R_1 + R_2}$ پیدا کریں گے جو کہ مثبت برقی دباؤ ہو گا۔ ایسی صورت میں $v_k > v_n$ ہے اور حابی ایکلینگر کا حارجی اشارہ v_O برفترا ر مثبت نہیں رہ سکتا اور یہ جبل از جبل متفق ہونے کی کوشش کرے گا۔ آئینے اب تصور کریں کہ v_O برفترا ر کی متفق برقی دباؤ پر رہتا ہے اس سرتباً بھی $v_k = 0$ ہی حاصل ہوتا ہے البتہ متفق v_O کی صورت میں $v_n = \frac{R_1 v_O}{R_1 + R_2}$ بھی متفق برقی دباؤ ہو گا اور $v_k < v_n$ کی صورت میں حابی ایکلینگر کا حارجی اشارہ برفترا ر متفق نہیں رہ سکتا اور یہ جبل از جبل مثبت ہونے کی کوشش کرے گا۔ مندرجہ بالا تصریح سے یہ حقیقت اب گرہوئی کہ v_O برفترا ر مثبت اور ناہی متفق برقی دباؤ پر خس 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 برفترا ر کی زمین پر 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 تبدیلیاں پیدا ہوتی ہیں۔ یہاں v_k اور v_n زیادہ دیر کم مطلوب پر ابر برقی دباؤ پر نہیں رہ سکتے اور جبل ہی لحاقی طور پر $v_n < v_k < v_O$ ہو جائے گا۔ ایسا ہوتے ہی v_O حسر کرتے میں آئے گا اور دور ارتقاش پذیر ہو جائے گا۔ آئینے اب دائن مسر تشر کا 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

$$\frac{R_1}{R_1 + R_2} = \frac{j\omega RC}{j\omega RC + (1 + j\omega RC)^2}$$

$$= \frac{j\omega RC}{j3\omega RC + 1 - \omega^2 R^2 C^2}$$

یعنی

$$(8.14) \quad R_1 \left[j3\omega RC + 1 - \omega^2 R^2 C^2 \right] = j\omega RC (R_1 + R_2)$$

ماتا ہے۔ اس مساوات کے حقیقی اور خیالی اجزاء علیحدہ کرتے ہوئے

$$R_1 \left(1 - \omega^2 R^2 C^2 \right) = 0$$

$$j3\omega RCR_1 = j\omega RC (R_1 + R_2)$$

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_{Lk} اس کا داخلی اشارہ جبکہ $\frac{R_1+R_2}{R_1}$ اس کی افزاش $A_v = 2R_1 - R_2 = 2R_1 - \frac{1}{V_L C}$ کی صورت میں $A_v = 3\frac{V_L}{C}$ کے برابر ہوگا۔ اس قیمت سے کم افزاش پر مسر تعش ارتعاش پذیر نہ ہوئے گا۔ مثلم مسر تعش کے لئے ضروری ہے کہ افزاش اس قیمت سے قدر زیاد ہو۔ یوں حقیقت میں $R_2 > 2R_1$ ہونا ضروری ہے۔ اگر R_2 کی قیمت R_1 سے ذرہ سی زیاد ہو تو مسر تعش سائے نہ لہر رہنا رج کرتا ہے بلکہ $A_v = 2R_1 - R_2$ کی صورت میں A_v کی قیمت بہت بڑی ہے اور مسر تعش مستطیل لہر رہنا رج کرتا ہے۔

۸.۳ nJFET پر مبنی امالة-کپیسٹر LC ہمسر مسر تعش

مزاجت۔ کپیسٹر مسر تعش میں RC کی کثیاں 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 فتحیب فتحیب رکھ کر مشتر کے امالة M حاصل کیا گیا ہے۔ اس مسر تعش کی کارکردگی صحیح کی جاتی ہے۔ تصور کریں کہ ماسنیٹ میں W تعداد کی بر قی روپائی جباتی ہے جس کی وجہ سے اس پر نسب LC پر اسی تعداد کی بر قی دباؤ پیدا ہو گی۔ مشتر کے امالة کی وجہ سے اس بر قی دباؤ کا کچھ حصہ L پر نمودار ہوتے ہوئے ماسنیٹ کو جباتے گا۔ یوں گیٹ پر بر قی دباؤ سے LC پر بر قی دباؤ پیدا ہوتا ہے اور LC 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 مسٹر کے امالة M کی وجہ سے v_M میں صفر بر قی روگزرے گا۔ اس صورت میں اگر L پر

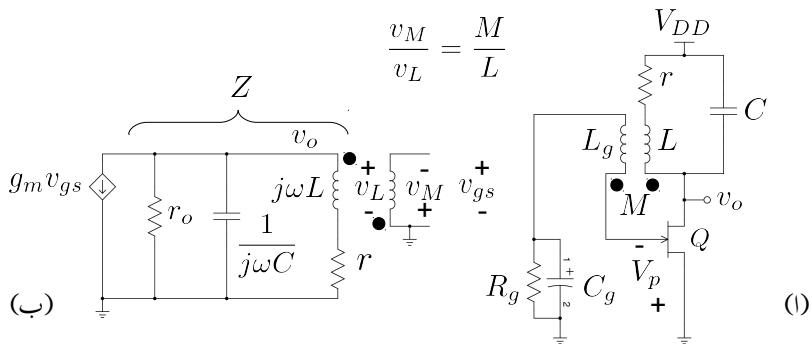
$$(8.16) \quad \frac{v_M}{v_L} = \frac{M}{L}$$

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 جبات ہو تو v_M پر بھی بر قی دباؤ کا بیٹھت سر ا نقطے کی جبات 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 $v_0 = -g_m v_{gs} Z$ کہا جاسکتا ہے جہاں

$$\frac{1}{Z} = \frac{1}{r_o} + j\omega C + \frac{1}{r + j\omega L}$$



شکل ۸.۸: امالہ-کپیٹر مسر تھش

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 مساوات ۷.۱ کو

$$(8.20) \quad v_{gs} = - \left(\frac{M}{L} \right) \left(\frac{j\omega L}{r + j\omega L} \right) v_o$$

اور مساوات ۷.۱ 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

$$(8.23) \quad \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

جہاں تقریباً کی جگہ برابر کا نشان استعمال کیا گیا ہے۔ اس اتفاقی اور دلچسپ نتیجے کے مطابق یہ مسرّع متوالی جبڑے LC کی متدری تعداد پر ارتعاش کرتا ہے۔ اسی نتیجے کی بنا پر اس مسرّع کو LC ہمسرّع تجھے، اسہ 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 g_m کی قیمت حاصل ہوتی ہے یعنی

$$(8.23) \quad \omega M g_m = \frac{\omega L}{r_o} + \omega C r$$

$$g_m = \frac{1}{M} \left(\frac{L}{r_o} + C r \right)$$

۲ کو نظر انداز کرتے ہوئے ہم دیکھتے ہیں کہ مسرّع ω_0 پر ارتعاش کرے گا۔ ω_0 پر متوالی جبڑے LC کی برقرار کا واثق لامدد ہو گی اور بنیادی ایک پلینیاٹر 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۔ لامدد ہو چھ پر انسزاٹش کی حقیقیت کو ملکھتے ہوئے یعنی $g_m r_o$ میں مساوات ۸.۲۳ کی

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۔

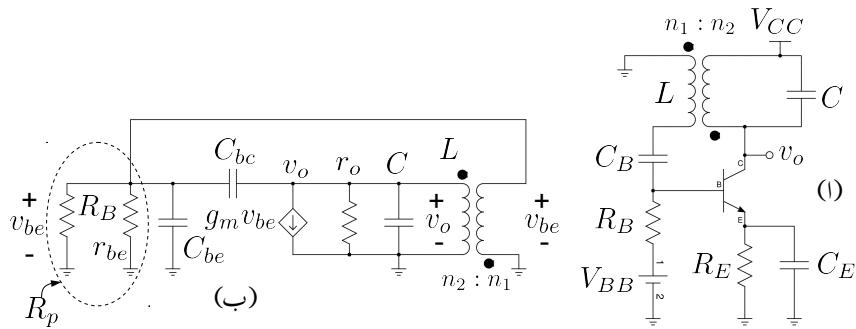
۸.۶.۱ خود-مائیل دور

شکل ۸.۸ میں $nJFET$ کے مائل ہونے پر غور کرتے ہیں۔ تصور کریں کہ مرتقش ارتعاش پذیر ہے۔ یوں مشترکہ امالہ کی وحہ سے گیٹ پر سائنس نہ برقی دباؤ $V_p \sin \omega t$ دباؤ پیا جائے گا۔ $nJFET$ کے گیٹ پر جب بھی مثبت برقی دباؤ لگوں کی وجہ سے کسی بھی ڈایڈ کی طرح سیدھا مائل ہو جاتا ہے۔ گیٹ کا ڈائیوڈ، کپیسٹر C_g اور مرتقہ R_g بطور چوٹی حاصل کارکدار ادا کرتے ہیں جس پر حصہ ۲.۲ میں تفصیلاً غور کیا گیا ہے۔ یوں کپیسٹر C_g پر برقی دباؤ، گیٹ پر پائے جانے والے سائنس نہ لہر کے چوتھی برابر، وحہ سے گائیں اس پر V_p برقی دباؤ پیا جائے گا۔ جیسا شکل میں دکھایا گیا ہے، کپیسٹر پر برقی دباؤ کا ثابت سرا بریز میں کے ساتھ جڑا 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 ڈائیوڈ 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 لہلہ گیٹ کو ھلے سرے تصور کیا جاتا ہے۔

جس لمحہ مرتقش کو برقی طاقت V_{DD} مہبا کیا جائے اس لمحہ C_g پر صفر برقی دباؤ پیا جاتا ہے۔ یوں $nJFET$ زیادہ i_{DS} نہ گزرنے دیتا ہے جس سے اس کی g_m کی قیمت بھی زیادہ ہوتی ہے۔ زیادہ g_m کی وحہ سے دور کا ارتعاش پذیر ہونا ممکن 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 وحہ سے g_m کی قیمت بھی کم ہوتی ہے۔ آئندہ کارکردگی تو این اختیار کریتا ہے جس ارتعاشی لہر کا جیط برقرار رہتا ہے۔

۸.۵ ٹرانزسٹر ہم سر مرتقش

حصہ ۸.۷ میں $nJFET$ کا کم تعدادی ریاضی موسن استعمال کرتے ہوئے مرتقش کو حل کرنا دکھایا گیا جس میں ٹرانسیستر کو بطور مشترکہ امالہ تصور کیا گی۔ اس حصے میں دو ٹرانزسٹر کا بلند تعدادی ریاضی موسن اور ٹرانسیستر مرتق



شکل ۸.۹: ٹرانزستر ہمسر تھش

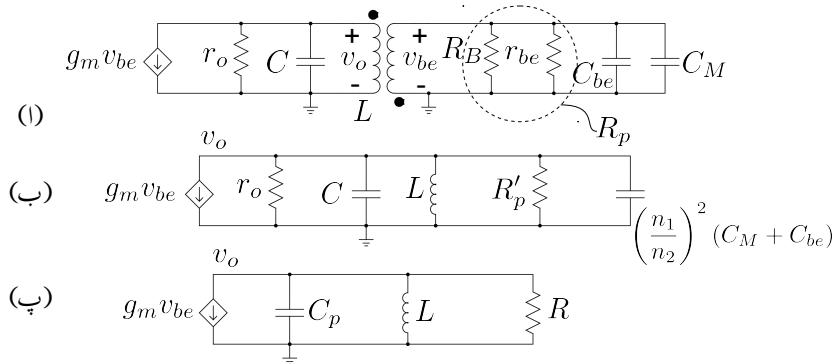
کے مساوات استعمال کرتے ہوئے ہمسر تھش "ا" حاصل دکھایا جائے گا۔ ظاہر ہے کہ فیٹ پر مبنی مسر تھش کو بھی اسی طرح حل کیا جاسکتا ہے۔ بلند تعداد پر ٹرانزستر (یافیٹ) کے بلند تعداد ریاضی نمونے ہی سے درست جوابات حاصل ہوتے ہیں لہذا بلند تعداد پر حسنے والے مسر تھش کو حل کرتے ہوئے ٹرانزستر (یافیٹ) کا بلند تعداد ریاضی نمونے استعمال کرنا ضروری ہے۔ شکل ۸.۹ الف میں ٹرانزستر ہمسر تھش دکھایا گیا ہے۔ ٹرانزستر 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 تصور 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 درہ بہتر طرز پر بنایا گیا ہے۔ ٹرانسفارمیر کے جناب بر قی رکاوٹ کا $n_2 n_1$ جناب 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_p لکھتے ہوئے ٹرانسفارمیر کی دوسری جناب مقتول کرتے ہیں۔ ٹرانسفارمیر کے برابر ہے۔ C_M اور C_{be} میں لہذا ان کا مجموع $C_M + C_{be}$ اور بر قی رکاوٹ کے برابر ہے۔ اس کا عکس

$$R'_p = \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 R_p$$

کے برابر ہے۔ $C_M + C_{be}$ کے برابر $\frac{1}{j\omega(C_{be}+C_M)}$ کے برابر ہے۔ اس کا عکس

$$\left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 \times \frac{1}{j\omega(C_{be}+C_M)}$$

tuned oscillator^{۱۱}
Miller theorem^{۱۲}



شکل ۸.۱۰: ٹرانزسٹر ہم سر تھش کا باریکے اشاراتی مساوی دور

ہو گا جس کو

$$\frac{1}{j\omega \left[\frac{n_1^2}{n_2^2} (C_{be} + C_M) \right]}$$

لکھا جاسکتا ہے۔ یہ $C_{be} + C_M$ کا گھس

$$\left(\frac{n_1}{n_2} \right)^2 (C_{be} + C_M)$$

حاصل ہوتا ہے جو C کے متوازی پایا جاتا ہے۔ ان تمام متوازی حبڑے کپیڈروں 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

$$(8.25) \quad -g_m v_{be} = \left(j\omega C_p + \frac{1}{j\omega L} + \frac{1}{R} \right) v_o$$

باب ۸۔ مسر تعش

ٹرانسفارمر کے دو جانب برقی دباؤ کی شرح ان دو جانب پھوٹ کے چکر کی شرح کے برابر ہوتا ہے۔ مسزید اگر ایک جانب برقی دباؤ کا ثابت سر اڑانسفار مسر کی علامت پر دکھائے نقطے کی طرف ہو تو دوسری جانب بھی برقی دباؤ کا ثابت 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 ثابت سر ان نقطے کی جانب بجکہ دوسری جانب v_{be} کا ثابت سر ایغیر 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 ملک کپیسر

$$C_M = C_{bc} (1 + g_m R)$$

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 ہوتی ہے تو مرتضی شائن نے ایڈم
خوارج کرتا ہے۔ $\frac{n_1}{n_2} \gg \beta$ کی صورت میں ٹراوزر غیر خطی خط میں داخلی ہو گا اور یہ مستطیل برقی روپیہ کارے
گا البتہ L اور C_p اپناتر ترقی تعدد ω_0 پر ارتاسش کرتے ہیں لہذا امر ترشی شائن نے ایڈم برقی دباؤ v_0 کی خوارج کرے
گا۔

۸.۶ عمومی مرتعش

شکل ۸.۱۱ اف میں عمومی مرتعش دکھایا گیا ہے۔ کمی قلم کے مرتضی شائن اس عموی طرز پر بنائے
جاتے ہیں جسماں بنیادی ایکپلینیٹر کی بھی قلم کا ہو سکتا ہے مسئلہ احبابی ایکپلینیٹر، دو جوڑ ٹراوزر یا فیٹ 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 احبابی ایکپلینیٹر کے استعمال سے ممکن ہے۔ شکل بے میں ایکپلینیٹر کا تھونن مساوی دور استعمال کیا گیا ہے
جسماں ایکپلینیٹر کے خارجی مسماحت کو R_0 لکھا گیا ہے۔ شکل بے میں

$$\frac{1}{Z_L} = \frac{1}{Z_2} + \frac{1}{Z_1 + Z_3}$$

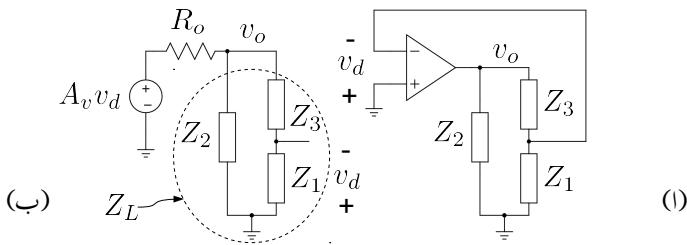
$$Z_L = \frac{Z_2 (Z_1 + Z_3)}{Z_1 + Z_2 + Z_3}$$

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۔ مزید یہ کہ 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 سے

$$(8.31) \quad v_o = A_v \left(\frac{-Z_1}{Z_1 + Z_3} \right) v_o \left(\frac{\frac{Z_2(Z_1+Z_3)}{Z_1+Z_2+Z_3}}{R_o + \frac{Z_2(Z_1+Z_3)}{Z_1+Z_2+Z_3}} \right)$$

$$1 = \frac{-A_v Z_1 Z_2}{R_o (Z_1 + Z_2 + Z_3) + Z_2 (Z_1 + Z_3)}$$

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 جبکہ اس کے دامن 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 اسیں 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 مسروقی کی درکار A_v دیتا ہے۔ حقیقت میں A_v اس قیمت سے زیادہ رکھا جائے گا۔ اس مساوات میں A_v بثت قیمت رکھتا ہے لہذا مساواتی نشان کے دونوں جانب بثت قیمتیں تب ممکن ہیں جب X_2 اور X_1 کی قیمتیں بھی یا تو دونوں بثت ہوں اور یا پھر دونوں متفہ ہوں۔ یعنی یا یہ دونوں اعمالہ ہوں یا پھر دونوں کپیسٹر۔ چونکہ مساوات ۸.۳۳ کے تحت $X_1 + X_2 = -X_3$ ہو گا لہذا اگر X_1 اور X_2 دونوں اعمالہ ہوں تو X_3 کپیسٹر ہو گا اور ایسی صورت میں مسروقی کا مرتضیٰ^{۱۵} پکارتے ہیں اور اگر X_1 اور X_2 دونوں کپیسٹر ہوں تو X_3 اعمالہ ہو گا اور ایسی صورت میں اسے کاٹپٹھر مرتضیٰ^{۱۶} پکارا جاتا ہے۔^{۱۵}

اگر X_1 اور X_2 دونوں اعمالہ 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 کپیسٹر ہوں تو مساوات ۸.۳۳ کو

$$-\frac{j}{\omega C_1} - \frac{1}{\omega C_2} + j\omega L_3 = 0$$

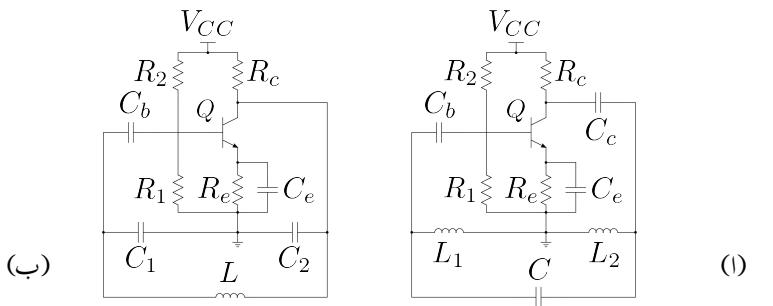
لکھا جاسکتا ہے جس سے

$$(8.36) \quad \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

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 کپیسٹر ہے۔Hartley oscillator^{۱۶}Colpitts oscillator^{۱۷}^{۱۵} رافہ بارٹلے نہ بارٹلے مسروقی کا پیش نہ کا پیش مسروقی کا دریافت کیا۔



شکل ۸.۱۲: ٹرانزسٹر پر مبنی ہارٹلے اور کالپٹس مرتقش

۸. ہارٹلے اور کالپٹس مرتقش

شکل ۸.۱۲ میں ٹرانزسٹر ایمپلیفیائر استعمال کرتے ہوئے ہارٹلے اور کالپٹس مرتقش بنائے گئے ہیں۔ شکل الف میں واپس کار یعنی \$L_1\$, \$L_2\$ اور \$C\$ کی شمولیت سے بندی دی ایمپلیفیائر مرتقش میں جدیل ہو جاتا ہے۔ شکل ۸.۱۱ کے ساتھ موازن کرنے سے آپ دیکھ سکتے ہیں کہ \$L_1\$، \$L_2\$ اور \$C\$ میں \$X_1\$، \$X_2\$ اور \$X_3\$ کے دراصل \$X_1\$، \$X_2\$ اور \$X_3\$ کے \$C_b\$ اور \$C_e\$ اس بات کو یقینی بناتے ہیں کہ واپس کار کی شمولیت سے بندی دی ایمپلیفیائر کے نقطہ مائل پر کوئی اثر نہیں ہو گا۔ شکل ب میں \$C_c\$ کی ضرورت نہیں چونکہ \$C_{bc}\$، \$C_1\$ اور \$C_2\$ کی موجودگی میں اس راستے کے سمت روکا گزروں میں کوئی تغیرت نہیں۔ \$C_{be}\$ اور \$C_{ce}\$ کی پیسٹر^{۱۶} ہے جبکہ \$C_{bc}\$ اور \$C_b\$ کی پیسٹر^{۱۷} ہے۔ چنانچہ اس کا لامحہ دو و تصور کیا جاتا ہے۔

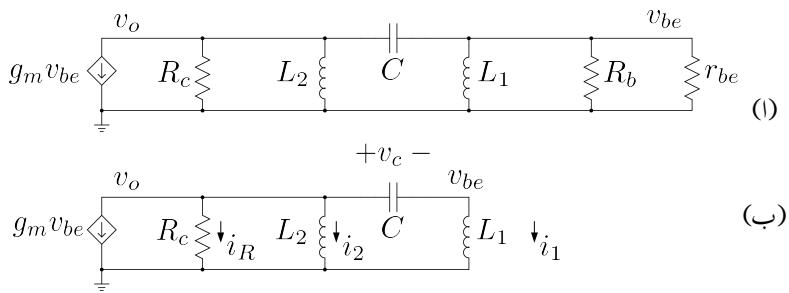
بلکہ تعداد پر ان اشکال کو حل کرتے ہوئے ٹرانزسٹر کے بلند تعدادی ریاضی نمونے استعمال ہو گا۔ ایسا کرتے وقت ریاضی نمونے کے مختلف حصے کو بھی واپس کار کا حصہ تصور کیا جاسکتا ہے۔ مثلاً نہایت بلند تعداد کالپٹس مرتقش تخلیق دیتے وقت ٹرانزسٹر کے بلند تعدادی ریاضی نمونے کے حصے کو \$C_{bc}\$ اور \$C_{be}\$ کا مساوی ملر کپیسٹر^{۱۸} \$C_M\$ کے مجموعے کو بطور \$C_1 = C_{be} + C_M\$ استعمال کیا جاتا ہے (یعنی \$C_1 = C_{be} + C_M\$)۔

شکل ۸.۱۱ کے عمومی مرتقش میں بندی دی ایمپلیفیائر کا داخلی مزاجحت لامحہ دو ہے جبکہ شکل ۸.۱۲ کے دونوں مرتقش میں ایسا نہیں ہے۔

مثال ۸.۲: ٹرانزسٹر کا پست تعدادی ریاضی نمونے استعمال کرتے ہوئے شکل ۸.۱۲ الف کو حل کریں۔ حل کرتے وقت بندی دی ایمپلیفیائر کے داخلی مزاجحت 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\$ کو

bypass capacitor^{۱۹}
coupling capacitors^{۲۰}
Miller capacitance^{۲۱}



شکل ۱۳.۸: ہرٹلے سٹرپر مبنی 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 جبڑا 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 سٹرپر 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

$$i_2 = \frac{v_o}{j\omega L_2} = \frac{v_{be} - \frac{v_{be}}{\omega^2 L_1 C}}{j\omega L_2}$$

اور 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

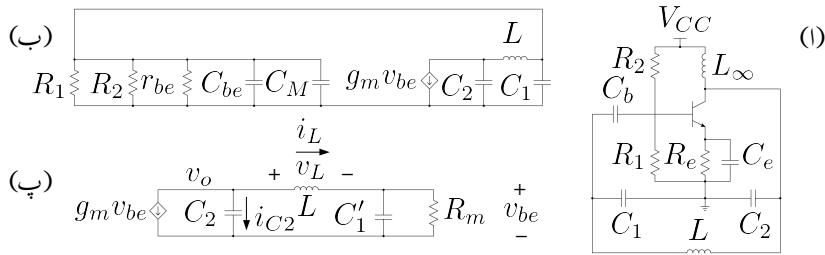
$$(8.39) \quad g_m R_c = |A_v| = \frac{L_2}{L_1}$$

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: ہرٹ سٹرپ میں کاپس میں تغیر

ہو گی۔ یہ کر خون کے فتنوں برائے برقی روکے جاتے

$$i_L = i_{R_m} + i_{C_1'} = \frac{v_{be}}{R_m} + j\omega C_1' v_{be}$$

ہو گا۔ سطح

$$v_L = j\omega L i_L = j\omega L \left(\frac{1}{R_m} + j\omega C_1' \right) v_{be}$$

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 خون کے فتنوں برائے برقی روکے جاتے ہیں

$$-g_m v_{be} = j\omega C_2 \left[1 + j\omega L \left(\frac{1}{R_m} + j\omega C_1' \right) \right] v_{be} + \left(\frac{1}{R_m} + j\omega C_1' \right) v_{be}$$

$$-g_m = j\omega C_2 \left[1 + j\omega L \left(\frac{1}{R_m} + j\omega C_1' \right) \right] + \left(\frac{1}{R_m} + j\omega C_1' \right)$$

$$-g_m = j\omega C_2 - \omega^2 L C_2 \left(\frac{1}{R_m} + j\omega C_1' \right) + \frac{1}{R_m} + j\omega C_1'$$

$$-g_m = j\omega C_2 - \frac{\omega^2 L C_2}{R_m} - j\omega^3 C_1' L C_2 + \frac{1}{R_m} + j\omega C_1'$$

(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۔

$$-g_m = -\frac{\omega^2 L C_2}{R_m} + \frac{1}{R_m}$$

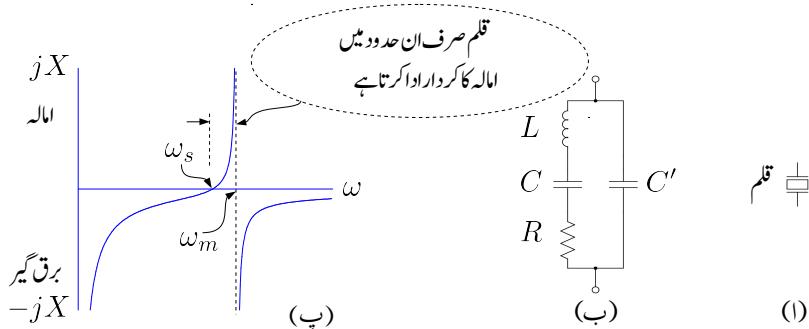
اس میں ω_o کی قیمت استعمال کرتے حاصل ہوتا ہے

$$\begin{aligned}-g_m &= -\left(\frac{C'_1 + C_2}{L C'_1 C_2} \right) \frac{L C_2}{R_m} + \frac{1}{R_m} \\ g_m R_m &= \frac{C_2}{C'_1}\end{aligned}$$

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 برقی قلم

۷.۸.۱ فتالی میں ترکش

ایس قلم^{۱۹} جسے دبائے اس کے دو اطراف کے مابین برقی دباؤ پیدا ہوتا ہے کو دا بے برقی قلم پر برقی دباؤ لگو کرنے سے یہ پھیلتا (یا سکوتا) ہے۔ ایسے دا بے برقی قلم کے فردرتی میکانی تعداد پر برقی دباؤ منراہم کرتے ہوئے اسے ارتھاں پذیر ہنایا جاتا ہے۔ مسلموں کی طبیعتی خوبیاں انتہائی مستحکم ہوتی ہیں جو وقت یا حصارت سے بہت کم متاثر ہوتی ہیں۔ اسی لئے ایسے قلم کی فردرتی گنجی تعداد کی قیمت بھی مسلتم رہتے ہوئے تبدیل نہیں ہوتی۔ اسی خوبی کی بنا پر انہیں عموماً وقت ناپنے کے لئے استعمال کی جاتا ہے۔ کوارٹر^{۲۰} گھنی کا حجج وقت دکھانا مشالی ہے۔ دھالتی ڈبے میں بند، چند کلوہر^{۲۱} Hz کے میکاہر^{۲۲} MHz تک کے فردرتی گنجی تعداد والے کوارٹر کے قلم، منڈی میں عام دستیاب ہیں۔ ڈبے پر قلم کی فردرتی گنجی تعداد کی قیمت لکھی گئی ہوتی ہے۔

شکل ۷.۸.۱۶ میں قلم کی علامت دکھانی گئی ہے جبکہ شکل ب میں اس کا مساوی دور دکھایا گیا ہے۔ مساوی دور میں قلم کے میکانی خوبی ماس m کو امالہ L ، اس پر گنگے کے مستقل K کے ممکوس کو کپیسٹ C اور میکانی مزاحمت کو برقی مزاحمت R سے ظاہر کیا جاتا ہے جبکہ C' قلم کے دونوں سرزوں 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 $j = \sqrt{-1}$ کا استعمال کیا گیا ہے۔

فلم کے دونوں سائچے ہوئے L کے ساتھ C سلسلہ وار جبڑا معلوم ہوتا ہے جبکہ L کے دونوں سائچے ہوئے ہیں اور اس کے ساتھ سلسلہ وار جبڑے کپیسٹر C_m کے متوازی جبڑا معلوم ہوتا ہے۔ $\frac{1}{LC} = \omega_s^2$

سلسلہ وار فردرتی گنجی تعداد جبکہ $\frac{1}{LC_m}$ کو اس کے ساتھ متوازی جبڑے کپیٹر C_m کی متوازی فردرتی گنجی تعداد تصور کرتے ہوئے مندرجہ بالامساوات کو یوں لکھا جاسکتا ہے

$$\frac{1}{Z} = \frac{j\omega C' (\omega^2 - \omega_m^2)}{(\omega^2 - \omega_s^2)}$$

جس سے حاصل ہوتا ہے

$$(8.35) \quad Z = \frac{-j (\omega^2 - \omega_s^2)}{\omega C' (\omega^2 - \omega_m^2)}$$

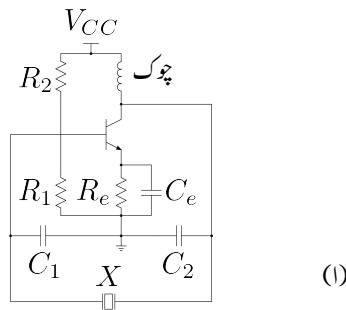
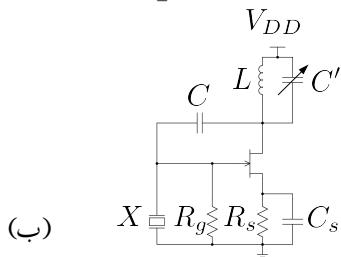
اس مساوات کو شکل ۸.۱۵ پر میں گرف کیا گیا ہے۔ حقیقت میں C' کی قیمت C کی قیمت سے کم درجہ زیادہ ہوتی ہے (یعنی $C' \gg C$)۔ یوں C_m کی قیمت C سے فدر کم ہوتا ہے جس سے ω_s کی قیمت ω_m کی قیمت سے فدر کم ہوتا ہے۔ ان دو فردرتی گنجی تعداد کی قیتوں میں ۱% سے بھی کم فرق ہوتا ہے۔ مساوات ۸.۳۵ میں دیا گیا رکاوٹ $\omega_m < \omega_s < \omega$ کے حدود میں ہطور امالہ جبکہ $\omega_s < \omega_m < \omega$ کے حدود میں ہطور کپیٹر کردار ادا کرتا ہے۔

مندرجہ بالا تذکرے کو مد نظر رکھتے ہوئے ہم دیکھتے ہیں کہ کاپیٹس مسر تھش میں امالہ کی جگہ فتلہم استعمال کیا جاسکتا ہے۔ شکل ۸.۱۶ میں ایسا کرتے ہوئے شکل ۸.۱۲ انف کا کاپیٹر قلمبھر مرتھی مسر تھش حاصل ہوتا ہے۔ چونکہ فتلہم صرف $\omega_m < \omega < \omega_s$ کے حدود میں ہطور امالہ کردار ادا کرتا ہے لہذا ایسا مسر تھش صرف اور صرف انہیں حدود کے درمیان ارتھاں پذیرہ ہوتا ہے اور اس کی تعداد انہیں حدود کے درمیان رہے گی۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ قلمبھر مرتھی ۲۲ کی تعداد صرف اور صرف فتلہم کی فردرتی گنجی تعداد پر منحصر ہے۔ اب چونکہ $\omega_m \approx \omega_s$ ہوتا ہے لہذا حقیقت میں ایسے مسر تھش کی $\omega_m \approx \omega_s \approx \omega$ رہے گی۔ چونکہ مساوات ۸.۳۱ بھی اس مسر تھش کی تعداد دیتا ہے لہذا فتلہمی مسر تھش اپنی تعداد ω_s اور ω_m کے درمیان اس جگہ برقرار رکھ گا جہاں مساوات ۸.۳۵ سے حاصل فتلہم کی برقی رکاوٹ (یعنی L) کو استعمال کرتے ہوئے مساوات ۸.۳۱ سے بھی یہی تعداد حاصل ہو۔ فتلہمی مسر تھش کے استعمال کا مقصد ایک حقیقی تعداد حاصل کرنا ہے جو فتلہم کو $\omega_m \approx \omega_s$ کے حدود میں استعمال کرتے حاصل ہوتا ہے۔

شکل ۸.۱۶ ب میں متلہی ہارٹلے مسر تھش دکھایا گیا ہے۔ C' کو نظر انداز کرتے اور فتلہم کو امالہ تصور کرتے ہوئے C اور فتلہم ہارٹلے مسر تھش کی جبانی پہنچانی شکل میں جبڑے ہیں۔ C' کی قیمت اتنی رکھی جاتی ہے کہ درکار تعداد پر متوازی جبڑے L اور C' (جنہیں عام نہم میں LC نیکھلے گے) کا مجموعہ امالہ کا کردار ادا کرے۔ عموماً C' فتلہم تبدیل کپیٹر ہوتا ہے جس کی قیمت تبدیل کرتے ہوئے مسر تھش کی تعداد باریکی سے متباہی کی جاتی ہے لہذا LC کی برقی رکاوٹ ان کے فردرتی متوازی تعداد پر لامحدود ہوتی ہے لہذا LC نیکھلے کی فردرتی متوازی تعداد کو مسر تھش کے تعداد کے فسیریب رکھتے ہوئے $nJFET$ کے ذریں پر بہت زیادہ برقی رکاوٹ حاصل کیا جاتا ہے

ب۔ مرتقش

$$C = C_{gd} + C_{bl_ابادہ}$$



شکل ۸.۱۶: مرتقش 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 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 حراطر درکار مساز استحصال 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 مسر تھش میں کم سے کم مکنے β کا اندازہ 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 مسر تھش دکھایا گیا ہے جس میں

$$V_{CC} = 9 \text{ V}, \quad R_c = 3 \text{ k}\Omega, \quad R_e = 1 \text{ k}\Omega$$

$$R_1 = 12.5 \text{ k}\Omega, \quad R_2 = 50 \text{ k}\Omega, \quad \beta = 99$$

ہم ۱۰ kHz پر چلنے کی حراطر درکار C اور R' حاصل کریں۔

جوابات: $R = 1115 \Omega$ حاصل ہوتا ہے جس سے $C = 3.5 \text{ nF}$ سے حاصل ہوتا ہے۔ $R_m = 2 \text{ k}\Omega$ حاصل ہوتا ہے۔ چونکہ $R_m > R'$ ہے لہذا اس R پر رکھنا ممکن نہ ہوگا اور پہنچنے کا تدریجی تعدد 10 kHz سے تدریجی تعدد ہو گی۔

سوال ۴: شکل ۸.۴ کے RC مسر تھش میں

$$V_{CC} = 9 \text{ V}, \quad R_c = 3.36 \text{ k}\Omega, \quad R_e = 1 \text{ k}\Omega$$

$$R_1 = 6.25 \text{ k}\Omega, \quad R_2 = 25 \text{ k}\Omega, \quad \beta = 49$$

ہم ۱۰ kHz پر چلنے کی حراطر درکار C اور R' حاصل کریں۔

جوابات: $R = 1250 \Omega$ کی صورت میں $r_{be} = 2.69 \text{ k}\Omega$ اور $I_{CQ} = 1 \text{ mA}$ ہوتا ہے جس سے $C = 3.1 \text{ nF}$ سے حاصل ہوتا ہے پہنچنے کا تدریجی تعدد ہو گا۔

سوال ۵: صفحہ ۲۶ پر شکل ۷.۸ میں وائے مسر تھش 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 مسر تھش کی فرکنڈی حاصل کریں۔
جواب: $f_0 = 100 \text{ Hz}$

سوال ۶: شکل ۸.۹ میں ٹرانزستر $C_{bc} = 4 \text{ pF}$, $C_{be} = 10 \text{ pF}$, $V_A = 200 \text{ V}$, $\beta = 396$ ہیں۔ ٹرانسفارمر کی $\frac{n_1}{n_2}$ حاصل کریں۔ اگر $C = 20 \text{ nF}$ اور $L = 200 \text{ nH}$ ہوں $R_B = 5 \text{ k}\Omega$ کیا ہوگا۔
تب f_0

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 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 $C_1 = 0.01 \mu\text{F}$ رکھا جائے تو 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 ایمپلیٹر کی داخنی مزاجمت لامددو و تصور کریں۔

$$\text{جوابت: } \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \text{ جسال } C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} \text{ کے برابر ہے، } g_m R_c = \frac{C_1}{C_2} \text{ ان مساوات کا مساوات اور مساوات ۸.۳۶ کے ساتھ موازنے کریں۔}$$

اشارب

- Butterworth circle, 646
bypass capacitor, 242, 558

capacitor, 142
carrier frequency, 94
carrier wave, 93
cascaded amplifier, 335
cascode amplifier, 532, 633
CE amplifier, 493
Celsius, 78
channel, 375
charge, 182, 362, 373
clamping circuit, 98
class
 A, 356
 AB, 357
 B, 357
 C, 357
 D, 357
clipper, 99
CMOS, 395
CMRR, 496
collector, 179
Colpitts oscillator, 737
common base, 344
common collector, 344
common emitter, 343
common mode voltage, 6, 477
common mode voltage gain, 495
comparator, 66
complex plane, 645
conductance, 125

AC load line, 118
active component, 179
active region, 235
adder, 35, 37
ageing, 503
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, 558, 608
band pass filter, 679
band stop filter, 679
Barkhausen criteria, 716
base, 179
bit, 56
blocking voltage, 139
Bode plot, 564, 574
Boltzmann constant, 78
break down voltage, 143
breakdown region, 82
buffer, 29
Butterworth, 645

- high frequency model, 155
- square law, 168
- distortion, 416
- divider, 103
- doping, 125
- drift, 131, 134
- drift current, 134
- drift speed, 134
- drift velocity, 135
- Early voltage, 235, 419
- ecg, 45
- electric field intensity, 134
- electrical noise, 148
- electron gas, 128
- electron mobility, 135, 385
- emission coefficient, 78
- emitter, 179
- emitter coupled logic, 487
- emitter follower, 346
- enhancement nMOSFET, 377
- feedback circuit
 - negative, 23
 - positive, 23
- feedback signal, 21, 663
- feedback system, 663
- field effect transistor, 179
- filter
 - band pass, 644
 - band stop, 644
 - Butterworth, 647
- forward biased, 80, 82, 86
- free electron, 126
- free hole, 126, 130
- full wave rectifier, 90
- gain, 15, 186
- gain bandwidth product, 609
- gate
 - AND, 107
 - OR, 107
- conductivity, 137
- constant current source, 445, 501
- coupling capacitor, 250, 558
- covalent bond, 125, 147
- crystal, 125
- crystal oscillator, 745
- current gain, 184, 186
- current mirror, 446, 503
- current sink, 502
- current source, 502, 550
- cut-in voltage, 80
- cut-off frequency
 - high, 557
 - low, 557
- DAC, 55
- damping constant, 645
- darlington pair, 215
- dB, 574
- DC bias point, 108
- DC load line, 108
- depended voltage source, 6
- dependent current source, 253
- depletion nMOSFET, 393
- depletion region, 139
- difference pair, 477
- differential input resistance, 492
- 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, 432
- diode, 77
 - cut off, 141
 - germanium, 80

- Miller capacitor, 633
- Miller theorem, 600, 732
- Miller's capacitor, 603
- minority
 - electrons, 126
 - hole, 126
- mirror, 413
- mobile
 - charges, 128
 - electron, 126
 - hole, 126
- model, 7, 9, 149
- models, 419
- modulating frequency, 94
- modulating wave, 94
- multiplier, 103
- n-type semiconductor, 128
- natural frequency
 - undamped, 645
- NOT gate, 269, 432
- number density, 126
- ohmic contact, 147
- OPAMP, 43
- optical cable, 148
- optical communication, 148
- optocoupler, 148
- oscillator
 - LC tuned, 730
- output offset voltage, 497
- p-type semiconductor, 130
- parasitic resistor, 604
- passive component, 179
- peak detector, 92
- photo diode, 147
- photon, 147
- piece wise linear model, 149
- piezoelectric crystal, 743
- pinch off, 380
- pole, 570
- generation rate, 126
- gradient, 108
- half wave rectifier
 - negative, 88
 - positive, 87
- Hartley oscillator, 737
- heat sink, 466
- holding current, 366
- hole gas, 130
- hole mobility, 385
- ideal diode, 152
- immobile
 - charges, 128
- injected electrons, 182
- injected holes, 182
- input bias current, 61, 500
- input offset current, 500
- input offset voltage, 58, 497
- integrator, 33, 34
- inversion, 376
- inversion layer, 376
- inverter, 365, 466
- iteration method, 110
- Kelvin, 78
- Laplace transform, 559
- latching current, 366
- LED, 148
- level shifter, 515
- load line, 409
 - AC, 244
 - DC, 242
- log amplifier, 101, 361
- loop gain, 675
- Maclaurin's series, 154
- majority
 - electrons, 128, 129
 - holes, 130

- hole, 126
- resistance, 84, 172
- voltage, 78
- thermometer, 83
- threshold voltage, 377
- thyristor, 365
- transconductance, 273, 276
- transconductance gain, 20, 273
- transducer, 29
- transistor, 179
- transportation, 131
- tuned oscillator, 732
- valency, 125
- varactor diode, 147
- voltage gain, 14, 27
- voltage source, 97, 360
- Widlar current source, 523
- Wien bridge oscillator, 726
- zener
 - diode, 144
 - knee, 156
 - voltage, 144
- zero, 570, 645
- power
 - mosfet, 465
 - transistor, 365
- power loss, 156
- power series, 167
- power supply, 88
- quartz, 743
- recombination, 126
- recombination rate, 126
- resonant frequency, 730
- reverse biased, 82, 86
- reverse breakdown voltage, 83
- reverse leakage current, 82
- ripple, 88, 96, 97
- saturation
 - current, 78
 - OPAMP, 3, 52
 - region, 235
- schottky
 - diode, 146
 - transistor, 362
- scr, 365
- semiconductor, 124
- slew rate, 53
- small signal, 116
- π model, 282
- resistance, 123
- solar panel, 147
- spice, 169
- stability factors, 225
- subtracter, 39
- switch ON, 85
- T model, 423
- tank, 745
- thermal
 - electron, 126
 - generation, 126
 - generation rate, 126

- آزاد ۱۲۶،
ایشان ۱۲۶،
خول ۱۳۰،
آلتنیپلیگار ۴۴،
آنین ۴۱۳،
ولن ۵۲۷،
آنین برقی رو ۵۰۳،
۴۴۶،
احسراجی ۷۸،
ارلی برقی دباد ۴۱۹،
افنزاش ۱۸۶،
۱۵،
برقی دباد ۲۷،
برقی رو ۱۸۶،
موصل-نا ۲۷۳،
افنزاش ضرب دائره کارکردگی ۶۰۹،
افنزاش دائره ۶۷۵،
افنزاشندہ ۱۸۷،
خط ۲۳۵،
اقیتی ۱۲۶،
ایشان ۱۲۶،
خول ۱۲۶،
اکشرتی ۱۲۶،
ایشان ۱۲۹،
خول ۱۳۰،
الٹا
خط ۳۷۶،
کرنا ۳۷۶،
ماں ۸۶،
الٹا لوگار تھمی ۱۰۲،
الٹا رستا برقی رو ۸۲،
ایشان گیس ۱۲۸،
اخسرافی برقی دباد ۴۹۷،
اخسرافی برقی رو ۵۰۰،
اندرونی دا خنلی اخسرافی برقی دباد ۵۸،
انور ۴۶۶،
اعیی عدد ۱۲۵،
اعین نمونے ۱۲۵،
ایچپلیگار ۳۳۵،
زنجیری ۶۷۱،
بیکری ۱۷۹،
بیکار ۱۳۴،
بیساو برقی رو ۱۳۴،
بیس،
بیکر جبرا منطق ۴۸۷،
بیکر مشترک ۳۴۳،
باد ۳۷۳،
برقی ۳۶۲،
باریکے اشاراتی ۳۶۲،
مزاجت ۱۲۳،
باریکے اشاراتی پائے ریاضی نمونے ۲۸۲،
باریکے اشاراتی ۱۱۶،
بالشمن کامن ۷۸،
بڑ ۵۶،
بشنورت تسلی ۶۴۵،
بشنورت دائره ۶۴۶،
بدلت افنزاش برقی رو ۱۸۷،
بدلتارو خط بوجھ ۲۴۴،
بدن ۳۷۵،
برقی ۳۷۳،
بڑ ۳۶۲،
رکاوٹ ۵۶۶،
زمین ۱۴،
قلب ۴۵،
برقی دباد ۳۷۳،
چپاوا ۸۰،
ڈلپن ۳۷۷،
رکاوٹ ۱۳۹،
غیر افنزاشندہ کردہ ۱۸۸،
برقی دباد منج ۹۵،
برقی رو ۸۸،
الٹی رستا ۸۲،
برقی رو چپا اور کئنے کی حد ۳۶۶،
برقی رو مقطع کرنے کی حد ۳۶۶،
برقی زمین ۴۸۰،
برقی شدت ۱۳۴،
برکا زن کامول ۷۱۶،
بل ۹۷-۹۵،
بلند اقطائی تعداد ۵۹۸،
بلند تعداد ۵۶۴،
بودا خط ۵۷۴،
بیساو ۱۳۴،
بیساو برقی رو ۱۳۴،
بیس،

- ٹرانزسٹر، 179
توی، 365
ٹی ریاضی نوٹ، 423
ٹینک، 745
- جسٹر میں ڈائیوڈ، 80
جسٹن
دوبارہ، 126
شرج، 126
جفتی کپیسٹر، 250
جماعت، 124
جج کار، 37, 35
جوڑ، 13
جوڑ کی پیٹننس، 143
- چالو، 80
چالو بر قی دباؤ، 80
چونی حاصل کار، 92
چمنی
پی روک، 644
پی گزار، 644
- حرارتی
الیکٹران، 126
بر قی دباؤ، 78
پیدائش، 126
پیدائش کی شرج، 126
خول، 126
مزاجمت، 172, 84
حرکت پنیری
الیکٹران، 385, 135
خول، 385
حابی ایکلیفاائز، 1
جیٹ
اتار کار، 92
سوار اسٹارہ، 94
سوار کار، 93
- حناج کار منج رو، 502
حناجی اخترافی بر قی دباؤ، 497
حناجی مزاجمت، 7
- ہیس مشترک، 344
بے فتا بوجب تودہ، 144
بے فتا بونٹ، 82
- پائے ریاضی نوٹ، 282
پی روک فلٹر، 679
پی گزار فلٹر، 679
پست انتظامی تعداد، 564, 557
پست تعداد، 564, 557
پکاری گئی قیمت، 19
پورے طاقت پر دائرہ کار کردگی، 53
پیروکار، 346
پیساشی آله، 29
- تار
ہم مجرمی، 69
تائیج منج دباؤ، 6
تائیج منج رو، 253
траش، 99
تعدد
سوار، 94
سواری، 94
فتدرتی، 723
قصہ در بلند انتظامی، 608
تعدادی کشافت، 182, 126
تفرقی
امنزاش، 490
امنزاش بر قی دباؤ، 7, 3
ایکلیفاائز، 3
بر قی اسٹارہ، 2
بر قی دباؤ، 6
جوڑ، 477
تفرق اسٹارہ، 74
تفرق کار، 32
تھیم کار، 103
تصصیری مستقل، 645
کنکل کار، 34, 33
تودہ، 143
تھرماسیٹر، 83
خون دور، 29

- حبر مینیم،** 80
 زینر، 144
شاگی، 146
شمی، 147
 فوٹو، 147
متانون سریج، 168
 منقشع، 140
 نوری، 148
 وریکش، 147
ڈایوڈ انون سریج شناسندہ، 169
 ڈھالوان، 108
 ڈلی سیل، 574
 ذرا کے بیان، 167
رخ
سیدھا، 77
 راہ، 375
 رفتار بہاو، 134
 رفتار چپا، 53
 رکاوٹی بر قی دباد، 139
 ریاضی
 نمونے، 149
 ریاضی نمونے، 419, 9, 7
 پاکے، 282
 لی، 423
سیدھے خطوط، 149
 زنجیری اینپلیکیشن، 335
زینر
 اش، 143
 بر قی دباد، 144
 ڈایوڈ، 144
 گھٹنا، 156
سکن بار، 128
سپائٹ، 252, 169
 سر دکار، 466, 210
 سطح تبدیل کار، 515
 سلمہ
طاقت، 167
 مکاران، 488, 154
- خط پوجھ، 409
 بدلتارو، 244
کے سمت رو، 108
 یکمی، 242
خط مس، 123
 خطی، 3
حمندار، 113
خول گیس، 130
داب بر قی متم، 743
داخلی
 اخراجی بر قی دباد، 542, 497
تفسری مزاحمت، 492
داخلی کار منبع رو، 502
داخلی بر قی رکاوٹ، 45
داخلی مزاحمت، 685, 683, 7
داخلی میلان بر قی رو، 61
 دائزہ کار کردگی، 608, 558
 دبوچ، 380
در جب
 الاف، 356
الف۔۔۔۔۔، 357
ب، 357
پ، 357
ت، 357
در میانی تعداد، 557
 دوبارہ
حسبنا، 126
حسبنے کی شرح، 126
دورانیہ
 اترائی، 73
 چڑائی، 73
دوری عرصہ، 74
دہرانے کا طریقہ، 110
 دہری نظام اعداد، 56
 دبلینز بر قی دباد، 377
ڈار لسٹن جوڑی، 215
ڈایوڈ، 77
 بلند تحدی بار کے اشاراتی ریاضی نمونے،

- عکس، 230
عمر سید گی، 503
غیر امن زندگی، 187
برقی دباد، 188
خط، 240، 235
غیر عامل، 179
غیر مطلوب مزاجت، 604
فلکر
بھروسہ، 647
پی روک، 644
پی گزار، 679
فوٹو ڈیلوٹ، 147
فیٹ، 373
وتاپور یکنیناڑ، 365
وتاون مسرج، 168
قدرتی تعدد، 723
غیر تفسیری، 645
قصدرور باند انتظامی تعدد، 608
قصسری پیٹر، 242
قطب، 570
قتام، 125
فتلی مرتی، 745
قوی
ثرانز سٹر، 365
ماشین، 465
قوی بر قیات، 148
کالپش مرتی، 737
کامل حابی ایک پلی فارم، 9
کامل ڈیلوٹ، 152
پیٹر، 142
جنیتی، 558، 250
قصسری، 558، 242
کشافت غفوٹی رو، 133
کر خوف کے قوانین، 13
گلکش، 179
کوارٹر، 743
کیکوڈ، 633
سلسلہ طاقت، 167
سلسلہ مکاران، 154
سمت کار
کھل لبر، 90
نصف لبر، 87
ستی رفتار بیساو، 135
سوار
تعداد، 94
مون، 93
سواری
تعداد، 94
مون، 94
سیدھارخ، 77
سیدھاماں، 86، 82، 80
سیدھے خطوط کاریاضی نمونے، 149
سیلیسیس، 78
سیاس، 395
شاگلی ٹرانز سٹر، 362
شاگلی ڈیلوٹ، 146
شرکیک گرفتی بند، 147، 125
شکل بلانا، 416
شکنچ، 98
شمی چادر، 147
شمی ڈیلوٹ، 147
شور، 148
صفر، 645، 570
ضر کار، 103
ضیائی
تات، 148
ذراں ایلان، 148
ذرے، 147
وابستہ کار، 148
طاقت کاشیل، 156
طاقت کی منی، 2
عامل، 179
عددی ادوار، 432، 269
عددی سے مثال کار، 55

- وستی، 745
 کالپش، 737
 واکن، 726
 ہارٹلے، 737
 ہمسر، 730
- سزا حالت**
 تفسیرِ داخلي، 492
سزا حالت میں عناطی، 19
سزا حالت نہ افزاش، 20
سزا حسقی جوڑ، 147
مسئلم کار، 29
مستظلیل پستلا اشارة، 73، 54
ستقل
 غفوڈ اسکر ان، 134
 غفوڈ خول، 134
مسئله مسل، 600
مسئله مل، 732
مشترک۔ محراج، 493
مشترکہ اشارة، 74
مشترکہ افزاش، 495
مشترکہ برقی دباد، 6، 477
مکاران تسلیم، 488
مکمل اہر سمت کار، 90
 ملاوٹ، 125
 ملک کپیٹر، 633، 603
 منج برقی دباد، 95
 منج برقی رو
 والڈلر، 523
 منج دباد، 360، 97
 منج رو، 550
 منج ستقل برقی رو، 445
 منی ایکلینگاٹر، 13، 16
 منی داخلي سر، 6
 منی کار، 39
 منی یم موصل، 128
 منی واپسی برقی دباد ایکلینگاٹر، 671
 منی واپسی برقی رو ایکلینگاٹر، 671
 منی واپسی دور، 23
 منقطع ڈالوڈ، 140، 141
- کلیکوڈ ایکلینگاٹر، 532
 کیلوون بیٹا اش حسرات، 78
 کیمیائی دوری جدول، 124
 کیمیائی گرفت، 125
- گمی تعدد، 730
گیٹ
 جج، 107
 ضرب، 107
- لپلا سی بدل، 559
 لبریز، 57، 52، 3، 78
 لبریزی برقی رو، 70
 لوڈ سیل، 70
 لوگار تھی ایکلینگاٹر، 361، 101
 لبریزین، 70
- ماسفیٹ، 373
 بڑھاتا، 377
 قوی، 465
 گھٹاتا، 393
 مال برداری، 131
 مائل
 اشت، 82
 سیدھا، 82، 80
 مبدل توatalا، 29
محترکہ اسکر ان، 126
 محترکہ بار، 128
 محترکہ خول، 126
 محترکہ منی بار، 128
 مشت ایکلینگاٹر، 28، 26
 مشت داخلي سر، 6
 مشت یم موصل، 130
 مشت واپسی ادوار، 23
 مخلوط ادوار، 1
 مخلوط سطح، 645
مداخنل اسکر ان، 182
 مداخنل خول، 182
- مر قش**
 ٹینک، 745

- | موج | |
|--------------------------------|----------------|
| سوار، | 93 |
| سواری، | 94 |
| مواظت کار، | 66 |
| موش، | 173 |
| موصلیت، | 125 |
| مستقل، | 137 |
| موصلیت-نم، | 276, 273 |
| میدانی ٹرانسٹر، | 373, 179 |
| میلان برقی رو، | 500 |
| ناتابل برداشت الٹ برقی دباؤ، | 83 |
| ناتابل برداشت برقی دباؤ، | 143 |
| نصف لہسر | |
| شبست سمت کار، | 87 |
| منقی سمت کار، | 88 |
| نفوذ، | 131 |
| نفوذ کا مستقل | |
| الیکٹران، | 134 |
| خول، | 134 |
| نفوذی برقی رو، | 132 |
| نفوذی پیشنس، | 145 |
| نفی کار، | 432, 269 |
| قططے کار کرگی سوارنے کے اسباب، | 225 |
| نمون | |
| ریاضی، | 419, 149, 9, 7 |
| ریاضی بلند تحدی، | 422 |
| ریاضی پائے، | 282 |
| نوری ڈائڈ، | 148 |
| نیم موصل، | 125, 124 |
| شبست، | 130 |
| منقی، | 128 |
| واپسی | |
| اشارہ، | 663 |
| برقی دباؤ ایکلینکر، | 671 |
| نظم، | 663 |
| واپس کار، | 670 |
| واپس کار کا مستقل، | 673 |
| واپسی ادوار، | 21 |
| واپسی اشارات، | 21 |
| واپسی | |
| وائز، | 726 |
| ورکشرز ڈائڈ، | 147 |
| ولسن آئینے، | 527 |
| ویٹ سٹون چکر، | 70 |
| ویان خط، | 139 |
| ہارٹ مرتعش، | 737 |
| ہمس مرتعش، | 732, 730 |
| ہم مخوبی تار، | 69 |
| کیاس، | 477 |
| کے سمت | |
| افنڑا اش برقی رو، | 187 |
| خط بوجھ، | 242 |
| نقطے کار کرگی، | 108, |
| نقطے مائیں، | 108, |
| کے سمت رو | |
| خط بوجھ، | 108 |
| کے سمت منج رو، | 501 |