

مثال بر قیات

خالد حنان پوسنگری

جامعہ کامسیٹ، اسلام آباد

khalidyousafzai@comsats.edu.pk

۲۰۲۳ / جون ۱۹

فہرست عنوانات

دیباچہ

میری پہلی کتاب کا دیباچہ

xii

xiii

۱	حابی ایکپیغائز	۱.۱
۱	حابی ایکپیغائز کے سرے یا پنے	
۲	حابی ایکپیغائز کی بنیادی کارکردگی	۲.۱
۲	حابی ایکپیغائز کا مساوی دور یار یا خصی نمونہ	۳.۱
۷	داخلی سروں پر برادری دبارہ ستابے	۱.۳.۱
۸	داخلی سروں پر بر قی رو ضمیر ہوتی ہے	۲.۳.۱
۸	داخلی مزاحمت کو لامدد و تصور کیا جاتا ہے	۳.۳.۱
۸	تفسری افسزاں کو لامدد و تصور کیا جاتا ہے	۴.۳.۱
۸	خوارجی مزاحمت کو ضمیر اور ہم تصور کیا جاتا ہے	۵.۳.۱
۹	کامل حابی ایکپیغائز	۳.۱
۱۰	حابی ایکپیغائز کے ادوار	۵.۱
۱۳	منقی ایکپیغائز	۱.۵.۱
۲۶	مشت ایکپیغائز	۲.۵.۱
۲۸	مسحکم کار	۳.۵.۱
۳۲	تفسرکار	۴.۵.۱
۳۳	تمکمل کار	۵.۵.۱
۳۵	جمعکار	۶.۵.۱
۳۷	منقی کار	۷.۵.۱
۳۸	جمع و منقی کار	۸.۵.۱
۴۳	آلاتی ایکپیغائز	۹.۵.۱
۵۲	حابی ایکپیغائز کا نقص پن	۶.۱
۵۲	حابی ایکپیغائز کا لبریز ہونا	۱.۶.۱
۵۲	حابی ایکپیغائز کی رفتار چال	۲.۶.۱

۵۵	عندوی اشارے سے مٹا شارے کا حصول	۱.۱
۵۷	۱.۱.۱ یک سمت اندر وی داخلی اخراجی بر قی دباد کا سملہ	۱.۲
۶۰	۱.۱.۲ داخلی بر قی روکا سملہ	۱.۲
۶۲	۱.۱.۳ موازنہ کار	۱.۲
۶۷		۲
۸۲	کامل ڈائیڈ	۱.۲
۸۵	ڈائیڈ کے چند ادوار	۲.۲
۸۷	بدلتا دباد سے یک سمت دباد کا حصول (سمت کاری)	۳.۲
۸۷	۱.۳.۲ نصف لہر سمت کاری	
۹۰	کمل لہر سمت کاری	۳.۲
۹۲	چوتھی حاصل کار	۴.۲
۹۲	چھپ اتار کار	۵.۲
۹۵	متنقی دباد	۶.۲
۹۷	۱.۶.۲ بر قی اتی شنجہ	۷.۲
۹۹	بر قی اتی تراش	
۱۰۰	حابی ایک پلینائز کی مدد سے ڈائیڈ کے کامل ادوار	۸.۲
۱۰۰	۱.۸.۲ کامل نصف لہر سمت کار	
۱۰۱	کامل چوتھی حاصل کار	۲.۸.۲
۱۰۱	کامل چھپ اتار کار	۳.۸.۲
۱۰۱	ڈائیڈ گار تھنچی ایک پلینائز	۴.۸.۲
۱۰۳	ضرب کار	۵.۸.۲
۱۰۳	کامل کمل لہر سمت کار	۶.۸.۲
۱۰۴	ڈائیڈ کے متنقی ادوار	۹.۲
۱۰۷	یک سمت رونھ بوجھ	۱۰.۲
۱۰۸	۱.۱۰.۲ گراف کا طریقہ	
۱۱۰	۲.۱۰.۲ دہرانے کا طریقہ	
۱۱۱	کار نیسی محمد اور ترسیم	۱۱.۲
۱۱۱	۱.۱۱.۲ محمد کی متنقی	
۱۱۱	۲.۱۱.۲ خط کا چھوٹا حصہ سیدھا تصور کیا جاتا ہے	
۱۱۲	۳.۱۱.۲ گراف سے قیمت حاصل کرنے کا عمل	
۱۱۲	باریک اشاراتی تجزیہ	۱۲.۲
۱۱۸	۱.۱۲.۲ بدلتا رو، خط بوجھ	
۱۲۲	۲.۱۲.۲ باریک اشاراتی مزاجت	
۱۲۳	۳.۱۲.۲ خط ماس سے باریک اشاراتی مزاجت کا حصول	
۱۲۳	طبیعتی شم موصل اشیاء	۱۳.۲
۱۲۷	متنقی قسم کا نیم موصل	۱۳.۲
۱۲۹	شبست قسم کا نیم موصل	۱۵.۲
۱۳۱	مال برداری	۱۶.۲
۱۳۲	۱.۱۲.۲ تفوق	

۱۳۲	بیساو	۲.۱۲.۲
۱۳۷	مثبت اور منفی اقسام کے نیم موصل مواد کاملاً پ	۱.۲۷.۲
۱۴۰	الشامائیل ڈایوڈ	۱۸.۲
۱۴۲	الشامائیل ڈایوڈ بطور کپسیٹر	۱.۱۸.۲
۱۴۳	بے قابو صورت	۱۹.۲
۱۴۴	زینتر بر قی دبای بال مقابل درج حرارت	۱.۱۹.۲
۱۴۵	سیدھا شامائیل ڈایوڈ	۲۰.۲
۱۴۶	سیدھے مائل ڈایوڈ کی خصوصی کیسٹشن	۱.۲۰.۲
۱۴۷	ڈایوڈ کے دیگر اقسام	۲۱.۲
۱۴۸	شاکلی ڈایوڈ	۱.۲۱.۲
۱۴۹	وریکٹر ڈایوڈ	۲.۲۱.۲
۱۵۰	فونوفا ڈایوڈ یا شسی ڈایوڈ	۳.۲۱.۲
۱۵۱	نوئی ڈایوڈ	۳.۲۱.۲
۱۵۲	ضیائی دا بست کار	۵.۲۱.۲
۱۵۳	ضیائی ذرا رک املاح	۲.۲۱.۲
۱۵۴	ڈایوڈ کے ریاضی نمونے	۲۲.۲
۱۵۵	سیدھے خطوط کا لی ریاضی نمونہ	۱.۲۲.۲
۱۵۶	کامل ڈایوڈ ریاضی نمونہ	۲.۲۲.۲
۱۵۷	ڈایوڈ کا پست تعداد بار یا اشاراتی ریاضی نمونہ	۳.۲۲.۲
۱۵۸	ڈایوڈ کا بلند تعداد بار یا اشاراتی ریاضی نمونہ	۳.۲۲.۲
۱۵۹	زینتر ڈایوڈ اور اس کا ریاضی نمونہ	۲۳.۲
۱۶۰	یک سمت اور بدلتے متغیرات کے حساب کی ملیحدگی	۲۴.۲
۱۶۱	وت انون مسرائج یہ طاقت ادار کار	۲۵.۲
۱۶۲	سپاٹس ریاضی نمونہ	۲۶.۲
۱۶۳	ثرانز سٹر (دوجو ٹرانزسٹر)	۳
۱۶۴	ثرانز سٹر کی ساخت اور اس کی بنیادی کارکردگی	۱.۳
۱۶۵	افنزاں دہ حال منفی- جمع- منفی npn ٹرانزسٹر کی کارکردگی	۲.۳
۱۶۶	غیر افنزاں دہ کردہ برقی دباؤ	۳.۳
۱۶۷	افنزاں دہ حال جمع- منفی- جمع pnp ٹرانزسٹر کی کارکردگی	۲.۳
۱۶۸	V_{EC} اور V_{EB} کے pnp	۱.۳.۳
۱۶۹	نقٹے کارکردگی اور یک سمت ادوار کا تختیلی تحفظی	۵.۳
۱۷۰	افنزاں دہ ٹرانزسٹر کے یک سمت ادوار کا حل	۳.۵.۱
۱۷۱	غیر افنزاں دہ ٹرانزسٹر کے دور کا حل	۲.۵.۳
۱۷۲	منقطع ٹرانزسٹر کے دور کا حل	۳.۵.۳
۱۷۳	ڈار لسٹنگن جوڑی	۴.۳
۱۷۴	تعین ننقٹے سے نقطے کارکردگی کا اخراج	۷.۳
۱۷۵	تبدلی β سے لاحق مسائل استوار نے کا شرط	۱.۷.۳
۱۷۶	تبدلی V_{BE} سے نقطے کارکردگی کا سرکے جانا	۲.۷.۳

۲۲۵	نقطے کارکردگی سوارنے کے اسیاب	۳.۷.۳
۲۲۷	مزاحمت کا عکس	۸.۳
۲۳۲	ٹرانزسٹر کے خط	۹.۳
۲۳۳	$i_C - v_{BE}$	۱.۹.۳
۲۳۴	$i_C - v_{CE}$	۲.۹.۳
۲۳۸	یک سمت ادوار کا ترسمی تجزیہ	۱۰.۳
۲۳۸	یک سمت روخط بوجھ	۱.۱۰.۳
۲۳۹	باریک اشارات	۲.۱۰.۳
۲۳۹	برقی دباؤ V_{CC} اور مزاحمت R_C کے نقطے کارکردگی پر اثرات	۳.۱۰.۳
۲۴۱	داخلی برقی روکے نقطے کارکردگی پر اثرات	۳.۱۰.۳
۲۴۲	حناجی اشارہ کے حدود	۵.۱۰.۳
۲۴۳	بدالت رو، خط بوجھ	۶.۱۰.۳
۲۵۳	ٹرانزسٹر ریاضی نمونے برائے سچے اشارات	۱۱.۳
۲۵۳	اسبرز-مال ریاضی نمونے	۱.۱۱.۳
۲۶۱	pnp ٹرانزسٹر کا اسبرز-مال مائل	۲.۱۱.۳
۲۶۲	مال برداری ریاضی نمونے	۳.۱۱.۳
۲۶۴	غفحی کار	۱۲.۳
۲۶۵	باریک اشاراتی تجزیہ	۱۳.۳
۲۶۶	ترسمی تجزیہ	۱.۱۳.۳
۲۶۷	باریک اشاراتی داخلی مزاحمت r_e اور r_{be}	۲.۱۳.۳
۲۶۸	خطیلی تجزیہ	۳.۱۳.۳
۲۸۲	پت تعدادی ٹرانزسٹر ریاضی نمونے برائے باریک اشارات	۱۳.۳
۲۸۲	ٹی آریاضی نمونے	۱.۱۳.۳
۲۸۸	پائے ریاضی نمونے بھے حناجی مزاحمت r_0	۲.۱۳.۳
۲۸۸	یک سمت اور بدلتے مقیرات کی علیحدگی	۱۵.۳
۲۹۳	باریک اشاراتی ادوار کا پائے ریاضی نمونے کی مدد سے حل	۱۶.۳
۳۱۲	زنجیری ضرب کا طریقہ	۱.۱۶.۳
۳۲۳	برقی بار، داخلی مزاحمت اور ایکلیفائز کی افسنزاں	۱۷.۳
۳۲۶	زنجیری ایکلیفائز	۱۸.۳
۳۲۲	لیکٹر مشترک، گلکٹر مشترک اور نیس مشترک ایکلیفائز	۱۹.۳
۳۵۶	خطی لحاظ سے ایکلیفائز کی درجہ بندی	۲۰.۳
۳۵۷	ٹرانزسٹر سے ڈائیوڈ کا حصول	۲۱.۳
۳۵۹	منبع برقی دباؤ	۲۲.۳
۳۶۱	ٹرانزسٹر لوگار تھمی ایکلیفائز	۲۳.۳
۳۶۲	شائعی ٹرانزسٹر	۲۳.۳
۳۶۳	قوی ٹرانزسٹر	۲۵.۳
۳۶۵	فت اور یکلیٹنائز	۲۶.۳

۳۷۳	۱.۲ میدانی ٹرانزسٹر
۳۷۳	۱.۲.۱ n ماسفیٹ کی ساخت (بڑھتا n ماسفیٹ)
۳۷۴	۱.۲.۲ n ماسفیٹ کی بنیادی کارکردگی
۳۷۶	۱.۲.۳ گیٹ پر برقی دباؤ کی عدم موجودگی
۳۷۶	۱.۲.۴ گیٹ کے ذریعے برقی روکے لئے راہ کی تیاری
۳۸۳	۱.۲.۵ n ماسفیٹ کی مساوات
۳۹۰	۱.۳.۱ فت بل برداشت برقی دباؤ
۳۹۰	۱.۳.۲ درجہ حرارت کے اثرات
۳۹۰	۱.۳.۳ pMOSFET ماسفیٹ
۳۹۲	۱.۳.۴ غیرافناشندہ
۳۹۳	۱.۳.۵ گھٹاتا n ماسفیٹ
۳۹۳	۱.۴.۱ منقطع صورت
۳۹۳	۱.۴.۲ غیرافناشندہ
۳۹۵	۱.۴.۳ دبوچ
۳۹۵	۱.۴.۴ افناشندہ
۳۹۵	۱.۴.۵ گھٹاتا p ماسفیٹ
۳۹۵	۱.۴.۶ CMOS حبڑو ماسفیٹ
۳۹۶	۱.۴.۷ ماسفیٹ کے یک سمت ادوار کا حل
۳۱۲	۱.۴.۸ ماسفیٹ ایکپلینائز کا تر سیکنی تجزیہ
۳۱۵	۱.۴.۹ ماسفیٹ ایکپلینائز کا تخلیلی تجزیہ
۳۱۵	۱.۴.۱۰ یک سمت تجزیہ
۳۱۵	۱.۴.۱۱ بدلتارو تجزیہ
۳۱۹	۱.۴.۱۲ ماسفیٹ ریاضی نوٹ
۳۱۹	۱.۴.۱۳ خارجی مزاجمت
۳۲۰	۱.۴.۱۴ وسیع اشاراتی ماسفیٹ ریاضی نوٹ
۳۲۰	۱.۴.۱۵ باریک اشاراتی ماسفیٹ π ریاضی نوٹ
۳۲۳	۱.۴.۱۶ باریک اشاراتی ماسفیٹ θ ریاضی نوٹ
۳۲۲	۱.۴.۱۷ یک سمت اور بدلتے متغیرات کی علیحدگی
۳۲۲	۱.۴.۱۸ سیاسٹنی کار
۳۳۵	۱.۴.۱۹ جوڑدار فیٹ (JFET)
۳۳۸	۱.۴.۲۰ برقی دباؤ بالقابل برقی دباؤ
۳۳۹	۱.۴.۲۱ pJFET
۳۳۰	۱.۴.۲۲ باریک اشاراتی ریاضی نوٹ
۳۲۵	۱.۴.۲۳ محض ادوار میں ماسفیٹ کا قتل کارکردگی تحسین کرنے کے ادوار
۳۲۵	۱.۴.۲۴ منع مسئلہ برقی رو
۳۵۱	۱.۴.۲۵ مزاجمت کے ٹکس
۳۵۲	۱.۴.۲۶ تابع سورس (ڈرین مشترک ایکپلینائز)
۳۵۹	۱.۴.۲۷ گیٹ مشترک ایکپلینائز
۳۶۱	۱.۴.۲۸ زنجیری ایکپلینائز
۳۶۵	۱.۴.۲۹ قوی ماسفیٹ

۳۷۵	۱.۵	دو جوڑا نز سر کا تفسیقی جوڑا	۵ تفسیقی ایک پلیناٹر
۳۷۵	۱.۱.۵	تفسیقی اشارہ کی عدم موجودگی	
۳۷۵	۲.۱.۵	تفسیقی اشارہ موجود	
۳۷۸	۲.۵	بایکے داخنی تفسیقی اشارہ پر تفسیقی جوڑے کی بنیادی کارکردگی	
۳۸۰	۳.۵	و سق داخنی اشارہ پر تفسیقی جوڑے کی کارکردگی	
۳۸۱	۳.۵	بایکے اشارہ پر تفسیقی جوڑے کے کارکردگی پر تفصیلی غور	
۳۸۵	۴.۵	بایکے اشارتی مساوات	
۳۸۵	۴.۲.۵	برقی رو کا حصول بذریعہ نز سر یا ضمیمانہ	
۳۸۷	۴.۲.۵	داخنی تفسیقی مزاجت	
۳۸۹	۴.۲.۵	داخنی مشترک مزاجت اور مشترک افزاں	
۳۹۲	۵.۵	غیر کامل تفسیقی جوڑے کا ناقص پن	
۳۹۵	۱.۵.۵	داخنی انحرافی برقی دباؤ	
۳۹۵	۲.۵.۵	داخنی میلان برقی رو اور انحرافی داخنی میلان برقی رو	
۳۹۸	۶.۵	محنلوٹ ادوار میں دو جوڑا نز سر کے مائل کرنے کے طریقے	
۳۹۹	۷.۵	یک سمت منبع برقی رو	
۴۰۰	۸.۵	آنکیت برقی رو	
۴۰۱	۸.۸.۵	معدد یک سمت منبع رو	
۴۰۲	۹.۵	نز سر بوجھ سے لدا دو جوڑا نز سر کا تفسیقی ایک پلیناٹر	
۴۰۹	۱۰.۵	وانڈر منبع برقی رو	
۵۲۱	۱۱.۵	ولسن آنکیت	
۵۲۵	۱۲.۵	کلیکوڈ ایک پلیناٹر	
۵۳۰	۱۳.۵	ماسفیٹ کے تفسیقی جوڑے	
۵۳۲	۱۴.۵	داخنی انحرافی برقی دباؤ	
۵۳۰	۱۵.۵	ماسفیٹ آنکیت برقی رو	
۵۳۲	۱۶.۵	منبع دباؤ کے اثرات سے آزاد منبع رو	
۵۳۷	۱۷.۵	ماسفیٹ کلیکوڈ تفسیقی ایک پلیناٹر	
۵۳۹	۱۸.۵	ماسفیٹ کے تفسیقی جوڑے	
۵۵۵	۱۹	ایک پلیناٹر کا تعدادی رد عمل اور فلٹر	۱
۵۵۵	۱.۲	پست تحدیدی رد عمل	
۵۵۷	۲.۲	تیس سرے پر کپیسٹر C_B	
۵۲۳	۳.۲	لیٹر سرے پر کپیسٹر C_E	
۵۲۹	۴.۲	کلکٹر سرے پر کپیسٹر C_C	
۵۲۲	۵.۲	بوجھ اخلوٹ	
۵۲۸	۶.۲	تیس اور کلکٹر بیروٹی کپیسٹر	
۵۸۲	۷.۲	تیس اور لیٹر بیروٹی کپیسٹر ویں کا مجموعی اثر	
۵۸۸	۸.۲	تیس، لیٹر اور کلکٹر بیروٹی کپیسٹر ویں کا مجموعی اثر	
۵۹۱	۹.۲	پست ا نقطائی تحدید بذریعہ سورس کپیسٹر	
۵۹۸	۱۰.۲	مسئلہ ملر	

۱۱.۶	بلند تعدادی رو عمل
۱۱.۶	بلند تعدادی پائے π ریاضی نوٹ
۲.۱۱.۶	مشترکہ بینہ شر بلند نقطی تعداد
۳.۱۱.۶	مشترکہ تیس بلند نقطی تعداد
۳.۱۱.۶	T_f کا تجربہ باتی تجیہت
۵.۱۱.۶	برقی بوجھ کے موجودگی میں بلند تعدادی رو عمل
۶.۱۱.۶	مشترکہ سورس ماسنیٹ ایپلیکیشن کا بلند تعدادی رو عمل
۱۲.۶	مشترکہ لکھر ایپلیکیشن کا بلند تعدادی رو عمل
۱۳.۶	مشترکہ تیس ایپلیکیشن کا بلند نقطی تعداد
۱۴.۶	لیکوڈ ایپلیکیشن
۱۵.۶	فلشریا چھانی
۱۶.۶	بڑوست فلش (چھانی)
۱۶.۶	بڑوست فلش کارڈر
۷	واپسی ادوار
۱.۷	ایپلیکیشن کی جماعت بندی
۱.۱.۷	برقی دباو ایپلیکیشن
۲.۱.۷	برقی رو ایپلیکیشن
۳.۱.۷	موصل نہ ایپلیکیشن
۳.۱.۷	مزاحمت نہ ایپلیکیشن
۴.۷	واپسی اشارہ
۳.۷	بنیادی کارکردگی
۱.۳.۷	افزائشی دائرہ
۲.۳.۷	بنیادی مفروضہ
۳.۷	واپسی ایپلیکیشن کی خوبیاں
۴.۷	مستحکم افزائش
۲.۳.۷	تعددی بگاڑ
۳.۳.۷	دائرہ کارکردگی کے پی میں وسعت
۵.۷	داخلی مزاحمت
۱.۵.۷	واپسی برقی دباو ایپلیکیشن کا دا خنلي مزاحمت
۲.۵.۷	واپسی برقی رو ایپلیکیشن کا دا خنلي مزاحمت
۳.۵.۷	واپسی موصل نہ ایپلیکیشن کا دا خنلي مزاحمت
۴.۵.۷	واپسی مزاحمت نہ ایپلیکیشن کا دا خنلي مزاحمت
۱.۶.۷	خوارجی مزاحمت
۲.۶.۷	واپسی برقی دباو ایپلیکیشن کا خوارجی مزاحمت
۲.۶.۷	واپسی برقی رو ایپلیکیشن کا خوارجی مزاحمت
۳.۶.۷	واپسی موصل نہ ایپلیکیشن کا خوارجی مزاحمت
۴.۶.۷	واپسی مزاحمت نہ ایپلیکیشن کا خوارجی مزاحمت
۵.۶.۷	واپسی ایپلیکیشن کے جماعت بندی کی مثالیں

۷۹۳	۱	وائیکی بر قی دباؤ ایکلیپسیٹر
۷۹۶	۲	وائیکی مزاحمت نہ ایکلیپسیٹر
۷۹۷	۳	وائیکی موصل نہ ایکلیپسیٹر
۷۹۹	۴	وائیکی بر قی رو ایکلیپسیٹر
۷۰۱	۵	وائیکی مزاحمت نہ ایکلیپسیٹر
۷۰۳	۸.۷	وائیکلیپسیٹر کا تفصیلی تجزیہ
۷۰۵	۹	وائیکی بر قی دباؤ ایکلیپسیٹر
۷۰۷	۱۰	وائیکی بر قی دباؤ ز خبیری ایکلیپسیٹر

۷۱۳	۸	مرقش
۷۱۵	۱.۸	مرقش کی تخلیق
۷۱۷	۲.۸	مزاحمت-کپیستر RC مرقش
۷۲۳	۳.۸	وانن مرقش
۷۲۴	۴.۸	$nJFET$ پر مبنی امالہ-کپیستر LC ہممرقش
۷۲۹	۱.۲.۸	خود-مائل دور
۷۲۹	۵.۸	ٹرانزستر ہممرقش
۷۳۳	۶.۸	عسوی مرقش
۷۳۶	۷.۸	ہارٹے اور کاپیس مرقش
۷۳۱	۱.۷.۸	فتلی مرقش

اساریہ

دیباچہ

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

یہ کتاب Ubuntu استعمال کرتے ہوئے XeLatex میں تکمیل دی گئی۔ یہ کتاب خط جیل نوی نسلیق 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 جسنوں نے اس کتاب کو مکمل کرنے میں میری مدد کی، بالخصوص کامیش میں میرے ساتھی ڈاکٹر عبدالحسن مجتہد جسنوں نے کتاب کی شکل نکھاری اور میرے شاگرد سید زین عباس، حافظہ مسیم اسلام، حسراحتان اور سخیہ شوکتے جسنوں 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
2014 نومبر

میری پہلی کتاب کا دیباچہ

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

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

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

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

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

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

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

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

حنالہ حنان یوسفزی
28 اکتوبر 2011

علامات

اس کتاب میں یہن الاقوای نظم اکائی SI استعمال کیا گیا ہے۔ یوں میز، کلوگرام اور سینکنڈ کے علاوہ دو لٹر، انکپسیٹ، اوہم اور دو لٹر کو جوں کا توں استعمال کیا جائے گا۔ بر قی دباء، بر قی 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 تھے۔

منبع یکے سمت بر قی دباء $V_{DD}, V_{CC}, V_{EE}, V_{BB}$

یکے سمت بر قی دباء اور بر قی رو (اشارہ موجود یا عدم موجود) V_{BE}, V_{CE}, I_D, I_C

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

بدلت اشارہ (او سط قیمت صفر) $v_d, v_{be}, i_d, i_c, i_e$

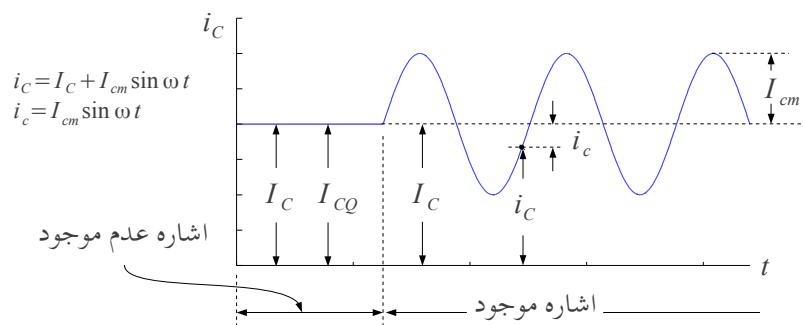
سائنس ابر قی رو کی موثر قیمت (rms) I_d, I_c, I_e, I_b

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

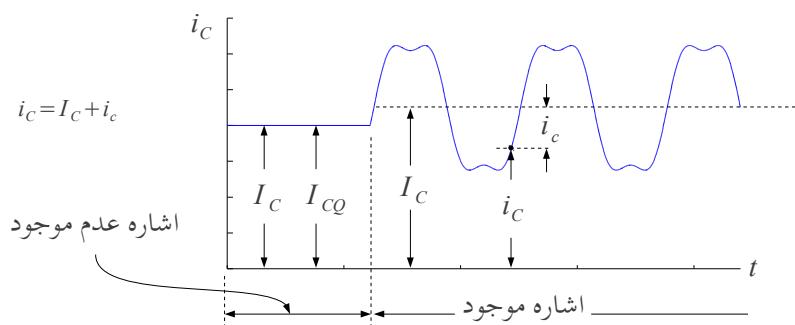
لحاظی بر قی دباء $v_D, v_{BE}, v_{CE}, v_{BC}$

لحاظی بر قی رو i_D, i_C, i_E, i_B

ان کی مزید وضاحت شکل ۲.۰ اور شکل ۱.۰ 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

حابی ایمپلیفائر

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

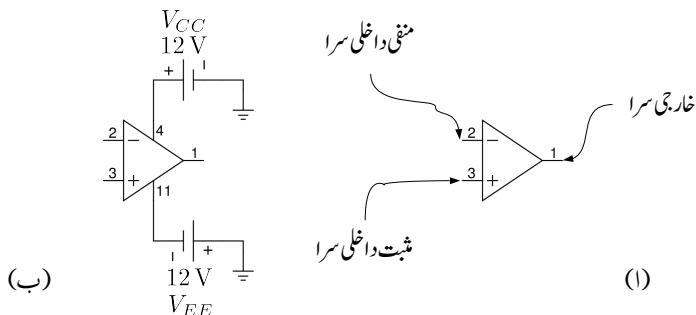
اس کتاب میں ایک ایک پر زہ جبات کی کارکردگی اور ان کے استعمال سے ایک ادوار بنانے پر غور کی جائے گا۔ پہلے باب میں حاملہ ایمپلیفائر^۳ پر غور کیا جائے گا۔ حابی ایمپلیفائر درحقیقت کئی ٹرانزسٹر پر مبنی ایک نہایت مقبول مخلوط دور ہے جس کا استعمال، بر قی پر زہ جبات مثلاً مزاحمت، کپیڑ و عنیہ کی طرح، نہایت آسان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

۱.۱ حابی ایمپلیفائر کے سرے یا پنی

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

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

ہائیڈروجن اور آکسیجن کے ملائپ سے پانی O₂ مختال ہے۔ اسی طرح سیکان اور آکسیجن کے ملائپ سے SiO₂ یعنی ریست یا مشی سنتی ہے^۴
operational amplifier (OPAMP)^۵
پنیں کو نمبر کرنے کا طریقہ جلد تلاجبا گا



شکل ۱.۱: حسابی ایمپلیفیائز کی علامت

جاء۔ شکل ۱.۱ ب میں چار نمبر سر اثبات بر قی طاقت کا سر اہے لہذا اس پر مثبت بر قی دباؤ مہیا کی گئی ہے جبکہ گیارہ نمبر سر اثبات کا سر اہے لہذا اس پر منفی بر قی دباؤ مہیا کی گئی ہے۔ حسابی ایمپلیفیائز ان مہیا کروہ بر قی دباؤ سے بر قی طاقت حاصل کرتا ہے۔ روایتی طور پر مثبت بر قی دباؤ کو V_{CC} اور منفی بر قی دباؤ کو V_{EE} پکارا جاتا ہے۔ یوں شکل میں $V_{CC} = 12\text{ V}$ اور $V_{EE} = -12\text{ V}$ ہیں۔ حسابی ایمپلیفیائز کو عموماً شکل ۱.۱ الف کی علامت سے ظاہر کرتے ہوئے طاقت پنیوں کو نہیں دکھایا جاتا۔

ثبت بر قی دباؤ اور منفی بر قی دباؤ عموماً منفی بر قی دباؤ سے مہیا کیا جاتا ہے۔ اس کتاب میں اس آد کو منفی بر قی دباؤ،

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

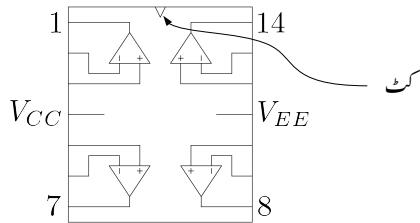
صنعت کار ایک یا ایک سے زیادہ تعداد میں حسابی ایمپلیفیائز پلاٹک کی ڈبیا میں بند کرتے ہیں۔ شکل ۱.۲ میں ایک ہی ڈبیا میں چار حسابی ایمپلیفیائز کھائے گئے ہیں۔ ڈبیا میں بند تمام حسابی ایمپلیفیائز کے V_{CC} پس میں جوڑ کر چار نمبر پنیا پر جبکہ تمام V_{EE} کو آپس میں جوڑ کر گیارہ نمبر پنیا پر پہنچایا گیا ہے۔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

۱.۲ حسابی ایمپلیفیائز کی بنیادی کارکردگی

حسابی ایمپلیفیائز کی بنیادی کارکردگی کچھ یوں ہے۔ اگر حسابی ایمپلیفیائز کے دو داخلی سروں کے مابین تفریق بر قی اشارہ v_d ^۹ مہیا کیا جائے تو یہ خارجی سرے پر v_d کو A_d کا گستاخ کر خارج کرے گا، یعنی خارجی اشارہ v_o اور داخلی اشارہ v_d کا تلقیق 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 ڈسیا

جہاں

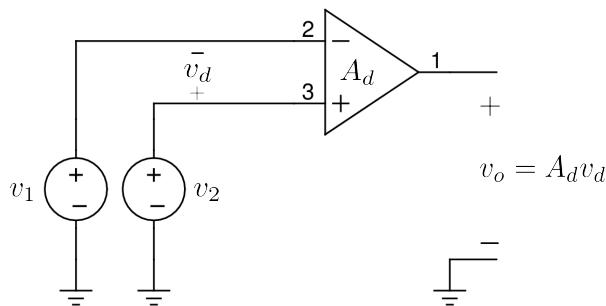
$$(1.2) \quad v_d = v_2 - v_1$$

کے برابر ہے۔ شکل ۱.۳ میں اس حقیقت کو دکھایا گیا ہے۔ A_d کو ایمپلیفائر کا ترقیت بر قہ دباؤ کو افزائش ۱۴ یا بر قہ دباؤ کو ترقیت افزائش کہتے ہیں۔ یوں حسابی ایمپلیفائر کو ترقیت ایمپلیفائر ۱۴ بھی کہتے ہیں۔ مساوات ۱.۱ میں آگرداختی اشارہ کو دگستانی کر دیا جائے تو حنابی اشارہ بھی دگستا ہو جائے گا۔ یوں حسابی ایمپلیفائر کی کارکردگی خلی ۱۴ انواعیت کی ہے۔ یہاں اس بات کا ذکر کرنا ضروری ہے کہ حسابی ایمپلیفائر کے حنابی اشارہ v_o کی قیمت کی صورت میں بر قہ دباؤ V_{CC} سے زیادہ یا منفی بر قہ دباؤ سے کم نہیں ہو سکتی۔ حقیقت میں v_o کی زیادہ سے زیادہ ممکنہ حد V_{CC} سے، ۱ تا ۳ تا ۱ کم ہوتا ہے۔ اسی طرح v_o کی کم سے کم ممکنہ حد سے، ۱ تا ۳ تا ۱ کم سے زیادہ ہوتا ہے۔ یعنی

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

اس مساوات میں Δ_+ اور Δ_- ایک سے تین دوں کو ظاہر کرتے ہیں۔ اس کتاب میں جس تکمیل کہا تے جائے ہم Δ_+ اور Δ_- کی قیمت صصر کریں گے۔ یوں v_o میں بر قہ دباؤ V_{CC} سے لے کر منفی بر قہ دباؤ V_{EE} تکمیل کی قیمت اختیار کر سکتا ہے۔ حصہ ۱.۲.۱ میں اس عمل پر تذکرہ کیا جائے گا۔ اگر حسابی ایمپلیفائر کو مہیا ترقیت اشارہ v_d کی قیمت اتنی ہو کہ مساوات ۱.۱ سے حاصل v_o کی قیمت مساوات ۱.۳ میں دیے ہوئے تعبیز کرے 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 تعبیز کرے اندھری رہے گی۔ اس صورت میں مثبت جناب بڑھتے ہوئے v_o کی قیمت $(V_{CC} - \Delta_+)$ تکمیل کر کر جائے گی یا پھر متغیر جناب بڑھنے کے باوجود کوئی اثر نہیں ہوتا۔ اس صورت میں حسابی ایمپلیفائر کی کارکردگی غصیر خلی ہوگی اور اس کو حسابی ایمپلیفائر کا لمبڑا ۱۴ ہونا کہتے ہیں۔

differential voltage gain^{۱*}
difference amplifier^{۱†}
linear relation^{۱‡}
saturation^{۱§}



شکل ۳.۱: حسابی ایکلیپسیناٹر کی کارکردگی

مثال ۱.۱: ایک حسابی ایکلیپسیناٹر جس کی ترقیٰ افزائش بر قبیل دباؤ A_d کی قیمت $100\,000 \text{ V V}^{-1}$ ہے کو اس کے داخلی سروں پر مندرجہ ذیل بر قبیل دباؤ مہیا کے حبائے ہیں۔

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

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

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

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

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

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

v_0 ہونے کی صورت میں حسابی ایکلیپسیناٹر کی دریافت کریں۔

حل: جب تک v_0 مساوات ۱.۳ میں دیے گئے اندروں کے اندر رہے، حسابی ایکلیپسیناٹر داخلی بر قبیل دباؤ کو ایک مرتبتہ بڑھا کر حنارج کرے گا۔ یوں

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

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

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

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

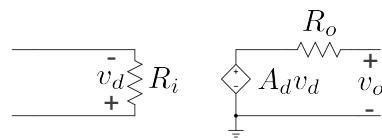
چوتھے صورت میں v_0 کی قیمت مساوات ۱ میں دیے گئے تباہ اور کرنے کے ناممکن صورت حال ہے۔ لہذا اس جواب کو رد کیا جاتا ہے۔ اس صورت میں حسابی ایکلینیکر کی کوشش ہو گی کہ v_0 کی قیمت یہیں وولٹ ہو لیکن حسابی ایکلینیکر ایس کے علاوہ کوئی اشارے کی قیمت V_{CC} کی قیمت سے زیادہ نہیں ہو سکتی۔ لہذا $\Delta_- = \Delta_+ = 0$ لیتے ہوئے اس صورت میں v_0 زیادہ ممکن بر قی دباؤ کے باہر ہو گائیں $+12V = v_0$ ہو گا۔ حقیقت میں v_0 کی زیادہ سے زیادہ ممکنہ قیمت V_{CC} سے ایک یادووولٹ کم ہوتی ہے۔ حسابی ایکلینیکر بنانے والے یہ معلومات فراہم کرتے ہیں۔

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

یہاں v_0 کی قیمت مساوات ۱ میں دیے گئے تباہ اور کرنے کے 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 داخنی سروں پر ابر بر قی دباؤ مہیا کرنے سے حسابی ایکلینیکر صفر وولٹ حنارج کرتا ہے۔



شکل ۱.۳: حسابی ایمپلیفائز کامساوی دور (ریاضی نمونہ)

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 $v_o = \frac{2.05 + 2.03}{2} = 2.04 \text{ V}$ بطور مشترکہ برقی دباؤ منسراہم کے گئے جبکہ اسے $v_o = 2.05 - 2.03 = 0.02 \text{ V}$ بطور تفریقی برقی دباؤ مہیا کئے گے۔

اس مثال میں آپ نے دیکھا کہ چند مائیکرو ولٹ^{۱۷} برقی دباؤ کو حسابی ایمپلیفائز بڑھا کر ۷۰ mV کی حد میں لے آتا ہے۔ یہاں آپ کی دلچسپی کی حوصلہ استعمال کرتے ہوئے آپ اعصابی نظام کے کارکردگی پر تحقیق کر سکتے ہیں۔
بھگاً برقی دباؤ پر کام کرتا ہے۔ یوں حسابی ایمپلیفائز استعمال کرتے ہوئے آپ اعصابی نظام کے کارکردگی پر تحقیق کر سکتے ہیں۔
اس مثال کے پہلے دھھوں میں آپ نے دیکھا کہ اگر داخنی برقی دباؤ کو حسابی ایمپلیفائز کے تبیث دالنے سے^{۱۸} پر مہیا کیا جائے تو اس سے حاصل خارجی برقی دباؤ کی علامت تبدیل نہیں ہوتی۔ یعنی اگر تبیث برقی دباؤ مہیا کی جائے تو تبیث برقی دباؤ خارج کی جاتی ہے۔ اس کے برعکس اگر برقی دباؤ کو حسابی ایمپلیفائز کے منفی دالنے سے^{۱۹} پر مہیا کی جائے تو منفی برقی دباؤ خارج کی جاتی ہے۔

۱.۳ حسابی ایمپلیفائز کامساوی دور یا ریاضی نمونہ

حسابی ایمپلیفائز کامساوی دور شکل ۱.۳ میں دکھایا گیا ہے۔ جیسا کہ شکل سے واضح ہے، داخنی جانب سے حسابی ایمپلیفائز بالکل ایک مزاحمت R_i کی طرح معلوم ہوتا ہے جبکہ خارجی جانب یہ تاٹھ منبع دباؤ^{۲۰} جس کے ساتھ سلسلہ وار مزاحمت R_o حصہ ہو معلوم ہوتا ہے۔ تابع منبع دباؤ، داخنی جانب مہیا اشارہ v_d کے تابع ہے۔

common mode voltage ^{۱۱}
differential mode voltage ^{۱۲}
μV ^{۱۳}
non-inverting input ^{۱۴}
inverting input ^{۱۵}
اس شکل میں تفسیری برقی دباؤ کا ثابت سرخپلی جانب ہے۔
depended voltage source ^{۱۶}

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 ۱.۳ 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 ۱.۳ پر غور کرتے ہیں۔

جدول ۱.۳: عام دستیاب حسابی ایکلینیکر کے ریاضی نمونے کی مقدارہ مقداریں

$10^{12} \Omega$	R_i
100Ω	R_o
$100\,000 \text{ V V}^{-1}$	A_d

۱.۳.۱ داخلي سروں پر برابر برقی دباور ہتا ہے

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

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

رکھتے ہوئے حسابی ایکلینیکر خطي خطے میں رہتا ہے۔ $V = 120 \mu\text{V}$ اتنی کم برقی دباو 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 جاسکتا 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 دباو ہو گا۔

اوپر مثال کو دوبارہ دیکھتے ہوئے پہلی دو صورتوں میں $v_1 \approx 2 \text{ V}$ ہے جبکہ تیسرا صورت میں $v_2 \approx 2 \text{ V}$ 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 اور 20 mV کا فرق ہے جسے نظر انداز نہیں کیا جاسکتا۔

^{۱۱} عام دستیاب ایکلینیکر کی قیمت بازار میں مندرجہ ذیل ہے اسی دلیل سے اس کی دو روپیوں کے لگے بھگے ہے

۱.۳.۲ داخنی سروں پر بر قی رو صفر ہوتی ہے

آپ نے دیکھا کہ حسابی ایکلینیکا کو خطی احاطے میں استعمال کرتے ہوئے $V_{d} < 120 \mu\text{V}$ رہتا ہے۔ اگر $R_i = 10^{12} \Omega$ ہو تو شکل ۱.۲ کو دیکھتے ہوئے مزاحمت R_i میں بر قی رو ن کی قیمت

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

ہو گی جو کہ متال نظر انداز قیمت ہے۔ یوں ہم کہہ سکتے ہیں کہ حسابی ایکلینیکا کے داخنی سروں پر بر قی رو کی قیمت صفر ہمپسیٹ ہو گی یا یہ کہ ان سروں کو مکمل طور منقطع تصور کیا جاسکتا ہے۔ یوں

$$(1.4) \quad i \approx 0 \text{ A}$$

تصور کیا جاتا ہے۔

۱.۳.۳ داخنی مزاحمت کو لامدد و تصور کیا جاتا ہے

جیسا کہ جدول میں ذکر ہوا حسابی ایکلینیکا 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 امنزائش کو لامدد و تصور کیا جاتا ہے

جدول ۱.۱ میں تفرقی امنزائش بر قی دباؤ کی مثال $A_d = 100000 \text{ V V}^{-1}$ دی گئی ہے جسے لامدد و تصور کیا جا سکتا ہے لیکن

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

اس مسأوات کو دیکھتے یہ خیال آتا ہے کہ لامدد و امنزائش کی صورت میں اسے استعمال کیسے کیا جائے گا۔ درحقیقت حسابی ایکلینیکا کو عسموماً وابی اشارہ ۲۳ 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 ایکلینیکا کے خارجی حباب حجزے بیرونی مزاحمت کی قیمتیں کلواہم kA کے حدود میں ہو گی جو کہ R_0 کی قیمت سے کئی گناہ زیادہ ہے۔ یوں حسابی ایکلینیکا پر مبنی ادوار حل



شکل ۱.۵: کامل حسابی ایمپلیفائز کامساوی دور یاریاضی نمون

کرتے وقت اگر R_o 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

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

۱.۴ کامل حسابی ایمپلیفائز

خطی خط میں استعمال ہوتے ہوئے حسابی ایمپلیفائز کی کارکردگی پر غور کرتے ہوئے کچھ حقائق سامنے آئے جنہیں مساوات ۱.۱، ۱.۲، ۱.۳ اور ۱.۴ میں بیان کیا گی۔ ان مساوات کو یہاں یکجا کر کے پیش کرتے ہیں۔

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

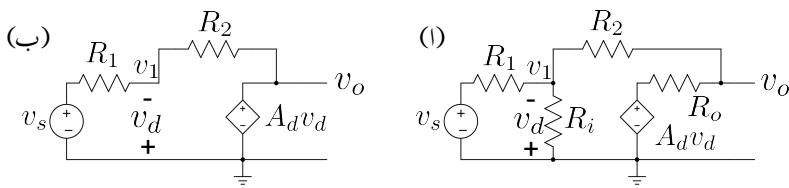
ایسا کرتے وقت \approx اور \rightarrow کے علامات کی گاہ = کی علامت استعمال کی گئی ہے۔ ان مساوات کے پہلے حصہ میں خطی خط لکھ کر اس بات کی یاد ہانی کرنی جاتی ہے کہ داخلی سرے صرف اس صورت برابر برقی دباؤ پر رہتے ہیں جب تک ایمپلیفائز خطی خط میں رہے۔ اس بات کی وضاحت مثال ۱.۵ میں ہو گی۔ ان مساوات کو مد نظر رکھتے ہوئے ہم شکل ۱.۳ کو دوبارہ بناتے ہیں۔ ایسا کرنے سے شکل ۱.۵ حاصل ہوتا ہے جو کہ کامل حسابی ایمپلیفائز کا مساوی دور یاریاضی نمونہ ہے۔ اس شکل کے واضح ہے کہ داخلی سرول پر برقی رصد فر ایمپلیفائز ہے، داخلی مزاحمت لامحمد و جبکہ خارجی مزاحمت صفر ہے۔

۱.۵ مثال:

- جدول ۱.۱ میں دیے متدار اور حسابی ایمپلیفائز کا غیر کامل مساوی دور (ریاضی نمون) استعمال کرتے ہوئے

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

باب ا. حسابی ایکلپینیٹر



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

- حسابی ایکلپینیٹر 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 ایکلپینیٹر کا غیر مسل مساوی دور جبکہ شکل ۶.۱-ب میں اس کا مسل مساوی دور استعمال کرتے ہوئے شکل ۶.۱-ب کو بنایا گیا ہے۔

- شکل-الف میں کرخونے کے و تابن برائے برقرار روا 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 $v_1 = -v_d$ لکھ کر حل کر دیں۔

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

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

$\frac{v_d}{10^{12}}$ 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 ۱.۶ ب پر کرنو ف 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 $v_s = 1 \text{ V}$

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

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

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

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

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

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

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

باب ا. حسابی ایکلپلیفار

جب بھی حسابی ایکلپلیفار کے ساتھ بیرونی جبڑے مزاجمت کی قیمت R_i سے بہت کم اور R_0 سے بہت زیادہ ہو، ایسی صورت میں غیر کامن اور کامن مساوی ادوار دونوں کے استعمال سے یکساں جوابات حاصل ہوتے ہیں۔ چونکہ کامن دور استعمال کرتے ہوئے جواب زیادہ آسانی سے حاصل ہوتا ہے لہذا ایسی صورت میں کامن مساوی دور (ریاضی نمونے) 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 ایکلپلیفار کے استعمال میں بیرونی مزاجمتوں کی قیمتیں تعین کرتے وقت اس بات کو یقینی بنایا جاتا ہے کہ یہ مساوات ۱.۳ پورا اتریں۔ آئیں اب ایسے ادوار دیکھیں جو مساوات ۱.۳ پورا اترتے ہوں۔

مثال ۱.۳: شکل ۱.۷ میں حسابی ایکلپلیفار کا کامن مساوی دور (ریاضی نمونے) استعمال کرتے ہوئے داخلی مزاجمت کی مساوات حاصل کریں۔

حل: شکل ۱.۷ میں کامن دور استعمال کرتے ہوئے اسی کو دوبارہ دکھایا گیا ہے۔ منی داخلی سرے پر کرخونے کے متalon برائے برقی رو استعمال کرتے ہوئے اس میں $v_0 = -A_d v_1$ یعنی $v_0 = -v_1$ ڈالتے ہیں۔

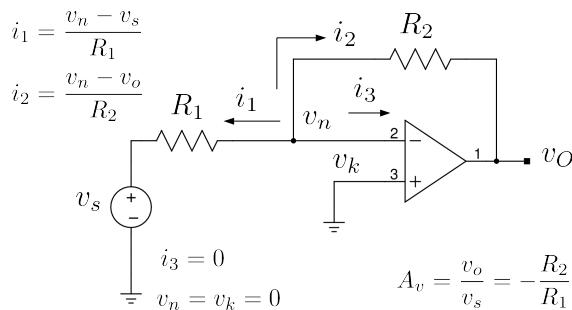
$$\begin{aligned} \frac{v_1 - v_s}{R_1} + \frac{v_1 - v_0}{R_2} &= 0 \\ \frac{v_1 - v_s}{R_1} + \frac{v_1 + A_d v_1}{R_2} &= 0 \\ v_1 = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1 + A_d}{R_2} \right) v_s &= \frac{v_s}{R_1} \\ v_1 = \frac{v_s}{R_1} \left(\frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1 + A_d}{R_2}} \right) & \end{aligned}$$

اس نتیجہ کو استعمال کرتے ہوئے v_1 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 مزاجمت 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 **اوپر اپنی اشارے کیتے ہیں**۔ اس بات کی وضاحت جلد ہو گی۔

۱.۵.۱ منفی ایمپلیفائز

شکل ۱.۷ میں دھمکے دور کو مثال بنتے ہوئے ہم حسابی ایمپلیفائز پر مبنی ادوار حل کرنا سکتے ہیں۔ شکل میں حسابی ایمپلیفائز کے داخلی سروں پر برقی دباؤ کو v_n اور v_k جبکہ حسارجی سرے پر برقی دباؤ کو v_o کہا گیا ہے۔ اس کتاب میں یہی علامتیں استعمال کی جائیں گی۔ اس دور کو **منفی ایمپلیفائز** کہتے ہیں۔

ایسے ادوار حل کرنے کی حرفاً ہم حسابی ایمپلیفائز کے داخلی سروں پر کھوف کے قوانین^{۲۸} کا سہارا لیتے ہیں۔ قوڑ^{۲۹} v_n سے تین شاخیں نکلتی ہیں۔ شکل میں ان شاخوں میں برقی دباؤ کو i_1 ، i_2 اور i_3 کہا گیا ہے۔ کھوف کا دنون برائے برقی رود مکہتا ہے کہ کسی بھی جوڑ پر اندر کی جانب کل برقی رود اس جوڑ پر باہر کی جانب کل برقی رود کے برابر ہو گی۔ چونکہ ہم نے جوڑ پر تسام برقی رود کو باہر کی جانب لکھتے تصور 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 رود کی 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 ہم i_1 اور i_2 حاصل کرتے ہیں۔

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

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

مساوات ۱.۱۶ اور ۱.۱۷ کو مساوات ۱.۱۵ 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 کافی نون برائے برقی رو استعمال کرتے ہم نے مساوات ۱.۱۸ حاصل کی۔ اگر جوڑ v_k پر بھی برقی ارکان مشاہ مزا جستیں 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 سکتے ہیں

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

حالی ایمپلیفائز کے دونوں داخنی برقی سروں والے جوڑوں کے لئے یوں مساواتیں حاصل کرنے کے بعد ہم مساوات ۱.۱۹ کی پہلی شق استعمال کرتے ہیں۔ مساوات ۱.۱۹ سے v_k کی قیمت کو مساوات ۱.۱۸ میں v_n میں استعمال کرتے حل کرتے ہیں۔

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

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

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

اس مساوات کو عسمومائیں لکھا جاتا ہے۔

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

یہ مساوات شکل ۱.۷ میں دیے گئے منظر ایمپلیفائز کے خارجی اشارہ v_o اور مہیا کردہ داخنی اشارہ v_s کا تعلق بیان کرتا ہے۔ اس مساوات میں v_o اور v_s کے کسر کو منی ایمپلیفائز کے برقی دباؤ کی افزائش^{۲۴} A_v کہا گی

ground^r
voltage gain^r

ہے۔ اس اصطلاح کو عموماً چھوٹا کر کے منفی افراٹھ یا صرف افراٹھ 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 ۱.۷: شکل ۱.۷ میں دکھلائے منفی ایکلینیکر میں $R_2 = 10\text{ k}\Omega$ اور $R_1 = 1\text{ k}\Omega$ تصور کریں۔ اس منفی ایکلینیکر 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 $V_{EE} = 15\text{ V}$ اور $V_{CC} = 15\text{ V}$ 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 ۱.۳ میں دیے ہوئے حدود کے اندر رہتا ہے، اس وقت تک مساوات ۱.۲۱ منفی ایکلینیکر کی حنارجی اشارہ v_o حاصل کرنے کے لئے استعمال ہو گائیں

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

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

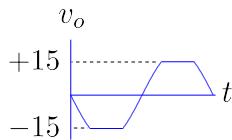
$$v_o = -10 \times 0.31 = -3.1\text{ V} \quad .2$$

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

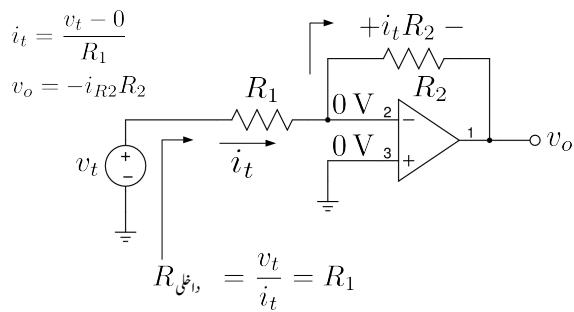
$$v_o = -10 \times 0.1 \sin(t) = -\sin(t) \quad .4$$

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

اس مثال کی پہلی چار صورتوں میں مساوات ۱.۲۱ سے حجج جواب حاصل ہوتا ہے۔ آخری صورت میں چونکہ حاصل v_o کی قیمت حبابی ایکلینیکر کے خلی حدد سے تجاوز کرنی ہے لہذا اس جواب کو درکیا 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 ہوئے حدود کے اندر رہے اے حجج تصور کیا جاتا ہے۔ جب اس v_o کی قیمت V_{CC} سے باندھ ہونے کی کوشش کرے دہاں $V_{CC} = v_o$ لیا جاتا ہے۔ اسی طرح جہاں v_o کی قیمت V_{EE} سے تجاوز کرے دہاں



شکل ۸: حاصلی ایمپلیکیٹ کے لبریز ہونے سے حنارجی اشارہ تراشاحباتا ہے



شکل ۹: منفی حابی ایمپلیگاتر کی داخنی مزاحمت

$V_{EE} = v_0$ اس بات کی وجہ سے شکل ۸.۱ میں لکھی گئی ہے۔ اس شکل کی مدد سے آپ دیکھ سکتے ہیں کہ حسابی ایپلیفیاٹ V_{EE} تا V_{CC} کے حدود میں خطی ردد عمل رکھتا ہے جبکہ ان حدود کے باہر یہ غیر خطی ردد عمل رکھتا ہے جس سے خارجی اشارہ تراشناک ہوتا ہے۔

اس مثال میں آپ نے دیکھا کہ v_8 کے ثابت ہونے کی صورت میں v_0 کی قیمت منفی ہوتی ہے جبکہ v_8 کے منفی ہونے کی صورت میں v_0 کی قیمت مثبت ہوتی ہے لیکن منفی ایمپلیفائر مہیا کر دا خلل اشارے v_8 کی قیمت کو انکارتا ہے۔ اسی لئے اسے منفی ایمپلیفائر^{۳۰} کہا جاتا ہے۔

اسی مشال میں آپ نے دیکھ کر v_0 کی قیمت v_s کے مقابلے کس 10 - گناہے یعنی سے دور مہیا کر دہ اشارہ کے جیط کو بڑھ کر حتارج کرتا ہے۔ اس مشال میں مقابی ایک پلیٹائز کی بر قی دباؤ کی افزاں کی قیمت 10 - ہے۔ مقابی ایک پلیٹائز کی افزاں میا اس 21.1 سے حاصل ہوتی ہے۔

مثال ۱.۵: مثال ۱.۲ کے پہلے اجزاء میں ایکلیفائز خلیٰ نسل میں رہتا ہے جبکہ آخری حصہ میں پہ

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

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

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

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

حاصل ہوتا ہے لہذا پہلی صورت میں $v_n = 0 \text{ V}$ جبکہ دوسری صورت میں $v_n = 0.45 \text{ V}$ ہوں گے۔ دونوں صورتوں میں مشتبہ داخلی سر برقی 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۔

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

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

منی حسابی ایکلیپسیفار کا داخلی مزاحمت، R حاصل کرنے کی حراطر شکل ۱.۹ سے رجوع کریں۔ داخلی مزاحمت حاصل کرنے کی حراطر دور پر v_t لاگو کرتے ہوئے i_t ناپاہ جاتا ہے۔ ان دو متداروں 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 $0 = v_k$ ہو گا اور یوں v_t بھی صفر دو لٹ پر ہو گا۔ اس طرح $R_{\text{داخلی}} = \frac{v_t}{i_t}$ کا دلیان سر اصفرا دو لٹ پر ہے جبکہ اس کے باہمی سرے پر v_t لاگو کیا گیا ہے لہذا $\frac{v_t}{R_1} = i_t$ 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 گزرنی برقی رو i_t جوڑ v_n پر صرف R_2 کے جبا نہیں جاتی۔ یوں R_2 میں بھی i_t برقی رو پائی جائے گی جس سے اس مزاحمت کے دو سروں کے درمیان $i_t R_2$ برقی داوب پیدا ہو گا۔ چونکہ R_2 کا دلیان سر اصفرا دو لٹ پر ہے لہذا اس کا دلیان سر ایمنی جوڑ v_0 پر برقی داوب پائی جائے گا۔ اس طرح

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

ہو گا جس سے منفی حسابی ایکلیپسائز کی جانی بھپنی مساوات

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

حاصل ہوتی ہے۔

منفی حسابی ایکلیپسائز کی امنڑا اش برقرار رکھتے ہوئے اس کے داخلی مزاحمت کو بڑھانے کی حنا طر 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 پشاہی ممکن ہے۔

مثال ۲: شکل ۱۔۰ میں دکھئے دور کی امنڑا اش حاصل کریں۔
حل: $v_k = 0$ کی وجہ سے $v_n = 0$ ہے لہذا $i_1 = \frac{v_s}{R_1}$ جوڑ v_n پر R_2 کے جانب مٹ جائے گی۔ یہاں $i_2 = i_1 R_2$ ہو گا جس سے یعنی $v_1 = -i_1 R_2$

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

اور

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

$$\text{اوں کے } i_4 = i_2 + i_3.$$

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

ہو گا جو مزاحمت R_4 میں سے گزرتے ہوئے اس پر $i_4 R_4$ برقرار دا پریدا کرے گا۔ یہاں

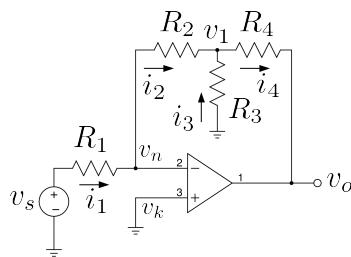
$$v_1 - v_o = i_4 R_4 = \left(1 + \frac{R_2}{R_3}\right) \frac{R_4 v_s}{R_1}$$

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 حنا طریقہ R_1 کی قیمت بڑھائی جائے تو انسناش برفتدار رکھنے کی حنا طریقہ ضروری نہیں کہ R_2 کی قیمت بھی بڑھائی جائے۔ ہم R_3 اور R_4 کے قیمتیں ایسی رکھ سکتے ہیں کہ درکار انسناش حاصل کی جائے۔ یہ بات خصوصی طور پر غور طلب ہے کہ R_3 کے قیمت کو کم کرتے ہوئے انسناش بڑھائی جا سکتی ہے لہذا R_1 کی قیمت زیادہ سے زیادہ ہوئے داخنی مزاحمت بڑھائی جا سکتی ہے۔

مثال ۱.۰: شکل ۱.۰ میں داخنی مزاحمت $\Omega = 300 \text{ k}\Omega$ جبکہ $A_v = -100 \text{ V V}^{-1}$ درکار ہے۔ تمام مزاحمت حاصل کریں۔

حل: داخنی مزاحمت کی شرط کی وجہ سے $R_1 = 300 \text{ k}\Omega$ اور R_4 کو بھی $300 \text{ k}\Omega$ ہی رکھتے ہوئے R_3 کی قیمت مساوات ۳۰۶۱ Ω میں ۲۶۱ Ω حاصل ہوتی ہے۔

مزاحمت کو اس کے قیمت سے پکارا جاتا ہے۔ یہ $1 \text{ k}\Omega$ 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 $0.95 \text{ k}\Omega$ تا $1.05 \text{ k}\Omega$ ممکن ہے۔ $1 \text{ k}\Omega$ کا مزاحمت کی پکاری گھنی قیمت 5% جبکہ 5% کو قیمت میں غلطی 3% ہے جاتا ہے۔

مزاحمت R کی قیمت 5% بہت سے $R = \frac{5}{100} + 1 (1 + 0.05)$ ہو جائے گی۔ اسی طرح R کی قیمت

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

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

مثال ۱.۸: منفی حامل ایک پلینیاٹر میں $R_1 = 1\text{k}\Omega$ جبکہ $R_2 = 47\text{k}\Omega$ رکھا گیا۔ دونوں مزاج متون کے قیمت میں $\pm 5\%$ غلطی لی گئی ہے۔ اس ایک پلینیاٹر کے مکمل افزاش کے حد و حاصل کریں۔
حل: منفی حامل ایک پلینیاٹر کی 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 5% کم یعنی $(1 - \epsilon)R_2$ کی حقیقی قیمت 5% زیادہ یعنی $(1 + \epsilon)R_2$ ہو جائے ϵ کے برابر ہے۔ اسی طرح افزاش کی زیادہ قیمت اس وقت حاصل ہو گی جب R_2 کی حقیقی قیمت 5% زیادہ جبکہ R_1 کی حقیقی قیمت 5% کم ہو۔ یوں

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

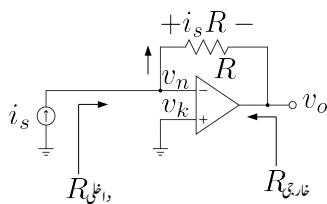
$$A_{\text{بند}} = -\frac{1 + \epsilon}{1 - \epsilon} \left(\frac{R_2}{R_1} \right) = -\frac{1.05}{0.95} \left(\frac{47000}{1000} \right) = -51.947$$

اس مثال میں آپ نے دیکھا کہ مزاج متون کے قیمت میں غلطی کے گناہ کی وجہ سے افزاش کی قیمت درکاری قیمت سے اخراج کر سکتی ہے۔ موجودہ مثال میں ایک پلینیاٹر کے افزاش کی پکاری گئی قیمت -47VV^{-1} ہے جبکہ حقیقت میں یہ -42.524VV^{-1} یا -51.947VV^{-1} کے درمیان کہیں پر بھی ہو سکتی ہے۔ یوں 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 ۱.۱ میں دکھائے دور کا داخنی مزاج مت، حرارتی مزاج مت اور مزاج مت نما افراؤٹر^{۲۴} میں $R_m = \frac{v_o}{i_s}$ حاصل کریں۔ اس دور کو استعمال کرتے ہوئے بر قی رو اشارے i_s سے بر قی دباؤ کا اشارہ v_o حاصل کی جاتا ہے۔
حل: جوڑ v_k بر قی زمین کے ساتھ جبڑا ہے لہذا $v_k = 0$ اور یوں $v_n = v_o$ ہو گا۔ داخنی حباب ب بر قی رو i_s جبکہ بر قی دباؤ v_o ہے لہذا

$$R_m = \frac{v_o}{i_s} = \frac{0}{i_s} = 0\Omega$$



شکل ۱.۱: حسابی مزاحمت نہ ایکلینیکر

حاصل ہوتا ہے۔

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

$$R = 0 \Omega \text{ حشارجی}$$

حاصل ہوتا ہے۔

آئیں اب مزاحمت نہ افسزاش R_m حاصل کریں۔ جیسے شکل میں دکھایا گیا ہے، جوڑ v_n پر آمد برقی رو i_n صرف مزاحمت R کی جانب حسا سکتی ہے۔ یوں اس مزاحمت پر $i_n R$ برقی دباؤ پیدا ہو گا۔ مزاحمت کا بیان سر ابرقی زمین پر ہے لہذا

$$v_o = -i_s R$$

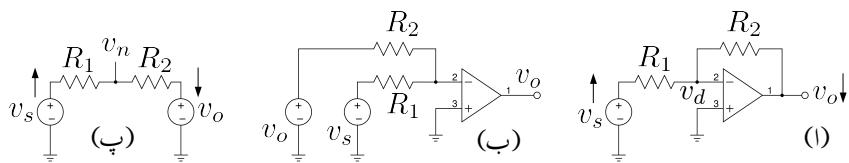
$$R_m = \frac{v_o}{i_s} = -R$$

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 حشارجی اشارہ A_d کو بھی بطور داخنی اشارہ استعمال کیا جا رہا ہے۔

ایسے ادوار جن میں حشارجی اشارہ کو بطور داخنی اشارہ استعمال کیا گیا ہو کو والپھر ادوار کتے ہیں اور جن حشارجی 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 تفسیق افسزاش برقی 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 ۱۲.۱: ایمپلیکیٹر مبنی حسابی

حسابی مبنی ایمپلیکیٹر پر دو بارہ خور کریں۔ داخنی اشارہ v_s کو منفی داخنی سرے پر مہیا کیا گیا ہے۔ جیسا شکل میں تیر کے نشانوں سے دکھایا گیا ہے کہ اگر داخنی اشارہ v_s کو مشتبہ جناب (ا) لے جایا جائے تو حنارتی اشارہ v_o منفی جناب (د) حاصل کرتا ہے۔ اسی طرح اگر داخنی اشارہ v_s کو منفی جناب (د) لے جایا جائے تو حنارتی اشارہ v_o مشتبہ جناب حاصل کرتا ہے۔ منفی داخنی سرے پر کروٹ کے فتوں برائے بر قی 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 ایمپلیکیٹر v_o کو یوں رکھتا ہے کہ $v_k = v_n$ یعنی $v_d = 0$ حاصل ہو۔ چونکہ منفی حسابی ایمپلیکیٹر میں $v_k = 0$ ہے لہذا حسابی ایمپلیکیٹر v_o کو یوں رکھے گا کہ $v_n = 0$ حاصل ہو۔ شکل ۱۲.۱ پر میں v_n کی مساوات حاصل کرتے ہوئے اس مساوات پر $v_n = 0$ کی شرط لاؤ کریں۔ ایسا کرنے سے مساوات ۱.۲۷ یہی حاصل ہوتے ہیں۔

مثال ۱.۰۱: حسابی ایمپلیکیٹر میں $R_2 = 5\text{k}\Omega$, $R_1 = 1\text{k}\Omega$, $v_s = 1\text{V}$, $v_s = 1.5\text{V}$, $v_s = 2\text{V}$ اور $v_o = v_o$ پر حاصل کریں۔ تینوں جوابات کو استعمال کرتے ہوئے شکل ۱۲.۱ 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 بر قی دباؤ کے جوڑے کو استعمال کرتے ہوئے شکل ۱۲.۱ پر میں v_n

حاصل کریں۔ کہ خوف کے قانون برائے برقی روئے

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

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

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 سرکت کرتا ہے جس جناب $v_k - v_n$ یعنی v_d کی قیمت صفر حاصل ہو۔ وہ واپسی دور جس کا حنارجی 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۔

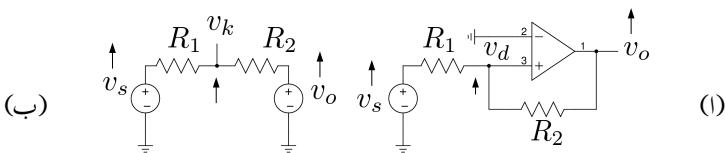
شکل ۱.۳ میں شبکے واپسی دور کی مثال دکھائی گئی ہے۔ یہاں v_s حسابی ایکلیپسیفار کے ثبت داخلی سرے پر مہیا کیا گیا ہے۔ یوں v_s بڑھانے سے v_d بڑھے گا اور یوں v_0 بھی شبکے جناب بڑھے گا۔ جیسے شکل الف میں دکھایا گیا ہے کہ v_s اور v_0 دونوں بڑھنے سے v_k صرف بڑھتی سکتا ہے۔ اگر v_0 کو بطور واپسی اشارہ داخلی سرے پر بھیا نہ کیا جاتا تب بھی v_s بڑھانے سے v_k اور v_d بڑھتے لیکن v_0 کا بطور واپسی اشارہ استعمال کرنے کی وجہ سے v_k اور v_d مزید زیادہ بڑھتے ہیں۔ ایسے ادوار جن میں واپسی اشارہ اور داخلی اشارہ ایک ہی جناب سرکت کریں کو شبکے واپسی ادوار ۱۳ کہتے ہیں۔ شبکے واپسی ادوار کا حنارجی اشارہ عموماً انکل مشتمل یا مکمل منفی جناب غیر خطی خلطے میں رہتے ہیں اس اسے ان لمحات کے جب یہ منفی سے مشتمل یا مشتمل منفی جناب سرکت کر رہا ہو۔ آئیں شکل ۱.۳ کو مثال بنتا ہوئے شبکے واپسی ادوار حل کرنا دیکھتے ہیں۔ تصور کریں کہ $v_s = 0$ اور $v_0 = 0$ صفر ہیں۔ یوں

شکل الف میں

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

حاصل ہوتا ہے۔ یوں $v_n - v_k = v_d$ بھی صفر ہے گا۔ جیسا کہ ہم اب دیکھیں گے کہ اس حال میں شبکے واپسی دور نہیں ہے۔ تصور کریں کہ کسی وجہ سے $v_s = \Delta v$ کی قیمت بڑھ کر v_s 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 $v_o = 0$ 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 گن بڑھانا چاہے گا۔ آئیں v_o کے بڑھنے کے عمل کو دیکھیں۔ تصور کریں کہ حنا رجی اشارہ بڑھتے بڑھتے ہے۔ اس طرح

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

ہو جائے گا جیسا کہ آپ دیکھ سکتے ہیں v_d کی قیمت پہلے بڑھ گئی ہے۔ یوں v_o مزید بڑھتے گا جس سے v_d مزید بڑھے گا۔ آئندہ کار v_o ثابت منع پر رکھ جائیں گے اسی وقت $v_o = V_{CC}$ 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_o 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 واپس آئے) حرکت کرے۔

مثال ۱۳.۱: میں شکل ۱۳.

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

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

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

ہوگا۔ v_o اس لمحے منفی جناب سرکت کرے گا جب v_d کی قیمت منفی ہو جائے۔ آئینے 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 بیٹ جناب سرکت کرے گا جب

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

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

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

شکل ۱.۳ میں دو منفی حسابی ایمپلیفائز سالہہ وار جوڑتے ہوئے زنجیری ایمپلیفائز حاصل کیا گیا ہے۔ زنجیر کے پہلی کڑی کا داخنی اشارہ v_{s1} جبکہ اس کا حنارتی اشارہ v_{o1} اور اس کی امنڑاٹش $A_{v1} = -\frac{R_2}{R_1}$ ہے۔ زنجیر کے دوسری کڑی کا داخنی اشارہ v_{s2} جبکہ اس کا حنارتی اشارہ v_{o2} اور اس کی امنڑاٹش $A_{v2} = -\frac{R_4}{R_3}$ 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۔

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

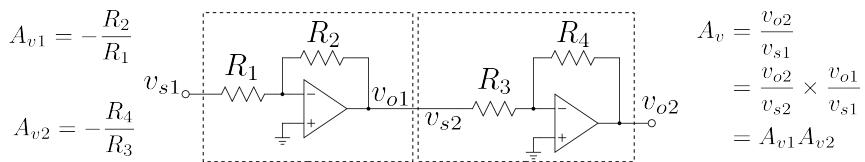
اور

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

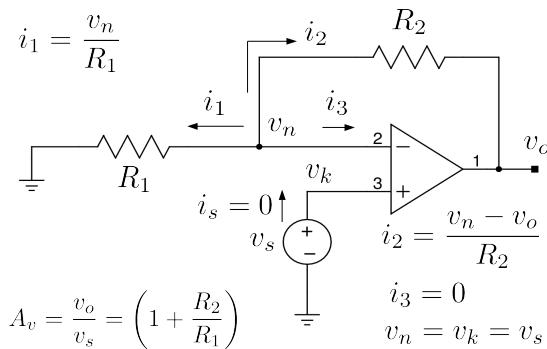
$$= A_{v2}v_{o1}$$

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 ۱.۱۴: مثبت ایمپلیفیائر

کہا ج سکتا ہے۔ زنجیری ایمپلیفیائر کا دھنی اشارہ v_{s1} جبکہ اس کا حنارجی اشارہ v_{o2} ہے۔ یوں زنجیری ایمپلیفیائر کی افزائش $A_v = \frac{v_{o2}}{v_{s1}}$ کو مندرجہ بالامساوات سے پوسٹ میں حاصل کر سکتے ہیں۔

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

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

۱.۵.۲ مثبت ایمپلیفیائر

شکل ۱.۱۵ میں ایک اور وہی دور دکھایا گیا ہے جسے مثبت ایمپلیفیائز ۲۲ کہتے ہیں۔ آئیں اس دور کو کخوف 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 وفات نوں 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 لگائے ہیں

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

کر خوف کے وفات نوں برابر 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 ۱.۱ کی پہلی شق کے مطابق v_k اور v_n کی قیمتیں برابر ہیں۔ یوں مساوات ۱.۳۲ میں دیے گئے v_k کی قیمت کو مساوات ۱.۳۳ میں v_n کی جگہ استعمال کرتے ہم مساوات ۱.۳۳ 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 عسموماً یوں لکھا جاتا ہے۔

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

v_s اور v_o کے کسر کو مثبت ایمپلیفائز کی برقی دباؤ کے افراٹ ۳۳ A_v کہتے ہیں۔ اس اصطلاح کو عسموماً چھوٹا کر کے اسے صرف مثبت افراٹ کہتے ہیں۔

اس ایمپلیفائز کا داخلي مزاحمت حاصل کرنے کی حراطر 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^{۳۴}

حاصل ہوتا ہے۔

مثال ۱.۲: شکل ۱.۵ میں دکھلائے ثبت ایمپلیفیاٹر میں $R_2 = 15 \text{ k}\Omega$ اور $R_1 = 2 \text{ k}\Omega$ تصور کریں۔ اس ثبت ایمپلیفیاٹر کو باری مندرجہ ذیل برقرار راست بطور v_s مہیا کیا جاتا ہے۔ ان تمام کے حسابی دور کا حنارتی 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 ایمپلیفیاٹر کی افناش حاصل کرتے ہیں۔

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

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 حنارتی اشارہ ثبت ہے جبکہ داخلی اشارہ مخفی ہونے کی صورت میں حنارتی اشارہ بھی مخفی ہے۔ یوں ثبت ایمپلیفیاٹر داخلی اشارہ کو بغیر الشاید بڑھا کر حنارتی کرتا ہے۔ اسی لئے اسے **ثبت ایمپلیفیاٹر** کہتے ہیں۔

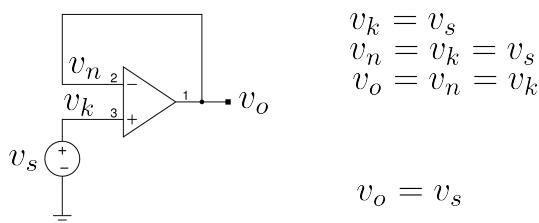
۱.۵.۳ متحکم کار

ثبت ایمپلیفیاٹر کی افناش یہاں دوبارہ پیش کرتے ہیں۔

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

اگر ثبت ایمپلیفیاٹر میں R_1 کی قیمت لاحدہ ولی جائے اور R_2 کی قیمت صفر او ہم لی جائے تو اس مساوات کے مطابق اس کی افناش

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



شکل ۱.۱۶: میخکم کار

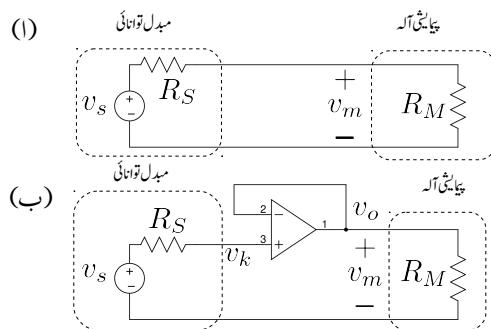
ہوگی۔ ایسا دور جسے میخکم کار^{۷۵} کہتے ہیں کو شکل ۱.۱۶ میں دکھایا گیا ہے۔ اس دور کی انفرز اش ایک کے برابر جسکے داخلی مزاجحت لامحدود ہے۔ اس دور کو یوں بھی سمجھا جاسکتا ہے کہ مثبت داخلی سرے پر بر قی دباؤ v_s ہے۔ یوں منفی داخلی سرے پر بھی اتنا یہی بر قی دباؤ ہو گا مسگری سرا اور خارجی سرا آپس میں جبڑے ہیں۔ یوں خارجی سرے پر بھی بھی بر قی دباؤ ہو گا یعنی $v_s = v_o$ جس سے انفرز اش $1 = \frac{v_o}{v_s}$ حاصل ہوتی ہے۔ آئین میخکم کار کا استعمال جانیں۔

طبعی متغیرات^{۷۶} مثلاً کیت، حرارت و غیرہ کی بر قیاتی پیمائش سے پہلے انہیں عموماً مبدل تو انہیں^{۷۷} کے مدد سے بر قی اشارات میں تبدیل کیا جاتا ہے اور ان بر قی اشارات کو پیمائشی آله^{۷۸} کے ناچلاتا ہے۔ جیسا کہ آپ سب نے ہیں کہ کسی بھی دور کا تھوڑے مساوی دور^{۷۹} بنایا جاسکتا ہے جسے ایک عدد منفی بر قی دباؤ اور ایک عدد مزاجحت کی شکل دی جاتی ہے۔ مبدل تو انہی کا تھوڑن دور شکل ۱.۱۷ الف میں باعث جواب نظرے دار لکیر میں گھیرا دکھایا گیا ہے جہاں v_s اس کی تھوڑن بر قی دباؤ اور R_S اس کی تھوڑن مزاجحت ہے۔ پیمائشی آله داخلی سروں پر کسی قسم کا بر قی اشارہ خارج نہیں کرتا بلکہ ان سروں پر یہ صرف اشارہ حاصل کرنے کی صلاحیت رکھتا ہے لہذا اس کے داخلی جواب کا تھوڑن دور صرف ایک عدد مزاجحت R_M پر مبنی ہوتا ہے جیسے شکل۔ الف میں دائیں جواب دکھایا گیا ہے۔ شکل۔ الف میں مبدل تو انہی کے خارجی سروں کو پیمائشی آله کے داخلی سروں کے ساتھ جوڑا گیا ہے تاکہ مبدل تو انہی کا اشارہ v_s ناچلا جواب کے۔ پیمائشی آله داخلی سروں پر لا گو بر قی دباؤ v_m ناپتا ہے۔ شکل۔ الف میں پیمائشی آله کے داخلی سروں پر

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

پایا جاتا ہے جسے پیمائشی آله پڑھے گا اگرچہ حقیقت میں اشارہ کی اصل قیمت v_s ہے۔

buffer ^{۷۵}
variables ^{۷۹}
transducer ^{۷۴}
measuring instrument ^{۷۸}
Thevenin circuit ^{۷۶}



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

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

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

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

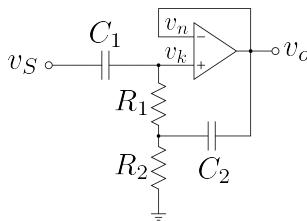
مدل تو انی تخلیق دیتے وقت کوشش کی جاتی ہے کہ اس کے تھوڑے مساوی مزاجت R_S کی قیمت کم کے آں ہو۔ اسی طرح بیانیں آئے تخلیق دیتے وقت کوشش کی جاتی ہے کہ اس کے داخلی مزاجت R_M کی قیمت زیادہ ہو۔ یوں آپ دیکھ سکتے ہیں کہ اگر $R_S \gg R_M \gg v_s$ ہو تو $v_m \approx v_s$ ہو گا۔

آپ دیکھ سکتے ہیں کہ بیانیں آئے کی مدد تو انی پر بوجھ ڈالتی ہے جس سے مدل کے بیرونی سروں پر میسر اشارے کی قیمت میں کمی رومنا ہوتی ہے۔ یوں بوجھ کو پہلا کرنے کی حاضر R_M کی قیمت بڑھانی ہو گی۔ اس مثال میں مدل تو انی کو بیانی آئے بطور برقی بوجھ نظر آتا ہے۔ یہ بوجھ جتنا کم ہوتا ہے ستر ہو گا۔

اس سکلے کو مسختم کار کی مدد سے با آسانی حل کیا جاسکتا ہے۔ شکل ۷.۱ اب میں مدل تو انی اور بیانی آئے

کے وسط میں مسختم کار نسبت کیا گیا ہے۔ چونکہ حابی ایک پلینیاٹر کا داخلی مزاجت لاحدہ ہوتا ہے اور اس کی داخلی برقی رو ضفر ہوتی ہے لہذا اس دور میں مزاجت R_S میں اور ہم کے فتوں کے تھت ضفر برقی دیا و گھنے گا اور یوں $v_m = v_s$ اور $v_o = v_s$ ہو گا۔ چونکہ مزاجت R_M کو بیانی برقی دیا و فراہم کیا جاتا ہے لہذا $v_s = v_o = v_m$ ہو گا۔

مسختم کار کا کمال یہ ہے کہ برقی بوجھ R_M کو از خود اختیالیت ہے اور اس کا بوجھ مدل تو انی پر نہیں ڈالتا۔ یوں یہ حاس اشارات کو مسختم کرتا ہے۔



شکل ۱۸۔ ابدلتارو مسٹحکم کار

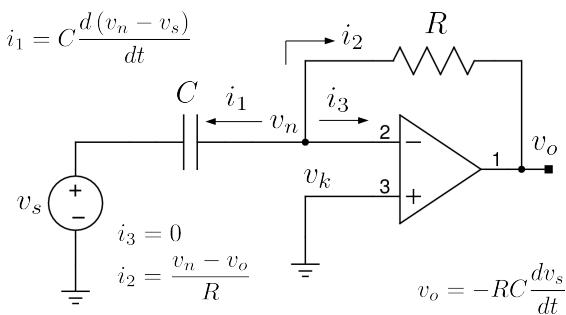
آپ نے دیکھا کہ مسٹحکم کار کی مدد سے اشارہ کی صحیح قیمت حاصل ہوتی ہے۔ حاسس اور باریکے اشارات کی پیش اشیں عموماً مسٹحکم کار کے مدد سے ہی کی جاتی ہے۔

۱.۵.۳.۱ ابدلتارو مسٹحکم کار

عموماً اشارے کے یک سمت حصے کو روکتے ہوئے اس کے بدلے حصے کو مسٹحکم بنانے کی ضرورت ہوتی ہے۔ ایسی صورت میں بدلتا رو مسٹحکم 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 دو رکھو کیا جائے۔ R_1 اور R_2 حسابی ایکلپیٹنائز کے ثابت داخنی سرے کے دالٹن میلان برقی رو^۱ کے لئے راستہ فراہم کرتے ہیں۔ C_1 داخنی اشارے کے بدلے حصہ کو حسب ایکلپیٹنائز کے ثابت داخنی سرے تک پہنچنے کا راستہ فراہم کرتے ہوئے یک سمت حصہ کو روکتا ہے۔ C_2 کے عمد موجودگی میں داخنی اشارے کو بدلتے داخنی مزاحمت $R_1 + R_2$ نظر آتا جبکہ مسٹحکم کار سے توچ کی جاتی ہے کہ اس کا داخنی مزاحمت بہت زیاد ہو۔ آئین دیکھیں کہ C_2 کی شمولیت سے داخنی مزاحمت کیسے بڑھتی ہے۔ v_S کا بدلت حصہ 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 اور v_1 اور v_2 کے جو زیر بھی v_s اشارہ پہنچاتے گا۔ اب دوبارہ داخنی جانب C_2 کو بدلت حصہ v_s کا ثابت داخنی سرے کا مثبت داخنی سرے از خود کوئی برقی رو گزرنے نہیں دیتا۔ چونکہ مزاحمت R_1 کے دونوں سروں پر v_s برقی پہنچتا ہے لہذا اس میں گزرتی برقی رو بھی صفر ہے۔ یوں v_s کے کسی قسم کا برقی رو حاصل نہیں کیا جاتا جو کہ مقطع صورت کی نہیں ہے۔ یوں بدلت مسٹحکم کار درکار تعداد پر لامدد داخنی مزاحمت پیش کرتے ہوئے حاسس اشارے پر بالکل بوجھ نہیں ڈالتا۔

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

^۱ داخنی میلان برقی پر حصہ ۱.۷ میں غر کیا جائے گا۔



شکل ۱.۱۹: تفرق کار

۱.۵.۳ تفرق کار

ایک اور اہم دور ہے **تفرق کار** ۱.۱۹ 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۔

$$(1.39)$$

$$i_1 = C \frac{d(v_n - v_s)}{dt}$$

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

$$i_3 = 0$$

جبکہ جوڑ v_k کے لئے لکھ سکتے ہیں۔

$$(1.40)$$

$$v_k = 0$$

کر خوف کے متافون برائے برقی روکو جوڑ v_n پر یوں لکھا جا سکتا ہے۔

$$(1.41)$$

$$i_1 + i_2 + i_3 = 0$$

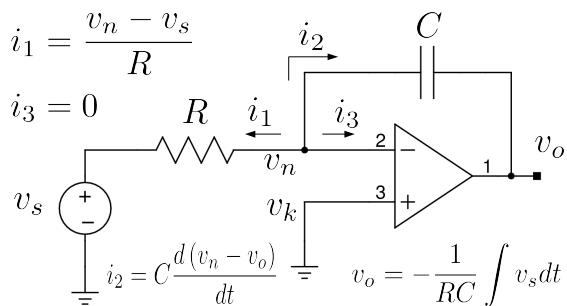
مساوات ۱.۴۰ میں دیے گئے قیمتیوں کو مساوات ۱.۴۱ میں پر کرتے ہیں

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

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

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

differentiator^{۵۱}



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 خنارجی 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 ق甫 عمل کا تیگھر ۵۲ حاصل کیا جاسکتا ہے۔ جواب ہے جی ہاں۔ تیگھر 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

$$(1.35) \quad v_o = -\frac{1}{RC} \int v_s dt$$

اس مساوات میں v_o حاصل کرنے کی حاضر مساوات کے نشان کے دونوں جانب کا تکملہ ایسا گیا ہے۔ اس طرح تکملہ کار کا حنارتی اشارہ v_o اسے مہیا کئے گئے اشارہ v_s کے تکملہ کے برابر اس سے متناسب ہوتا ہے۔ اسی حنارتی کی وجہ سے اس دور کو تکملہ کار ہے۔

مثال ۱.۳۶: $v_s = V_p \sin \omega t$ اور $R = 1 \text{ k}\Omega$ اور $C = 6.8 \mu\text{F}$ میں صورت میں

- تکملہ کار کا حنارتی اشارہ حاصل کریں۔
- کتنی تعداد پر حنارتی اشارے کا جیٹہ داخلی اشارے کے جیٹے کے برابر ہو گا۔
- حنارتی اور داخلی اشارے کا زاویاتی تسلق کیا ہے۔

حل:

- مساوات ۱.۳۵ 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 ۱۱۳: $v_s = -0.1 \text{ V}$ اور $C = 10 \mu\text{F}$ اور $R = 1 \text{ k}\Omega$ میں v_o حاصل کریں۔ حل:

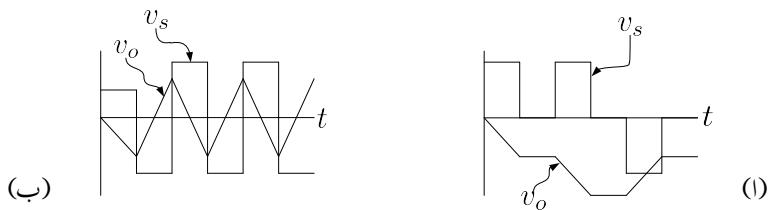
$$v_o = -\frac{1}{1000 \times 10 \times 10^{-6}} \int -0.1 \, dt = 10t$$

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۔

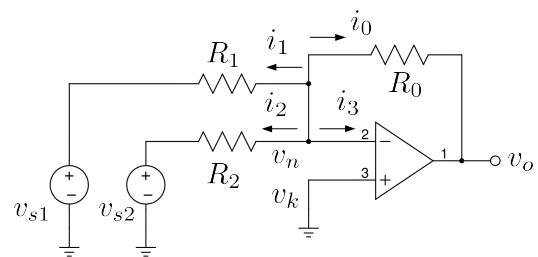
شکل ۲۱.۱ میں دو مختلف داخنی اشارات پر گل کار کارڈ عمل دکھایا گیا ہے۔ آپ یہاں رکے کرتی کر لیں کہ خارجی اشارات آپ کے موقع کے عین مقابل ہیں۔

۱.۵.۶ جمع کار

حسابی ایمپلیفائز کو دو یادو سے زیادہ اشارات کا مجموع حاصل کرنے کے لئے بھی استعمال کیا جاتا ہے۔ ایسے ہی ٹیکٹھ کا ۲۲.۱ شکل 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 ایمپلیفائز کے v_n سے کے ساتھ جبڑا ہے۔ اسی طرح اشارہ v_{s2}



شکل ۲۱: عمل کار کی کارکردگی کے مثال



شکل ۲۲: حنکار

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

$$(1.37)$$

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

اسی طرح جوڑ v_k کے لئے لکھ سکتے ہیں

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

جوڑ v_n پر کخفف کے وفاون برائے بر قریب استعمال کرتے ہوئے حل کرتے ہیں۔

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

حابل ہوتا ہے جسے

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

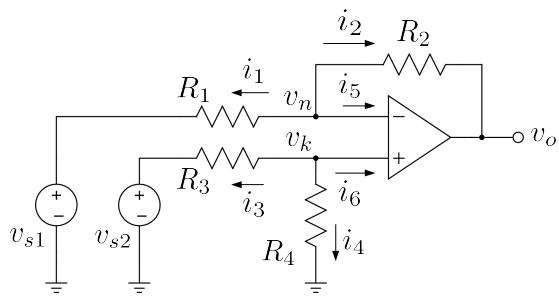
لکھ سکتے ہیں۔ R_0, R_1 اور R_2 کی قیمتیں برابر ہونے کی صورت میں اس مساوات کو یوں لکھ سکتے ہیں۔

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

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 ایکلپیغاٹر سے دو اش رات منقی کرنے والے دور پر اس حصے میں غور کرتے ہیں۔ اس دور کو شکل ۲۳ میں دکھایا گیا ہے۔ شکل کو دیکھتے ہم لکھ سکتے ہیں۔



شکل ۱.۲۳: متفاہ کار

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

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

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

اسی طرح جو v_k پر کرنونے کا فتنہ برابری 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 شق کے تحت v_k اور v_n برابر ہوتے ہیں۔ یوں مساوات ۱.۵۲ اور ۱.۵۱ کو برابر ڈالتے ہوئے

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

یعنی

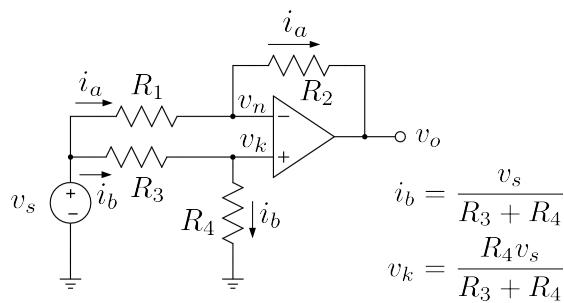
$$(1.53) \quad \begin{aligned} v_o &= \frac{R_4}{R_1} \left(\frac{R_1 + R_2}{R_3 + R_4} \right) v_{s2} - \frac{R_2}{R_1} v_{s1} \\ &= \left(\frac{1 + \frac{R_2}{R_1}}{1 + \frac{R_3}{R_4}} \right) v_{s2} - \frac{R_2}{R_1} v_{s1} \end{aligned}$$

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

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

حاصل ہوتا ہے۔ اگر R_b اور R_a کی قیمتیں برابر ہوں تو اس صورت میں دور دونوں اشارات کو منفی کرے گا۔ اسی لئے اس دور کو منفی کار^{*} کہتے ہیں۔ اگر R_b برابر نہ ہوں تو دور دونوں اشارات میں فرق کو بڑھانے یا گھٹانے کی صلاحیت بچتا ہے۔

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



شکل ۱.۲۳: متنی کار کا مشترک کے داخلی مزاحمت

حل: مشترک کے داخلی مزاحمت حاصل کرنے کی حرطہ دونوں داخلی سروں کو آپس میں جوڑتے ہوئے ان پر مشترک اشارہ v_s لاؤ کیا جاتا ہے۔ اشارے سے i_a اور i_b بر قی رومنی کا میں داخل میں داشت کے مزاحمت۔ داخلی بر قی دباؤ اور داخلی بر قی روکے مجموع کی شرح کو کہتے ہیں لیکن

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

آئیں داخلی مزاحمت کو پہلے حساب و کتاب 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 داخنی سروں پر داخنی برقی رو ضفر ہوتی ہے۔ v_k پر داخنی برقی رو ضفر ہونے کی وجہ سے اے کھلے سرے تصور کیا جا سکتا ہے۔ اس طرح R_3 اور R_4 کو v_s اور برقی زمین کے مابین سالمہ وار جبڑا تصور کیا جا سکتا ہے۔ تمام مزاحمت برابر ہونے کی وجہ سے $v_0 = 0V$ ہے لہذا اے برقی زمین تصور کیا جا سکتا ہے۔ v_n پر برقی رو ضفر ہونے کی وجہ سے اس داخنی سرے کو بھی کھلے سرے تصور کیا جا سکتا ہے۔ یوں R_2 کو بھی v_s اور برقی زمین کے مابین سالمہ وار جبڑا تصور کیا جا سکتا ہے۔ اس طرح سالمہ وار جبڑے R_1 اور R_2 کو سالمہ وار جبڑے 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 مزاحمت مختلف ہونے کی صورت میں مادات ۱.۵۳ سے حنا رجی 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 داخنی سروں پر داخنی برقی رو ضفر ہونے کی وجہ سے R_1 اور R_2 میں یکساں برقی رو i_a پایا جائے گا۔ ای طرح R_3 اور R_4 میں i_b پایا جائے گا جبکہ

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

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

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

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

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 شبت داخنی سرے کو کھلے سرے تصور کیا جا سکتا ہے۔ اس طرح R_3 اور R_4 کو v_s اور برقی زمین کے مابین دو سالمہ وار جبڑے مزاحمت تصور کیا جا سکتا ہے۔ ان دو مزاحمتوں 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_n 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_k کی قیمت v_k تینیں کرتا ہے۔ چونکہ v_k کا دارو مدار R_3 اور R_4 پر ہے جبکہ i_a کا دارو مدار v_n اور R_1 پر ہے لہذا i_a اور i_b دونوں پر R_2 کا کوئی اثر نہیں۔ اسی لئے داخلی مزاحمت میں R_2 کا کوئی کردار نہیں۔

مثال ۱.۱۶: منفی کار کے تمام مزاحمت برابر ہونے کی صورت میں دونوں داخلی سروں پر مشترکہ داخلی اشارہ v_s میا کرنے سے 0V 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 ایمپلیکیٹر کی خرابی سے خرابی تر مشترکہ امنڑا شضیر کی ممکن ہے۔ مشترکہ امنڑا شضیر جتنی زیادہ ہو اس نتیجے میں مشترکہ امنڑا شضیر کے مطابق مشترکہ داخلی اشارے کی صورت ($v_{s1} = v_s$ اور $v_{s2} = v_s$) 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 $R_2 = 7.14\text{k}\Omega$ اور $R_1 = 6.46\text{k}\Omega$ امنڑا شضیر کے استعمال سے خرابی سے خرابی تر مشترکہ

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

حاصل ہوتی ہے۔

مثال ۱۶.۱: مثال ۱۶.۱ میں تمام مزاحمت مختلف ہونے کی صورت میں مزاحمت کے قیمت میں عملی کو جب سے حسرا ب تمثیر کے افسرا ش کی عسوی جواب حاصل کریں۔ حل: گرستہ 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 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 مزاحمت ایک ہی قیمت کے ہونے کی صورت میں

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

حاصل ہوتا ہے۔

آپ نے حسابی ایمپلیفائز پر مبنی کئی ادوار دیکھے۔ یہ ادوار جمع، منفی، تقریق اور تکملہ ہیں حسابی اعمال سر اخبار دیتے ہیں یا پھر اشارات کی افسرا ش کرتے ہیں۔ انہیں خوبیوں کی بدولت ہم اسے حسابی ایمپلیفائز پر کہاتے ہیں۔^{۱۰}

۱.۵.۸ جمع و منفی کار

شکل ۱.۲۵ میں متعدد احتالی سروں والا جمیع و منفی کار دکھنے کا رد کھایا گیا ہے۔ ثابت: احتالی سروں پر v_{js} تا v_{j1} جبکہ منفی احتالی سروں پر v_{m1} تا v_{mn} اشارات مہیا کئے گئے ہیں۔ آئیں اس دور کو حاصل کریں۔ جوڑ v_n پر کر خوف کے وقت انہی برائے برقی روے ہم لکھ سکتے ہیں

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

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

جس میں

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

لکھتے ہوئے

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

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

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

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

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

جس میں

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

استعمال کرتے ہوئے

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

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

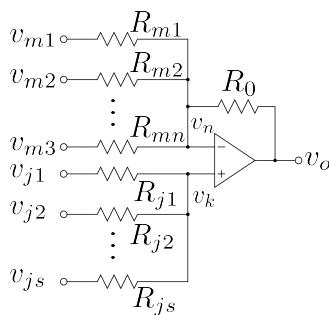
$$(1.55) \quad v_0 = \left(1 + \frac{R_0}{R_m} \right) \left(\frac{R_j}{R_{j1}} v_{j1} + \frac{R_j}{R_{j2}} v_{j2} + \dots \right.$$

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

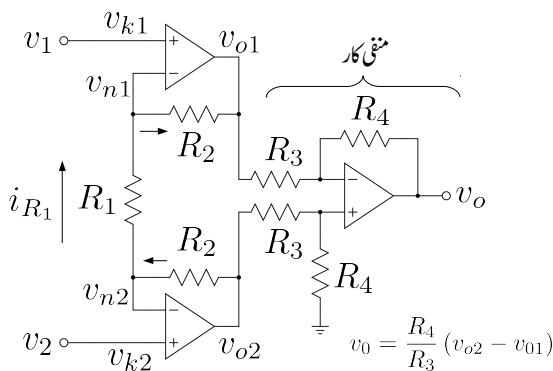
۱.۵.۹ آلاتی ایمپلیفائر

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 ایکلینیکر

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 ایکلینیکر کے مدد سے ہی سیاہ جاتا ہے۔^{۳۵}

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

اس دور میں v_1 اور v_2 داخنی اشارات ہیں۔ کسی بھی حسابی ایکلینیکر کے داخنی سروں پر برقی دباو برابر ہتا

^{۳۴} ecg مورجن 21 مارچ 2014 کو میری بیٹی عفت بریزنے انجینر گاگے کے آجسٹری سال کے پڑھائی کے دروان آلاتی ایکلینیکر 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 کر خونے کے فتاون براۓ برقی رولا گو کرنے سے ثابت ہوتا ہے کہ اس جوڑ پر نسب R_2 میں i_{R_1} کے برابر برقی روزرے گی جسے شکل میں تیسرے نشان سے دکھایا گیا ہے۔ اسی طرح جوڑ v_{n2} پر کر خونے کے فتاون سے ثابت ہوتا ہے کہ اس جوڑ پر نسب R_2 میں بھی i_{R_1} روزرے گی جسے تیسرے نشان سے دکھایا گیا ہے۔ اس طرح i_{R_1} تین سالمہ دار جبڑی مزاحمت R_2 ، R_1 اور R_2 سے گزرتی ہے۔ ان سالمہ دار جبڑے 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 رد 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 v_1 جبکہ جوڑ v_{n2} پر v_2 پایا جاتے گا۔ یوں R_1 میں بر قی روکی 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 دوسراں 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 روکی سمت مزاحمت کے دوسرے سے باہمی سرے سے کی جانب ہے۔ یوں اس کا دیاں سراہبیت جبکہ بیان سر امنی ہو گا۔ چونکہ ان سروں پر بر قی دباؤ کو v_{n2} اور v_{o2} کہا گیا ہے لہذا

$$\begin{aligned} v_{o2} - v_{n2} &= 0.6 \sin \omega t \\ v_{o2} &= 4 + 0.003 \sin \omega t + 0.6 \sin \omega t \\ &= 4 + 0.603 \sin \omega t \end{aligned}$$

ہو گا۔ اسی طرح اپرداں R_2 میں بر قی روکی سمت v_{n1} سے v_{o1} کے جانب ہے لہذا

$$\begin{aligned} v_{n1} - v_{o1} &= 0.6 \sin \omega t \\ v_{o1} &= 4 - 0.003 \sin \omega t - 0.6 \sin \omega t \\ &= 4 - 0.603 \sin \omega t \end{aligned}$$

حصہ ہو گا۔ یہاں رک کر نتائج پر غور کریں۔ مشترک اشارہ جوں ہے جبکہ تفریق اشارہ دونوں حناری سروں پر بڑھ گیا ہے۔ اور v_{o1} اور v_{o2} کو منی کار کے حوالے کیا جاتا ہے۔ منی کار کے مشتبہ داخلی سروں v_k پر کر خوف کے وسائلوں پر ائے 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 رسمین کے مابین حبڑا تصور کرتے ہوئے بر قی دباؤ کے تقسیم کی مساوات سے بھی حاصل ہوتا ہے۔ متفق کار کا خارجی 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 خارجی اشارے میں مشترک اشارے کا نام و نشان تک نہیں لہذا مشترک افزاں صفر کے برابر ہے لیکن $A_m = 0$ جبکہ تفرقی افزاں کو مندرجہ بالا مساوات سے یوں حاصل کیا جاتا ہے۔

$$A_d = \frac{v_o}{v_d} = \frac{1.206 \sin \omega t}{0.06 \sin \omega t} = 20.1 \text{ V V}^{-1}$$

اس طرح مشترک اشارہ رد کرنے کی صلاحیت

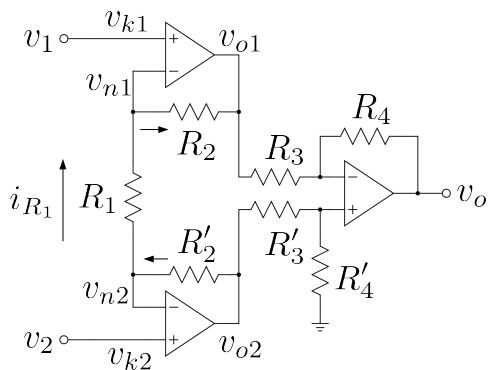
$$CMRR = \frac{A_d}{A_m} = \infty$$

حاصل ہوتا ہے۔

اس مثال میں آلاتی ایک پلینیاٹر نے مشترک اشارے کو مکمل رد کرتے ہوئے تفرقی اشارے کو 201 گناہڑا یاں اس بات پر توجہ دیتے ہوئے ذہن نشین کریں کہ مزاجمت کے قیمتیں جس طرح بھی جبائیں v_{02} اور v_{01} میں کسی صورت بھی مشترک اشارہ بڑھتا نہیں۔ یہ جوں کا توں ان دو خارجی سروں پر پایا جاتا ہے۔ آلاتی ایک پلینیاٹر کا دوسرا حصہ یعنی مخفی کار v_{02} سے v_{01} سے مخفی کرتے ہوئے مشترک اشارے کو مکمل طور درکردیتا ہے۔ تفرقی اشارے کو آلاتی ایک پلینیاٹر کے دونوں حصے بڑھانے کی صلاحیت رکھتے ہیں۔ اگلے مثال میں ان حقائق پر مسزید غور کیا جائے گا۔ آلاتی ایک پلینیاٹر میں دونوں مزاجمات جہیں R_2 لکھا گیا ہے کے قیمتیں بر اور کھی جاتی ہیں۔ البتہ مزاجمات کے قیتوں میں عنطلی کی بنا پر ان کی قیمت $R_2 = (1 - \epsilon) R_2$ تا $(1 + \epsilon)$ ممکن ہوتی ہیں۔ مزاجمات کی قیمت میں $\pm 1\%$ عنطلی کی صورت میں $\epsilon = 0.01$ کے برابر ہو گا۔ شکل ۱.۲۷ میں آلاتی ایک پلینیاٹر کو دوبارہ دکھاتے ہوئے ان حقائق کو واضح کیا گیا ہے جہاں ایک مزاجمات کو R_2 جبکہ دوسرے کو R'_2 لکھا گیا ہے۔ اسی طرح R_4 کو بھی دکھایا گیا ہے۔

مثال ۱.۱۹:

- شکل ۱.۲۷ کو استعمال کرتے ہوئے آلاتی ایک پلینیاٹر کے مشترک افزاں A_m اور تفرقی افزاں A_d کے مساوات حاصل کریں۔



شکل ۱.۲: آلاتی ایکلپسیٹر کی مثال

• مزاحمت کی قیت کمکل طور درست ہونے کی صورت میں $A_m = 0$ اور پوں ∞ CMRR حاصل ہوتا ہے۔ مندرجہ ذیل $\pm 1\%$ مزاحمت استعمال کرتے ہوئے مشترکہ اشارہ رد کرنے کی صلاحیت CMRR کی کمتر قیت 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 مشترکہ اشارہ رد کرنے کی صلاحیت CMRR کی کمتر قیت 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:

• مشترکہ اشارے کو v_c جبکہ تفرقہ 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 ۱.۵۳ بیان 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 ۱.۶۰ 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 ہو گی جب مشترک افناش بند تر جبکہ تفرق افناش کمتر ہو یعنی

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

A_c کی بلند تریمت اس وقت حاصل ہو گی جب $\frac{R'_3 R_4}{R'_4 R_3}$ کی قیمت کم سے 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 ہو گی 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۔

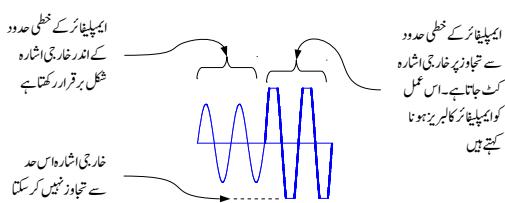
۱.۶.۱ حسابی ایمپلیفائز کا سبیریز ہونا

حسابی ایمپلیفائز کا v_0 ہر صورت مساوات 1.3 میں دیے گئے حدود کے اندر رہتا ہے۔ v_0 ان حدود سے قباؤز کرنے کی کوشش کرتے ہی غیر خطی صورت اختیار کر لیتے 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۔

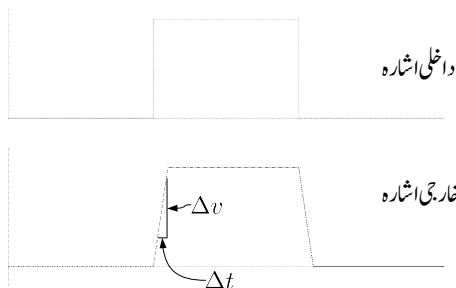
۱.۶.۲ حسابی ایمپلیفائز کی رفتار حوال

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 ایکپلینیٹر کا سبیریز ہونا



شکل ۱.۲۹: حسابی ایکپلینیٹر کا رفتار چال

لئے وقت درکار ہوتا ہے۔ حنارجی اشارہ جس رفتار سے حرکت کرتا ہے اسے حسابی ایکپلینیٹر کا رفتار چال^{۱۷} پکارا جائے گا۔ رفتار چال کی وضاحت شکل میں کی گئی ہے۔ رفتار چال کو عموماً ولٹ فی میکرو سیکنڈ^{-۱} μs^{-1} لکھا جاتا ہے۔

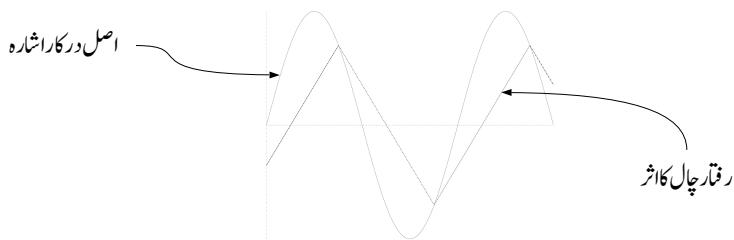
$$(1.41) \quad \text{رفتار چال} = \left| \frac{\Delta v}{\Delta t} \right|$$

سائن ٹس اشارہ $V_p \sin \omega t$ کے تفرقی کی زیادہ سے زیادہ قیمت $t = 0$ پر پہنچاتی 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 ایکپلینیٹر کے رفتار چال سے کم ہو اس وقت تک حسابی ایکپلینیٹر خوش اسلوبی سے اس اشارے کو حنارج کرے گا جیسے ہی مقدار رفتار چال سے بڑھ جائے، حسابی ایکپلینیٹر کے حنارجی اشارے میں خلل

^{۱۷} slew rate



شکل ۱.۳۰: رفتار حپال کا اثر

پسیدا ہو جبے گا۔ حابی ایکلینیائز کے رفتار ω_p کو اس کی پوری طاقت پر تعددی دائرہ کارکردگی^{۶۸} کی شکل میں یوں بیان کیا جاتا ہے

$$(1.22) \quad \omega_{\text{رفتار حپال}} = \frac{\omega_{\text{دائرہ کارکردگی}}}{V_p}$$

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

جب اس V_p حابی ایکلینیائز کی زیادہ ممکنہ حنارتی برقرار ہے۔ کم برقراری دباو حنارت کرتے ہوئے اس تعدد کی قیمت بڑھ جاتی ہے۔ یوں V_0 برقراری دباو حنارت کرتے ہوئے

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

ہو گا۔ شکل ۱.۳۰ میں حنارتی اشارے پر رفتار حپال کا اثر دکھایا گیا ہے۔ یہ اشارہ اپنی اصل صورت کو کر تکونی شکل اختیار کر گیا ہے جس اس کی طرف سے بلند اور پست ہو رہے ہیں۔

مثال ۱.۲۰: ایک حابی ایکلینیائز جس کی رفتار $\omega_p = 5 \mu\text{s}^{-1}$ ہے کام مٹکم کار بنایا جاتا ہے ہے نہایت کم دورانیے والے ۵ چوٹی کے موٹا مستقیلی پتے اشارات^{۶۹} ہی کے حبات ہیں۔

- اشارے کے چوٹی کی کم ممکنہ دیریات کے لئے t_p کے لئے ۵ چوٹی کے پتے پتے ہوں گے۔
- اگر دھنی اشارہ متواتر تبدیل ہوتے ہوئے حاصل کر دیا جائے تو t_p کے لئے ۵ چوٹی کے لئے ۰ V پر رہتا ہو تو حنارتی اشارے کی شکل کیا ہو گی۔

full power band width^{۶۸}
pulses^{۶۹}

حل:

۰ رفتار چپال کے مطابق حنارجی اشارہ ایک مائیکرو سینٹر میں سو ووٹ حاصل کرنے کی صلاحیت رکھتا ہے پانچ دوٹ حاصل کرنے کے لئے یوں 50 ns درکار ہیں۔ داخلی اشارے کی پونچ کے کم 50 ns کے لئے برقرار رہے گی تو مستحکم کارک حنارجی اشارہ بھی پانچ دوٹ تک پہنچ جائے گا۔

۰ اس صورت میں جیسے ہی حنارجی اشارہ پانچ دوٹ پر پہنچتا ہے اسی لمحے داخلی اشارہ صفر دوٹ ہو جاتا ہے اور یوں حسابی ایکپلینیائز کا حنارجی اشارہ $100 \text{ V } \mu\text{s}^{-1}$ کے رفتار سے اب 5 V سے 0 V کی جانب رواستہ ہوتا ہے۔ یوں حنارجی اشارہ تکونی شکل کا ہو گا جو متواتر 50 ns لیتے ہوئے 5 V تک اور اسی طرح 50 ns لیتے ہوئے 0 V کے درمیان ارتعاش کرتا رہے گا۔

مثال ۱.۲۱: ایک منفی حسابی ایکپلینیائز $\omega t = 0.1 \sin \omega t$ کا اشارہ یس گناہ ہوتا ہے۔ اگر حسابی ایکپلینیائز کا رفتار چپال $1000 \text{ V } \mu\text{s}^{-1}$ ہوتے۔ داخلی اشارے کی وہ بلند ترین تعداد حاصل کریں جس پر حنارجی اشارہ نہ گزگزے۔

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

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

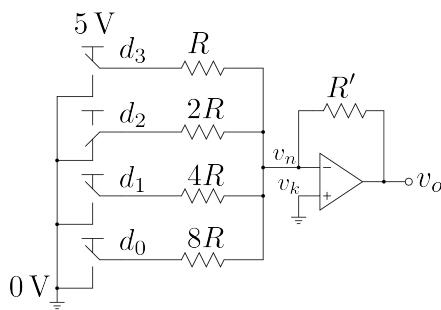
ہے۔ یوں

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

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

۷۔ عددی اشارے سے مماثل اشارے کا حصول

شکل ۱.۳۱ میں عددی اشارے سے مماثل اشارہ حاصل کرنے والا درود کھایا گیا ہے جسے ہم عددی سے مماثل کارک کہیں گے۔ اس دور کے چار داخلی اشارات d_0, d_1, d_2, d_3 میں جسمیں اندر ادی طور پر بر قی زمین یعنی 0 V یا بثت بر قی دبادی یعنی 5 V کے ساتھ جوڑا جاسکتا ہے۔ شکل میں $d_2 = 0 \text{ V}$ ، d_0, d_1 اور d_3 کو 5 V پر دکھایا گیا ہے۔ آئیں اس دور کو حل کرتے ہیں۔



شکل ۱.۳۱: چار بیت کا عددی سے ماثل کار

$$v_k = 0$$

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

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

جسے یوں ہست طریقے سے لکھا جاتا ہے۔

$$(1.65) \quad v_0 = -\frac{R'}{8R} (2^3 d_3 + 2^2 d_2 + 2^1 d_1 + 2^0 d_0)$$

اعدادی سے ماثل کار عددی متغیرہ لیتے ہوئے اس کا مثال ۱۷ متنیہ حسن ج کرتا ہے۔ عددی متغیرات کو دہراتے نظام اعداد ۲ میں لکھا جاتا ہے۔ دہراتے نظام اعداد کے دو ہی ہندسے ہیں یعنی ۰ (صفر) اور ۱ (ایک)۔ ۰ کو ۰ V اور ۱ کو ۵ V سے ظاہر کیا جاتا ہے۔ $d_3 d_2 d_1 d_0$ کو d_3 کا ڈیجیٹ ہے جسے چار بیت کا دہراتے عدد حاصل ہوتا ہے۔ یوں شکل میں دکھائی صورت۔

$$d_3 d_2 d_1 d_0 = 1011_2$$

کو ظاہر کرتی ہے جو کہ اعشاری نظام کنٹری ۱۷ میں گیرہ 11_{10} کے برابر ہے۔

اگر تمام داخلی دہراتے ہندسے صفر کر دیے جائیں تو مساوات ۱.۶۵ کے مطابق عددی سے ماثل کار $v_o = 0 V$ حسن ج کرے گا جبکہ اگر تمام داخلی دہراتے ہندسے ایک کر دیے جائیں یعنی ۵ V سے ظاہر

digital ^{۱۷}
analog ^{۱۸}
binary number system ^{۱۹}
bit ^{۲۰}
decimal number system ^{۲۱}

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 درکاریت قیمین کی جاسکتی ہے۔ مثلاً $\frac{8R}{15}$ رکھتے ہوئے متدرجہ بالا مساوات کے مطابق عددی سے ماثل کار $v_0 = -5V$ حنار کرے گا جو نکد d_3 اور d_0 کے چار 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 حنار 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۔

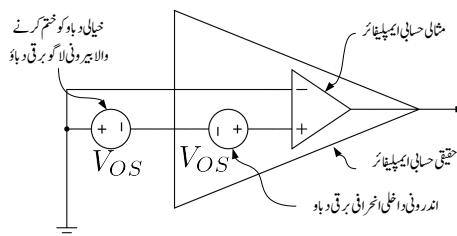
مثال ۷.۲۲: $R' = \frac{8R}{15}$ رکھتے ہوئے $d_3d_2d_1d_0 = 1010_2$ ہونے کی صورت میں عددی سے ماثل کار کی ترقی دباو حنار کرے گا۔ حل:

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

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

اگر کامیل حسابی ایکپلینائز 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 موقع کرتے ہیں کہ اس کا حناری اشارہ صفر دوں کا ہو گا، یعنی $v_0 = A_d v_d = 0$ ہو گا۔ حقیقت میں ایسا نہیں ہوتا اور عموماً اس طرح جبڑا حسابی ایکپلینائز بیشتر یا منفی جواب لے رہا یا جواب نہیں لے رہا۔

۱۴ اس مسئلہ کے پیدا ہونے کی وجہت پر حصہ ۱.۵.۵ میں تفصیل تصریح کیا جائے گا۔



شکل ۱.۳۲: داخلي انحرافی برقي دباؤ اور اس کا حساب

حسابي ایکلپیٹنائزر کے V_0 کو صفر وولٹ پر لانے کی حرطے 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} سبزی ہو۔ اس خیالی برقي دباؤ V_{OS} کو حتم کرنے کی حرطے ہمیں اتنی مگر اولٹے علامتے والی، برقي دباؤ V_{OS} اس کے دونوں داخلي سروں کے مابین فسراہم کرنی پڑتی ہے۔ اس خیالی برقي دباؤ کو اندرovenی دا غلی انحرافی برقي دباؤ^{۴۴} کہتے ہیں۔ شکل ۱.۳۲.۱ میں اس کی وضاحت کی گئی ہے۔

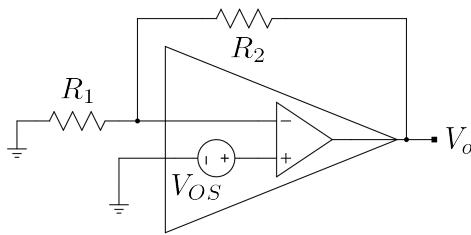
اندرovenی داخلي انحرافی برقي دباؤ کی موجودگی غیر پسندیدہ حقیقت ہے جسے حتم کرنے کی تمام تر کوشش کی جاتی ہے۔ حسابي ایکلپیٹنائزر بنانے والے صحت کارپئے بنائے گے حسابي ایکلپیٹنائزر میں پائے جانے والے اندرovenی داخلي انحرافی برقي دباؤ کے حدود کی معلومات فراہم کرتے ہیں۔ یہ حدود عوام ۱ mV تا ۷.۵ mV کے ہوتے ہیں۔ اندرovenی داخلي انحرافی برقي دباؤ کا تجربہ قبل از استعمال اس کا جائزہ نہیں ہوتا۔ اندرovenی داخلي انحرافی برقي دباؤ کا تجربہ ایکلپیٹنائزر استعمال کیا جاسکتا ہے۔ شکل ۱.۳۳.۱ میں اسے دکھایا گیا ہے۔ اس شکل میں مثبت سرے کو برقي زمین کے ساتھ جوڑا گیا ہے۔ مزاجمت R_2 کی قیمت کو R_1 کی قیمت سے اتنا بڑا کر جاسکتا ہے کہ حنرافي سرے پر چند وولٹ کی مست برقي دباؤ V_{OS} پیا جاسکے۔ اس دور میں اندرovenی داخلي انحرافی برقي دباؤ کو بطور داخلي اشارہ اسکے استعمال کیا گیا ہے۔ اگر اس اندرovenی داخلي انحرافی برقي دباؤ کی قیمت V_{OS} ہو تو بثت ایکلپیٹنائزر کے لئے یوں لکھا جاسکتا ہے۔

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

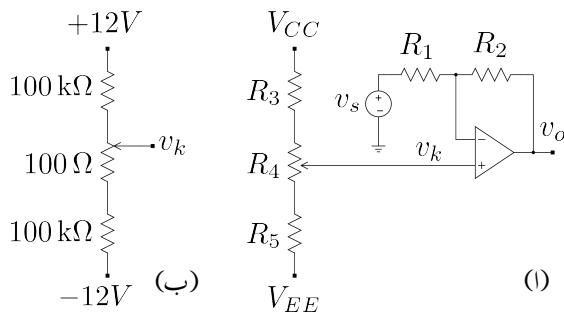
اس مددات میں V_{OS} کے علاوہ تمام متغیرات ہمیں معلوم ہیں۔ یوں ان سے V_{OS} حاصل کی جا سکتی ہے یعنی

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

^{۴۴} input offset voltage



شکل ۱.۳۲: داخلي انحرافی برقي دباؤ کي پيوش



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

شکل ۱.۳۳ اف میں اندروںی داخلي انحرافی برقی دباؤ کے اثر کو حستم کر کے منفی ايمپليفاير کا استعمال دکھایا گیا ہے۔ ایسے ادوار میں R_3 اور R_5 کی قیمتیں کئی کلو اہم Ω ہوتی ہیں جبکہ متغیر مزاحمت R_4 کی قیمت اتنی کمی ہوتی ہے کہ اس کے درمیانی پنیا سے متاہل حصول برقی دباؤ استعمال کردہ حسابی ايمپليفاير کے اندروںی داخلي انحرافی برقی دباؤ V_{OS} کے حدود سے متدرز زیادہ ہو۔ ایسے متغیر مزاحمت پر بیچ نسبہ ہوتا ہے جسے گھماتے ہوئے حسابی ايمپليفاير کے حسارتی اشارے V_0 کو صفر رکھ کر تے ہوئے اندروںی داخلي انحرافی برقی دباؤ کے اثر کو حستم کیا جاتا ہے۔

مثال ۱.۲۳: اگر شکل ۱.۳۳ اف میں

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

ہیں۔ داخلي انحرافی برقی دباؤ کے حناتے کے لئے درکار مزاحمت R_3 , R_4 اور R_5 منتخب کریں۔ حل: چونکہ داخلي انحرافی برقی دباؤ کی قیمت معلوم ہونے کے باوجود اس کا رئی معلوم نہیں ہوتا لہذا ہمیں ان مزاحمت کو یوں منتخب کرنا ہو گا کہ R_4 تبدیل کرتے ہوئے ہم -2 mV تا 2 mV تک یعنی گل 4 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 منصب کرتے ہیں مثلاً $\Omega = 100$ - R_4

آئین دیکھیں کہ ان قیمتوں سے v_k میں کن حدود کے مابین تبدیل مسکن ہے۔ R_4 کے متغیر سے کو ایک جناب پورا گھس کر شکل الف میں دکھایا گیا ہے۔ اس صورت میں کر خوف کے متalon برائے برقی روکی مدد کے لئے ہم لکھ کرتبے 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 جناب پورا گھس یا جنابے تب

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

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

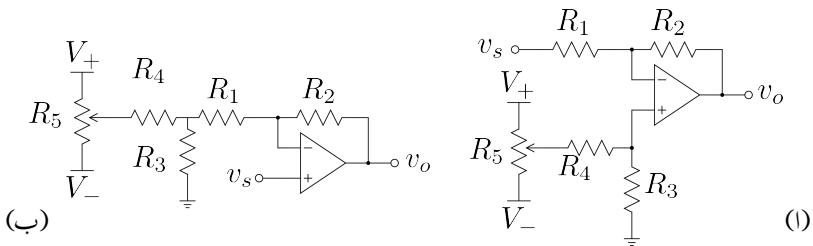
$$v_k = -5.99 \text{ mV}$$

حاصل ہوتا ہے۔ موجودہ مثال میں حابی ایک پلیناٹر کا داخلی انحرافی برقی دباؤ -2 mV اور 2 mV کے مابین کہیں پر بھی ہو سکتا ہے۔ حابی ایک پلیناٹر کا داخلی اشارہ $v_s = 0$ رکھتے ہوئے اس کے خارجی اشارے v_0 پر نظر رکھ کر R_4 کو اس مقام پر لایا جاتا ہے جہاں $v_0 = 0$ حاصل ہو۔ R_4 کو اسی قیمت پر بکاچوڑا دیا جاتا ہے۔

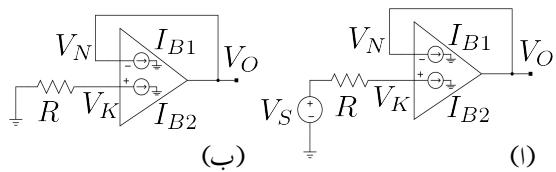
شکل ۱.۳۵ میں داخلی انحرافی برقی دباؤ سے پاک مقنی اور ثابت ایک پلیناٹر دکھائے گئے ہیں۔ ان ادوار میں $R_3 = \pm 8 \text{ mV}$ اور $V_+ = 12 \text{ V}$, $R_5 = 50 \text{ k}\Omega$, $R_4 = 150 \text{ k}\Omega$, 100Ω کی صورت میں کے داخلی انحرافی برقی دباؤ کا حاتم مسکن ہو گا۔

۱.۷.۲ داخلی برقی روکا مسئلہ

اگرچہ حابی ایک پلیناٹر کی داخلی برقی رو I_B کی قیمت عموماً بتاں نظر انداز ہوتی ہے البتہ کبھی کچھ دنبایت حاسس یا باریکے اشارات کی قیمت بھی 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 روکامسئلہ

ممکن نہیں ہوتا۔ اس طرح کے محبوبری کے علاوہ بھی ادوار بناتے وقت اگر I_B کو مدد نظر رکھا جائے تو کچھ حسرج نہیں۔ داخلي برقي روکيے سمت نويت کا ہوتا ہے۔ حالي ايمپليفاير کے درست کارکردگي 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 ہی سمت میں ہوتا ہے۔ اگر کسی ایک قائم کے ايمپليفاير میں برقي روکارخ داخلي سروں پر اندر کی جانب ہو تو کسی دوسرے 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 مدار کار و مدار ايمپليفاير کی ساخت پر ہوتا ہے۔ شکل ۷.۳۶.۱ اف میں مسکنم کار دکھایا گیا ہے جیسا حالي ايمپليفاير کے داخلي برقي روکارخ I_{B1} اور I_{B2} کو منع مستقل برقي رو^۹ تصور کیا گیا ہے۔ يك سمت داخلي اشاره V_S کی قيمت ضرور ہونے کی صورت میں شکل اف میں حاصل ہوتا ہے۔ مسکنم کار کی حنایت یہ ہے کہ یہ داخلي اشارہ کو بغیر تبدیلی خارج کرتا ہے۔ یوں ہم توقع رکھتے ہیں کہ $V_S = 0$ کی صورت میں $V_O = 0$ ہو گا مگر ایسا نہیں ہوتا۔ شکل اف 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 جانتا ہاپا ہیں گے کہ نافیں نظر انداز داغلہ میلانہ برقہ روکی صورت میں یہ دور $0 = V_O$ خارج کرے۔

شکل ۳۷.۱ 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 متاثر 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 مسادات کو یوں لکھ سکتے ہیں۔

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

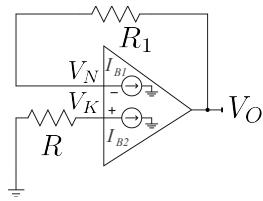
دور میں

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

لیئے سے $V_O = 0$ حاصل ہوتا ہے جن

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

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



شکل ۱.۳: داخنی بر قی رو کے مسئلے کا حل

شکل ۱۸۸: منفی ایکلپیغائز میں مسئلہ دا خنلي برقي رو او راس کا حسل

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

$$(\text{!}.\mathcal{L}\bullet) \qquad \qquad V_O = -I_{B2}R + I_{B1}R = (I_{B1} - I_{B2}) R$$

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

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

ہوتے ہے اس امداد اور سے حاصل V_0 کی قیمت مساوات ۲۸.۱ سے حاصل V_0 کی قیمت سے زیادہ بہتر (بینی کم) ہے۔

ہے اور یوں 0 $V_N = V_K = 0$ ہوگا۔ $V_N = V_O = I_{R1} = 0$ ہونے کی وجہ سے I_{R1} ہو گا اور یوں منفی داخنی سرے کی داخنی برقی روتام کی تسام مزاحمت R_2 سے گزرے گی یعنی $I_{R2} = I_{B1}$ ہوگا۔ مزاحمت 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 بیت داخنی سرے سے برقی زمین نکلے مزاحمت R جوڑ کر داخنی برقی روکے مسئلے کو حل کرنے کی کوشش کی گئی ہے۔ جیسا شکل میں دکھایا گیا ہے $I_R = I_{B2} = I_{B2}R$ ہونے کی وجہ سے $V_K = -I_{B2}R$ ہو گا۔ یوں منفی داخنی سرے پر بھی اتنا ہی برقی دباؤ ہو گا (یعنی $V_N = V_K = -I_{B2}R$)۔ مزاحمت 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 جاتا ہے۔

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

مزاحمت 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 مسادت سے حاصل ہوتا ہے۔

$$(1.43) \quad \begin{aligned} V_O &= -I_B R + \left(I_B - \frac{R}{R_1} I_B \right) R_2 \\ &= I_B \left(-R + R_2 - \frac{RR_2}{R_1} \right) \end{aligned}$$

ہم چاہتے ہیں کہ داخلی میلان برقی رو کی وجہ سے کسی قسم کا حنارجی برقی دباد پیدا نہ ہو۔ اس مساوات میں $V_O = 0$ استعمال کرتے ہوئے ہم R کی وہ قیمت دریافت کر سکتے ہیں جس سے ایسا مسکن ہو یعنی

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

پس منقی ایکلینیٹر کے مثبت داخلی سرے اور برقی زمین کے درمیان متوازی جبڑے R_1 اور R_2 کے برابر مساحت نسب کرنے سے داخلی میلان برقی رو کا مسئلہ حل ہو جاتا ہے۔ اگر دو نوں داخلی میلان برقی رو برابر نہ ہوں تب مساوات ۱.۷۴ میں

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

لیتے ہوئے

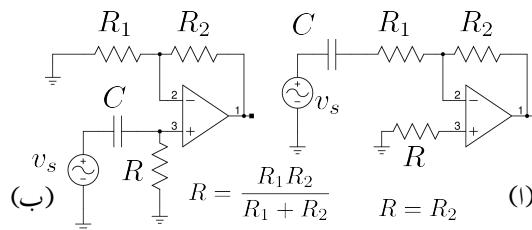
$$(1.75) \quad V_O = (I_{B1} - I_{B2}) R_2$$

حاصل ہوتا ہے۔ یہ اس صورت میں اگرچہ داخلی میلان برقی رو کا مسئلہ پوری طرح حل نہیں ہوتا لیکن مساوات ۱.۷۴ کے ساتھ موازن کرنے سے (چونکہ $|I_{B1} - I_{B2}| \gg R$) ہم دیکھتے ہیں کہ V_O میں حافظ خواہ کی آتی ہے۔

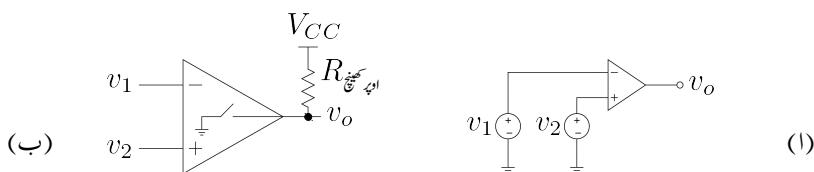
ہم دیکھتے ہیں کہ حسابی ایکلینیٹر کے دونوں داخلی سروں پر یک سمت میلان برقی رو کو برقی زمین تک پہنچنے کی حافظ برابر مساحت فراہم کرنے سے داخلی برقی رو کا مسئلہ حل ہوتا ہے۔ یہاں یک سمت میلان برقی رو کے راستے کی بات کی گئی نہ کہ بدلتے برقی رو کے راستے کی۔ اس بات کی وضاحت شکل ۱.۳۹ کی مدد سے کرتے ہیں۔ یاد رہے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

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

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



شکل ۳۹: مسئلہ دا خنلي برقي روکے چند مثالیں اور پکے سمت برقي روکابerti زمین تک رسائی کارا ستہ



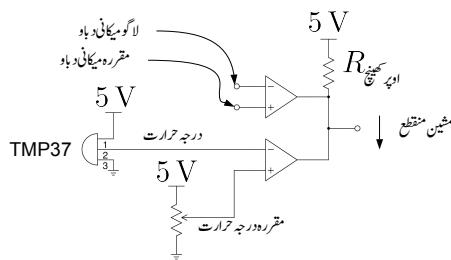
شکل ۳۰.۱: موازن کار

۱.۸ موائزہ کار

شکل ۱۳۰. افے کے حابی ایکلینیٹر میں $v_1 < v_2$ کی صورت میں v_0 مکمل ثبت یعنی V_{CC} پر ہو گا جبکہ $v_1 > v_2$ کی صورت میں v_0 مکمل منقی یعنی V_{EE} پر ہو گا۔ حابی ایکلینیٹر داخلي اشارات کاموازن کرتے ہوئے V_{EE} یا V_{CC} خارج کرتا ہے۔ یہ عمل نہ سایت اہم ہے اور اس عمل کی رفتار تیز تر کار ہوتی ہے۔ موازنہ کار ایسا محض طور پر ہے جسے حابص اسی مقصد کے لئے تخلیق دیا گیا ہے۔

موائزہ کارکی علامت وہ ہے جو حالی ایک پلیٹائز کی ہے۔ حالی ایک پلیٹائز بست یا منفی اشارہ خارج کر سکتا ہے جبکہ موائزہ کاردا حسی اشارات کا موائزہ کرتے ہوئے دو مختلف صورت اختیار کر سکتا ہے۔ ایک صورت میں یہ منقطع ہو جاتا ہے جبکہ دوسری صورت میں یہ مقرر بر قی دباو خارج کرتا ہے جو عسوماً 0V یا V_{EE} ہوتا ہے۔

موازنہ کارکردنی کو شکل اف میں دکھایا گیا ہے جہاں اس کے مکنے خارجی صورت مقطوع اور V_0 میں۔ $v_1 > v_2$ کی صورت میں سوچ مقطوع رہتا ہے جبکہ $v_1 < v_2$ کی صورت میں سوچ چاہپا ہو کر خارجی سرے کو بریزمین کے ساتھ جوڑتا ہے۔ خارجی سرے اور V_{CC} کے درمیان مزاحمت اپر بھی R جوڑنے سے مقطوع صورت میں $V_{CC} = V_0$ حاصل کیا جاسکتا ہے۔ آئیں موازنہ کارکردنے کے استعمال کی ایک مثال دیکھیں۔



شکل ۱.۳۸: موازنے کا کی مثال

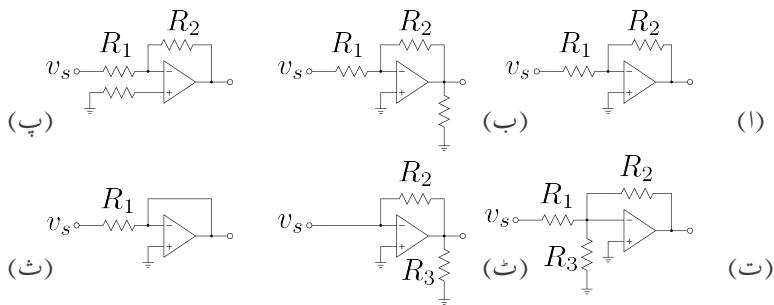
مثال ۱.۲۵: اس مثال میں چالوں میں کمپنی دباؤ پر نظر رکھ جاتا ہے۔ اگر ان میں کوئی ایک یادوں مقررہ حد فسے تباہ کریں تو مشین کو منقطع کر دیا جاتا ہے۔ مشین اس وقت تک چالو رہتا ہے جب تک اسے چالو کرنے والا 5V کا اشارہ ملتا رہے۔ مشین اسی دم منقطع ہو جاتا ہے جب اسے منقطع کرنے والا $0\text{V} = v_0$ کا اشارہ ملے۔ منقطع کر دیے والے اشارے کو تیر کے نشان سے دکھایا گیا ہے۔

شکل ۱.۲۶ میں دو موازنے کا متوالی جوڑے گئے ہیں۔ خپلے موازنے کا کمپنی داخلي سرے پر TMP37 ^{۸۱} کا حنارتی اشارہ جوڑا گیا ہے جسے شکل میں درجہ حرارت کہا گیا ہے۔ اس مختلط دور ہے جو درجہ حرارت کے راست متناسب بر قی دباؤ حنارت کرتا ہے۔ 0°C پر 0V اور 100°C پر 1V حنارت کرتا ہے۔ اس کو 5V کی درکار طاقت مہیا کی گئی ہے۔ اسی موازنے کا کمپنی داخلي سرے پر قابل تبدیل مزاحمت نسب کی گئی ہے۔ قابل تبدیل مزاحمت پر نسب پیچ کو گھساتے ہوئے موازنہ کا کمپنی داخلي 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 اشارہ سی پائچ 0.5V حنارت کرے گا۔

موازنے کا اس وقت تک منقطع رہے گا جب تک درجہ حرارت 50°C کے کم رہے۔ جیسے ہی درجہ حرارت اس حد فسے تباہ کرے، موازنے کا 0V حنارت کرے۔ $v_0 = 0\text{V}$ حنارت کرتے ہوئے مشین کو منقطع کر دیگا۔

شکل میں دکھائے دسرے موازنے کا کوئی اسی طرح استعمال کیا گیا ہے۔ اس کا کمپنی داخلي سرے کو مقررہ میکانی دباؤ کے حد فس پر کھا جاتا ہے جبکہ اس کے مفہی داخلي 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 کا حنارتی اشارہ v_0 کو یونیچ کر بر قی زمین 0V پر لاتے ہوئے مشین کو منقطع کر دیگا۔

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



شکل ۱.۲۲: حسابی مفہی ایمپلیگیٹر کے سوالات

سوالات

سوال ۱.۱: شکل ۱.۲۲ میں

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

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

بیل۔

- کامل حسابی ایمپلیگیٹر تصور کرتے ہوئے ان قسم ادوار کے داخلی مزاحمت اور خارجی اشارے حاصل کریں۔
- غیر کامل حسابی ایمپلیگیٹر تصور کرتے ہوئے دوبارہ حاصل کریں۔ غیر کامل حسابی ایمپلیگیٹر کے صبوہ

$$A = 60000 \quad R_i = 100 \text{ M}\Omega \quad R_o = 200 \Omega$$

بیل۔

جوابات: داخلی مزاحمت: $0 \text{ k}\Omega, 10 \text{ k}\Omega$ اور 0Ω ؛

خارجی اشارہ: $-10 \text{ V}, -12 \text{ V}, -10 \text{ V}, -10 \text{ V}, -10 \text{ V}, -10 \text{ V}$ اور 0 V ۔

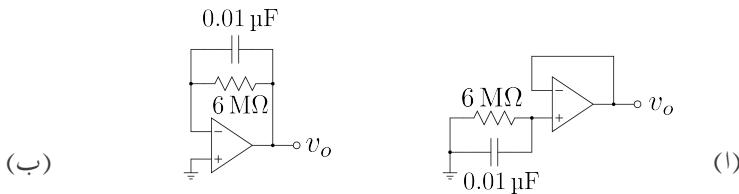
سوال ۱.۲: کامل حسابی ایمپلیگیٹر تصور کرتے ہوئے $10 \text{ M}\Omega$ سے کم مزاحمتیں کے استعمال سے صفحہ ۱۳ پر دیے شکل ۱.۷ کے طرز پر مفہی حسابی ایمپلیگیٹر تخلیق دیں۔

جوابات: $A_v = -25 \text{ V V}^{-1}$ کی صورت میں R_1 ، R_2 اور زیادہ سے زیادہ ممکن داخلی مزاحمت کیا ہوگی۔

جوابات: $A_v = -1000 \text{ V V}^{-1}$ کی صورت میں زیادہ سے زیادہ ممکن داخلی مزاحمت کیا ہوگی۔

جوابات: $R_1 = 400 \text{ k}\Omega, R_2 = 10 \text{ M}\Omega, R_o = 400 \text{ k}\Omega$ اور $R = 10 \text{ k}\Omega$ ، جنکے داخلی مزاحمت کیا ہوگی۔

سوال ۱.۳: $200 \text{ k}\Omega$ سے کم مزاحمت استعمال کرتے ہوئے $A_v = -1000 \text{ V V}^{-1}$ کا مفہی ایمپلیگیٹر بنانے سے زیادہ سے زیادہ ممکن داخلی مزاحمت صرف 200Ω حاصل ہوتی ہے۔ صفحہ ۱۹ پر دیے شکل ۱.۱۰ کے طرز پر ایمپلیگیٹر بنائیں جس کی داخلی مزاحمت زیادہ سے زیادہ ہو۔



شکل ۱.۸۳: حسابی ایمپلیفیٹر کے میلان برقی روکا حصول

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

سوال ۱.۸۳: حسابی ایمپلیفیٹر کی میلان برقی رو حاصل کرنے کی خاطر شکل ۱.۸۳ استعمال کیا جاتا ہے۔ کپیٹر کے استعمال سے برقی شور کا حق تھے ہوتا ہے۔

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

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

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

جو بات: 200 nA , 201.66 nA , 200 pA سروں سے باہر جانے، $15 \text{ M}\Omega$

سوال ۱.۵: عفت برخنز نے انحصاری گنگے کے آخوندی ایمپلیفیٹر کو استعمال کرتے ہوئے بر قی رو قلبے نگار^{۸۴} بنانے کا مجموعہ بنایا۔ پہلے مرحلے میں انہوں نے شکل ۱.۲۶.۱ میں $R_2 = 2.5 \text{ k}\Omega$, $R_1 = 250 \text{ }\Omega$, $R_3 = R_4 = 39 \text{ k}\Omega$ اور $R_5 = R_6 = 1 \text{ M}\Omega$ رکھ کر دائیں ہاتھ کی کلاںی کو v_1 جبکہ بائیں ہاتھ کی کلاںی کو v_2 کے ساتھ جوڑا۔ ایسا کرنے کی خاطر ہم موڑھے تار^{۸۵} استعمال کئے گئے جن کی بیرونی تابے کی چپا در کو دور کے بر قی زمین کے ساتھ جوڑا گیا تاکہ تار میں حساس اشارات پر بیرونی یا سندیدہ بر قی شور کے اثرات کم ممکن کرے جاسکیں۔ دیاں ٹنخے بھی بر قی زمین کے ساتھ جوڑا گیا جس سے 50 Hz کا بر قی شور نہیں ایت کم ہو جاتا ہے۔ حساس اشارات میں واپس اکے 50 Hz کا شور عموماً پایا جاتا ہے جس سے نیٹا پوری ہوتا ہے۔ انہوں نے دیکھا کہ v_o پر دل کی حصہ کن کی چوتھی 0.6 V تھی۔

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

- دل کا کون سا طرف دھڑکتے وقت ثابت بر قی 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 جیطے کو سوگن بڑھانے کی حفاظتی شکل ۱.۷ میں دکھائے۔ متنی حابی ایک پلینیاٹر استعمال کی جس میں $R_1 = 1\text{ k}\Omega$ اور $R_2 = 100\text{ k}\Omega$ رکھے گئے۔ بغیر زیادہ غور کئے لم بیٹھ^{۲۳} 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 بیٹھ میں غور سے دیکھتے ہوئے معلوم ہوا ہے کہ حنابی اشارے کی مثبت چھٹی 1.2 V جبکہ اس کی منفی چھٹی -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 وحہ کے پیدا ہوا ہو تو حابی ایک پلینیاٹر 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 وحہ سے حنابی اشارے میں 10 mV کا فرق 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 دباو کی وحہ سے ہے۔ استعمال کئے گئے حابی ایک پلینیاٹر کی داخنی انحرافی برقی دباو V_{OS} حاصل کریں۔

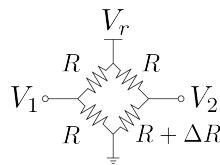
$$\text{جواب: } |V_{OS}| = 1.88\text{ mV} I_B = 100\text{ nA}, 990\text{ }\Omega, 0.2\text{ V}$$

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^{۲۴} استعمال کیا جاتا ہے جو درحقیقت ویٹھ سٹوئن چکور^{۲۵} پر مشتمل ہوتا ہے۔ ویٹھ سٹوئن چکور^{۲۶} لو شکل ۱.۷ میں دکھایا گیا ہے۔ عام صورت میں اس کے حباروں مزاحمت کی قیمت برابر R ہوتی ہے۔ وزن چکور سے اشارات V_1 اور V_2 حاصل کرتے ہوئے آلاتی ایک پلینیاٹر کو مہیا کئے جاتے ہیں جو ان میں نہایت باریک فرق $V_1 - V_2$ کو بڑھا کر حنابی کرتا ہے۔ ویٹھ سٹوئن چکور کو آلاتی ایک پلینیاٹر کے ساتھ جوڑ کر حنابی اشارہ v_0 کی مساوات میں دکھائی دیں۔ آلاتی ایک پلینیاٹر کو غصہ^{۲۷} پر شکل ۱.۸ میں دکھایا گیا ہے۔

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

oscilloscope^{۲۸}
load cell^{۲۹}
Wheatstone bridge^{۳۰}

^{۲۳} ویٹھ سٹوئن چکور کا نام چارس ویٹھ سٹوئن سے منوٹ ہے جس نے اس کا استعمال عام ہے۔



شکل ۱.۸.۲۳ سٹون چکور

کے برابر ہے۔ اس کو آلاتی ایکپلیناٹر کی افسناش 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 ۱.۸.۱: مثبت حسابی ایکپلیناٹر میں $R_1 = 1\text{ k}\Omega$ اور $v_s = 0.5\text{ V}$ رکھے گے۔ $R_2 = 14.7\text{ k}\Omega$ اشارہ پر $v_o = 7.85\text{ V}$ متوغ ہے۔ مزاحمتوں کے قیتوں میں $\pm 5\%$ عنطی کے نجباش کی صورت میں

• v_o کے تکمیل حدد حاصل کریں۔

• کل عنطی اصل جواب کے کتنے صد ہے۔

• اگر کل عنطی کو 5% سے کم رکھا جائے تو مزاحمتوں کے قیت میں زیادہ سے زیاد کتنے صد عنطی فتاہ برداشت ہوگی۔

جوابات: خارجی اشارہ $V = 7.15\text{ V}$ ۷ 8.62368 V ممکن ہے۔ زیادہ سے زیادہ v_o اس وقت حاصل ہو گا

جب R_2 کی قیمت 5% زیادہ اور R_1 کی قیمت 5% 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 $-9.99\text{ V V}^{-1} = \frac{v_o}{v_s}$ کاملاً حاصل ہوا ہے۔ کاملاً حسابی ایکپلیناٹر کا مساوی دور استعمال کرتے ہوئے حسابی ایکپلیناٹر کی A_d حاصل کریں۔

جوابات: $A_d = 10989\text{ V V}^{-1}$

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

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

سوال ۱.۱۱: ایک منقی حسابی ایکپلیناٹر جس کی $A_d = 60000\text{ V V}^{-1}$ ہو ظی خلے میں رہتے ہوئے 12 V خارج کر رہا ہے۔ کاملاً مساوی دور استعمال کرتے ہوئے منقی داخنی سرے پر برقی دباؤ حاصل کریں۔ اگر $A_d = 1000\text{ V V}^{-1}$ ہوتا تب جواب کیا ہوتا۔

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

$$\text{سوال ۱۲: } \text{لامدد} A_d \text{ کی صورت میں مقنی حسابی ایمپلیفائز کی } A_v = -\frac{R_2}{R_1} \text{ حاصل ہوتی ہے۔}$$

- مدد A_d کی صورت میں صفحہ ۹ پر شکل ۱.۵ میں دیے گئے کامل مساوی دور استعمال کرتے ہوئے A_v حاصل کریں۔

- لامدد A_d کے جواب کی نسبت سے A_v میں عنطی کافی صد حاصل کریں۔

$$\text{سوال ۱۳: } A_d \text{ کی صورت میں } \frac{R_2}{R_1} \text{ کی قیمت حاصل کریں جس پر } A_v \text{ میں عنطی } 0.1\% \text{ ہو۔}$$

- جس پر A_v بالکل برابر -50 VV^{-1} ہو۔ اگر ایمپلیفائز میں $R_1 = 180 \Omega$ پہلے سے نسب ہو تو R_1 کے متوازی کتنی مزاحمت جوڑنے سے بالکل عجج 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

$$\text{ظاہر ہے کہ } A_v = -9 \text{ VV}^{-1} \text{ سے زیادہ انسزاش پر فرق } 0.1\% \text{ سے زیادہ ہو گا۔ } R_1 = 179.9819 \Omega, 1.8 \text{ M}\Omega$$

- سوال ۱۴: صفحہ ۳۳ پر تکمیل کار کہا گیا ہے۔ اس میں $C = 0.01 \mu\text{F}$ اور $R = 14.7 \text{ k}\Omega$ ہے۔ حسابی ایمپلیفائز کی داخلی اخراجی برقی دباؤ $V_{OS} = 2 \text{ mV}$ ہونے کی وجہ سے حناری اشارہ صفر وولٹ سے کتنی دیر میں $V_{EE} = -12 \text{ V}$ یا $V_{CC} = 12 \text{ V}$ تک پہنچ جائے گا۔ اگر $C = 0.1 \mu\text{F}$ ہے تو جواب کیا ہو گا۔

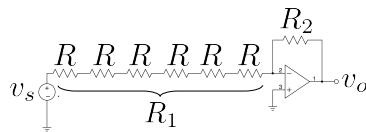
- جواب: $v_s = 0.882 \text{ s}^{-0.882}$ ۔ ان جوابات سے آپ دلچسپی میں کر دا خلی اشارے کی عدم موجودگی لعنتی ۰ کی صورت میں گمل کار صفر وولٹ خارج نہیں کرتا بلکہ حناری اشارہ مکمل بیت یا مکمل مقنی جواب پہنچ کی کوشش کرتا ہے۔ RC کی قیمت بڑھا کر v_o کی رفتار آہستہ کرتے ہوئے اس عمل کو دیکھنے کی وضاحت دوسری جزو میں کی گئی۔

- ایسا بدلتا دا خلی 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۔ تیجت گمل کار کا حناری اشارہ اوستا صفر وولٹ پر نہیں رہتا بلکہ اس کی بیت چوٹی چوٹی V_{EE} یا چوٹی چوٹی پر رہتے ہوئے یہ دا خلی اشارے کا گمل لیتا ہے۔

- سوال ۱۵: صفحہ ۵۵ پر عدد ۱۰ سے ماٹھ کار کہا گیا ہے۔ 15_{10} سردوں پر 12 V خارج کرنے کی حناطر R' کی قیمت حاصل کریں۔ اس صورت 9_{10} پر کتنی مسال برقی دباؤ خارج کیا جائے گا۔

- جواب: 15_{10} در حقیقت 11112_{12} کو ظاہر کرتا ہے۔ $R' = 1.28R$ در کار قیمت ہے۔ 9_{10} پر $v_o = 7.2 \text{ V}$ خارج کیا جائے گا۔

- سوال ۱۶: چپا لوٹریکسٹر پر بیٹھے ڈرائیور سے ٹو ڈی پر نشريات کی حناطر سوال و جواب کیا جاتا ہے۔ ٹریکسٹر کی شور کو حضم کرنے کی حناطر دو ماںکے کا استعمال کیا جاتا ہے۔ ایک ماںکے کو ڈرائیور کے منٹ سے دو فٹ کے فن صلے پر جبکہ دوسرے کو منٹ کے قدر تربیب رکھا جاتا ہے۔ دو ماںکے صرف ٹریکسٹر کا شور سنتے ہوئے v_{s1} اشارہ خارج کرتا ہے جبکہ قدر تربیب ماںکے ٹریکسٹر کے شور کے ساتھ ساتھ ڈرائیور کی گفتگو بھی حاصل کرتے ہوئے اشارہ



شکل ۱.۲۵: ای بلند بر قی در باو کے اشارے کا حصول

v_{s2} حنارج کرتا ہے۔ ڈیکسٹر 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 کار استعمال کرتے ہوئے شور سے پاک اشارہ حاصل کریں۔

جواب: تمام مزاحمت برابر قیمت کے رکھیں۔

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

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

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

اس اشارات حاصل ہوتے ہیں۔ حاصل تجویز کریں۔

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

سوال ۱.۱۷: لوہا گھلانے والی بھٹی تخلیق دیتے وقت معلوم ہوا کہ 3 kV سے زیادہ بر قی در باو پر مسائل پیدا ہوتے تھے۔ بر قی در باو کو 3 kV سے کم رکھتے کی حتی طور بر قی در باو کا اپنی اشارہ در کار ہے۔ واپس اشارے کو شکل ۱.۲۵ ای پیلی فائز میں $R_1 < R_2$ رکھتے ہوئے حاصل کیا جاتا۔ 3 kV پر 6 V - کا اشارہ در کار ہے۔ کسی بھی مزاحمت میں 30 mW سے زیادہ بر قی طاقت ضائع نہیں ہونا چاہئے۔

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

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

جوابات: 2.4 V اور 2 V

سوال ۱.۱۹: ممتنعیت پتھے اشارات ^{۸۸} کے دورانیہ ^{چوال} ^{۸۹} سے مراد اشارے کا 10% سے 90% چوٹی تک پہنچنے کا دورانیہ ہے۔ اسی طرح دورانیہ اترالیہ ^{۹۰} سے مراد اشارے کا چوٹی کے 90% سے 10% تک پہنچنے کا دورانیہ ہے۔

۵ V چوٹی اور $1 \mu\text{s}$ دوری عرصے^{۹۱} والا چکر اشارہ^{۹۲} مستحکم کارکوندراہم کیا جاتا ہے۔ دورانیہ چڑائی اور دارانیہ اترائی کا مجموعہ دوری عرصے کے ۵% سے کم ہونا دکار ہے۔ رفتار پالٹھ حاصل کریں۔

جواب: $160 \text{ V } \mu\text{s}^{-1}$

سوال ۱.۲۰: صفحہ ۳۵ پر جمیع و منفی کارکے بثتِ داخلی سروں سے جبڑے v_{j1} تا v_{js} کو قصر دو کرتے ہوئے مزاحمت R_{j1} کے داخلی سرے برتنی زمین کے ساتھ جوڑتے ہوئے دور کا خندagi اشارہ v_{om} حاصل کریں۔ اسی طرح منی داخلی سرے قصر دو کرتے 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 ۱.۵۵ حاصل کریں۔

سوال ۱.۲۱: لامددود A_d کی صورت میں **معکوم** کارکا خارجی اشارہ اس کے داخلی اشارے کے برابر ہوتا ہے۔ $A_d = 1000 \text{ V V}^{-1}$ اور $A_d = 10000 \text{ V V}^{-1}$ کی صورت میں خارجی اشارہ کتنی صد کمیا زیادہ ہو گا۔

جوابات: خارجی اشارہ $10 \times 9.999 \times 0.0999 \%$ فی صد کم ہو گا۔

سوال ۱.۲۲: منفی کارکر جمیع کار میں قسم مزاحمت برابر ہونے کی صورت میں v_1 کو صفر وولٹ کرتے ہوئے v_2 کو نظر آنے والا داخلی مزاحمت کیا ہو گا اسی طرح v_2 کو صفر وولٹ کرتے ہوئے v_1 کو نظر آنے والا داخلی مزاحمت کیا ہو گا۔ جواب غیر حساب و تاب کے ہتھ لائیں۔

جوابات: $R, R, 2R$ اور R, R, R

سوال ۱.۲۳: صفحہ ۳۸ پر منفی کارکیا گیا ہے۔ مساوات ۱.۵۳ اس کی خارجی مساوات ہے۔ داخلی اشارات

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

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

کے داخلی اشارات منفی کارکمیا کئے جاتے ہیں جیسا v_m کو مشترکہ اشارہ^{۹۳} جبکہ v_f کو تفرقہ اشارہ^{۹۴} کہتے ہیں۔ خارجی مساوات کو

$$(1.24) \quad v_o = A_{\text{قمر}} v_m + A_{\text{مشترک}} v_f$$

صورت میں لکھیں۔ مشترک افراش تسلیم تفرقہ افراش کو مشترکہ اشارہ رد کرنے کے صلاحیت^{۹۵} کیتے CMRR

time period^{۹۱}
square wave^{۹۷}
common mode signal^{۹۸}
differential mode signal^{۹۹}
common mode rejection ratio CMRR^{۹۵}

بیں۔ ثابت کریں کہ

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

کے برابر ہے۔

سوال ۱.۲۳: منفی کارہنستے وقت $\frac{R_2}{R_1} = \frac{R_3}{R_4}$ رکھا جاتا ہے جس سے اس کی مشترک اشارہ رد کرنے کے صلاحیت کی قیمت لامحدود حاصل ہوتی ہے۔ حقیقی مزاحمتوں کی قیمت ان کے پکارے گئے قیتوں سے اوپر بیچ ہوتیں ہیں۔ سوال ۱.۲۴ میں حاصل جواب کو استعمال کرتے ہوئے ثابت کریں کہ ایسی صورت میں کم سے کم مشترک اشارہ رد کرنے کے صلاحیت کی قیمت $\frac{A+1+\epsilon^2}{4\epsilon}$ کے برابر ہوگی جہاں $A = \frac{R_2}{R_1} = \frac{R_4}{R_3}$ کے برابر ہے اور مزاحمت کے قیتوں میں 5% غلطی کے لئے $\epsilon = 0.05$ ہوگا۔

سوال ۱.۲۴: $R_1 = R_3 = 1\text{k}\Omega$ اور $R_2 = R_4 = 21\text{k}\Omega$ کی صورت میں اگر مزاحمتوں کے قیتوں میں $\pm 0.1\%$ کی صورت میں جواب کیا ہوگا۔

جوابات: 5500، 110

سوال ۱.۲۵: $12\text{V} \mp 12\text{V}$ پر چلنے والے ایک حابی ایکلینیٹر کا حرارتی اشارہ $V = 10.5\text{V} - 10.5\text{V}$ بغیر بگوئے تبدیل ہو سکتا ہے اسے استعمال کرتے ہوئے $A_v = -40\text{VV}^{-1}$ کا منفی حابی ایکلینیٹر بنایا جاتا ہے۔ داخنی اشارے کی وہ چھٹی V_p حاصل کریں جس پر حرارتی اشارہ بگز جائے گا۔

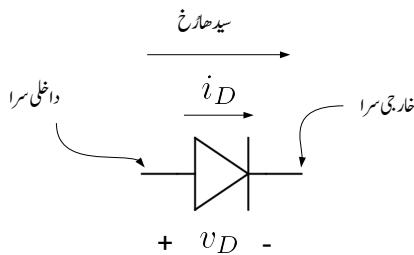
$$\boxed{|V_p| > 0.2625\text{V}}$$

باب ۲

ڈائیوڈ

السیکھ انکے پر زہ جبات میں ڈائیوڈ کا یہی معتمار رکھتا ہے۔ ڈائیوڈ کی علامت شکل ۱.۲ میں دکھائی گئی ہے۔ ڈائیوڈ کی خاصیت یہ ہے کہ اس کے دوسروں کے مابین، برقی رو صرف ایک رخ میں گز سکتی ہے۔ ڈائیوڈ کی علامت میں تیسرا نشان اسی رخ کو ظاہر کرتا ہے۔ اس رخ کو ڈائیوڈ کا سیدھا رخ کہتے ہیں۔ ڈائیوڈ کے دو اقسام سلیکان ڈائیوڈ اور جرمینیم ڈائیوڈ ہیں۔ سلیکان ڈائیوڈ کے خصوصیات جب میں ڈائیوڈ سے بہت بہتر ہیں۔ اسی لئے سلیکان ڈائیوڈ زیادہ مقبول ہیں۔ اس کتاب میں سلیکان ڈائیوڈ پر ہی تبصرہ کیا جائے گا۔ ڈائیوڈ کے دوسروں کے مابین برقی دباؤ v_D اور ڈائیوڈ میں سیدھے رخ برقی رو i_D کو تائپے 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 ۱.۲: ڈائیوڈ کی علامت

diode¹

اس مساوات میں حرارتی برقی دباؤ V_T کو

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

لکھتے ہوئے مساوات کو عسموماً یوں لکھا جاتا ہے

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

جہاں

I_S لبریٹی برقی روڑ

q الیکٹریک چارٹ بار C

k بولٹزمنن ہماستقل J/K

T کیلو ڈینیا ش حرارت

V_T حرارتی برقی دباؤ

n اخراجی جو چیز کی قیمت ایک تاریخی ہے۔ مختلط ادوار میں بنائے گئے ڈائیوڈ کا عسموماً $1 = n$ جبکہ انحرافی 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۔ پانیانے 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 سنتی گریند یا ڈگری سلیسیس 0°C میں ہے کو کیلوین K حرارتی پیمائش میں تبدیل کرتے ہیں۔ پوچھ کر $K = ^{\circ}\text{C} + 273$ 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 273 K 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 جسے عام زندگی کا راستہ 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 ڈیوڈ 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 ڈیوڈ جس کا $I_S = 5.1\text{ fA}$ کے برابر ہو کی برتنی دباؤ v_D ان برتنی دبوں i_D پر حاصل کریں۔

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

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

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

حل: مساوات ۲.۲ میں $n = 1$ اور $V_T = 25\text{ mV}$

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

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

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

مثال میں دئے ڈائیوڈ سے گزرتے شہت 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 ہوئی۔ یہ ایک نہایت اہم اور عمومی نتیجہ ہے جسے ہے استعمال کرتے ہم عام طور ایک ایسے سلیکان ڈائیوڈ جس میں سیدھے رخ برقی رو کا بیسا و ہو، کے دوسروں کے مابین برقی دباؤ کو ۰.۷ V ہی تصور کرتے ہیں یعنی

$$(2.4) \quad v_D = 0.7 \text{ V}$$

یہاں بتلاتا چلوا کہ سیدھے مائل جر میٹم ڈائیوڈ پر ۰.۲ V پائے جاتے ہیں۔

مادا ۲.۲ میں $I_S = 5.1 \times 10^{-15} \text{ A}$ لیتے ہوئے اسے شہت برقی دباؤ کے لئے شکل ۲.۲ میں گراف کیا گیا ہے جہاں اقتی محور پر v_D کو وولٹ میں اور عسمودی محور پر i_D کو آئپیر میں دکھایا گیا ہے۔ اس گراف کے واضح ہے کہ $v_D > 0V$ کے احاطے میں ڈائیوڈ سے گزرتی برقی رو متبل نظر انداز ہے۔ اگرچہ جب بھی $v_D > 0V$ ہو ڈائیوڈ کو سیدھا مائلہ "تصور کیا جاتا ہے، حقیقت میں ڈائیوڈ کو $0.5V < v_D < 0.7V$ کی صورت میں ہی چالوں" تصور کیا جاتا ہے۔ یوں $v_D = 0.5V$ کو ڈائیوڈ کی پاؤ برقی دباؤ "کہتے ہیں۔ چپا لوڈ ڈائیوڈ کی مادا ۲.۲ میں چونکہ

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

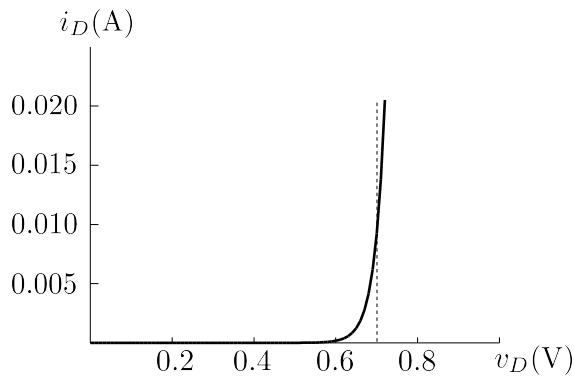
ہوتا ہے لہذا چپا لوڈ ڈائیوڈ کی مادا ۲.۲ میں یوں لکھی جا سکتی ہے۔

$$(2.7) \quad i_D \approx I_S e^{\frac{v_D}{V_T}}$$

شکل ۲.۲ میں ۰.۷ V پر نقطہ دار لکسیر لکھا کر اس بات کی وضاحت کی گئی ہے کہ سیدھے مائل ڈائیوڈ کی برقی دباؤ v_D تقریباً ۰.۷ V وولٹ رہتی ہے۔ ڈائیوڈ پر سیدھے رخ برقی دباؤ کو سیدھے رخ ڈائیوڈ پر برقی دباؤ کا گھٹاؤ کہتے ہیں جسے عسمودی چھوٹا کر کے سیدھا برقی دباؤ کا گھٹاؤ ایسا مزید چھوٹا کر کے صرف سیدھا گھٹاؤ کہتے ہیں۔ یوں ڈائیوڈ کا سیدھا گھٹاؤ تقریباً ۰.۷ V وولٹ تصور کیا جاتا ہے۔

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

germanium diode^۹
forward biased^{۱۰}
cut-in voltage^{۱۱}



شکل ۲.۲: سیدھے مائل ڈائیوڈ کا خط

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

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

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

حل:

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

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

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

مثال ۲.۳: I_S کی قیمت درجہ حرارت بڑھنے سے ۱۵% فی کیلوان بڑھتی ہے۔ 5°C درجہ حرارت بڑھنے سے I_S کی قیمت کتنی ہو جائے گی۔
 حل: درجہ حرارت 1°C بڑھنے سے نئی قیمت I_S $1.15I_S$ ہو جائے گی۔ مزید 1°C بڑھنے سے مزید $1.15 \times 1.15I_S$ کر جائیں گے۔ یعنی $1.15^2 I_S$ ہو جائے گی۔

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

ہو جائے گا۔

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

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

آپ نے مثال ۲.۲ میں دیکھا کہ منفی v_D کی صورت میں برقی روکی قیمت تقریباً I_S کے برابر ہوتی ہے جنی برقی روکاہی دیا ڈائیوڈ میں الٹے رخ کی جہالت ہے جبکہ اس کا کل متدار $|I_S|$ رہتا ہے۔ یاد رہے کہ I_S ایک نہایت چھوٹی متدار ہے جسے عومنما صفر ہی تصور کیا جاتا ہے۔ حقیقی ڈائیوڈ میں الٹے رخ برقی روکی قیمت I_S سے کم 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 الٹے رخ A^{-9} برقی روکی ممکن ہے۔ مزید یہ کہ اٹکے مائل کرنے والا برقی دیاہی الٹے رخ برقی روکی متدار پر انداز ہوتا ہے۔

الٹے رخ برقی روکا یہ ستر حصہ ڈائیوڈ میں الٹے رخ رتنا برقرار رہے جو ڈائیوڈ کے pn جوڑ کے رقبے کے ساتھ رہ راست تناسب رکھتا ہے۔ I_S بھی 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 الٹے رخ رتنا برقرار رکھتے ہے جو 10°C بڑھنے سے دگنا ہوتی ہے۔

جب ڈائیوڈ پر بیرونی لاگو برقی دیا ڈائیوڈ میں الٹے رخ برقی روگزارنے کی کوشش کرے ہم کہتے ہیں کہ ڈائیوڈ اٹا مائل^{۳۰} کی اگیا ہے اور اسی طرح بیرونی لاگو برقی دیا ڈائیوڈ میں سیدھے رخ برقی روگزارنے کی کوشش کرے تب ہم کہتے ہیں کہ ڈائیوڈ سیدھا مائل^{۳۱} کیا گیا ہے۔ شکل ۲.۲ میں ڈائیوڈ کا برقی دیاہ بالقابل برقرار رہنے والے خط^{۳۲} کا نقطہ کھیا لیا گیا ہے جس میں ڈائیوڈ کے سیدھے مائل اٹکے مائل خط دکھائے گئے ہیں۔ اس شکل میں بے قابل خط^{۳۳} بھی دکھایا گیا ہے جو مساوات ۲.۲ کے کسی صورت اخذ نہیں کیا جاسکتے۔

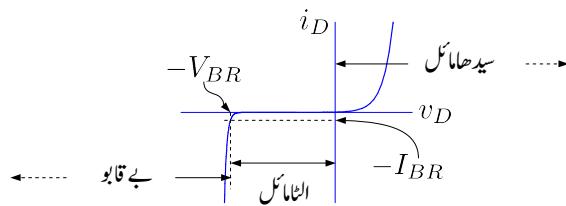
در اصل مساوات ۲.۲ حاصل کرتے وقت ڈائیوڈ کی کمی چیز گیاں نظر انداز کی گئیں اور یوں اگر چہ یہ مساوات سیدھے مائل ڈائیوڈ کی کارکردگی کو بہت بہتر بیان کرتا ہے، الٹے مائل ڈائیوڈ کی کارکردگی کو یہ پوری طرح صحیح بیان نہیں کرتا اور ڈائیوڈ کے بے قابل خط کو سراہر خط کر جاتا ہے۔ بے قابل خط پر آگے تبصرہ کیا جائے گا۔ یہاں صرف اتنا بتانا ضروری ہے کہ اگر ڈائیوڈ پر الٹے رخ برقی دیاہ لاگو کر کے اسے اٹکے مائل کیا جائے تو ڈائیوڈ اس برقی دیاہ کو برداشت کرتا ہے اور الٹے رخ برقی رو نہیں گزرنے دیتا۔ اگر اس اٹکے مائل کرنے والے برقی دیاہ کو برداشت رجڑھائی جائے تو آخیر کاری ڈائیوڈ کے برداشت کے حد سے تجاوز کر جائے گا اور ڈائیوڈ کی دم الٹے رخ بے قابل خط کو برقی روگزارنے والے

reverse leakage current^{۱۷}

reverse biased^{۱۸}

forward biased^{۱۹}

breakdown region^{۲۰}



شکل ۲.۳: ڈائیڈ کا برقی دباؤ بال مقابلہ برقی روکاخط

گل جس برقی دباؤ پر ایسا ہوا سے ڈائیڈ کی مقابلہ برداشتی اللٹ برقی دباؤ^{۱۰} V_{BR} کہتے ہیں۔ اگرچہ گراف میں ناتابل برداشت برقی دباؤ منفی محور پر ہے، اس کی قیمت ثابت لکھی اور پڑھی جاتی ہے۔ مختلف ڈائیڈ کی ناتابل برداشت برقی دباؤ مختلف ہوتی ہے اور یہ چند ولٹ سے ہزاروں ولٹ تک ممکن ہے۔

شکل ۲.۲ میں دکھائے تین خطوں کی نشاندہی یوں کی جاتی ہے۔

$$\bullet \text{ سیدھا مائل } 0 < v_D <$$

$$\bullet \text{ الٹا مائل } -V_{BR} < v_D < 0$$

$$\bullet \text{ بے قابو } v_D < -V_{BR}$$

ڈائیڈ 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 ڈائیڈ میں سیدھے رخ برقی روکی قیمت تبدیل نہ کرتے ہوئے درج ہے ہمارات بڑھایا جائے تو مساوات ۲.۲ میں V_T کی وجہ سے ہم موقع کرتے ہیں کہ ڈائیڈ پر برقی دباؤ کی قیمت بھی بڑھے گی۔ جیسا کہ شکل ۲.۲ میں دکھایا گیا ہے، حقیقت میں ایسا نہیں ہوتا اور ہم دیکھتے ہیں کہ برقی رو بدلے بغیر، $C = 1$ درج ہے ہمارات بڑھانے سے ڈائیڈ پر برقی دباؤ کی قیمت 2 mV گھٹتی ہے۔ دراصل درج ہے ہمارات بڑھانے سے I_S کی قیمت بھی بڑھتی ہے اور I_S کا اثر V_T کے اثر پر عالی ہے۔ مزید یہ کہ حقیقت میں اٹھے رخ برقی روکی مقدار اٹھے رخ برقی دباؤ کی قیمت بڑھانے سے معمولی بڑھتی ہے۔ درج ہے ہمارات کے ساتھ ڈائیڈ پر برقی دباؤ کی قیمت کی تبدیلی کو برقراری میں بروئے کار لایا گیا ہے۔

مثال ۲.۵: میں نے لاہور میں خوکرنیا زیگکے معتام پر واقع عطا گروپ آف انڈسٹریز^{۱۸} میں کام کرتے ہوئے قوی بر قیات^{۱۹} کے میدان میں ۱۰۰ kW ۱.۵ MW کے لوہا گھانے کی بھیں^{۲۰} بنائیں۔ قوی بر قیات میں

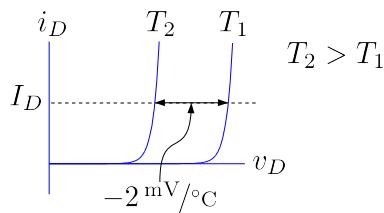
^{۱۱} reverse breakdown voltage

^{۱۲} thermometer

^{۱۳} Atta group of industries

^{۱۴} power electronics

^{۱۵} induction furnaces



شکل ۲.۳: برقی دباؤ بال مقابل درجہ حرارت

ہزاروں ایمپیر 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 دباؤ گزرنے سے ڈائیوڈ کی اندر ویٰ درجہ حرارت میں کتنا اضافہ پیدا ہوا۔
- گرم ہونے کے بعد ڈائیوڈ میں برقی طاقت کا ضیاء حاصل کریں۔
- فوٹوٹریکٹیک کے ضیاء سے درجہ حرارت میں اضافے کو ڈائیوڈ کا حرارتی مقاومت میں حاصل کریں۔

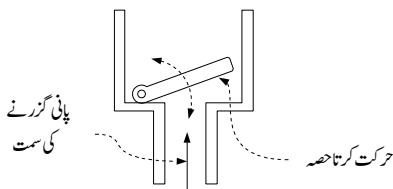
حل:

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

۲.۱ کامل ڈائیوڈ

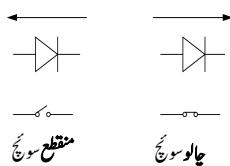
ڈائیوڈ سمجھنے کی خاطر ہم کامل ڈائیوڈ کی بات کرتے ہیں۔ کامل ڈائیوڈ^{۲۲} حقیقت میں نہیں پیلا جاتا مگر اسے سمجھنا آسان اور اسے سمجھ کر اصل ڈائیوڈ کی کارکردگی سمجھنا زیادہ آسان ہوتا ہے۔

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



شکل ۲.۵: پانی کے پانچ پر نسب وابو

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



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

شکل ۲.۶: ڈائیوڈ بطور برقی سوچ

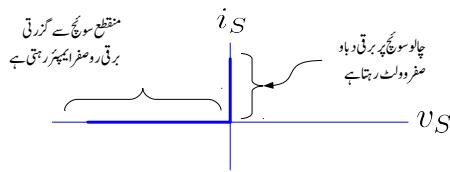
ڈائیوڈ کی کارکردگی دل کے والوں کی مانند ہے۔ دل کا والوں کو صرف ایک حباب گزرنے دیتا ہے۔ اسی طرح ڈائیوڈ برقی رو کو صرف سیدھے رنگ گزرنے دیتا ہے۔ شکل ۲.۵ میں پانی کے پانچ پر نسب والوں کا یہ گزرا ہے جس کی کارکردگی شکل سے تی واثق ہے۔

برقی نظم نظر سے کامل ڈائیوڈ کا ایک ایسا خود کار برقی سوچ ۲۳ تصور کیا جاسکتا ہے جو ڈائیوڈ میں سے گزرا 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 گزرا ممکن نہیں ہوتا۔ شکل ۲.۶ میں ایسا دکھایا گیا ہے۔ اس سوچ کا خط شکل ۲.۷ میں دکھایا گیا ہے۔ اس شکل کا ڈائیوڈ کے خط کے ساتھ موازنہ کریں۔ اگر ڈائیوڈ کے ۰.۷V کو نظر انداز کیا جائے تو یہ دونوں خطوط یکساں معلوم ہوتے ہیں

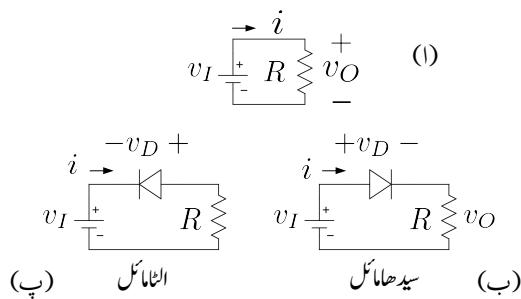
۲.۲ ڈائیوڈ کے چند ادوار

شکل ۲.۶ میں تین ادوار دکھائے گئے ہیں۔ شکل اف میں برقی رو ۱A، گھنٹی کی سمت میں برقی رو ۰.۷A 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 ۰.۷A کی سمت شکل ۱.۲ میں دکھائے ڈائیوڈ کے سیدھے رنگ کی حباب ہے جبکہ شکل پ میں برقی رو ۰.۷A کی سمت ڈائیوڈ کی الٹی رنگ کی حباب ہے۔ یوں

valve^{۱۱}
switch^{۱۱}
switch OFF^{۱۲}



شکل ۷: ڈائیوڈ سوچ کا خط



شکل ۸: سیدھا نامکل ڈائیوڈ اور الٹا نامکل 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 مامکل کرتا ہے کہ یہ برقی رو کو سیدھے رخ گزرنے دے۔ ہم کہتے ہیں کہ ڈائیوڈ سیدھے رخ مائلہ کیا گیا ہے یا کہ ڈائیوڈ سیدھا مائلہ کیا گیا ہے۔ اس کے بر عکس شکل پ میں برقی دباؤ v_I ڈائیوڈ میں اٹھے رخ برقی رو گزارنے کی کوشش کرتا ہے۔ اس صورت میں ہم کہتے ہیں کہ ڈائیوڈ اٹھے رخ مائلہ کیا گیا ہے یا کہ ڈائیوڈ اٹھا مائلہ کیا گیا ہے۔ ڈائیوڈ کے سیدھے مائل حالت کو چالو حال جبکہ اس کے اٹھے مائل حالت کو مفتوح حال بھی کہتے ہیں۔ شکل ب کے لئے کرخونے کی مساوات برائے برقی دباؤ لکھتے ہیں۔

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

forward biased^{r1}
reverse biased^{r2}

مثال ۲.۶: شکل ۸.۲ ب میں مزاحمت 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 روحاں مصل 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 ۸.۲ 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 دباؤہ 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 روہ کی قیمت پر حتاط خواہ اثر نہیں پڑتا جبکہ $v_I = 1.2\text{ V}$ کی صورت میں اس کے شمولیت سے برقی روہ کی قیمت آدھے سے بھی کم ہو جاتی ہے۔ اس سے ظاہر ہوتا ہے کہ v_D کو ہر جگہ نظر انداز نہیں کیا جا سکتا۔

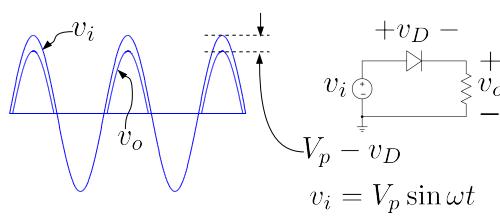
۲.۳ بدلتا دباؤ سے یک سمت دباؤ کا حصول (سمت کاری)

۲.۳.۱ نصف لہر سمت کاری

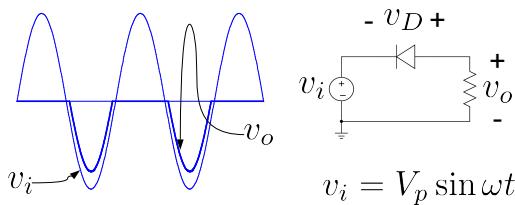
شکل ۹.۲ میں بدلتا داخنی برقی دباؤ $v_i = V_p \sin \omega t$ کے مثبت حصہ ڈائیوڈ کو سیدھا مائل کرتے ہیں۔ یوں اس دوران

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

ہوتا ہے جہاں سیدھے مائل ڈائیوڈ پر برقی دباؤ کو تقریباً 0.7 V لیا گیا ہے۔ اس کے بر عکس v_i کے منفی حصہ ڈائیوڈ کو اٹھا مائل کر کے منتفع کر دیتے ہیں اور یوں اس دوران $v_o = 0\text{ V}$ ہوتا ہے۔ شکل ۹.۲ میں v_i اور v_o بھی گراف کئے گئے ہیں۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ v_o کی چوٹی سے چوٹی سے تقریباً 0.7 V کم ہے۔ عمومی استعمال میں v_i کی چوٹی کی قیمت 0.7 V سے اگلے گانز یادہ ہوتی ہے اور یوں v_o کے چوٹی کو v_i کے چوٹی کے برابر ہی تصور کیا جاتا ہے۔ اس دور کی مدد سے بدلتا داخنی برقی دباؤ جو مثبت اور منفی حصوں پر مشتمل ہے اے ایک ایسی حنارتی برقی دباؤ حاصل کی گئی ہے جس میں داخنی برقی دباؤ کے صرف مثبت حصے موجود ہیں۔ بدلتا برقی دباؤ سے نصف لہر کی یک سمت برقی دباؤ کے حصوں کو نصف لہر سمت کاری^{۲۸} کہتے ہیں۔ یوں شکل ۹.۲ میں دو کو نصف لہر سمت کاری کہتے ہیں۔



شکل ۲.۹: نصف لہر مثبت سمت کار



شکل ۲.۱۰: نصف لہر منفی سمت کار

نصف سمت کا جسے عام نہم میں آدھا ریکٹیفیفار ۳۰ کہتے ہیں ایک انتہائی اہم دور ہے جسے استعمال کرتے ہوئے کئی ادوار مثلاً منفی برقی دباؤ، بیسٹری چارج برقی دباؤ اور غیرہ بنائے جاتے ہیں۔ شکل ۲.۱۰ میں ڈائیوڈ کو وفتدر مخفف 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۔ پوں حنارتی 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 $50 \text{ Hz} \pm 15 \text{ V}$ جیلے کا مستطیل داخنی اشارہ منراہم کیا جاتا ہے جس کے مثبت اور منفی حصے برادر دراٹنیے کے ہیں۔ بوجھ $R_L = 100 \Omega$ جبکہ $C = 100 \mu\text{F}$ ہیں۔ حنارتی برقی دباؤ بلدر ہوتا ہے۔ اس میں بلٹ ۳۳ کی مقدار حاصل کریں۔ ڈائیوڈ پر برقی دباؤ کے گھنے کو نظر انداز کریں۔ حنارتی برقی دباؤ میں بلٹ کو ۱V سے کم رکھنے کی خاطر درکار کپیٹر کی قیمت حاصل کریں۔ حل: شکل ۲.۱۱ الف میں صورت حال دکھائی گئی ہے جہاں حنارتی برقی دباؤ کا بلدر ہونا واضح ہے۔ داخنی برقی دباؤ منفی

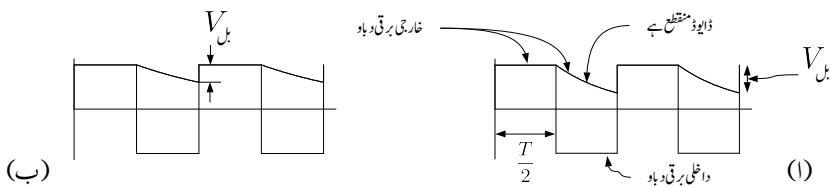
half wave rectifier^{۳۰}

voltage source^{۳۱}

^{۳۲}موہاں فون ریمنے والے بیسٹری چارج سے نوبلی آگہ ہوں گے پوکدہ بیسٹری بھسنے کے لئے ان کی ضرورت پڑتی ہے۔

half wave negative rectifier^{۳۳}

ripple^{۳۴}



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 حرفاً درس ملی سینٹڑے نکالی کے بعد $14 = 15 - 1 = 14 \text{ V}$ درکار ہے۔ یوں

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

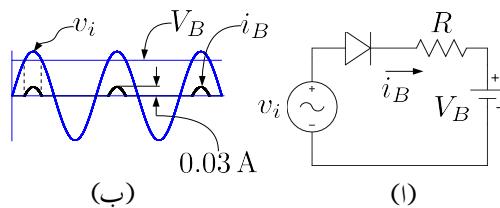
$$C = 1449 \mu\text{F}$$

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

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

مثال ۲.۸: شکل ۲.۲-۱ 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 چارج بر

چارج بر کی برقی رو v_B حاصل کر کے گرفت کریں۔ مزاحمت 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 گزرے گی۔ جیسے ہی v_i کی قیمت 12 V کے تجاوز کرے ڈائیوڈ سیدھا مائل ہو کر برقی رو گزارے گا اور اس دوران D کو نظر انداز کرتے ہوئے مزاحمت پر اور ہم کے فتنوں سے ہم لکھ سکتے ہیں۔

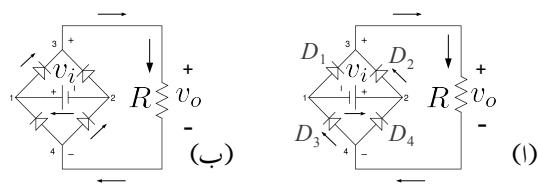
$$i_R = i_B = \frac{v_i - V_B}{R} = \frac{15 \sin 100\pi t - 12}{100} = 0.15 \sin 100\pi t - 0.12$$

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 کی گیا۔

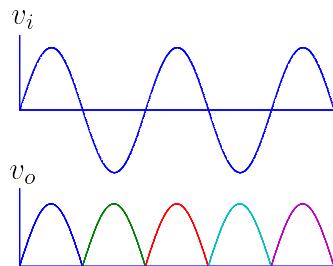
$$0.15 \sin \frac{\pi}{2} - 0.12 = 0.15 - 0.12 = 0.03 \text{ A}$$

۲.۳.۲ مکمل لہر سست کاری

شکل ۲.۱۳ میں مکمل لہر سست کار ۲ دکھایا گیا ہے۔ اس دور میں چار ڈائیوڈ مسربع کی شکل میں جوڑے گے ہیں اور دور کو v_i بطور بدلہ داخنی برقی دباؤ میا کیا گیا ہے۔ دور کی کارکردگی سمجھنے کی خاطر شکل ۲.۱۳.۲ پر تو جب رکھیں۔ v_i کی قیمت مثبت ہونے کی صورت میں منبع برقی دباؤ کے بثت (+) سرے سے برقی رو باہر 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



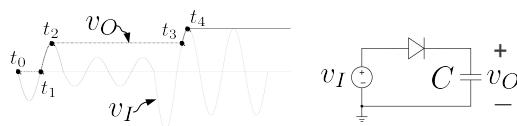
شکل ۲.۱۳: مکمل لہر سمت کار کے داخنی اور خارجی خط

حال رہے گا۔ بر قی رو D_2 سے خارج ہو کر چونکہ D_1 میں اٹی جانب نہیں گزر سکتی لہذا یہ مزاحمت R میں داخل ہو گی۔

اسی طرح منع بر قی دباد کے منفی سرے سے بر قی روکی راہ معلوم کرنے کی خطا مرہم دیکھتے ہیں کہ منع بر قی دباد کے منفی (—) سرے پر بر قی روکنے کی جانب ہوگی۔ یہ بر قی روصرف D_3 کے راستے ہی ممکن ہے چونکہ D_1 میں اٹی بر قی روکا گز ناممکن ہے۔ ہم دیکھتے ہیں کہ مشتبہ بر قی دباد کی صورت میں بر قی روڈا یو D_2 اور D_4 سے گزرتی ہے جبکہ ڈا یو D_1 اور D_3 مقطوع رہتے ہیں۔ اس دوران میں بر قی روکی سمت شکل میں دکھائی گئی ہے۔

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

یوں جیسا شکل ۱۲.۲ میں دکھایا گیا ہے، بدلتے داخلی دباؤ v_7 کی قیمت مثبت یا منفی ہو، مزاحمت پر برقراری دباؤ v_0 ثابت ہی رہتا ہے۔ چونکہ v_0 کی سمت تبدیل نہیں ہوتی لہذا یہ یک سمت برقراری دباؤ ہے۔



شکل ۱۵.۲: چوٹی حاصل کار

۲.۳ چوٹی حاصل کار

شکل ۱۵.۲ 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 ۰.۷ گھنے کو نظر انداز کرتے ہوئے چوٹی حاصل کار کی کارکردگی پچھیوں ہے۔ وقت $t = 0$ پر v_I چالو کیا جاتا ہے۔ لمحے t_0 یعنی $t = 0$ پر داخنی برقی دباؤ V_I اور حسارتی برقی دباؤ v_O دونوں صفر وولٹ کے برابر ہیں۔ لمحے t_0 سے لمحے t_1 تک داخنی برقی دباؤ ڈائیوڈ کو الٹ مائل کرتے ہوئے منقطع رکھتا ہے اور یوں اس دوران v_O صفر رہے گا۔ لمحے t_1 سے لمحے t_2 تک دخانی برقی دباؤ V_I خوش اسلوبی سے داخنی برقی دباؤ v_I کی پیروی کرتے ہوئے کپیسٹر کو بھرتا ہے۔ اس دوران دور میں برقی روکی مسافت مندرجہ ذیل ہے۔

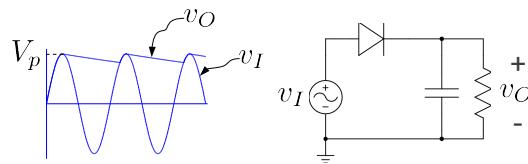
$$i = C \frac{dv_O}{dt}$$

لمحے t_2 کی قیمت کم ہوتا 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 کا کوئی راستہ موجود نہیں ہوتا لہذا کپیسٹر پر برقی دباؤ برفتار رہتا ہے جسے افتنی لکیر سے دکھایا گیا ہے۔ لمحے t_3 کی قیمت کپیسٹر پر پائے جانے والے برقی دباؤ سے بڑھ گیا ہے۔ یوں ڈائیوڈ ایک مرتبہ پھر سیدھا مائل ہوتے ہوئے چالو صورت اختیار کر لیتا ہے۔ لمحے t_3 سے لمحے t_4 تک دباؤ v_I کی پیروی کرتا ہے۔ لمحے t_4 کے بعد کپیسٹر پر برقی دباؤ تبدیل نہیں ہوتا۔ اس تحفظی سے واضح ہے کہ دور داخنی اشارہ کی چوٹی حاصل کر کے اس پر برفتار رہتا ہے۔ اسی لئے اسے بیتے چوٹی حاصل کار کرتے ہیں۔ اگر اس دور میں ڈائیوڈ کی رفتاری اس اشارہ v_O مخفی چوٹی حاصل کرے گا اور یوں اس دور کو منفعتی چوٹی حاصل کار کہا جائے گا۔

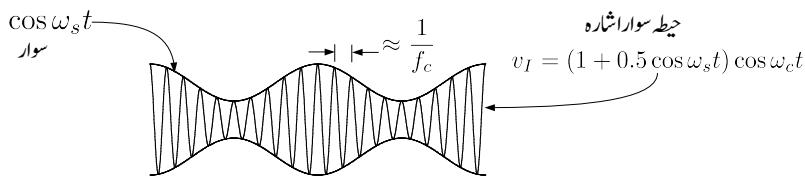
۲.۴ جیطہ اتار کار

بیتے چوٹی حاصل کار میں کپیسٹر کے موازی مزاحمت جوڑنے سے جیطہ اتار کار ۲۹ حاصل ہوتا ہے جسے شکل ۱۶.۲ میں دکھایا گیا ہے۔ جیسا کہ آپ دیکھ سکتے ہیں چوٹی V_p کے فوراً بعد داخنی برقی دباؤ گھستتا ہے جبکہ خنجری جانب

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



شکل ۲.۱۶: جیٹ اتار کار



شکل ۲.۱۷: جیٹ سوار اشارہ

کپیٹر ای چوٹی پر رہ جاتا ہے۔ اس سے ڈائیڈ اسماں ہو جاتا ہے اور اس میں سے برقی روکا گز ناممکن ہو جاتا ہے۔ ڈائیڈ کو منقطع تصور کریں تو ہمارے پاس بارے بھروسہ اشارہ 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 پھر v_O مقتدار سے تجاوز کر جائے، اسی لمحے ڈائیڈ وبارہ سیدھا مامکن ہو کہ کپیٹر کو دباؤہ بھروسہ 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 چوٹیوں کے برابر برقی دباؤ ہے جو دراصل v_O ہی ہے۔ یوں اصل اشارہ دباؤہ حاصل ہوتا ہے۔ کسی بھی اشارہ یعنی اطلاع v_S کو ایک جگہ سے دوسری جگہ مقتول کرنے کی حراظر اسے بند تعدد کے سائے نہ اشارہ v_S کے جیٹ پر جیٹ سوار کار کی مدد سے سوار کیا جاتا ہے۔ مقتول کے مقام پر پہنچنے کے بعد جیٹ سوار اشارے سے جیٹ اتار کار کی مدد سے اصل اشارہ یعنی اطلاع v_S کو دباؤہ حاصل کیا جاتا ہے۔ v_S کے جیٹ پر سوار کرنے سے مسراو v_C کے جیٹ کو v_S 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۔ جیط سوار اشارہ حاصل کرنے کی خاطر v_s اور v_c کو جیط سوار کارے گزارا جاتا ہے 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 امیں دکھایا گیا ہے کو جیط سوار اشارہ^{۳۵} v_I کہتے ہیں۔ v_I کے دو متوالی پچھوٹیوں کے درمیان جیط اتار کارے کے پیسٹر پر بر قی دباو گھشتاتا ہے۔ یہ وقف تقریباً $\frac{1}{f_c}$ کے برابر ہے ہے استعمال کرتے ہوئے مساوات ۹.۲ سے ممکنہ مکارانہ کی مدد سے وقف کے آخوند میں بر قی دباو

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

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

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

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

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

ہے۔ جیط اتار کار میں RC کو یوں رکھا جاتا ہے کہ بھیگے گئے اشارے v_s میں زیادہ سے زیادہ تبدیلی کو بھی کپڑا جا سکے۔ v_s میں تبدیلی کی شرح

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

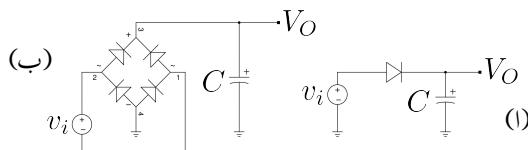
ہے جس کی زیادہ سے زیادہ قیمت $\omega_s t = \frac{n\pi}{2}$ پر حاصل ہوتی ہے جہاں $n = 1, 3, 5, \dots$ یہ قیمت

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

ہے۔ اس زیادہ سے زیادہ داخلی اشارے کے تبدیلی کی شرح کو جیط اتار کار کے 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 ۱۲.۲ میں استعمال کرتے ہوئے یوں

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

modulating frequency^{۳۶}
modulating wave^{۳۷}
carrier frequency^{۳۸}
AM signal^{۳۹}



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 ۲.۶ االف میں دکھایا گیا ہے۔ اس پر کپیسٹر کے متوازنی برقی بوجھ لادا جاتا ہے جسے عموماً R_L سے ظاہر کیا جاتا ہے۔ منبع برقی دباؤ یعنی طاقت کے منبع کو گھریلو بجلی یا صنعتی بجلی فراہم کرتے ہوئے یک سمت برقی دباؤ یکتی V حاصل کیا جاتا ہے۔

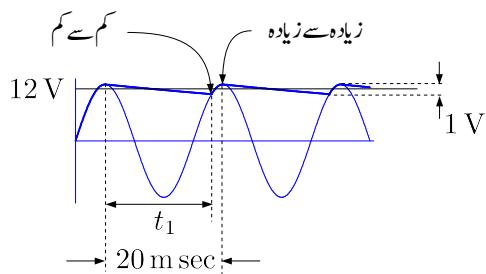
بے بوجھ منبع برقی دباؤ کی کارکردگی بالکل چوٹی حاصل کارکی طرح ہے جبکہ برقی بوجھ سے لدے منبع برقی دباؤ کی کارکردگی جیطہ اتنا کار کی طرح ہے۔ البتہ منبع میں ہماری کوشش ہوتی ہے کہ یکتی V میں بلور کم کم ہوتا کہ اسے یک سمت برقی دباؤ کے طور استعمال کرنا ممکن ہو۔ منبع برقی دباؤ اپنے قدرتی آلی یا شیمن میں پایا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

چونکہ منبع برقی دباؤ داخلی طاقت 50 Hz کے سائنس نما v_i سے حاصل کرتا ہے لہذا C بھی اسی تعداد سے بھرتا ہے۔ v_i کے دو چوٹیوں کے مابین $= \frac{1}{50}$ (یہ میں ملی سینکڑا) کے وقٹے کے دروان R_L کو کپیسٹر C طاقت میا کرتا ہے۔

مثال ۲.۹: ایک عدد 12 V کا منبع برقی دباؤ درکار ہے جس سے 6 k Ω داخلی مسازاحت کے برقی بوجھ کو طاقت مہیا 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 ۲.۹ میں ان معلومات کو دکھایا گیا ہے۔ کپیسٹر t_1 دورانیہ کے لئے برقی بوجھ کو طاقت فراہم کرتا ہے اور یوں اس دوران اس سے بار کی دکاںی ہوتی ہے۔ البتہ t_1 کو دو چوٹیوں کے درمیان وقٹے کے برابری عموماً تصور کیا جاتا ہے۔ یوں $20 \text{ ms} = t_1$ لیا جاتا ہے۔

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



شکل 2.19: مثال منبع برقی دباؤ

ملی سینکڑ ہے۔ اس دورانیہ میں کپیٹر پر برقی دباؤ 12.5 V سے گھٹ کر 11.5 V رہ جاتا ہے یوں

$$11.5 = 12.5 e^{-\frac{0.02}{6000C}}$$

$$C = 39.98 \mu\text{F}$$

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 دباؤ اس سے 0.5 V کم یا زیادہ ہو سکتا ہے۔ یوں برقی بوجھ میں بلٹ ۰.۵ V یا ۱ V کے برابر ہے جبکہ زیادہ سے زیادہ برقی دباؤ 12.5 V اور کم سے کم برقی دباؤ 11.5 V ہے۔ بارہ ولٹ پر R_L میں $\frac{12}{6000} = 2\text{ mA}$ جبکہ زیادہ سے زیادہ برقی دباؤ پر 2.08333 mA اور کم سے کم برقی دباؤ پر $\frac{12.5}{6000} = 1.9167\text{ mA}$ کا برقی رو گز رے گا۔ برقی دباؤ کے تبدیلی سے برقی رو کے 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۔ جس اور کاریکے 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 فتاور لکھنا ممکن ہے۔

مشق ۲.۲: mA 10 کے برقی بوجھ کو حپلانے کی حنا طریقہ 5 کی منع برقی دباؤ درکار ہے جس میں $\pm 0.1 \text{ V}$ سے کم ہونا ضروری ہے۔ کپیسٹر کی قیمت حاصل کریں۔ اس قسم کی منع برقی دباؤ اور برقیاتی ادوار کو حپلانے کی حنا طریقہ عموماً درکار ہوتی ہے۔

جواب: $1000 \mu\text{F}$

مندرجہ بالامثال کو مد نظر رکھتے ہوئے ہم دیکھتے ہیں کہ شکل ۱۸.۱ 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 کامل سست کار استعمال کیا گیا ہے۔ کامل سست کار میں کپیسٹر ہر 10 ms بھر اجاتے گا شکل ۱۸.۲ کو شکل ۱۸.۲ ب کے لئے حل کرتے ہوئے $t_1 = 10 \text{ ms}$ لیا جائے گا جس سے $C = 20 \mu\text{F}$ حاصل ہوتا ہے۔ کامیل ڈائیوڈ تصور کرتے ہوئے خنجری برقی دباؤ کی زیادہ سے زیادہ قیمت V_p جبکہ اس میں کل بڑھتے ہوئے ΔV لکھتے ہوئے

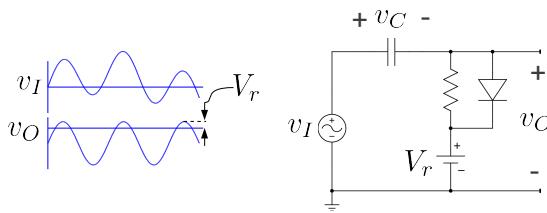
$$(2.13) \quad V_{\text{یکمی}} = V_p - \frac{\Delta V}{2}$$

حاصل ہو گا۔

۲.۶.۱ برقیاتی شکنخہ

عموماً برقیاتی اشارات مطلوب جگہ تک پہنچنے کا نتیجہ 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 رومقنا طیس پیدا کرتی ہے اور بدلات مقنٹ طیس میں ان برقی دباؤ کو جسم دیتا ہے۔ یوں اگر باریکے اشاراتی تاروں کے متریب عام استعمال کے گھریلو یا صنعتی بجگی کے تار گزرس تو ان میں بدلت برقی رو باریکے اشاراتی تاروں میں برقی دباؤ پیدا کرتا ہے جس سے اشارہ کا جیٹ متناہی ہوتا ہے۔ شکل ۲.۲ میں اشارہ v_I کا جیٹ یوں متناہی ہوا دکھایا گیا ہے۔ یہ اشارہ دراصل سائنس کل شکل کا حصہ لیکن یہاں تک پہنچتے پہنچنے اس کا یہ حال ہو چکا ہے۔ شکل ۲.۲ میں دکھایا دوڑ اشارہ کے مثبت جیٹ کو V_r کی قیمت پر زبرد سقیر کرتا ہے جس سے اشارہ کی اصل صورت رونما ہو جاتی ہے۔ گویا یہ دور اشارہ کے جیٹ کو شکنجه میں پکڑ رکھتا ہے۔ اسی سے اس دور کا نام بر قیلہ شکنجه^{۵۴} نہ کلائے ہے عسو ما چھونا کر کے صرف شکنجه کہتے ہیں اس دور کی کارکردگی پچھلے حصے میں دکھلائے دور کی طرح ہے۔ اسے سمجھ کی حنا طسر ڈائیوڈ کا مسل ڈائیوڈ اور مزاہم R کو لامدہ و تصور کریں۔ یہ بھی تصور کریں کہ داخلی اشارہ v_I کے جیٹ v_p کی مقدار حنارجی جانب حبڑے، سیڑھی کی برقی دباؤ V_r سے زیادہ ہے۔

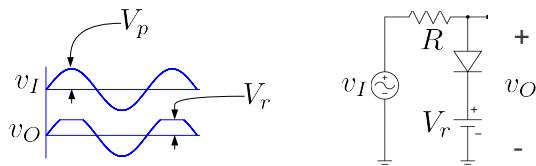
حنارجی جانب کی برقی دباؤ v_O پر غور کرنے معلوم ہوتا ہے کہ یہ کسی صورت V_r سے تحبوز نہیں کر سکتا یوں کہ جب بھی v_O کی مقدار V_r سے تحبوز کرے، ڈائیوڈ سیدھا مائل ہو جائے گا۔ سیدھے مائل ڈائیوڈ کی صورت میں v_O اور V_r برابر ہیں گے۔ کر خوف کے قانون بر قی برقی دباؤ کے تحت سیدھے مائل ڈائیوڈ کی صورت میں

$$v_I = v_C + v_D + V_r$$

ہو گا۔ داخلی برقی دباؤ کے چھٹی پر v_D کو صفر ولوٹ 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 مثبت جیٹ کو V_r سے تحبوز کرنے سے روکتا ہے۔ جیس کہ پہلے ذکر ہوا اصل استعمال میں داخلی اشارہ کا جیٹ 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 متوازی مزاہم R نسب کی گئی ہے تاکہ اس کے راستے کپیسٹر کا بار حنارج ہو سکے اور یہ بعد میں آنے والی کم چھٹی کو بھی وقف ہو کر سکے۔



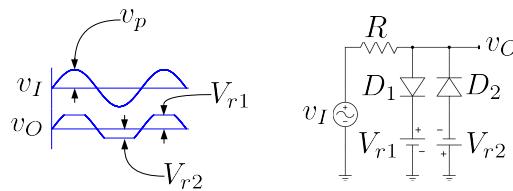
شکل ۲.۲۱: یک طرف تراش

۲.۷. برقياتي تراش

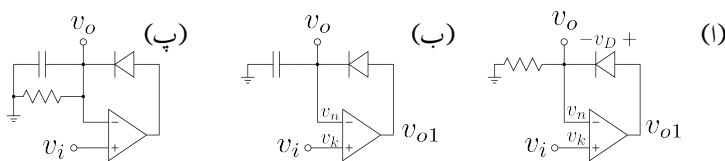
شکنچ کے دور میں کپیمیر کی جگہ مزاحمت استعمال کرنے سے برقياتي تراش^{۵۳} کا دور حاصل ہوتا ہے جسے شکل ۲۱.۲ میں دکھایا گیا ہے۔ برقياتي تراش یا تراش ایک ایسا دور ہے جو اشارہ کے چوٹی کو ایک حساس حد سے تحباؤ نہیں کرنے دیتا بلکہ اسے کاٹ دیتا ہے۔ دکھایا در صرف ایک جناب کی چوٹی کاٹتا ہے لہذا اس کو یک طرف تراش کہا جائے گا۔ جب تک داخلي برقي دباؤ کے برقي دباؤ کی قيمت V_r سے کم ہوڈیوڈ الٹ مائل بینی متفقظ رہتا ہے۔ اس صورت میں حنارجی برقي دباؤ داخلي برقي دباؤ کے گاہنی ہو گا اور مزاحمت R میں برقي روکی مقدار صفر کی پمپر رہے گی۔ جیسے ہی داخلي برقي دباؤ کی قيمت V_r سے تجاوز کر جبائے ڈايوڈ سیدھا مائل ہو جاتا ہے۔ جتنی دیر $v_I > V_r$ رہے اتنی دیر کے لئے ڈايوڈ کو ہچ پاؤ سوچ سمجھا جاتا ہے اور یوں اس دوران حنارجی برقي دباؤ کی قيمت V_r رہے گی۔ اس دوران مزاحمت اور ڈايوڈ دونوں میں برقي روکی مقدار ہو گی۔

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

آپ نے دیکھا کہ یہ دور داخلي برقي دباؤ کو V_r پر تراشتا ہے۔ اس دور میں دوڈايوڈ کے استعمال سے دو طرف تراش^{۵۴} حاصل ہوتا ہے جسے شکل ۲۲.۲ میں دکھایا گیا ہے۔ اس دور میں جب تک v_I کی قیمت بیشتر ہوڈايوڈ D_2 کاٹ مائل رہتا ہے۔ یوں بیشتر داخلي برقي دباؤ کے لئے یہ دور بالکل پچھلے دئے گئے ایک طرف کے تراش کی طرح کام کرتا ہے اور داخلي اشارہ کے بیشتر چوٹی کو V_{r1} پر تراشتا ہے۔ مفہوم داخلي برقي دباؤ کی صورت میں ڈايوڈ D_1 الٹ مائل رہتا ہے اور یہ دور داخلي اشارہ کے مفہوم چوٹی کو V_{r2} پر تراشتا ہے۔ شکل میں داخلي اور تراشے گئے حنارجی برقي دباؤ بھی دکھائے گئے ہیں۔



شکل ۲.۲۲: دو طرفہ تراش



شکل ۲.۲۳: کامل ادوار

۲.۸ حابی ایمپلیفیائر کی مدد سے ڈائیوڈ کے کامل ادوار

۲.۸.۱ کامل نصف لہر سست کار

ڈائیوڈ پر مبنی نصف لہر سست کار کے خارجی اشارے کی چوٹی مہیا کر دہ داخنی اشارے کے چوٹی سے تقریباً ۰.۷V کم ہوتی ہے۔ یہ حقیقت شکل ۲.۲ میں واضح کی گئی۔ حابی ایمپلیفیائر 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 ۲.۲ الف میں ایسا کامل نصف لہر سست کار دکھایا گیا ہے جس میں خارجی اشارہ v_o کو ڈائیوڈ کے خارجی سے سے ہے حاصل کیا گیا ہے۔ ڈائیوڈ کی سست الشانے سے کامل نصف لہر سست کار حاصل ہو گا۔

تصور کریں کہ $v_i = 0V$ اور یوں حابی ایمپلیفیائر کا خارجی اشارہ v_{o1} بھی صفر ہو لے ہے۔ اب تصور کریں کہ داخنی اشارہ مثبت جناب بڑھتا ہے۔ حابی ایمپلیفیائر کا خارجی اشارہ اس فدر سست جناب بڑھنے کا کہ $v_n = v_k$ یعنی $v_k = v_o = v_i$ ہو گا۔ آپ دکھے سکتے ہیں کہ اس صورت میں ڈائیوڈ سیدھا مائل ہو گا۔ مزید سی ہے کہ $v_{o1} = v_i + v_D$ کے برابر ہو گا۔

اب تصور کریں کہ داخنی اشارہ منفی جناب بڑھتا ہے۔ حابی ایمپلیفیائر کا خارجی اشارہ v_{o1} اس فدر منفی جناب بڑھنے کی کوشش کرے گا کہ $v_n = v_k$ ہو۔ البتہ v_{o1} منفی ہوتے ہیں ڈائیوڈ مائل ہو کر منقطع ہو جاتا ہے۔ یوں حابی ایمپلیفیائر کا خارجی اشارہ v_k پر اثر انداز نہیں ہو پاتا۔ ایسی صورت میں حابی ایمپلیفیائر کا خارجی اشارہ کامل منفی یعنی $V_{EE} = v_{o1}$ ہو کر رہ جائے گا ڈائیوڈ منقطع ہونے سے حابی ایمپلیفیائر کا منفی مدد اخنل مزاجت R کے ذریعے برقرار رہے۔ حابی ایمپلیفیائر کا داخنی بر قررو صفر ہونے کے ناطے مزاجت میں بھی بر قررو I کا گزر

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

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

۲.۸.۲ کامل چوٹی حاصل کار

شکل ۲۳.۲ الف میں مزاحمت کی جگہ کپیسٹر نسب کرنے سے شکل ب حاصل ہوتا ہے جو کامل مثبت چوٹی حاصل کار کا دور ہے۔ $v_i = 0V$ اور $v_k = 0V$ سے شروع کرتے ہوئے اس دور کی کار کر دیگی دیکھتے ہیں۔ داخنی اشارہ بیثت جناب بڑھتے ہے v_{01} اس متدرج ہوتا ہے کہ $v_k = v_n$ رہتے ہیں۔ $v_i = v_0$ رہتے ہے۔ جب داخنی اشارہ اپنے چوٹی پر پہنچتا ہے، اس لمحے کپیسٹر بھی V_p اور یوں $v_k = V_p$ ہوتا ہے۔ اس لمحے کپیسٹر بھی V_p کے برابر ہو بر قی دباو تک بھرا جاتا ہے۔ $v_n = v_k + v_D$ حاصل کرنے کی حراطر اس لمحے کے برابر ہو $v_{01} = V_p + v_D$ رہتے ہیں۔

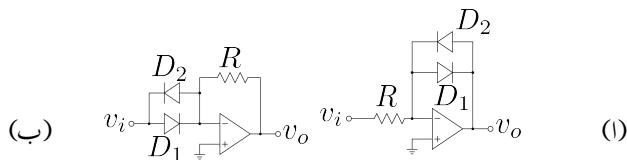
داخنی اشارہ اپنے چوٹی تک پہنچنے کے بعد کم ہونا شروع ہوتا ہے۔ حسابی ایکلینیفار کا حسارتی اشارہ v_{01} کم ہو کر کو شش کرتا ہے کہ $v_n = v_k$ رکھ کے البتہ ڈائیوڈ کے حسارتی جناب نسب کپیسٹر پر V_p بر قی دباو پیا جاتا ہے اور v_{01} کی قیمت جیسے ہی V_p سے کم ہوتا ہے اسی لمحے ڈائیوڈ مائل ہو کر منقطع ہو جاتا ہے۔ ڈائیوڈ منقطع ہونے سے کپیسٹر بر بار کے بخاتی کا کوئی راستہ نہیں رہتا اور یوں اس پر بر مستار 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 برابر بر قی دباو حاصل ہوتا ہے جسے بطور حسارتی اشارہ v_0 لیا جاتا ہے۔ صرف ڈائیوڈ پر سبی چوٹی کپیسٹر پر داخنی اشارے کے چوٹی سے v_D برابر کم بر قی دباو پیا جاتا ہے جبکہ موجودہ دور حقیقتی چوٹی حاصل کرتا ہے۔

۲.۸.۳ کامل حیطہ اتار کار

شکل ۲۳.۲ پ میں کامل حیطہ اتار کار دکھایا گیا ہے۔ امید کی جباتی ہے کہ اس کی کار کر دیگی آپ خود سمجھ پائیں گے۔

۲.۸.۴ ڈائیوڈ لوگار تخمی ایکلینیفار

حسابی منقی ایکلینیفار میں مزاحمت کی جگہ ڈائیوڈ نسب کرنے سے شکل ۲۳.۲ الف کا لوگار تخمی ایکلینیفار^{۵۵} حاصل ہوتا ہے۔ مثبت v_i کی صورت میں v_0 منقی ہو گا جس سے D_1 سیدھا مائل جبکہ D_2 الشامائل ہو گا۔ اسی طرح منقی v_i کی صورت میں v_0 مثبت ہو گا جس سے D_1 الشامائل جبکہ D_2 سیدھا مائل ہو گا۔ یوں کسی بھی وقت ایک ڈائیوڈ منقطع رہتا ہے جبکہ دوسرا سیدھا مائل رہتا ہے۔ اگرچہ حقیقت میں منقی تغیرہ کا لوگار تخم نہیں پیا جاتا اور یوں دور میں صرف D_1 ہونا چاہیے حتیٰ کہ 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 حل کرتے ہیں۔ حابی 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 جاسکتا 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 ^{۵۱} لیتے ہوئے حاصل ہوتا ہے۔

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

شکل ب میں قدرتی اللٹھ۔ لوگاریتم ایمپلینیٹر ^{۵۲}، کھایا گیا ہے۔ حابی 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 ^{۵۳}
natural anti-log ^{۵۴}

برقی رو گزارے 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 قدر $\text{لوگار} \text{ تھم حاصل کرتا ہے۔}$

۲.۸.۵ ضرب کار

v_A اور v_B کے لوگار تھم جمع کرنے سے حاصل ہوتا ہے جس کا الٹے لوگار تھم لینے سے $v_A v_B$ یعنی دونوں متغیرات کا حاصل ضرب حاصل ہوتا ہے۔ ای حقیقت کو استعمال کرتے ہوئے لوگار تھمی اور الٹے لوگار تھمی ایکلینیکر استعمال کرتے ہوئے شکل ۲۵.۲ میں ضرب کار حاصل کیا گیا ہے۔ لوگار تھمی ایکلینیکر کے مساوات استعمال کرتے ہوئے ہم لکھ سکتے ہیں۔

$$v_{o1} = -V_T \ln \frac{v_{i1}}{I_S R}$$

$$v_{o2} = -V_T \ln \frac{v_{i2}}{I_S R}$$

اسی طرح جمع کار کے مساوات سے

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

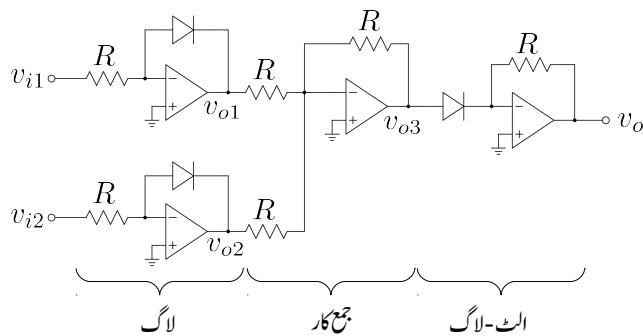
اور الٹے لوگار تھمی کے مساوات سے

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

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 تقویم کار^{۵۹} حاصل ہوتا ہے۔

multiplier^{۵۸}
divider^{۵۹}



شکل ۲.۲۵: ضرب کار

۲.۸.۶ کامل کمل برسٹ کار

شکل ۲.۶.۲ میں کامل مکمل لم سمت کا درکھایا گیا ہے۔ آئیں اس کی کارکردگی بیان کر دیکھیں۔

مثت v_i کی صورت میں v_{o1} منفی ہو جائے گا جس سے D_1 الٹا مائل ہو کر منقطع جبکہ D_2 سیدھا مائل ہو جائے گا۔ D_2 سیدھا مائل ہونے سے $U_1 = v_k$ پر $v_n = v_k$ کو منقطع اور U_1 کے منفی مدار اخراج کو برقرار رکھنے میں پر قصور کرتے ہوئے شکل ۲.۶.۲ اف حاصل ہوتا ہے جو کہ سیدھا مادہ جمع کار ہے جس سے

$$v_o = -v_i$$

حاصل ہوتا ہے۔ شکل ۲.۶.۲ اف میں v_1 بھی درکھایا گیا ہے۔ چونکہ اس کے دونوں جانب مزاجمتوں کے سے صفر ولٹ پر ہیں لہذا اس صورت $v_1 = 0V$ رہے گا۔ شکل ۲.۶.۲ ت میں بیت v_i کی صورت میں v_0 اور v_1 درکھائے گئے ہیں۔

منفی v_i کی صورت میں v_{o1} بیت ہو جائے گا جس سے D_2 الٹا مائل ہو کر منقطع جبکہ D_1 سیدھا مائل ہو جائے گا۔ یوں U_1 حسابی ایپلینائز شکل ۲.۶.۲ ب صورت اختیار کر لے گا جس کے لئے ہم لکھ سکتے ہیں

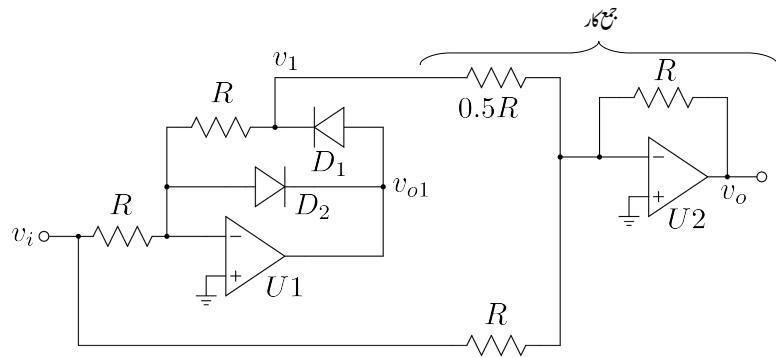
$$v_k = 0$$

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

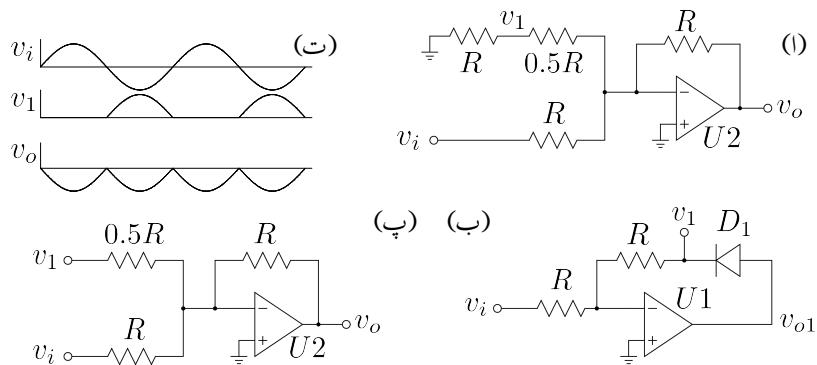
اور یوں

$$v_1 = -v_i$$

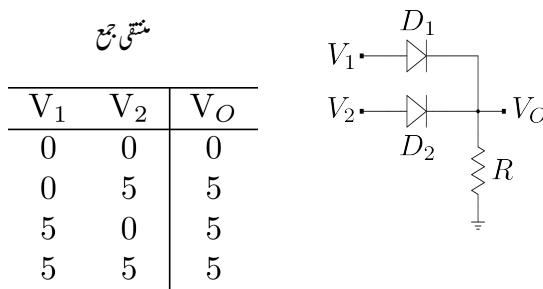
حاصل ہوتا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ $v_D = v_1 + v_{o1} = v_1 + v_{D1}$ پر برقرار ہوا ہے۔



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

$$v_o = -v_i - 2v_1$$

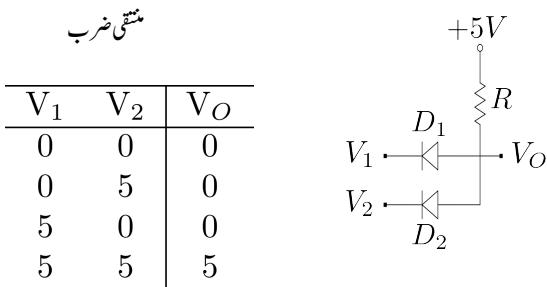
حاصل ہوتا ہے۔ شکل ۲.۲۷ ت میں متنقی v_i کی صورت میں v_1 اور v_o دکھائے گئے ہیں۔

۲.۹ ڈائیوڈ کے متنقی ادوار

ڈائیوڈ پر مبنی ادوار حل کرنے کے طریقہ پر اس حصہ میں غور کیا جبائے گا۔ ڈائیوڈ پر مبنی ادوار حل کرتے وقت اگر سیدھے مائل اور اٹھے مائل ڈائیوڈوں کے نشانہ ہی کردی جائے 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۔ بدقتی سے قبل از وقت یہ جانتا کہ کون کون سے ڈائیوڈ سیدھے مائل اور کون کون سے ڈائیوڈ اٹھے مائل ہیں عسوماً ممکن ہوتا ہے۔ ڈائیوڈ کے ادوار حل کرنے کا کوئی ایک سادہ طریقہ نہیں پیاسا جاتا بلکہ گھبرانے کی بابت نہیں چونکہ ایسے ادوار حل کرنے کے مشق سے یہ اندراہ لگانا کہ کون کون سے ڈائیوڈ سیدھے یا اٹھے مائل ہیں عسوماً ممکن ہوتا ہے۔ اس طریقہ کو مشق سے بہتر سیکھا جاسکتا ہے۔ ایسا کرنے کی حنا طریقہ شکل ۲۸.۲ میں دیے گئے درپر غور کریں۔ اس دور میں دو ڈائیوڈ استعمال کئے گئے ہیں۔ دور کے دو غیرہ تابع داخنی برقی دباؤ (اشارات) کو V_1 اور V_2 جبکہ خارجی برقی دباؤ کو V_O کہا گیا ہے۔ ایک مخصوص دور ہے جس کے داخنی برقی دباؤ کے دو ہی ممکن ثقیتیں ہیں۔ یہ تو یا صفر وولٹ (0 V) اور یا پھر پانچ وولٹ (5 V) ہو سکتے ہیں۔ یوں داخنی جانتا ہے۔ چار ممکن صورتیں پائی جاتی ہیں جنہیں شکل میں بطور جدول دکھایا گیا ہے۔ آئیں باری باری ان چار صورتوں پر غور کریں۔

پہلی صورت میں دونوں داخنی برقی دباؤ صفر وولٹ 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 جانتا ہے۔ نسب مسماحت میں برقی رو صفر ہونے کی وجہ سے اس کے سروں کے مابین برقی دباؤ بھی صفر وولٹ ہو گا۔ جدول کی پہلی صف میں دیئی جانتا V_O کی صف میں 0 ای کو ظاہر کرتا ہے۔

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



شکل ۲.۲۹: متنی ضرب

صورت میں ڈائوڈ D_2 سیدھا مائل جبکہ D_1 الٹے مائل ہے۔ یوں D_2 کو چپ لو سوچ جبکہ D_1 کو منقطع سوچ تصور کر کے واضح ہے کہ حنارجی برقی دباؤ پانچ ولٹ ہے لیکن $V_O = 5V$ ہے۔ اسی طرح جبدول کی تیسری صفت کے حوالے سے D_1 سیدھا مائل جبکہ D_2 الٹے مائل ہو گا اور یوں $V_O = 5V$ ہو گا۔ جبدول کی آخری صفت میں دونوں ڈائوڈ سیدھے مائل ہوں گے اور یوں $V_O = 5V$ ہو گا۔ اس دور کی جبدول متنی میں جمع کو ظاہر کرتی ہے لہذا یہ گھنگھی گھنگھی ہے۔ اس شکل میں مزید ڈائوڈ جوڑ کر دو حصی اشارات کی تعداد بڑھائی جا سکتی ہے۔

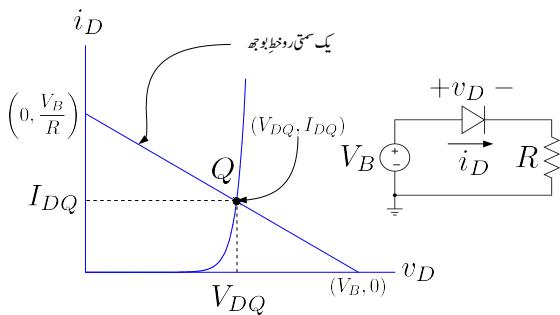
شکل ۲۹.۲ میں ڈائوڈ پر مبنی ضرب گھنگھی ہے۔ دکھایا گیا ہے۔ پہلے جبدول میں دئے آخری صفت پر غور کرتے ہیں۔ اگر دونوں دو حصی اشارات کی قیمتیں پانچ ولٹ ($5V$) ہوں تو مزدھست میں برقی رو صندر ایکسپریس ہو گی لہذا جبارجی برقی دباؤ پانچ ولٹ ہو گا لیکن $V_O = 5V$ ہو گا۔ جبدول میں دئے بقیا ممکنات پر غور کرتے آپ آسانی 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 جا کر راز سفر^۳ کے ادوار میں نہایت کارآمد ثابت ہوں گے۔ ڈائوڈ کے ادوار میں اے متعارف کرنے سے ان خط کا سمجھنا بنتا آسان ہوتا ہے۔ گزشتہ صفات میں ڈائوڈ کے ادوار حل کرتے سیدھے مائل ڈائوڈ کو چپ لو سوچ جبکہ الٹے مائل ڈائوڈ کو منقطع سوچ تصور کیا جاتا ہے۔ ایسا کرنے سے ڈائوڈ کی حنایت نظر انداز ہو جاتی ہے۔ اگرچہ بیشتر مواقع پر ایسا کرنا درست ہوتا ہے، بہر حال کبھی کبھی ڈائوڈ کی حنایت کو مد نظر رکھنا ضروری ہوتا ہے۔ اس حصے میں ایسا ہی کیا جائے گا۔

شکل ۳۰.۲ میں دکھائے گئے دور کو مثال بناتے ہیں۔ کرخونے کے قانون برائے برقی دباؤ کے مطابق اس دور کے

OR gate^۴
AND gate^۵
transistor^۶



شکل ۲.۳۰: خط بوج 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۔

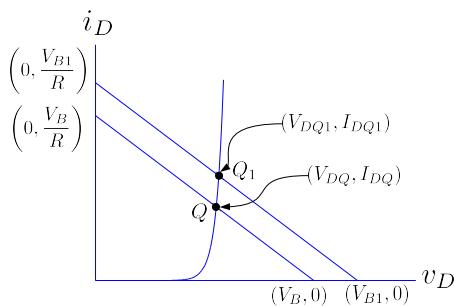
۲.۱۰ گراف کا طریقہ

شکل ۲.۳۰.۲ میں مساوات ۲.۱۵ اور مساوات ۲.۲ کو گراف کیا گیا ہے۔ جس نقطے پر دونوں مساوات کے خط ٹکراتے ہیں یہی ان کا حل ہے یعنی (V_{DQ}, I_{DQ}) ۔ اس نقطے کو کیسے سمجھ سکتے ہیں؟ یہی نقطہ کارکردگی کے بین۔ ان ناموں کو عسموماً چھوٹا کر کے نقطہ مائل یا نقطہ کارکردگی کہلاتے ہیں۔ نقطہ کارکردگی کو Q سے ظاہر کیا جاتا ہے۔

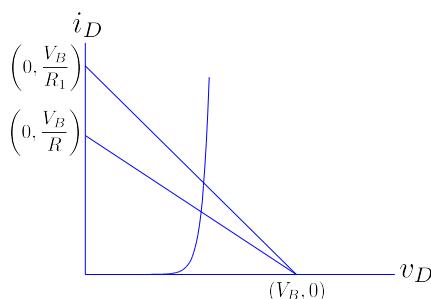
شکل ۲.۳۰.۲ میں مساوات ۲.۱۵ کے خط کو کیسے سمجھ رونٹہ بوج کہا گیا ہے۔ اس نام کو چھوٹا کر کے اسے خوب بوج بھی کہتے ہیں۔ آئیں اس خط پر غور کرتے ہیں۔ خط بوج کی ڈھلوانی^{۱۴}

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

^{۱۴} DC bias point^{۱۵}
جوڑے پر بوج لادا جاتا ہے۔ یہاں R بطور بقی بوج کردار ادا کرتا ہے اور اس کے مساوات کے گراف کو خط بوج کہتے ہیں
^{۱۵} DC load line gradient^{۱۶}



شکل ۲.۳۱: داخنی برقی دباؤ کا خطی بوچھ پر اثر



شکل ۲.۳۲: مزاحمت کی تبدیلی کا خطی بوچھ پر اثر

کے برابر ہے۔ خطی بوچھ افقی 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 خطی بوچھ افقی محور کو موجودہ جگہ سے منتداش جانے $(V_{B1}, 0)$ پر لگرا گا اور عمودی محور کو $\left(0, \frac{V_{B1}}{R}\right)$ پر لگرا گا۔

شکل ۲.۳۱.۲ میں خطوط بوچھ 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 خطی بوچھ کا ڈھانوان تبدل 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 خطی بوچھ کی ڈھانوان تبدل ہو گا جبکہ یہ اب بھی محور برقی دباؤ کو $(V_B, 0)$ پر لگرا گا۔ محور برقی رو سے لگرانے کا مامن تبدل ہو کر $\left(0, \frac{V_B}{R_1}\right)$ ہو جائے گا۔ شکل ۲.۳۲.۲ میں اس صورت کو دیا گیا ہے جہاں مزاحمت کی قیمت R_1 کو اس کی پرانی قیمت R سے کم تصور کیا گیا ہے۔

۲.۱۰.۲ دہرانے کا طریقہ

عموماً مساوات دہرانے کے طریقے^{۱۴} سے با آسانی حل کے جاتے ہیں۔ موجودہ مسئلہ بھی کچھ اسی نوعیت کا ہے اور اسے بھی دہرانے کے طریقے سے نپاہ سکتا ہے۔ اس طریقے کو مثال کی مدد سے دیکھتے ہیں۔

مثال ۲.۱۰.۲: شکل ۲.۳۰.۲ میں $V_D = 0.6 \text{ V}$ اور $R = 15 \text{ k}\Omega$ اور $V_B = 15 \text{ V}$ پر ڈائیوڈ کی مدد سے دہرانے کا طریقہ۔

$$I_S = \frac{i_D}{\left(e^{\frac{v_D}{V_T}} \right)} = \frac{2 \times 10^{-3}}{e^{0.6/0.025}} = 7.550269 \times 10^{-14} \text{ A}$$

حاسمل ہوتا ہے۔ ہمیں قبل از وقت ڈائیوڈ کی برقی رویا اس پر برقی دباؤ معلوم نہیں سمجھ دئے کچھ معلومات سے ہم یہ اخذ کر سکتے ہیں کہ اگر برقی رو دباؤ اسکی پیمائش کے فسیریب ہو تو برقی دباؤ اشاریہ چھوٹی دباؤ کے فسیریب ہو گا۔ I_{D_0} کو 0.6 V کو V_{D_0} کو 0.6 V کو $I_{D_0} = 2 \text{ mA}$ لکھتے ہوئے (عنی $V_{D_0} = 0.6 \text{ V}$) تم سوال حل کرتے ہیں۔ طریقہ کار کچھ یوں ہے کہ ہم اخذ کریں گے کہ ڈائیوڈ پر V_{D_0} برقی دباؤ ہے اس قیمت کو استعمال کرتے ہوئے مساوات ۱۵.۲ کی مدد سے ہم برقی رو حاسمل کریں گے جسے ہم I_{D_1} کہیں گے۔ مساوات ۱۶.۲ میں I_{D_1} کی قیمت استعمال کرتے ہوئے ڈائیوڈ پر برقی دباؤ حاسمل کیا جائے گا جسے ہم V_{D_1} کہیں گے۔

ڈائیوڈ پر V_{D_0} برقی دباؤ اس صورت ہوتا جب اس میں I_{D_0} برقی رو گزرنی جبکہ ہم دیکھ سکتے ہیں کہ اصل دور میں برقی رو I_{D_1} کے فسیریب ہو گی اور یوں I_{D_1} کے نسبت سے حاسمل شدہ برقی دباؤ V_{D_1} اصل قیمت کے زیادہ فسیریب برقی دباؤ ہو گا۔ یوں اگر V_{D_1} استعمال کرتے ہوئے یہ سارا سلسلہ دباؤ دہرایا جائے (عنی مساوات ۱۵.۲ میں V_{D_1} استعمال کرتے ہوئے I_{D_2} حاسمل کیا جائے تو حاسمل برقی رو مزید بہتر جواب ہو گا اور اگر مساوات ۱۶.۲ میں I_{D_2} استعمال کرتے ہوئے V_{D_2} حاسمل کیا جائے تو وہ V_{D_1} سے بہتر جواب ہو گا۔ اس طریقے کو اس وقت تک دہرایا جاتا ہے جب تک حاسمل قیمتیں میں تبدیلی افتال نظر انداز ہو جائے۔ آئیں دہرانے کے اس طریقے کو استعمال کریں۔

مساوات ۱۵.۲ میں 0.6 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 ۱۶.۲ 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 مسافت ۱۵.۲ حسل 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 پر ڈائیوڈ کا برقی دباؤ ۰.۵۸۱ ۶۵۰ ۷۷ V ہوتا مگر ایسا نہیں ہے لہذا انہیں ایک مرتبہ پھر ڈائیوڈ کے برقی دباؤ کا بہتر اندازہ لگانا ہو گا۔ 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۔

۱۱۔ کار تیکی محدود اور ترسیم

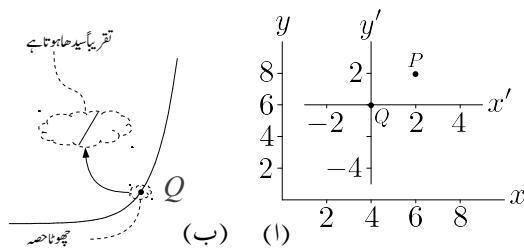
اس ہے میں کار تیکی محدود اور ترسیم پر غور کیا جائے گا جس کی اس کتاب میں کئی جگہ ضرورت پیش آئے گی۔ اگرچہ اس ہے کو کتاب کے آخر میں خیہ کے طور کھانا چاہئے حت مگر اس کی اہمیت کو دیکھتے ہوئے میں نے اس باب کا حصہ بنالیا ہے۔ طلبہ سے گزارش کی جاتی ہے کہ وہ اس ہے کو کنوبی سمجھیں۔

۱۱.۱ محدود کی ممتنعی

شکل ۱۱.۱ میں دو کار تیکی محدود کھائے گئے ہیں۔ $y - x$ (کار تیکی محدود میں واقعی نقطے $(6, 8)$) اور $Q(4, 6)$ دکھائے گئے ہیں۔ $(y' - x')$ محدود میں یہی نقطے $(2, 2)$ ، $P'(0, 0)$ اور $(0, 0)' Q'$ بن جاتے ہیں۔

۱۱.۲ خط کا چھوٹا حصہ سیدھا تصور کیا جاسکتا ہے

شکل ۱۱.۲ 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 جیسا کہ اس کا سیدھا پان صاف واضح ہے۔



شکل ۲.۳۳: (a) کارتی محدود۔ (b) خط کے چھوٹے ہے کا سیدھا پن

۲.۱۱.۳ گراف سے قیمت حاصل کرنے کا عمل

شکل ۲.۳۴. ب کے گراف سے مختلف x پر $y(x)$ کی قیمت حاصل کر کے انہیں جدول ۱.۲ 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 ف عمل 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 ۲.۳۴. کے $x(t)$ کو سائن نہا تصور کیا گیا ہے۔

شکل ۲.۳۴. اف میں مختلف اوقتات مثلاً $\dots t_n, t_0, t_1, t_2, \dots x_n, x_1, x_2 \dots x_0$ کی قیمت حاصل کریں جبکہ t_0 سے مراد $x(t_0)$ کی قیمت یعنی x_0 ہے۔ t_0 تک t_n نکات کی گل تعداد یعنی $(n+1)$ کا تنسین آپ جیسے اور جتنی چھپائیں کر سکتے ہیں۔ اسی طرح کسی دو متری نکات کے مابین فاصلہ مثلاً

$$\Delta t_2 = t_3 - t_2$$

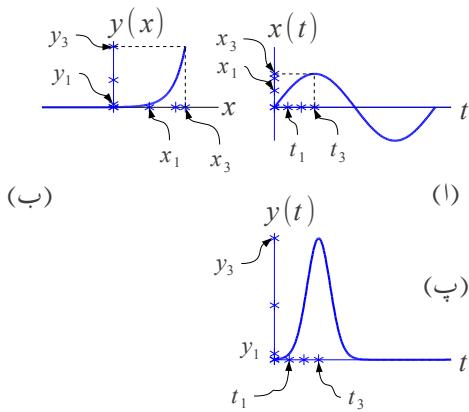
آپ جتنی چھپائیں رکھ سکتے ہیں۔ اس کے علاوہ کسی دو متری نکات کے درمیان فاصلہ مثلاً

$$\Delta t_5 = t_6 - t_5$$

اور کسی اور دو متری نکات کے درمیان فاصلہ مثلاً

$$\Delta t_8 = t_9 - t_8$$

ایک دونوں سے مختلف ہو سکتے ہیں۔ اس طرح آپ کے پاس جدول ۲.۲ حاصل ہو گا۔



شکل ۲.۳۲: وقت کے ساتھ بدلے متغیرات کی مثال

جدول ۲.۲: $x(t)$ بال مقابل t کا جدول

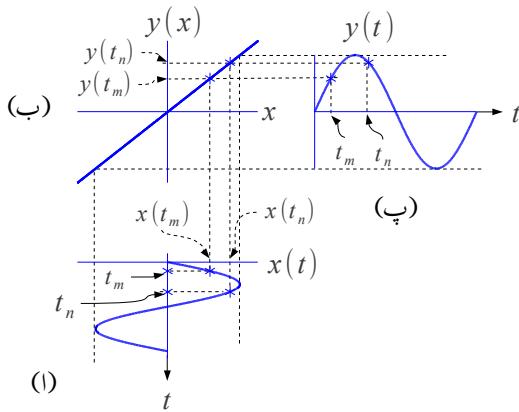
t_0	t_1	t_2	\dots	t_n
x_0	x_1	x_2	\dots	x_n

جدول ۲.۲ میں دئے x پر شکل ۲.۲ بے سے y کے قیمتیں حاصل کریں۔ یوں حاصل $y_0, y_1, y_2, \dots, y_n$ کو استعمال کرتے ہوئے $y(t)$ بال مقابل t کا جدول حاصل ہو گا جسے شکل ۲.۲ 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 قاعمل $(x)y$ نم دار ہوتا۔ اس کو استعمال کرتے ہوئے قاعمل (y) کے قاعمل (x) حاصل کی گئی۔ اور $(x)(t)$ کی ٹھیکیں بالکل مختلف ہیں۔ مندرجہ بالاتمام عمل کو نہایت عمدگی اور نسبتاً زیادہ آسانی کے ساتھ بھی سرانجام دیا جاتا ہے۔ آئیں اس بہتر طریقے کو شکل ۲.۳۵ کی مدد سے دیکھیں جس اس بدلے اشارہ $(x)(t)$ کو شکل ۲.۳۵ الف میں گھما کر دکھایا گیا ہے۔ اس مثال میں بھی (x) کو سائن نص تصویر کیا گیا ہے جبکہ قاعمل (y) کو سیدھا خط



شکل ۲.۳۵: سیدھا تقاضہ کی شکل برقرار رکھتا ہے

لینی

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

تصور کرتے ہوئے شکل بے میں دکھایا گیا ہے۔^۹ جیسے کہ آپ آگے دیکھیں گے، سیدھا $y(x)$ نہیں اہمیت کا حاصل ہے اور اس موقع کے فائدہ اٹھاتے ہوئے ہم اسی کو استعمال کرتے ہوئے آگے بڑھتے ہیں۔ مساوات ۲.۳۳ بے میں m شکل Q میں نقطے Q پر خط کے چھوٹے سیدھے حصے کی ذہلوان ہے لیਜی

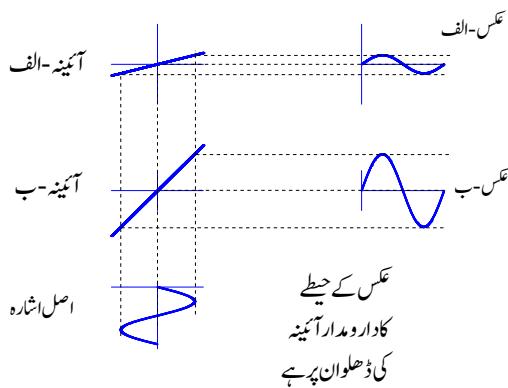
$$(2.18) \quad m = \left. \frac{\partial y}{\partial x} \right|_Q$$

شکل ۲.۳۵.۲ میں دونوں نقطے t_n اور t_m کو مشاہداتے ہوئے پورے عمل کو سمجھایا گیا ہے۔ ان دونوں پر $x(t_m)$ اور $x(t_n)$ حاصل کے جاتے ہیں۔ ان کی قیمت جاننا ضروری نہیں، بلکہ اتنا درکار ہے کہ ان کی نشاندہی گراف پر کرداری جائے۔

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

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

^۹ سیدھے خط کی مساوات $mx + c = y$ ہے جیساں c و نقطے سے جیساں خط y محور کو کاٹتا ہے۔ سیدھا خط $(0, 0)$ سے گزرنے کی صورت میں $0 = y$ ہو گا اور یوں سیدھے خط کی مساوات $y = mx$ ہو گی۔



شکل ۲.۳۶: عکس کا جیٹہ بالمقابل آکینہ کی ڈھلوان

پتکے افی لکیریں بٹائیں۔ شکل پ پرانے نقطوں کو وقت t_m اور t_n کے ساتھ گراف کریں۔ مندرجہ بالا پورا عمل شکل ۲.۳۵.۲ کو دیکھتے ہی ایک دم سمجھ آ جانا چاہئے۔

شکل ۲.۳۵.۲ میں (x) یا ایک خطی (این غیر-خمن دار) تھا عمل ہے۔ اسے استعمال کرتے ہوئے شکل پ ساصل کی گئی۔ شکل پ اور شکل اف ہو بہو ایک ہی طرح ہیں۔ ان کے صرف جیٹے مختلف ہو سکتے ہیں۔ یہ ایک نہایت اہم نتیجہ ہے جس کا بر قیامت کے میدان میں کلیدی کردار ہے۔ اس حقیقت کو استعمال کرتے ہوئے غیر-خمن دار تھا عمل کے اشکال میں چونکہ صرف جیٹے تبدیل ہوتا ہے لہذا اعموماً اشارہ (t) x کے چیزوں سے شکل بتکے اور یہاں سے شکل پتکے لکیریں کمپنگ کر شکل پ مکمل کر دیا جاتا ہے۔

شکل ۲.۳۶ اور شکل ۲.۳۵.۲ میں (t) x کو دا خلی (یا اصل) اشارہ، (t) y کو خارجی (یا منعکس^{۲۰}) اشارہ جسکے (x) y کو آکینہ کے تصور کریں۔ یوں ہم کہہ سکتے ہیں کہ غیر-خمن دار آکینہ میں اشارے کی شکل جوں کی توں رہتی ہے جبکہ خمن دار آکینہ شکل بگاڑ دیتا ہے۔ شکل ۲.۳۶ میں آکینہ کی ڈھلوان کا عکس کے جیٹے پر اثر دکھایا گیا ہے۔ آکینہ اف کی ڈھلوان آکینہ ب کی ڈھلوان سے زیادہ ہے۔ جیسے آپ دیکھ سکتے ہیں کہ آکینہ کی ڈھلوان بڑھنے سے عکس کا جیٹہ بڑھتا ہے جبکہ آکینہ کی ڈھلوان کھلانے سے عکس کا جیٹہ گھٹتا ہے۔ آکینہ 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 غایلی حبامہ پہناتے ہیں۔ مساوات ۲.۷.۲ 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 m گناہ گاہیں کی ڈھلوان ہے۔ برقیات کے میدان میں برقی دباؤ v اور برقی دباؤ i کا استعمال ہوتا ہے۔ روایتی طور پر برقی دباؤ کو $x(t)$ جبکہ برقی رکو $y(t)$ تصور کیا جاتا ہے۔ شکل ۲.۲ میں ایسا دکھایا گیا ہے۔ آپ جانتے ہیں کہ یہ سمت برقی دباؤ تقسیم کی سمت برقی رکو مزاجت R جبکہ یہ سمت برقی دباؤ کو موصیت G لکھا جاتا ہے۔ مزید یہ کہ باریک اشاراتی مزاجت کو r جبکہ باریک اشاراتی موصیت کو g لکھا جاتا ہے۔ یوں مساوات ۲.۱۸ میں چھوٹے (یعنی باریک) سیدھے ہے کی ڈھلوں m کی جگہ باریک اشاراتی موصیت g کا استعمال ہو گا۔ یوں مساوات ۲.۲۷ کو برقیات کے میدان میں استعمال کرتے وقت مندرجہ ذیل طرز پر لکھا 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۔

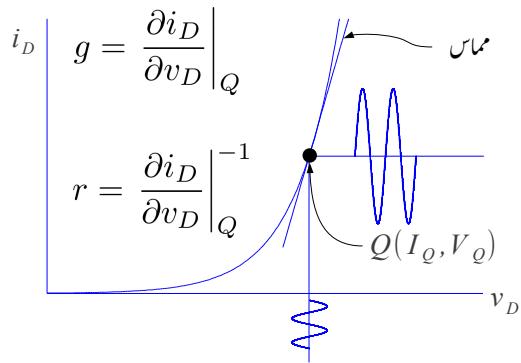
$$(2.22) \quad r = \left. \frac{\partial i}{\partial v} \right|_Q^{-1}$$

۲.۱۲ باریک اشاراتی تجزیہ

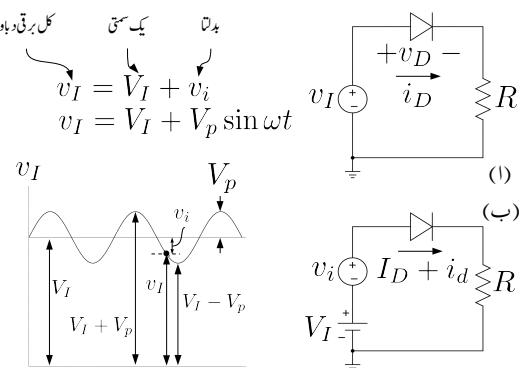
شکل ۲.۳۸ میں داخلی برقی دباؤ v_I استعمال کی گئی ہے۔ گراف میں v_I کی قیمت ثابت رہتے ہوئے مسلسل تبدیل ہوتی دکھائی گئی ہے۔ جیسا شکل ب میں دکھایا گیا ہے، v_I کو یوں بھی تصور کیا جا سکتا ہے کہ اسے یہ سمت برقی دباؤ V_I اور بدلنے برقی دباؤ v کو سالمہ وار جوڑ کر حاصل کیا گیا ہے یعنی

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

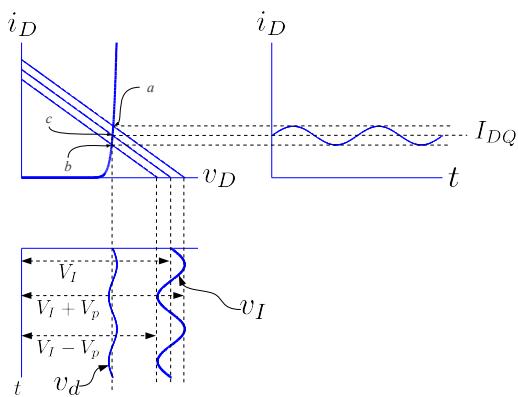
باریک اشارہ v سے مسراودہ بدلتا اشارہ ہے جس کا حیط دور میں پائے جانے والے یہ سمت برقی دباؤ یا یہ سمت برقی رکی قیتوں سے نہیں کم ہو (یعنی $V_I \ll v_i$)۔



شکل ۲.۳۷: باریکے اشاراتی موصیت اور باریکے اشاراتی مزاجت



شکل ۲.۳۸: باریکے اشارہ



شکل ۲.۳۹: ڈائیوڈ پر باریکے اشارات

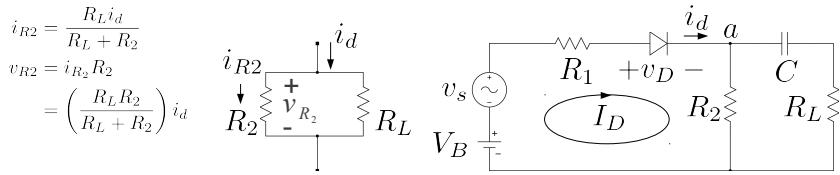
شکل ۳۱.۲ میں تغیر پذیر داخلی برقی دباؤ کا خطِ بوچھ پر اثر دکھایا گیا۔ اسی ترکیب کو یہاں استعمال کرتے ہوئے باریکے داخلی اشارہ v_I کی موجودگی میں ڈائیوڈ کی کارکردگی پر غور کیا جائے گا۔ تغیر پذیر داخلی برقی دباؤ v_I سے نپٹنے کی خاطر مختلف لمحات پر وقت کوس کی تصور کرتے ہوئے ان لمحات پر داخلی برقی دباؤ کی کل قیمت لمحاتی ہے۔ ان قیمتوں پر خطِ بوچھ 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 ۳۹.۲ میں تغیر پذیر داخلی برقی دباؤ $v_I(t_0) = V_{I0}$ پر داخلی برقی دباؤ $v_I(t_1) = V_{I1}$ اور $\omega t_0 = 90^\circ$, $\omega t_1 = 270^\circ$ پر داخلی برقی دباؤ $v_I(t_0) = V_{I0}$ اور $v_I(t_1) = V_{I1} - V_p$ اور $v_I(t_2) = V_I + V_p$ استعمال کرنے خلطِ بوچھ گراف کئے گئے ہیں۔

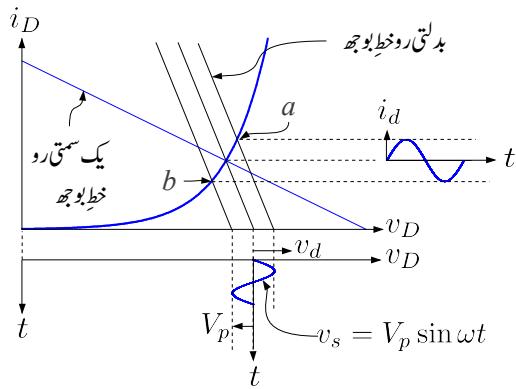
شکل ۳۸.۲ کے داخلی برقی دباؤ کے گراف کو گھستی کی سمت 90° کے زاویے گھس کر شکل ۳۹.۲ میں بنا یا گیا ہے۔ یوں تغیر پذیر داخلی برقی دباؤ سے خطِ بوچھ حاصل کرتے ہوئے دور میں بدلتا برقی روح حاصل کی جاتی ہے۔ یہ ترکیب شکل پر غور کرنے سے واضح ہو گی۔

۲.۱۲.۱ بدلتارو، خطِ بوچھ

حصہ ۱۰.۲ میں یک سمت خطِ بوچھ پر گفتگو کی گئی۔ اسی کو آگے بڑھاتے ہوئے بدلتا رو، خطِ بوچھ کو یہاں پیش کیا جائے گا جس کا لگلے باہوں میں کلیدی کردار ہو گا۔ شکل ۳۰.۲ 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 دور (یعنی $0 \rightarrow |X_C|$) تصور کیا جاسکتا ہے۔ چونکہ کپیٹر میں سے یک سمت برقی رونہیں گزرتی ہے 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 خطِ بوچھ کی ڈھلوان $\frac{1}{R_1+R_2}$ ہو گی اور R_L کا اس میں کوئی کردار نہیں ہو گا۔



شکل ۲.۱۲: ڈائیوڈ کے دور میں کپیسٹر کے استعمال سے بدلتا رو، خط بو جھ پسیدا ہوتا ہے



شکل ۲.۱۳: بدلتا رو خط بو جھ

بدلے اشارہ کے نقطے نظر سے ڈائیوڈ کے حناری جواب دو متوازی حصے میں مسازمتوں پائے جاتے ہیں جن کی کل مسازمتوں R_t ہے یعنی

$$(2.23) \quad R_t = \frac{R_L R_2}{R_L + R_2}$$

بدلے اشارہ کو R_t بر قی بو جھ دکھائی دیتا ہے۔ یوں بدلے اشارہ کے اشارہ کے خط بو جھ کی ڈھلوان $\frac{1}{R_t}$ ہو گی جو کہ یک سمت رو خط بو جھ کی ڈھلوان سے مخفف ہے۔ یوں بدلتا رو، خط بو جھ کھینچتے وقت اس کی ڈھلوان $\frac{1}{R_t}$ رکھی جائے گی۔ بدلے اشارہ کے تبدیل کے ساتھ بدلتا رو، خط بو جھ بھی بگے تبدیل کرتا ہے۔ یہ بالکل ایسا ہی ہے جیسے شکل ۲.۳۹ میں یک سمت رو خط بو جھ کے لئے دکھایا گی۔ چونکہ بدلتا رو و خط بو جھ کی ڈھلوان ہمیں معلوم ہے لہذا اسے گراف کرنے کی حاضر ہمیں مزید صرف اس پر ایک نقطے 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 خلی بو جھ نقطے مائل سے گزرتا ہے۔ یوں صاف ظاہر ہے کہ بدلے خط بو جھ کی نقطے مائل سے گزرتا ہے۔ شکل ۲.۳۱ میں دونوں خط بو جھ گراف کئے گئے ہیں۔ اس طرح پہلے یک سمت رو خط بو جھ گراف کی جاتا ہے جس سے نقطے مائل حاصل کی جاتا

ہے۔ نقطہ مائل سے گزرتا بدلتا رہو، خط پر جو گراف کی جاتا ہے جس کی ڈھانلوان بدلتے اشارہ کی بوجھ سے حاصل کی جاتی ہے۔ بدلتے اشارہ کے موجودگی میں بدلتا رہو، خط پر جو ڈائیوڈ کے خط پر نقطہ Q کے متیر ترتیب رہتے ہوئے اور b کے درمیان چال مت دی کرتا ہے۔ یہاں بھی نقطہ کارکردگی پر باریکے اشارات کے لئے ڈائیوڈ کے خط کو سیدھا تصور کرتے ہوئے محدود $i_d - v_d$ بنائے جاسکتے ہیں جن سے v_d اور i_d کو پڑھا جاسکتا ہے۔

v_d اور i_d کو تخلیلی طریقے سے بھی حاصل کیا جاسکتا ہے۔ ایسا کرنے کی حالت شکل ۲.۳۰ پر غور کرتے ہیں۔ اگر یہاں $v_s = 0$ رکھا جائے تو باہمی دائرے میں صرف یہ سمت بر قی دی جائے گی جس سے مزاجمت R_2 پر بر قی دباؤ $I_D R_2$ پیدا ہو گا۔ یہی بر قی دباؤ جو a پر پیٹھا جائے گا۔ اور کپیسٹر C آپس میں سلسلہ وار جڑتے ہیں۔ یوں ان کی بر قی رکاوٹ $R_L + \frac{1}{j\omega C}$ ہے۔ یہ بر قی رکاوٹ R_2 کے متوازی جڑتی ہے۔ R_L اور کپیسٹر مسلک بر قی 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۔ کپیسٹر کی سمت بر قی رو کے لئے کھلے سرے کردار ادا کرتا ہے لہذا R_L میں یہ سمت بر قی رو کی قیمت صفر کی پسند ہو گی اور اس پر یہ سمت بر قی دباؤ کی قیمت بھی صفر دوں ہو گا۔ کپیسٹر C جو a پر پائے جانے والے یہ سمت بر قی دباؤ کو برداشت کرے گا اور یہ کپیسٹر پر $V_C = I_D R_2$ بر قی دباؤ پیٹھا جائے گا۔ کرخوف کے فتاون برائے بر قی دباؤ کے لئے لکھا جاسکتا ہے۔

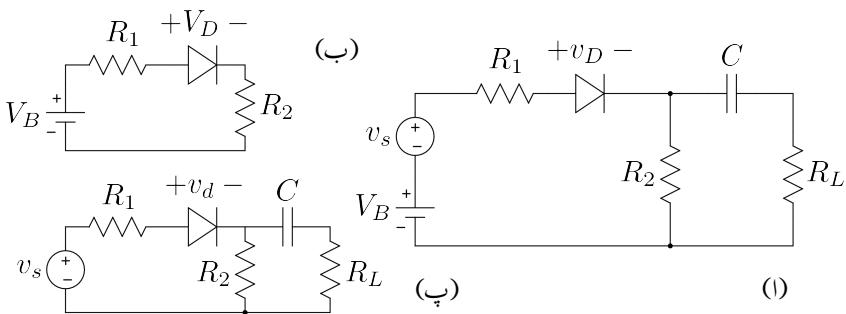
$$(2.27) \quad V_B = I_D R_1 + V_D + I_D R_2$$

آئیں اب شکل ۲.۳۰ میں یہ سمت بر قی دباؤ V_B برقرار رکھتے ہوئے v_s کو صفر سے بڑھایا جاتا ہے تاہم $v_s \ll V_B$ رکھا جاتا ہے۔ اب کل بر قی دباؤ $V_B + v_s$ اور $i_d = I_D + i_d$ پیدا کریں گے۔ I_D کی کہانی تبدیل نہیں ہوتی بلکہ i_d پر غور درکار ہے۔ مزاجمت R_1 اور ڈائیوڈ کے گزرتے ہوئے جو a پر پیٹھتے ہے جہاں اسے دوراستہ ملنے ہیں۔ اس مثال کی حالت کپیسٹر کی سمت بر قی رو کے لئے قصر دوڑ تصور کرتے ہوئے صورت حال کو شکل میں دکھایا گیا ہے۔ i_d کا پیٹھ حصہ R_2 میں گزرتے ہیں گی۔

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

یوں R_2 میں کل بر قی رو کی قیمت $i_{R2} + I_D$ ہو گی۔ کرخوف کے فتاون برائے بر قی 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۔

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

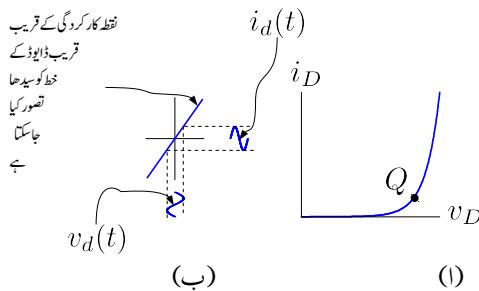
$$(2.30) \quad v_s = i_d R_1 + v_d + i_d \left(\frac{R_L R_2}{R_L + R_2} \right)$$

مندرجہ بالا مساوات کا پہلا جزو یک سمت خط بو جھ کی مساوات ہے جبکہ اس کا دوسرا جزو بدلتا رہ خط بو جھ کی مساوات ہے۔ شکل ۲.۲۰ کو شکل ۲.۲۲ میں دوبارہ لکھا گیا ہے جہاں اصل دور کے ساتھ ساتھ دو مزید ادوار دکھائے گے ہیں۔ شکل ۲.۲۲ ب میں صرف یک سمت منبع V_B استعمال کرتے ہوئے اصل دور کے وہ حصے دکھائے گے ہیں جن میں یک سمت برقی رو I_D گرتی ہے۔ اس میں کر خوف کے قانون برائے برقی دباؤ سے مساوات ۲.۲۹ کا پہلا جزو حاصل ہوتا ہے۔ اسی طرح شکل ۲.۲ پ میں صرف بدلتا منبع v_s استعمال کرتے ہوئے اصل دور کے وہ حصے شامل کئے ہیں جن میں بدلتا برقی رو i_d گرتی ہے۔ اس شکل میں ڈیوڈ پر برقی دباؤ کو r_d لکھتے ہوئے اس بات کی وضاحت کی گئی ہے کہ ڈیوڈ 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 بو جھ کی مساوات میں ڈیوڈ کا باریکے اشارات مزاحمت r_d استعمال کرتے ہوئے ہے اور یوں 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۔
یوں اصل شکل کو شکل ب اور شکل پ کے طرز پر بناتے ہوئے یک سمت اور بدلتا برقی رو (اور بدلتے برقی



شکل ۲.۳۳: ڈائیوڈ کے باریکے اشارات کا حصول

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

۲.۱۲.۲ باریکے اشاراتی مزاجمت

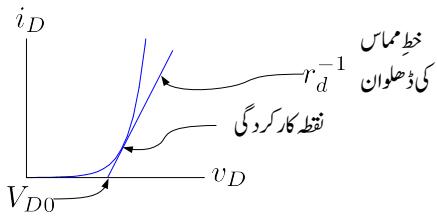
تفیر پذیر دھنی برقی دباو میں باریکے اشارات کو ظفر انداز کرتے ہوئے حاصل نقطہ مائل کو شکل ۲.۳۹.۲ میں C سے ظہر کیا گیا ہے۔ باریکے اشارہ کی موجودگی میں یہ نقطہ تبدیل ہوتے ہوئے a اور b کے درمیان رہتا ہے۔ ان دونوں کے مابین ڈائیوڈ کا خط تصریب آیکی سیدھی لکسیر کی مانند ہے۔^{۲۴} یاد رہے کہ مزاجمت کی برقی دباو بالقابل برقی روکاخط سیدھی لکسیر ہوتا ہے۔ اگر نقطہ c پر $i_d - v_d$ کا ہار تیسی مدد بنایا جائے^{۲۵} اور گراف کو a سے b تک مدد دکر دیا جائے تو اس نقطے میں ڈائیوڈ کے مادوں اس مزاجمت کا گراف معلوم ہوتا ہے۔ شکل ۲.۳۳.۲ الف کے نقطہ کارکردگی Q کے مستریب قدریب رہتے ہوئے ڈائیوڈ کے خط کو سیدھا تصور کرتے ہوئے شکل ب میں دکھایا گیا ہے۔ یوں ان دونوں کے مابین ڈائیوڈ کو مزاجمت r_d تصور کیا جاسکتا ہے جیسا

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

شکل ۲.۳۳.۲ الف میں و سچ اشاراتی مدد ($v_D - i_D$) جبکہ شکل ۲.۳۳.۲ ب میں باریکے اشاراتی مدد ($v_d - i_d$) استعمال کئے گئے ہیں۔ شکل ب میں یہ بھی دیکھتے ہیں کہ نقطہ کارکردگی پر ڈائیوڈ کے باریکے اشاراتی مزاجمت r_d کو استعمال کرتے ہوئے ڈائیوڈ کے باریکے اشاراتی برقی دباو $v_d(t)$ پر اس کے باریکے اشاراتی برقی رو $i_d(t)$ کا خط بھی نہایت آسانی کے ساتھ حاصل کیا جاسکتا ہے۔ باریکے اشارہ کی موجودگی میں ڈائیوڈ نقطہ مائل کے مستریب قدریب رہے گا۔ یوں اگر نقطہ c کو (V_{DQ}, I_{DQ}) لکھا جائے تو نقطہ b کو ($V_{DQ} + \Delta V_{DQ}, I_{DQ} - \Delta I_{DQ}$) جبکہ نقطہ a کو ($V_{DQ} - \Delta V_{DQ}, I_{DQ} + \Delta I_{DQ}$) لکھا جاسکتا ہے

^{۲۴} ۲.۱۱.۲ میں دیکھا گیا کہ کسی بھی خط کے باریکے حصے کو سیدھا تصور کیا جاسکتا ہے

^{۲۵} ۱.۱۱.۲ میں مدد کی منتقلی پر بحث کی گئی



شکل ۲.۲۲: نقطہ کارکردگی پر خط مماس سے باریکے اشاراتی مزاحمت کا حصول

ہے۔ یوں نقطہ C پر ڈائیوڈ کی مزاحمت r_d یوں حاصل کی جائے گی۔

$$(2.32) \quad r_d = \frac{\Delta v_D}{\Delta i_D} \Big|_{I_{DQ}} = \frac{\Delta V_{DQ}}{\Delta I_{DQ}}$$

سالات ۲.۲ اور سالات ۳.۲ میں اس مزاحمت کو سمجھنے کے علاقے طریقے ہیں۔
 r_d کو ڈائیوڈ کا باریکے اشاراتی مزاحمت^{۶۷} کہتے ہیں اور اس کی قیمت نقطہ کارکردگی پر منحصر ہے۔

۲.۱۲.۳ خط مماس سے باریکے اشاراتی مزاحمت کا حصول

شکل ۲.۲۲ میں نقطہ کارکردگی پر خط مماس^{۶۸} 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۔ آئیں r_d کو چپ ڈائیوڈ کے سالات (یعنی سالات ۲.۲) کے خط مماس سے حاصل کریں۔ نقطہ کارکردگی پر چپ ڈائیوڈ کا خط مماس حاصل کرنے کی حراطر چپ ڈائیوڈ کی مزاحمت کا تقریب^{۶۹} 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^{۶۷}
tangent^{۶۸}
differentiation^{۶۹}

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 ڈھلوان سے باریک اشاراتی مسز اہمت حاصل کرتے ہیں۔

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

مثال ۲.۱۱: ایک ڈائیوڈ جس کا $I_S = 9.32 \times 10^{-14} \text{ A}$ اور $i_D = 25 \mu\text{A}$ کے برابر ہو کی $V_T = 15 \text{ mA}$ کی بر قی روپر باریک اشاراتی مسز اہمت حاصل کریں۔
حل: مساوات ۲.۳۵ کے تحت $i_D = 15 \text{ mA}$ پر

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

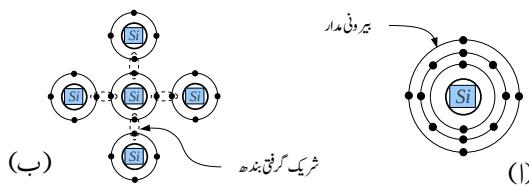
اور $i_D = 25 \mu\text{A}$

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

۲.۱۳ طبیعتِ نیم موصل اشیاء

ڈائیوڈ نیم موصل^{۷۹} مواد سے بنائے جاتے ہیں۔ اس حصہ میں نیم موصل اشیاء کی طبیعت پر غور کیا جائے گا۔ اگرچہ بر قیا تی پر زہ جبات جبہ مسینیم یا سیلیکان دونوں سے بنائے جا سکتے ہیں، حقیقت میں سیلیکان کی عمدہ خوبیوں کی بدولت بر قیا تی پر زہ جبات زیادہ تر سیلیکان سے ہی بنایا جاتا ہے۔ اسی وجہ سے اس کتاب میں صرف سیلیکان پر بات کی جائے گی۔
کیمیائی دور کے جدول^{۸۰} کے چوتھے قطعہ چوتھے جساعت^{۸۱} میں کاربن C^{۸۲}، سیلیکان Si^{۸۳}، جبہ مسینیم Ge^{۸۴}

semiconductor ^{۷۹}
periodic table ^{۸۰}
group ^{۸۱}
carbon ^{۸۲}
silicon ^{۸۳}
germanium ^{۸۴}



شکل ۲.۳۵: سیکان ایم اور سیکان قلم میں شریک گرفتی بندہ

وغیرہ پائے جاتے ہیں۔ ان تمام عناصر^{۸۵} کے ایئی نمونہ^{۸۶} کے بیرونی مدار^{۸۷} میں چار سیکٹران^{۸۸} پائے جاتے ہیں۔ یوں ان کی گھیاں^{۸۹} گرفتہ^{۹۰} 4+ یا 4- مسکن ہے۔ اس بھارتے کے عنصر شریک^{۹۰} گرفتی بندہ^{۹۱} بنتے ہیں۔ برقیاتی پر زہ جات بنانے کی حاضر 99.9999999 فیصد حنالص سیکان درکار ہوتا ہے جسے عموماً نو-نو صاف سیکان پکارا جاتا ہے۔ اتنی حنالص سیکان حاصل کرنا از خود فنی مہارت کی انتہا ہے۔ حنالص سیکان غیر موصل ہوتا ہے البتہ اس میں، نہایت باریک مفتاد رہے، مختلف اجزاء کی ملاوٹ^{۹۲} کے اس کے موصلیت^{۹۳} کو تبدیل کر کے اسے موصل بنایا جاتا ہے۔ اسی لئے سیکان کو نیم موصل^{۹۴} پکارا جاتا ہے۔ وزن کے لحاظے میں کے بیرونی ٹھوس سطح کا 28% سیکان پر مشتمل ہے۔ عام ریت سیکان اور آسیجن کا سرکب SiO_2 ہے۔ سیکان کا ایٹمی عدد^{۹۵} یا تقریباً عدد 14 ہے۔ یوں اس کے بیرونی مدار میں چار سیکٹران پائے جاتے ہیں۔ اس کے بیرونی مدار میں آٹھ سیکٹران پورا کرنے کی حاضری ہے۔ چار سیکٹرانی سیکان ایٹموں کے ساتھ شریک گرفتی بندہ بنانے کے قلم^{۹۶} میں اس کی سادہ صورت دکھائی گئی ہے۔ حتیٰ صفر حرارت K پر موجود سیکان کے قلم میں تمام شریک گرفتی بندہ برقرار ہتے ہیں اور یوں اس میں آزاد سیکٹران کے عدم موجودگی کی وجہ سے یہ غیر موصل ہوتا ہے۔ جیسے جیسے سیکان کا درجہ حرارت بلند کی جائے، حرارتی توانائی کی بنا پر اس میں جگ جگ شریک گرفتی بندہ مقطوع ہونا شروع ہو جاتے ہیں۔

شریک گرفتی بندہ میں قید سیکٹران اس بند کے ٹوٹنے سے آزاد ہو جاتا ہے۔ بند کے ٹوٹنے سے سیکٹران خارج ہو کر آزاد مقنی بارے طور سیکان میں حرکت کرتا ہے اور یوں یہ قلم کی موصلیت میں کردار

elements ^{۸۵}
atomic model ^{۸۶}
shell ^{۸۷}
electrons ^{۸۸}
valency ^{۸۹}
covalent bond ^{۹۰}
doping ^{۹۱}
conductance ^{۹۲}
semiconductor ^{۹۳}
atomic number ^{۹۴}
crystal ^{۹۵}

ادا کرتا ہے۔ اس طرح شریک گرفتی بندھ کی قید سے آزاد ہوا سیکٹران جو اب سلیکان میں آزادی سے حرکت کر سکتا ہو کو آزاد الیکٹرون^{۹۶} یا متحرک الیکٹرون^{۹۷} کہتے ہیں۔ اسی طرح شریک گرفتی بندھ ٹونے کی وجہ سے سیکٹران کے اخراج سے اس نتام پر فالٹ ٹلاع دھباتا ہے اور ایسا موجود سلیکان کا ایمیٹ مثبت بار اختیار کر لیتا ہے۔ مثبت ایمیٹریب موجود شریک گرفتی بندھ سے سیکٹران کھینچ کی کوشش کرتا ہے اور کبھی کبھار ایسا کرنے میں کامیاب ہو جاتا ہے۔ یوں اس ایمیٹ کا بارود سے ایمیٹ کو مقتل ہو جاتا ہے اور ساتھ ہی ساتھ اس خلاء کا متمام بھی تبدیل ہو کر دوسرا ایمیٹ کے متمام پر مقتل ہو جاتا ہے۔ ایسا بار بار ہونے سے خلاء مسلسل جگہ تبدیل کرتا ہے۔ خلاء اور ثابت ایمیٹ کا متمام ایک ساتھ حرکت کرتے ہیں گویا کہ خلاء از خود مثبت بار ہو۔ یوں سلیکان میں آزادی سے حرکت کرتے ثابت خلاء کو آزاد غلو^{۹۸} یا متحرک غلو^{۹۹} کہتے ہیں۔ آزاد خلو باکل آزاد الیکٹرون کی طرح سلیکان کی موصیت میں کردار ادا کرتا ہے۔ آزاد خلو کا بار سیکٹران کے بار کے برابر مسگر مثبت ہوتا ہے۔

حرارت سے شریک گرفتی بندھ ٹونے کی وجہ سے پیدا آزاد الیکٹرون (متی بار) کو حرارتی الیکٹرون^{۱۰۰} جبکہ اس سے پیدا آزاد غلو (ثابت بار) کو حرارتی غلو^{۱۰۱} بھی کہتے ہیں۔ چونکہ ایک شریک گرفتی بندھ ٹونے سے ایک آزاد سیکٹران اور ایک آزاد خلو وجود میں آتے ہیں لہذا حرارتی سیکٹران اور حرارتی خلو کی تعداد ہر صورت برابر رہتی ہے۔ حرارت سے پیدا سیکٹران اور خلو کو قائمیت الیکٹرون^{۱۰۲} اور قائمیت غلو^{۱۰۳} بھی کہتے ہیں۔ حرارت سے آزاد سیکٹران اور آزاد خلو کے پیدائش کے عمل کو حرارتی پیدائش^{۱۰۴} کہتے ہیں۔ حرارتی پیدائش کو شرح^{۱۰۵} کا انحصار درجے حرارت پر ہے۔

آزاد سیکٹران اور آزاد خلو سلیکان میں بلا ترتیب حرکت کرتے ہیں اور ایسا کرتے ہوئے کبھی کبھار آپس میں دوبارہ جبڑ جاتے ہیں۔ ان کے جبڑنے سے ایک آزاد سیکٹران اور ایک آزاد خلو کا وجود حستم ہو جاتا ہے۔ اس عمل کو دوبارہ جو نما^{۱۰۶} اجبکہ اس کی شرح کو دوبارہ جو نے کہ شرح^{۱۰۷} کہتے ہیں۔ یہم جے حرارتی پیدائش کی شرح اور دوبارہ جبڑنے کی شرح برابر ہو تو اس صورت کو حرارتی توازن رکھتے ہیں۔ یہم موصیل اشیاء کی طبیعتیات سے معلوم ہوتا ہے کہ حرارتی پیدائش سے پیدا آزاد سیکٹران کی تعدادی کثافت^{۱۰۸} یا آزاد خلو کی تعدادی کثافت p کو مندرجہ ذیل مسافت سے حاصل کیا جاتا ہے۔

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

جبان

free electron ^{۹۱}
mobile electron ^{۹۴}
free hole ^{۹۸}
mobile hole ^{۹۹}
thermal electron ^{۱۰۰}
thermal hole ^{۱۰۱}
minority electrons ^{۱۰۲}
minority hole ^{۱۰۳}
thermal generation ^{۱۰۷}
thermal generation rate ^{۱۰۵}
recombination ^{۱۰۸}
recombination rate ^{۱۰۹}
number density ^{۱۰۸}

n_i حسراڑتی اسیکٹر ان کی تعداد فنی مسرجع سُنّتی میزہ ہے۔

p_i حسراڑتی خالوکی تعداد فنی مسرجع سُنّتی میزہ ہے۔

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

T جتنی حسراڑت ہے۔ اس کی اکائی کیلواں K ہے۔

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

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

یاد رہے کہ حسراڑتی اسیکٹر ان اور حسراڑتی خالوکی تعدادی کثافتیں برابر ہوتی ہیں۔ یعنی

(۲.۳۹)

$$n_i = p_i$$

۲.۱۴ منفی قلم کا نیم موصل

کیساںی دوڑی جدول کے پانچیں جماعت میں ناشرو جن N ، فنفورس P وغیرہ پائے جاتے ہیں۔ ان عناصر کے ایٹوں کے بیرونی مدار میں پانچ اسیکٹر ان پائے جاتے ہیں۔ ناشرو جن کو مثال بناتے دیکھتے ہیں کہ سیکان کے قسم میں ان عناصر کی، نہایت باریک مقدار میں، موجودگی کے کیا اثرات مرتباً ہوتے ہیں۔

سیکان کے قسم میں سیکان کے ایٹم ایک حنصال ترتیب سے جائز ہوتے ہیں۔ سیکان کے قسم میں امثلہ کے جوانے والے ملاوٹی ناشرو جن کے ایٹوں کی تعداد نہایت کم ہوتی ہے اور یوں ناشرو جن کے ایٹوں کی موجودگی کا قتلہ میں ایٹوں کے ترتیب پر کوئی اثر نہیں ہوتا۔ شامل کے جوانے والے ملاوٹی ناشرو جن کے ایٹم قتلہ میں جگہ جگہ سیکان ایٹم کی جگہ لے کر قتلہ کا حصہ بن جاتے ہیں۔ شکل ۲۶.۲ میں ناشرو جن کے ایٹم کو سیکان کے قسم میں بتے دکھایا گیا ہے۔ ناشرو جن ایٹم کے بیرونی مدار میں موجود پانچ اسیکٹر انوں میں سے چار اسیکٹر ان قسم میں مستریب چار سیکان ایٹوں کے ساتھ شریک گرفتی بندہ بنانے میں جبکہ پانچوں اسیکٹر ان فنا تورہ جاتا ہے۔ اس فنا تو اسیکٹر ان کا ناشرو جن ایٹم کے ساتھ کمزور بند 10^9 ہوتا ہے جسے اسیکٹر ان کی حسراڑتی توatalی جلد منقطع کر کے اسیکٹر ان کو آزاد کر دیتی ہے۔ اس طرح آزاد اسیکٹر ان قتلہ میں مکمل آزادی کے ساتھ حسراڑت کر سکتے ہیں جس سے قتلہ موصل ہو جاتا ہے۔ قتلہ میں ناشرو جن ایٹوں کی تعداد اتبدل کر کے اس کی موصیت پر فتاہ رکھا جاتا ہے۔ شکل ۲۶.۲ میں ایک آزاد اسیکٹر ان^{۱۰} کو سیکان ایٹوں کے مابین دکھایا گیا ہے۔ یوں اگر شامل کے گئے ملاوٹی ناشرو جن ایٹوں کی تعدادی کثافت N_D ایٹمی مسرجع سُنّتی میزہ ہوتے اس سے پیدا آزاد اسیکٹر انوں کی کثافت n_{n0} تقریباً اتنی ہو گی یعنی

(۲.۴۰)

$$n_{n0} \approx N_D$$

اس مسادات میں حرارتی آزاد الیکٹرانوں کی تعداد کو نظر انداز کیا گیا ہے جو کہ ایک جائز و متمد ہے۔ نیم موصل اشیاء کی طبیعتیات سے معلوم ہوتا ہے کہ حرارتی توازن کی صورت میں آزاد الیکٹران کی کثافت n_{n0} اور آزاد حنلوکی کثافت p_{n0} کے ضرب کا جواب اٹھ ہوتا ہے یعنی

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

جہاں کسی بھی درجہ حرارت پر $i^2 n$ کی قیمت مسادات ۲۸.۲ سے حاصل ہو گی۔ یوں مقنی نیم موصل سیکان میں آزاد حنلوکی کثافت

$$(2.32) \quad p_{n0} = \frac{n_i^2}{n_{n0}} \approx \frac{n_i^2}{N_D}$$

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

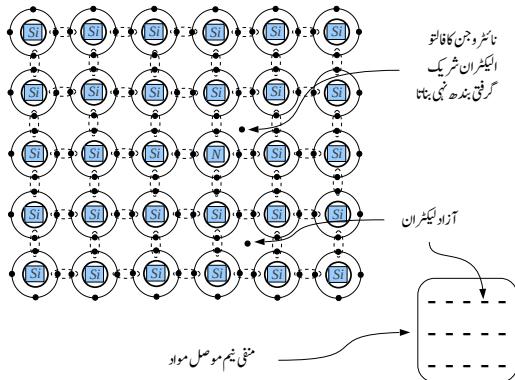
اس مثال میں نائشو جن کی شمولیت سے سیکان میں تحرک آزاد الیکٹران یعنی متکرہ منفی بار^{۱۱۳} نے موصلیت پیدا کی۔ ایسے سیکان کو منفی قسم کا نیم موصل یا منفی نیم موصل^{۱۱۴} کہتے ہیں۔ یوں مقنی نیم موصل تیر کرنے کی خاطر سیکان میں کیسا تینی دوری جزوں کے پانچیں جماعت کے عناصر بطور ملاوٹ شامل کئے جاتے ہیں۔ کسی بھی مکمل ایٹم میں پروٹون اور الیکٹران کی تعداد برابر ہوتی ہے۔ یوں ایٹم کا کل بار صفر ہوتا ہے۔ سیکان میں نائشو جن بطور ملاوٹ شامل کرنے سے اس کا کل بار صفر ہی رہتا ہے۔ نائشو جن ایٹم کے فنا تو اسیکٹران کی جدائی کے بعد نائشو جن ایٹم بثبت بار رکھتا ہے۔ یوں اگرچہ قائم کا کل بار اب بھی صفر ہی ہے لیکن جس مدتام پر نائشو جن کا بثبت ایٹم موجود ہوا اس مدتام پر کل بار بثبت ہو گا اور جس مدتام پر آزاد الیکٹران موجود ہو پائیں کل بار منفی ہو گا۔

قائم میں تمام ایٹم اپنی جگہ جگہ جھول سکتے ہیں ایسکن جگہ تبدیل نہیں کر سکتے۔ ایسے ایٹموں کو ساکن تصور کرتے ہوئے ہم کہ قائم میں بگہ جگہ ساکن بثبت بارہ والے نائشو جن ایٹم پائے جاتے ہیں۔ یوں مقنی قسم کے نیم موصل قائم میں بثبت بارہ ساکن جگہ اس میں مقنی بار (آزاد الیکٹران) حرکت پذیر ہوتے ہیں۔ یوں مقنی نیم موصل میں مواد میں بر قریب کا یہ آزاد الیکٹران کے حرکت سے ہوتا ہے۔ آزاد الیکٹران نیم موصل مواد کے وجود میں بالکل اسی طرح حرکت کرتے ہیں جیسے بندوبست میں گیس کے ایٹم یا مائیکرول

حرکت کرتے ہیں۔ اسی درجہ سے آزاد الیکٹران کو کبھی کہا ریکٹران^{۱۱۵} لگیں بھی کہا جاتا ہے۔

ان دو اقسام کے باروں کا تذکرہ کرتے ہوئے ماکڑے بار^{۱۱۶} اور متکرہ بار^{۱۱۷} کی بات کی جاتی ہے۔ یوں مقنی قسم کے نیم موصل مادے میں موصلیت صرف متکرہ باروں کی وجہ سے پیدا ہوتی ہے۔ ساکن بار کا قائم کے موصلیت پیدا کرنے

majority electrons^{۱۱۱}
minority holes^{۱۱۲}
mobile negative charge^{۱۱۳}
 n -type semiconductor^{۱۱۴}
electron gas^{۱۱۵}
immobile charges^{۱۱۶}
mobile charges^{۱۱۷}



شکل ۲.۲۶: نائسر و جن کی شمولیت سے منقی نیم موصل کے نیم موصل کا حصول

میں کوئی کردار نہیں۔ منقی نیم موصل مواد کو ظاہر کرنا بھی شکل میں دکھایا گیا ہے جہاں (—) آزاد اسیکٹر ان کے وجود کو احاب اگر کرتا ہے ناکہ گل برقی بار کو۔ سیکان میں بیرونی مادہ مثلاً نائسر و جن کے شمولیت سے پیدا آزاد اسیکٹر ان کو اشتینکر لیکڑا^{۱۸} بھی کہتے ہیں۔

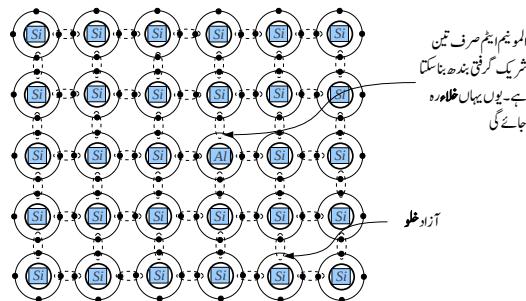
۲.۱۵۔ ثابت قلم کا نیم موصل

کہیاںی دوڑی جب دل کے تیسرا جماعت میں بوران B، الومیم Al وغیرہ پائے جباتے ہیں جن کے بیرونی مدار میں صرف تین اسیکٹر ان ہوتے ہیں۔ سیکان کے قتلہ میں اس جماعت کے عنصر کی شمولیت کے اثرات دیکھنے کی خاطر الومیم کی شمولیت کو مثال بناتے ہیں۔ سیکان کے قتلہ میں سیکان کے ایٹم ایک خاص ترتیب سے جڑتے ہوتے ہیں۔ سیکان کے قتلہ میں ہطور ملاوٹ شامل کئے جانے والے الومیم ایٹوں کی تعداد بہت کم ہونے کی بنا پر یہ قتلہ میں ایٹوں کے ترتیب پر اضافہ نہیں ہوتے۔ شامل کئے جانے والے ملاوٹی الومیم کے ایٹم قتلہ میں جگ جگ سیکان ایٹم کی جگ لے کر قتلہ کا حصہ بن جاتے ہیں۔

شکل ۲.۲۷ میں الومیم کے ایٹم کو سیکان کے قتلہ میں بنتے دکھایا گیا ہے۔ قتلہ میں بنتے الومیم ایٹم کے بیرونی مدار میں موجود تین اسیکٹر ان قتلہ میں فترتیب تر تین سیکان ایٹوں کے ساتھ شریک گرفتی بندھ بناتی ہیں۔ الومیم ایٹم کے بیرونی مدار میں چوتھے اسیکٹر ان کی عدم موجودگی کی بنا پر فترتیب چوتھے سیکان ایٹم کے ساتھ شریک گرفتی بندھ بنانا ممکن نہیں ہوتا۔ یوں اس بندھ کی جگہ خلاء رہ جاتی ہے۔

شکل ۲.۲۸ کو دیکھتے ہوئے آگے پڑھیں۔ حرارتی توانائی سے عین ممکن ہوتا ہے کہ اس خلاء کے فترتیب کوئی شریک گرفتی بندھ منقطع ہو جائے اور وہاں سے اسیکٹر ان خارج ہو جائے۔ خارج شدہ اسیکٹر ان بھٹکتا بھٹکتا الومیم کے فترتیب خلاء کو پُر کر کے یہاں شریک گرفتی بندھ کو جنم دیتا ہے۔ ایسا ہونے سے الومیم ایٹم منقی

^{۱۸} majority electrons



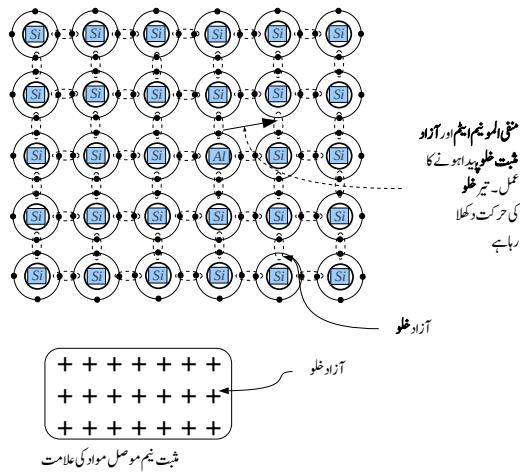
شکل ۷.۲.۷: المونیم ایٹم فسلم میں سیکان ایٹم کی جگہ لیتا ہے

بار اختیار کر لیتا ہے جبکہ جہاں سے الیکٹران حنارج ہوا ہوا س مفہوم پر مشتمل آزاد غلو^{۱۹} رہ جاتا ہے۔ اس مشتمل آزاد حنلوں کو حنلوں الف کہتے ہوئے گفتگو آگے بڑھاتے ہیں۔ اسی طرح حرارتی توانائی نو پیدا حنلوں الف کے فتنہ کسی اور شریک گرفتی بندھ کو منقطع کر کے بیساں سے الیکٹران حنارج کرتے ہوئے حنلوں کے وجوہ کو ختم کر دے گا۔ اسی طرح حنلوں پر مشتمل آزاد حنلوں الف تک پہنچ کر اسے پر کر کے بیساں حنلوں کے وجوہ کو ختم کر دے گا۔ اسی طرح حنلوں پر مشتمل آزاد حنلوں پر ہو گا وغیرہ وغیرہ۔ یوں آزاد حنلوں مسلسل جگہ تبدیل کرے گا جبکہ منقی المونیم ایٹم سا کن رہتا ہے۔ مسلسل حرکت پذیر مشتمل حنلوں (آزاد حنلوں) کی بدلت مثالم کی موصلیت وجود میں آتی ہے جبکہ سا کن منقی بار (الموئیم ایٹم) کا فسلم کی موصلیت میں کوئی کردار نہیں۔ یوں مشتمل نیم موصل مواد میں بر قریب کا بہا اور آزاد حنلوں کے حرکت سے ہوتا ہے۔

چونکہ اس طرح کے فسلم میں حنلوں بطور مشتمل بار کردار ادا کرتا ہے اور یہی موصلیت کو جسم دیتا ہے لہذا سے مشتمل قسم کی نیم موصل مواد یا مشتمل نیم موصل^{۲۰} کہتے ہیں۔ مشتمل نیم موصل مواد کو ظاہر کرنا بھی شکل ۷.۲.۸ میں دکھایا گیا ہے جہاں (+) آزاد حنلوں کے وجود کو حاجاً گر کرتا ہے ناکر گل بر قریب بار کو۔

اس طرح آزاد حنلوں کے مکمل آزادی کے ساتھ حرکت کر سکتے ہیں جس سے فسلم موصل ہو جاتا ہے۔ فسلم میں المونیم ایٹموں کی تعداد تبدیل کر کے اس کی موصلیت پر قابو رکھا جاتا ہے۔ آزاد حنلوں نیم موصل مواد کے وجود میں بالکل اسی طرح حرکت کرتے ہیں جیسے بد ذات میں گیس کے ایٹم یا مالکیوں حرکت کرتے ہیں۔ اسی وجہ سے آزاد حنلوں کو کبھی کبھی غلو^{۲۱} یا غلو^{۲۲} بھی کہا جاتا ہے۔ سیکان میں بیرونی مواد مثلاً Al کے شمولیت سے پیدا آزاد حنلوں کو اکھریتی غلو^{۲۳} بھی کہتے ہیں۔ مشتمل نیم موصل سیکان ہستے وقت اگر اس میں شامل کئے جانے والے ملاؤں ایٹموں کی کثافت N_A ایٹم فی متر مربع سینئی میٹر ہو تو اس میں حرارتی آزاد حنلوں کو نظر انداز

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



شکل ۲.۸: آزاد خلوکی حرکت اور مثبت نیم موصل مواد ظاہر کرنے کی علامت

کرتے ہوئے اکثریتی آزاد حنلوکی کشافت p_{n0} بھی تقریباً اتنی ہو گی یعنی

$$(r,rr) \qquad \qquad p_{p0} = N_A$$

جبکہ حسراحتی متوازن صورت میں اس میں آزاد اسیکفر انوں کی کلافت مساوات ۲۱.۲ کے تحت

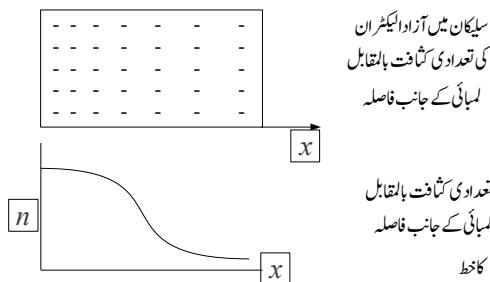
$$n_{p0} = \frac{n_i^2}{p_{p0}} \approx \frac{n_i^2}{N_A}$$

ہوگا۔ مثبت نیم موصل میں اکشیریتی خلوٰہ کی کثافت شامل کئے جانے والے ملاوٹی ایٹوں کی تعداد پر منحصر ہے جبکہ اس میں اقلیتی ایکٹروں کی کثافت درجہ حرارت پر منحصر ہے۔

۲۰۱۶ مال برداری

آزاد اسیکٹریان اور آزاد خنلو نفوذ^{۱۲۵} اور ہماوں^{۱۲۶} کے ذریعے سلیکان میں حرکت کر کے ایک محتاج میں دوسرے محتاج مقتول ہو سکتے ہیں۔ کائنات میں متدرج ماڑ برداری^{۱۲۷} ان دو خودکار طریقوں سے ہوتی ہے۔ پانی میں سیاہی کا پھیلا اور دریا میں بانی کاپڑا اونہیں کی بدولت ہے۔

majority holes¹¹¹
 minority electrons¹¹¹
 diffusion¹¹²
 drift¹¹¹
 transportation¹¹²



شکل ۲.۴۹: تعدادی کثافت میں ناہواری نفوذ پیدا کرتا ہے

۲.۶.۱ نفوذ

نفوذ سے مراد اسیکٹر ان اور حنلوں کی وہ بلا تریب حرکت ہے جو حرارتی توانائی کی وجہ سے پیدا ہوتی ہے۔ سیکان میں آزاد اسیکٹر ان (آزاد حنلوں) کی یہ سانچہ تعدادی کثافت کی صورت میں آزاد اسیکٹر ان (آزاد حنلوں) کے نفوذ سے بر قی رو پیدا نہیں ہوتی البتہ اگر کسی طرح آزاد اسیکٹر ان (آزاد حنلوں) کی تعدادی کثافت ایک ممتاز پر زیادہ کر دی جائے تو اس صورت میں زیادہ تعدادی کثافت والے ممتاز سے کم تعدادی کثافت کے ممتاز کی جانب آزاد اسیکٹر انوں (حنلوں) کا بہا وہا جس سے بر قی رو پیدا ہوگی۔ ایسے بر قی رو کو **نفوذی برقی رو** کہتے ہیں۔ اس حقیقت کو شکل ۲.۴۹.۲ کی مدد سے بہتر سمجھا جاسکتا ہے جہاں مندرجہ سیکان کے ایک سلاخ میں لمبائی کے جانب آزاد اسیکٹر انوں کی تعداد تبدیل ہوتے دکھائی گئی ہے۔ اسی شکل میں اس کا گراف بھی دکھایا گیا ہے۔ اس شکل میں آزاد اسیکٹر ان دائیں جانب نفوذ کریں گے۔ اس طرح سلاخ میں را بیچ بر قی رو کی سمت بائیں جانب ہوگی۔ پانی میں رنگ نفوذ کے ذیعہ حل ہوتا ہے۔ آزاد حنلوں کے نفوذی بر قی رو کی مسافت شکل ۲.۴۹.۲ کی مدد سے حاصل کرتے ہیں۔ شکل میں سیکان کی مثبت نیم موصل سلاخ دکھائی گئی ہے جس کارقبہ عمودی تراش A ہے۔ شکل میں نقطہ الف پر آزاد حنلوں کی تعدادی کثافت (p) جبکہ اس کے متريب Δx فاصلہ پر نقطہ ب پر تعدادی کثافت $p + \Delta p$ ہے۔ ان دونوں نقطوں پر سلاخ کے چھوٹی سی لمبائی Δx میں کل حنلوں کی تعداد $pA\Delta x$ اور $(p + \Delta p)A\Delta x$ ہوگی۔ ہم تصور کرتے ہیں کہ سلاخ میں حنلوں کی لمبائی کے جانب حرکت کرتے ہیں۔ اس طرح حصہ الف کے آدھے حنلوں، یعنی $pA\Delta x/2$ ، بائیں جانب اور آدھے دائیں جانب حرکت کریں گے۔ اسی طرح حصہ ب کے آدھے حنلوں یعنی $(p + \Delta p)A\Delta x/2$ ، بائیں اور آدھے دائیں جانب حرکت کریں گے۔ یوں ان دونوں نقطوں کے درمیان نقطہ دار لکیر پر دائیں جانب گزرتے کل حنلوں کی تعداد

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

ہوگی۔ حنلوں کے بار کو q لکھتے ہوئے اس کلیسے سے دایمی جبانب گزرتے کل بار کی مقدار کو یوں لکھا جا سکتا ہے۔

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

تصور کریں کہ باروں کی یوں منتقلی وقت Δt میں عمل میں آتی ہے۔ اس طرح سلاخ میں برقی رو = $\Delta Q_p / \Delta t$ ہوگی جیسی

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

اس برقی رو کی کٹافت J_p کو یوں لکھا جا سکتا ہے۔

$$(2.35) \quad J_p = \frac{I_p}{A} = -\frac{q \Delta p \Delta x}{2 \Delta t}$$

کسی بھی نقطے عمل y کے لئے ہم لکھ سکتے ہیں $\Delta y = \frac{dy}{dx} \Delta x$ یوں موجودہ صورت میں لکھا جا سکتا ہے۔

$$(2.36) \quad \Delta p = \frac{dp}{dx} \Delta x$$

ان دو مساواتوں سے حاصل ہوتا ہے

$$(2.37) \quad J_p = \frac{I_p}{A} = -q \frac{dp}{dx} \frac{\Delta x^2}{2 \Delta t}$$

اس مساوات میں

$$(2.38) \quad D_p = \frac{\Delta x^2}{2 \Delta t}$$

لکھ کر حاصل ہوتا ہے

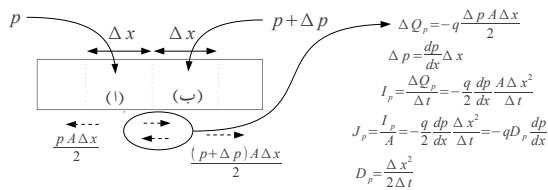
$$(2.39) \quad J_p = -q D_p \frac{dp}{dx}$$

یہ مساوات نفوذی برقی رو کی کٹافت یا کٹافٹ نفوذی رو^{۱۷۹} کو بیان کرتا ہے۔ ^{۱۸۰} جہاں

J_p آزاد حنلوں سے پیدا نفوذی برقی رو کی کٹافت ^{۱۸۱} ہے۔

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

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



شکل ۲.۵۰: آزاد حنلو سے حاصل نفوذی برقی رو

D_p حنلو کے نفوذ کا مستقل ^{۱۴۴} ہے۔ سیکان میں $D_p = 12 \text{ cm}^2/\text{s}$ کے برابر ہوتا ہے۔

p آزاد حنلو کی تعدادی کثافت ہے۔

آزاد اسیکٹرانوں 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 منی کی علامت استعمال کرنے سے ہی برقی رو کی صحیح سمت حاصل ہوتی ہے۔ آزاد اسیکٹران کے نفوذ کا مستقل ^{۱۴۴} ہے جس کی قیمت سیکان کے لئے $34 \text{ cm}^2/\text{s}$ ہے۔

۲.۱۶.۲ بہاو

آزاد اسیکٹران اور آزاد حنلو کے حرکت کرنے کا دوسرا ذریعہ ہماو ^{۱۴۵} ہے۔ بہاو سے پیدا برقی رو کو ہماو برقی رو ^{۱۴۵} کہتے ہیں۔

اگر سیکان کے ایک سالانہ جس کی لمبائی L ہو، کے دوسروں کے مابین برقی دباؤ V مہیا کی جائے تو اس سالانہ میں برقی اشدت ^{۱۴۶} E پیدا ہو گی جہاں

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

کے برابر ہے۔ برقی دباؤ کی شدت آزاد اسیکٹران اور آزاد حنلو کو اسرائے گا۔ آزاد حنلو کا رفتار برقی اشدت کی سمت میں جبکہ آزاد اسیکٹران کا رفتار اس کے اُپر سمت میں بڑھے گا۔ برقی اشدت سے پیدا ہاروں کے رفتار کو رفتار ہماو ^{۱۴۷} کہتے ہیں۔ آگے صرف آزاد اسیکٹران پر گفتگو کرتے ہیں اگرچہ یہ سب کچھ آزاد حنلو کے لئے بھی درست ہے۔ اس گفتگو میں آزاد اسیکٹران کو صرف اسیکٹران کہیں گے۔

hole's diffusion constant ^{۱۴۴}
electron's diffusion constant ^{۱۴۴}
drift ^{۱۴۵}
drift current ^{۱۴۵}
electric field intensity ^{۱۴۴}
drift speed ^{۱۴۴}

ایکٹر ان کی رفتار کے دو حصے ایں۔ ایک حصہ حسرارتی رفتار ہے جبکہ دوسرا حصہ بیا و کی رفتار پر رفتار ایک حصہ سلیکان کے سلاخ میں ہر معتام پر حسرارت یکاں ہوتے اس سلاخ میں حسرارتی رفتار کی اوسط قیمت پر برادر ہوگی۔ حسرارتی رفتار بلا تیزی ہے اور یوں سنتی حسرارتی رفتار کی اوسط قیمت صدر ہوتی ہے۔ لہذا اس صورت میں سنتی حسرارتی رفتار کا سلیکان میں برقی روپیہ اکرنے میں کوئی کردار نہیں۔ اس کے بر عکس ایکٹر ان کی سمعتی رفتار ہماو^{۱۳۸} برقی شدت کے الٹے سمت میں ہوتی ہے اور اس کی اوسط قیمت برقی شدت پر منحصر ہوتی ہے۔ یوں برقی شدت کے موجودگی میں سلیکان میں برقی دو سنتی رفتار بیا و کے وجہ سے ہوتی ہے۔ سنتی رفتار بیا و پر اب گفتگو کرتے ہیں۔

برقی شدت کی وجہ سے حسرکت کرتے بار وقت افوق تأسیکن ایٹوں کے ساتھ ٹکرائی تو انہی ضائع کر دیتے ہیں اور ان کی لحاظی سمعتی رفتار ہماو^{۱۳۹} افسوس ہو جاتی ہے۔ ٹکرانے کے بعد یہ ایک مرتبہ پھر برقی شدت کی وجہ سے رفتار پڑتے ہیں۔ یوں ٹکرانے کی وجہ سے ایکٹر ان کی رفتار لگاتار نہیں بڑھتی بلکہ یہ کسی اوسط رفتار سے سلیکان میں برقی شدت کے الٹے سمت حسرکت کرتے ہیں۔ اس اوسط سنتی رفتار کو اوسط سمعتی رفتار ہماویا صرف سمعتی رفتار ہماوکتے ہیں۔

سلیکان کے فسلم 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 گئے نیوٹن^{۱۴۰} کے مادا $F = m_n a$ 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

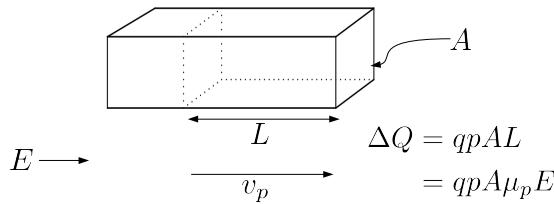
$$v_n = \frac{v_{t_n}}{2} = -\frac{qEt_n}{2m_n}$$

اس مادا میں $\mu_n = \frac{q t_n}{2 m_n}$ لکھنے سے اسے یوں لکھا جا سکتا ہے

$$(2.51) \quad v_n = -\mu_n E$$

جہاں μ_n کو ایکٹر ان کی حرکت پذیری^{۱۴۱} کہتے ہیں۔ اگر سنتی رفتار بیا و کو $s/cm/s$ اور برقی شدت کو V/cm میں ناچاہے تو سلیکان میں ایکٹر ان کی حرکت پذیری^{۱۴۲} μ_n کی قیمت $1350 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ ہے۔ اسی طرح آزاد جنلوں کے لئے

drift velocity ^{۱۴۸}	
instantaneous drift velocity ^{۱۴۹}	
Newton's law ^{۱۴۰}	
electron mobility ^{۱۴۱}	



شکل ۲.۵: برقی شدت سے برقی روکاپیدا ہونا

ہم لکھ سکتے ہیں۔

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

جہاں سیکان میں آزاد حنلوکی حس کرتے پذیری μ_p کی قیمت $480 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ کے لگے بھگے ہے۔ سیکان کے سطح پر حس کرتے پذیری کی قیمت گہرائی پر حس کرتے پذیری کی قیمت سے دس گن تک کم ہو سکتی ہے۔ یہاں گہرائی پر الیکٹران کو رکھتے پذیری اور گہرائی پر غلوکر رکھتے پذیری کی بات کی گئی۔ شکل ۲.۵ میں ثابت نیم موصل سیکان کا سالخ دکھایا گیا ہے جس میں آزاد حنلوکی تعدادی کثافت p فی متر مربع منی میزہ ہے۔ اگر اس سالخ میں برقی شدت E ہو تو اس میں آزاد حنلوکی سنتی رفتار بیساو v_p اسی سمت میں ہوگی۔ یوں ایک سیکنڈ میں آزاد حنلوکی کا حجم $v_p \times A \times L$ ہے اور اس سالخ میں v_p منی میزہ کافی صلادھے کریں گے۔ سالخ کے لمبائی L کا حجم $A \times L \times p$ ہے آزاد حنلوکی کے برابر ہو گا اگر v_p منی میزہ لمبائی $\Delta Q = qpAL$ میں کل آزاد بار $\Delta Q = qpAv_p$ ہو گا۔ اس سالخ کے دائیں جانب سطح A سے یوں سیکنڈ $J_p = qpAv_p$ بار گزرا گا اور یوں اس سالخ میں برقی روکی کثافت I_p کی قیمت $qpAv_p$ ہوگی۔ اس برقی روکی کثافت J_p سے ہو گا۔

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

بالکل اسی طرح آزاد الیکٹران کے لئے بھی مساوات لکھی جو سکتی ہے۔ آزاد الیکٹران کے بار کو $(-q)$ لکھتے ہوئے چونکہ اس کے لئے $v_n = \mu_n E$ ہے لہذا آزاد الیکٹران کے لئے اس مساوات کو یوں لکھا جا سکتا ہے۔

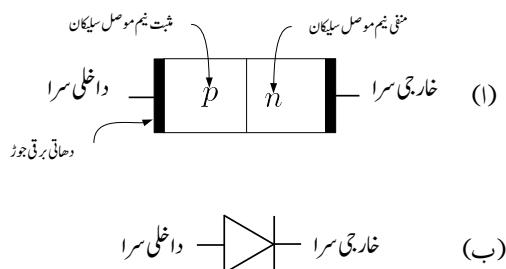
$$(2.54) \quad J_n = \frac{I_n}{A} = (-q)n v_n = (-q)n(-\mu_n)E = qn\mu_n E$$

آزاد الیکٹران اور آزاد حنلوکے موجودگی میں برقی روکوں پاروں کی وجہ سے پیدا ہوگی اور یوں اس صورت میں ہم لکھ سکتے ہیں۔

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

اس مساوات میں

$$(2.56) \quad \sigma = (n\mu_n + p\mu_p)$$



شکل ۲.۵۲: ڈائیوڈ کی بناؤ اور اس کی علامت

لکھنے سے اے یوں لکھا جا سکتا ہے۔

(۲.۵۷)

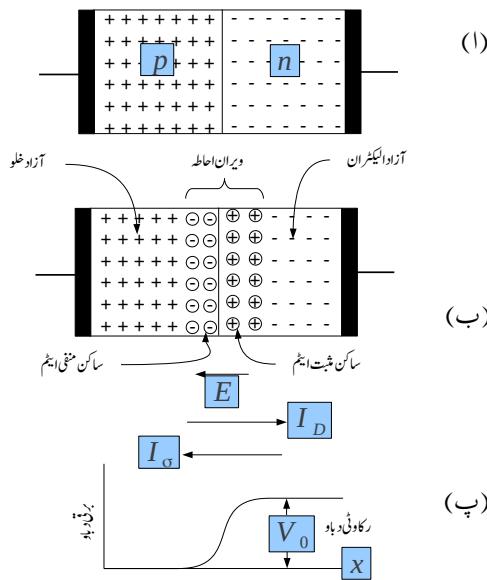
$$J_\sigma = q\sigma E$$

یہ مواد برقی شدت کی بدولت بہاوے پر ایک برقی رو کی مساوات ہے جس میں ۵ سیکان کے موصلیت کا مستقر ہے۔ مواد ۲.۵۷ در حقیقت قانونِ اونم ۱۳۳ ہے۔

۲.۱. مثبت اور منفی اقسام کے نیم موصل مواد کا ملاپ

مثبت نیم موصل اور منفی نیم موصل مواد کے ملاپ سے ڈائیوڈ جو دو میں آتا ہے۔ شکل ۲.۲ میں اس کی بناؤ اور علامت دکھائی گئی ہے۔ حقیقت میں ڈائیوڈ سیار کرتے وقت سیکان کی ایک ہی پستری پر منفی اور مثبت قسم کے نیم موصل احساٹ ملائکر بنائے جاتے ہیں۔ تصور کریں کہ مثبت نیم موصل اور منفی نیم موصل سیکان کو جوڑا جاتا ہے۔ اس وقت کا صورت حال شکل ۲.۵۳ ہے۔ اس میں دکھایا گیا ہے۔ نفوڈ کی وجہ سے مثبت نیم موصل حصے سے آزاد اسیکڑا مثبت نیم موصل حصے کی جانب حرکت کریں گے اور اسی طرح منفی نیم موصل حصے سے آزاد اسیکڑا مثبت نیم موصل حصے کی جانب حرکت کریں گے۔ مثبت نیم موصل حصے خلدوں کے نکل جانے سے یہاں سرحد کے فسیریب سا کن منفی ایتم نمودار یا بے پرده ہوں گے۔ اسی طرح منفی نیم موصل حصے اسیکڑا کے نکل جانے سے یہاں سرحد کے فسیریب سا کن مثبت ایتم نمودار یا بے پرده ہوں گے۔ مثبت نیم موصل حصے میں داخل اسیکڑا نوں میں سے چند سرحد کے فسیریب آزاد خلدوں سے مسل کر جنم ہو جائیں گے جبکہ بقیا اس حصے میں بطور اقلیتی بار اس وقت تک کسی خلوکے ساتھ مسل کر جنم نہ ہو جائیں۔ اسی طرح منفی حصے میں داخل آزاد خلدوں میں سے جنہیں اس آزاد اسیکڑا نوں سے مسل کر جنم ہو جائیں گے جبکہ بقیا اس حصے میں بطور اقلیتی بار اس وقت تک بسیں گے جب تک یہ کسی خلوکے ساتھ مسل کر جنم نہ ہو جائیں۔

conductivity^{۱۳۴}
Ohm's law^{۱۳۵}



شکل ۲.۵۳: رکاوٹی برقی دباؤ

صورت حال شکل ۲.۵۳ ب میں دکھائی گئی ہے جہاں ساکن اینیون کو گول دائزے میں بند کھایا گیا ہے۔ آزاد الیکٹرونوں اور آزاد حنلوں کے اس حرکت سے پیدا نفوذی برقی روکو I_D لکھتے ہیں جہاں نیچ کے نفوذ کے مستقل لکھتے ہیں اس برقی روکی بطور نفوذی برقی روپہچان کی گئی ہے۔ یہ موصول سیکان ان خود بے بار ہوتا ہے۔ شکل ب کے دونوں جانب بے بار یہ موصول سیکان ہے جبکہ ان کے درمیان سرحد پر باردار ساکن اینیم نوادر ہو چکے ہیں۔ اس درمیان نے خطے کو ویرانہ خط ۱۳۵ کہتے ہیں۔ یہاں سرحد کے دوں جانب مثبت اینیم جبکہ اس کے باہم جانب مخفی اینیم موجود ہیں۔ آپ جانتے ہیں کہ ایک جانب مثبت بار اور دوسرے جانب مخفی بار کا وجود برقی شدت E پیدا کرتا ہے اور ان کے مابین برقی دباؤ ۱۳۶ V_0 پایا جاتا ہے۔ یہاں نے میں برقی شدت E پایا جائے گا۔ اگر مخفی یہ موصول حصے سے حرارتی توانائی کی بدولت حرکت کرتا آزاد حنلوں ۱۳۷ بھسلتا ہو اور ان خطے میں داخل ہو جائے تو اس پر برقی شدت کی وجہ سے برقی قوت $F = qE$ عمل کرے گی جو اسے مثبت یہ موصول حصے میں دھکیل دے گی۔ اسی طرح اگر مثبت یہ موصول حصے سے آزاد حنلوں کی برقی توانائی کی بدولت ہو وقت میں داخل ہو جائے تو اسے بھی مثبت یہ موصول حصے میں دھکیل دیا جاتا ہے۔

neutral^{۱۳۳}depletion region^{۱۳۵}electric field intensity^{۱۳۴}voltage^{۱۳۲}

یاد ہے کہ یہ موصول سیکان میں حرارتی توانائی کی بدولت ہو وقت حرارتی بار پیدا ہوتے رہتے ہیں۔

اگر بثت نئم موصل حصے سے آزاد الیکٹران حسارتی تو ان کی بدولت حسرکت کرتا دیر ان خطے پہنچ جائے تو اس پر برقی قوت $-qE$ عمل کر کے اسے منفی نئم موصل حصے میں دھکیل دے گی۔ اسی طرح اگر منفی نئم موصل حصے سے آزاد الیکٹران ویران خطے میں داخل ہو جائے تو اسے بھی منفی نئم موصل حصے میں دھکیل دیا جاتا ہے۔

آپ دکھ سکتے ہیں کہ یہ برقی شدت سے پیدا ہوا کا عمل ہے۔ اس عمل سے پیدا برقی رو I_S کو شکل میں دھکایا گیا ہے۔ چونکہ اس خطے میں کسی قسم کا آزاد بار زیادہ دیر نہیں ٹھہر سکتا اس لئے اسے ویراڑھ خطے^{۱۴۹} کہتے ہیں۔

برقی رو I_S کی معتدار کار و مدار حسارتی تو ان کی سے حسرکت کرتے اُن آزاد الیکٹرانوں اور آزاد خلدوں پر ہے جو ویران خطے میں بھک جائیں۔ اس کے بر عکس برقی رو I_D کی معتدار دونوں نئم موصل خطوں میں شامل کئے گئے ملاوی ایٹوں کی تعداد کی تلافت اور کاٹھی برقی رو باو V_0 پر ہے۔ یوں I_D کی معتدار V_0 بڑھنے سے کم ہوتی ہے۔

جس لمحہ بثت اور منفی نئم موصل سیلان کو آپس میں جو راحبے اس لمحہ^{۱۵۰} امر فر I_D برقی رو پائی جائے گی۔ جیسے جیسے ویران خطے کے حدود بڑھیں گے ویسے ویسے E اور V_0 کی معتداریں بڑھیں گے اور یوں I_D کی معتدار بڑھنے کی جبکہ I_S کی معتدار بڑھنے^{۱۵۱} اُتھی۔ اُختر کار ان دو قسموں کی برقی رو کی معتداریں برابر ہو جائیں گی (یعنی $I_S = I_D$) اور نئم موصل حسٹرڈا سیلان متوازن صورت اقتدار کر لے گا۔

متوازن صورتِ حال کے حصول کے بعد اگر کسی وحہ سے I_D کی قیمت بڑھ جائے تو اس سے مزید بار بردار ایٹ نمودار ہوں گے جس سے E اور V_0 کی قیمت میں اضافہ ہو گا جس سے I_D کے اضافے کی روکھتام ہو گی اور ایک سرتباً دوبارہ متوازن صورتِ حال پیدا ہو گا۔ اس کے بر عکس اگر کسی وحہ سے I_D کی قیمت میں کی آئے تو چونکہ I_S مسلسل چاپ^{۱۵۲} رہتا ہے لہذا بار بردار ایٹوں کی تعداد میں کی آئے گی جس سے E اور V_0 کی قیتوں میں کی آئے گی۔ رکاوٹی دباؤ میں کی I_D کے گھنے کرو کے کی اور ایک سرتباً دوبارہ متوازن صورتِ حال پیدا ہو گا۔

شکل میں دھکایا برقی رو باو V_0 نفوذ کے عمل کروتا ہے۔ اسی لئے اسے رکاوٹی برقی رو باو^{۱۵۳} کہتے ہیں۔ سیلان میں رکاوٹی برقی رو باو کی عتمدی قیمت 0.6 V تا 0.8 V رہتی ہے۔ اس کی اوستاً قیمت کو عتمدہ 0.7 V لیا جاتا ہے۔

مثال ۲.۱۲: اگر ڈائیوڈ کے سروں کے مابین برقی تار جوڑی جائے تو کیا رکاوٹی برقی رو باو کی وحہ سے برقی تار میں برقی رو پیدا ہو گی؟ حل: بیرگز نہیں۔ اگر ایسا ممکن ہوتا تو ہم ڈائیوڈ سے لگاتار تو ان کا صل کر سکتے ہو تو جو کہ فتنوں برائے بقائے تو ان کے خلاف ہے۔

حقیقت میں ڈائیوڈ کے سروں پر نئم موصل اور دھلتی برقی تار کے جوڑ پر برقی رو باو پیدا ہوتا ہے جو رکاوٹی برقی رو باو کے عین برابر اور اس کے الٹے جہاں ہوتا ہے۔ اس طرح بیرگنی برقی تار میں برقی رو نہیں پیدا ہوتی۔ نئم موصل اور برقی تار کے جوڑ پر پیدا برقی رو باو ان کے آپس میں جو نہیں ہے پیدا ہوتا ہے۔

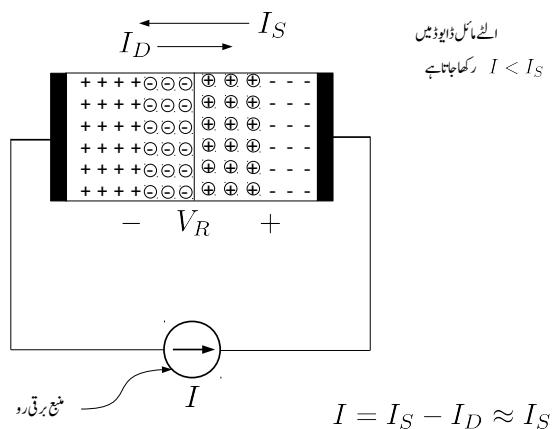
depletion region^{۱۴۹}

^{۱۵۰} اُبھی دیر ان خطے پر نہیں ہوا ہوتا لہذا I_S صفر ہوتا ہے

^{۱۵۱} I_S کی قیمت حسرکتی تو ان کے حسرکت کرتے آزاد باروں کے دیر ان خطے میں بھٹکنے پر مختصر ہے۔ دیر ان خطے کے حدود بڑھنے سے ایسا ہونے کے امکانات بڑھ جاتے ہیں۔

^{۱۵۲} عام حالات میں دیر ان خطے کے حدود نہیں کم تبدیل ہوتے ہیں لہذا I_S کی قیمت کو غیر تغیر پذیر یعنی اٹل تصور کیا جاتا ہے۔

^{۱۵۳} blocking voltage



شکل ۲.۵۷: اکٹھا مائل ڈائیوڈ

مثال ۲.۳: رکاوٹی برقی دباؤ V_0 کو ولٹ میٹر^{۱۵۳} سے کیسے نپاہتا ہے۔ حل: رکاوٹی برقی دباؤ کو ولٹ میٹر سے ناپنا ممکن نہیں۔ رکاوٹی برقی دباؤ ناچیت وقوت جیسے ہی میٹر کی برقی تاریں ڈائیوڈ کے سروں کو چھوتے ہیں، ان سروں پر برقی دباؤ پسیدا ہوتا ہے جو رکاوٹی برقی دباؤ کے بالکل برابر اور اس کے الٹ سمت میں ہوتا ہے۔ یوں ولٹ میٹر صفر ولٹ جواب دیتا ہے۔

۲.۱۸ اکٹھا مائل ڈائیوڈ

اکٹھا مائل ڈائیوڈ میں برقی رو نہیں گزرتی لیکن اکٹھا مائل ڈائیوڈ مخفی^{۱۵۴} رہتا ہے۔ اس حقیقت پر اس حصہ میں غور کیا جائے گا۔ اکٹھا مائل ڈائیوڈ کی کارکردگی سمجھنا اس میں اٹھی جانب برقی رو پر غور کرنے سے زیادہ آسان ہوتا ہے۔ اکٹھا مائل ڈائیوڈ پر شکل ۲.۵۷ کی مدد سے غور کرتے ہیں جہاں: سیروں نی منفی برقی رو^{۱۵۵} ڈائیوڈ میں اٹھی جانب برقی رو I گزارتا ہے۔ منفی برقی رو اس آل کو کہتے ہیں جو در کاربرقی رو مہیا کر سکے۔ تصور کریں کہ I کی قیمت ڈائیوڈ کے اندر ہونی بہساوے پسیدا برقی رو I_S کے کم ہے۔ عام حالات میں اکٹھا مائل ڈائیوڈ میں ایسا ہی ہوتا ہے۔ حصہ ۱۹.۲ میں اس صورت پر غور ہو گا جب I کی قیمت I_S سے تجاوز کر جائے۔

volt meter^{۱۵۶}
cut off^{۱۵۵}
current source^{۱۵۶}

بیرون ڈائیوڈ، برقی رو موصل تار میں الٹا مائیل کی حسکت سے پیدا ہوتی ہے۔ برقی تار میں الٹا مائیل برقی رو I کے الٹ جناب حسکت کرتے ہیں۔ یوں شکل میں ڈائیوڈ کے دائم جناب یعنی اس کے مقنی نیم موصل حصے سے آزاد الٹا مائیل کر برقی تار میں داخل ہوتے ہیں جس سے اس خطے میں مزید ایمپلے پر وہ یعنی بار بردار ہو کر ویر ان خطے کی لمبائی بڑھاتے ہیں۔

ای طرح شکل میں ڈائیوڈ کے دائم جناب یعنی اس کے ثبت نیم موصل حصے میں برقی تار سے الٹا مائیل بچتے ہیں۔ آزاد خنلوں سے کے جناب حسکت کر کے ان الٹا مائیل کے ساتھ مسل کر حستم ہوتے ہیں۔ ثبت نیم موصل میں آزاد خنلوں کے حستے کی وجہ سے یہاں بار بردار ایمپلے کی تعداد بڑھتی ہے اور یہاں کے ویر ان خطے کا رقبہ بھی بڑھتا ہے۔

ڈائیوڈ میں ویر ان خطے کے بڑھنے سے رکاوٹی برقی دباؤ کی قیمت میں V_R کا اضافہ ہوتا ہے جس سے نفوذی برقی رو I_D کی قیمت نہایت کم ہو جاتی ہے۔ یہ اضافی رکاوٹی برقی دباؤ یعنی V_R ڈائیوڈ کے سروں پر نمودار ہو جاتا ہے جسے ولٹ میٹر کی مدد سے نیچا جاسکتا ہے۔

کرخوف کے متاثر برقی رو کے تحت

$$(2.58) \quad I = I_S - I_D$$

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

$$(2.59) \quad I \approx I_S$$

اس مساوات کے تحت الٹے مائل ڈائیوڈ میں الٹی جناب برقی رو کی قیمت I_S کے برابر ہوتی ہے۔ مساوات ۳.۲ بھی کہتا ہے۔ I_S کی قیمت نہایت کم ہوتی ہے اور اسے عموماً صفر تصور کیا جاتا ہے۔ یوں ڈائیوڈ کو الٹا مائیل کرنے سے اس میں الٹی جناب لحاظی برقی رو V_{RE} ^{۱۵۸} گزرتی ہے جو رکاوٹی برقی دباؤ کو تیزی سے اتنا بڑھادیتا ہے کہ ڈائیوڈ میں صرف I_S کے برابر برقی رو رہ جائے۔

آپ نے دیکھا کہ اگر منع برقی دباؤ ^{۱۵۹} کے ذریعے ڈائیوڈ کو الٹا مائیل کیا جائے تو جب تک الٹے برقی دباؤ کی قیمت ڈائیوڈ کے حد سے تجاوز نہ کر جائے اس وقت تک ڈائیوڈ میں الٹی جناب صرف I_S برقی رو گزرا گی جو کہ ایک نہایت کم معتدال ہے۔ اس لئے الٹے مائل ڈائیوڈ کو مفقط ^{۱۶۰} تصور کیا جاتا ہے۔

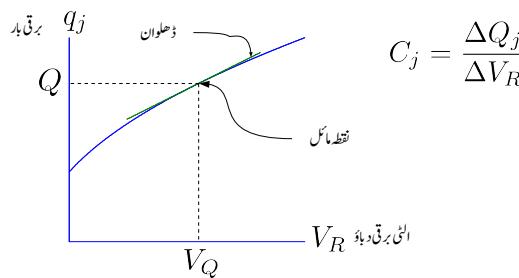
یہاں یہ بتانا ضروری ہے کہ حقیقت میں الٹے مائل ڈائیوڈ میں I_S سے کمی گناہ زیادہ برقی رو گزرتی ہے اور اس کی قیمت درحقیقت الٹ لائگو برقی دباؤ پر مخصوص ہوتی ہے۔ اس کی وجہ یہ ہے کہ اپر دیا گیس نظر سے حقیقی حالات کا ایک سادہ نمونہ ہے جو الٹے مائل صورت کی پچیدگیاں ظفر انداز کرتا ہے۔ ایک ڈائیوڈ جس کی I_S کی قیمت $A^{15} - 10$ کے برابر ہو حقیقت میں الٹی جناب $A^{-9} - 10$ تک برقی رو گزار سکتا ہے۔ چونکہ حقیقت میں الٹی جناب گزرتی برقی رو کی قیمت بھی نہایت کم ہوتی ہے لہذا الٹے مائل ڈائیوڈ کو مفقط یہ تصور کیا جاتا ہے۔

^{۱۵۷} میں کہتے ہو اسکے ^{۱۵۸} مکالمے دورانیہ کا ڈائیوڈ کو اس ہے گزرتی رو برقی الٹی میں ڈائیوڈ کے دورانیہ جس

reverse recovery time

^{۱۵۹} voltage source

^{۱۶۰} cut off



شکل ۲.۵۵: بار بال مقابل الشامائیل ڈباؤ اور کپیٹنس

۲.۱۸.۱ الشامائیل ڈباؤ بطور کپیٹسٹر

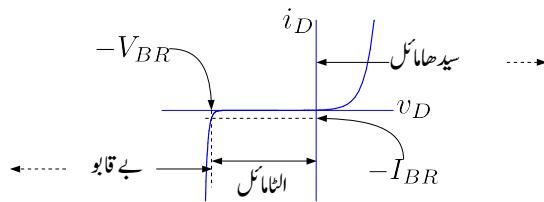
آپ نے دیکھا کہ ڈائیوڈ میں جوڑ کے ایک جناب مثبت ایٹم اور دوسری جناب منفی ایٹم نمودار ہو جاتے ہیں۔ یوں جوڑ کے ایک جناب ویران نظر میں مثبت بار ($+q$) اور دوسری جناب ویران نظر میں اس کے برابر مگر منفی بار یعنی ($-q$) پیدا ہوتا ہے۔ ان دو اقسام کے بادوں کے درمیان رکاوٹی برقی دباؤ V_0 پیدا ہوتا ہے۔ اگر ڈائیوڈ پر الٹی برقی دباؤ V_R باہر سے لਾ گئی جب تے تو مزید بار بردار ایٹم نمودار ہوتے ہیں جس سے جوڑ کے دونوں جناب بار کی مقدار بڑھ جاتی ہے اور رکاوٹی برقی دباؤ میں V_R کا اضافہ ہو جاتا ہے۔ جوڑ پر بار q اور بیسروٹی برقی دباؤ V_R کا خط شکل ۲.۵۵ میں دکھایا گیا ہے۔ یہاں ایک لمحہ رک کر غور کریں کہ کیا ویران نظر کے دونوں جناب بار کے تہبے اور ان کے مابین رکاوٹی برقی دباؤ ایک کپیٹسٹر^{۱۶۱} نہیں ہے۔ یقیناً ایسا ہی ہے۔ آپ کپیٹسٹر کی مساوات

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

سے بخوبی آشنہ ہوں گے۔ اس مساوات میں برقی دباؤ بار خلی تعلق رکھتا ہے اور مساوات کا مستقل یعنی C کپیٹسٹر کی قیمت ہے۔ شکل ۲.۵۵ میں برقی دباؤ اور بار کا تعلق متر مختلف ہے۔ اس خط پر کسی بھی نقطے پر C 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 نقطے پر کپیٹسٹر کی قیمت درحقیقت اس نقطے پر خط کے ڈھلوان کے برابر ہوتا ہے۔ یوں اس خط کی مدد سے کسی بھی نقطے پر ڈائیوڈ کی کپیٹنس حاصل کرنے کی حناصر اس نقطے پر ماس کا خط بنائیں اور اس خط کی ڈھلوان حاصل کریں۔ یہی ڈائیوڈ کی کپیٹنس ہو گی۔ ڈائیوڈ کی کپیٹنس C_j کی قیمت مساوات ۲۲.۲ 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 ملاوی ایٹوں کی تعدادی کثافت کو جس انداز سے تبدیل کرتے ہوئے جوڑ کے دوسرے جانب p ملاوی 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 عتمدی قیمت $\frac{1}{3}$ تا $\frac{1}{2}$ ہے۔ ڈائیوڈ کے جوڑ کی کپیشنز یا جوڑ کی کپیشنز ^{۱۲۲} کرتے ہیں۔

سیدھے مالک ڈائیوڈ کی اٹی کپیشنز C_j مساوات ۲.۲.۲ میں V_R کی جگہ $-V_{DQ}$ کے استعمال سے حاصل کرتے وقت دیکھا گیا ہے کہ محض 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 مالک کرنے والے برقی دباؤ کو بہتر ریج بڑھایا جائے تو آخوند کار بی ڈائیوڈ کے برداشت کی حد سے تجاوز کر جائے گا اور ڈائیوڈ کیم الٹی جانب بے فتا برقی روگزرنے دے گا۔ اس برقی دباؤ کو ماقابل برداشت برقی دباؤ ^{۱۳۳} V_{BR} کہتے ہیں۔ ڈائیوڈ میں کیدم الٹی جانب برقی روگزرناد مختلف وجوہات کی بنا پر عمل میں آلتا ہے۔ نیم موصل سیکان میں باروں کے تودہ ^{۱۳۴} کی وجہ سے یا پھر زینز اثر ^{۱۳۵} سے ڈائیوڈ میں کیدم بے فتا برقی روگزرنگا سکتا ہے۔ آئین ان دونوں کو سمجھیں۔ جب بھی اتنے مالک ڈائیوڈ کے ویران خلل میں آزاد بار داخل ہو، اس پر برقی شدت E عمل کرتا ہے جس کی وجہ سے یہ تیزی سے ایک جانب ویران خلل سے نکل جاتا ہے۔ یوں اگر ایک آزاد الیکٹرون ویران خلل میں

^{۱۳۳} junction capacitance

^{۱۳۴} break down voltage

^{۱۳۵} avalanche

^{۱۳۵} گارنر 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 بڑھ رہی ہے جس سے ڈائیوڈ میں الٹی جانب بے قت بربوت روگز رہے گی۔ یہ تمام بالکل بر فنا توانہ گرنے کی طرح کام عمل ہے اور اسی لئے اس عمل کو بے قابل بوجہ قوہ^{۱۶۲} کہتے ہیں۔

ڈائیوڈ کے الٹی جانب بے قت ابو ہونے کا دوسرا ذریعہ زینفر علٹہ کہلاتا ہے۔ اگر اٹھ مائل کرنے والے برقی دباؤ کے بڑھانے سے ویران خطے میں برقی شدت کی قیمت اتنی بڑھ جائے کہ اس کے سمجھنے سے ہی الیکٹران ایٹھوں سے جدابہ ہو سکیں تو اس برقی دباؤ پر یکم الٹی جانب بے قت بربوتی روگز رہے گی۔ اس طرح الٹی جانب برقی روگز ارنے والے ڈائیوڈ کو زینفر ڈائیوڈ^{۱۶۳} کہتے ہیں اور اس برقی دباؤ Z کو زینفر رفتہ دباؤ^{۱۶۴} کہتے ہیں۔ زینفر ڈائیوڈ عموماً زینفر عمل سے بے قت ابو ہال میں ہی استعمال کئے جاتے ہیں۔ زینفر ڈائیوڈ کے خطے کے بے قت ابو ہھے کی ذہلوان انتہائی زیادہ ہوتی ہے۔ زینفر ڈائیوڈ اس کے عمل اداہ 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 تو ڈیکٹیوٹ کی نشانی ہوتی ہے جبکہ سات ولٹ سے زیادہ برقی دباؤ پر بے قت ابو ہونا تو ڈیکٹیوٹ کے عمل کی نشانی ہوتی ہے۔ پانچ تا سات ولٹ کے مابین بے قت ابو ہونا زینفر اور تو ڈیکٹیوٹ کی وجہ سے ممکن ہوتا ہے۔

۲.۱۹ زینفر برقی دباؤ بالمقابل درجہ حرارت

تقریباً ۷V زینفر برقی دباؤ کے زینفر ڈائیوڈ کی زینفر برقی دباؤ درجہ حرارت تبدیل ہونے سے تبدیل نہیں ہوتا۔ اس سے زیادہ زینفر برقی دباؤ والے زینفر ڈائیوڈ کی زینفر برقی دباؤ درجہ حرارت بڑھانے سے بڑھتا ہے جبکہ اس سے کم زینفر برقی دباؤ والے زینفر ڈائیوڈ کی زینفر 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 ۷V زینفر ڈائیوڈ کی زینفر برقی دباؤ 7.07V ہو جائے گا۔

۲.۲۰ سیدھا مائل ڈائیوڈ

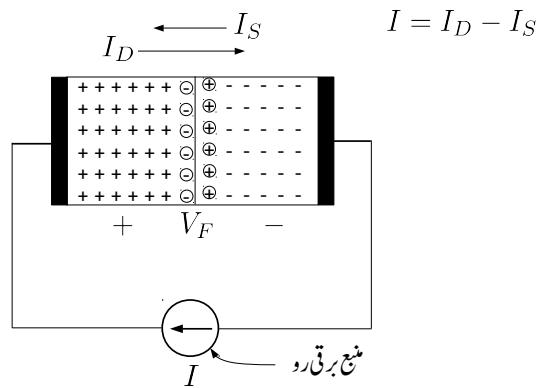
سیدھے مائل چالو ہال ڈائیوڈ پر شکل ۲.۷۵ کی مدد سے غور کرتے ہیں جہاں ڈائیوڈ کو بیرونی مٹھ برقی رو^{۱۶۵} کی مدد سے I فسراہم کی گئی ہے۔ بیرونی برقی رو I، ڈائیوڈ کے دونوں سروں پر اکثریت بار فسراہم کرتی ہے لیکن منفی نیم موصل خطے میں ڈیونی مٹھ برقی رو^{۱۶۶} کی مدد سے آزاد الیکٹران اور مثبت نیم موصل کو آزاد ہنلو۔ منفی نیم موصل کو فسراہم کر دہ آزاد الیکٹران اس جانب ویران خطے میں مثبت ایٹھوں کے ساتھ مسل کرنا ہمیں بے بار بنتے ہیں جبکہ مثبت نیم موصل خطے میں مہیا کر دہ آزاد ہنلو اس جانب ویران خطے میں منفی ایٹھوں کے ساتھ مسل کرنا ہمیں بے بار بنتے ہیں۔ یوں ویران خطے کی لمبائی کم ہو جاتی ہے اور یہاں کی رکاوٹی برقی

avalanche breakdown^{۱۶۶}

zener diode^{۱۶۷}

zener voltage^{۱۶۸}

current source^{۱۶۹}



شکل ۲.۵۷: سیدھا مائل ڈائیوڈ

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

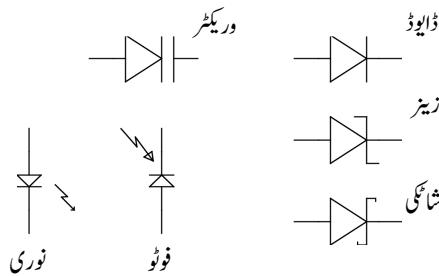
$$(2.23) \quad I = I_D - I_S$$

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 **ولٹھے میڑھے** کی مدد سے ناچاہتا ہے۔ V_F ناپتے وقت ڈائیوڈ کا بثت نیم 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 ۲.۲ کے تجھے برقی رو گزرا گی۔

۲.۲۰.۱ سیدھے مائل ڈائیوڈ کی نفوذی کپیسٹنس

حصہ ۲.۱۸.۱ میں ائمہ مائل ڈائیوڈ کے دیران خطے کی دونوں جانب باروں کے جمع ہونے سے پیدا کیا جاتا ہے کیمیشنس پر غور کیا گیا جہاں آخر میں سیدھے مائل ڈائیوڈ کی کپیسٹنس کا بھی ذکر کیا گی۔ سیدھے مائل ڈائیوڈ میں ایک اور نوعیت کی کپیسٹنس پائی جاتی ہے جس پر اس حصے میں غور کیا جائے گا۔ اس کپیسٹنس کو ڈائیوڈ کی نفوذی کپیسٹنس اپکارا جائے گا۔ آپ جانتے ہیں کہ ڈائیوڈ میں الیکٹران ایک حنالی جگہ سے دوسری حنالی جگہ مقتول ہو کر برقی رو کو جنم دیتا ہے۔ اگر ایک حنالی جگہ سے دوسری حنالی جگہ منتقل ہونے کے لئے درکار اوس طور اسی ۲ سینکڑہ ہوتے اوس ط

volt meter^{۱۴۰}
diffusion capacitance^{۱۴۱}



شکل ۲.۵۸: مختلف ڈائیوڈ کے علامت

برقی رو $I_D = \frac{Q}{\tau}$ ہو گی جب اس Q اوس طبق ہے۔ یوں ڈائیوڈ کی مساوات 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 بالامساوات 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 برابرے راست متناسب ہے اور یوں اس کی قیمت کافی زیادہ ممکن ہے۔ مثلاً کے طور پر اگر $s = 1 \text{ s}$ اور $I_D = 1 \text{ mA}$ تو $C_d = 40 \text{ pF}$ ہے۔ کپیسٹر کی حد تعداد کی حد تینیں کرتا ہے۔ استعمال کرتے تیز رفتار عددی اور ادار ۱۰۰۰ امیں یہ وہ کپیسٹر ہے جو بلند تر تعداد کی حد تینیں کرتا ہے۔

۲.۲۱ ڈائیوڈ کے دیگر اقسام

زینر ڈائیوڈ کی علاوہ دیگر اقسام کے ڈائیوڈ بھی پائے جاتے ہیں۔ اس حصے میں ان کا تعارف کرایا جائے گا۔ شکل ۲.۲۱ میں ان کے علامتیں دی گئی ہیں۔

۲.۲۱.۱ شاگنی ڈائیوڈ

مخفی نیم موصل اور مشبت نیم موصل کے ملاپ کے ڈائیوڈ وجود میں آتا ہے۔ نیم موصل کے ساتھ دھات جوڑنے سے بھی ڈائیوڈ وجود میں آتا ہے جس کے شاگنی ڈائیوڈ کہتے ہیں۔ ڈائیوڈ کے علامت میں انگریزی حروف تہجی S کی شمولیت سے شاگنی ڈائیوڈ کی علامت حاصل ہوتی ہے۔ شاگنی ڈائیوڈ مخفی نیم موصل اور دھات میکلائپلٹینم کے ملاپ سے

بنایا جاتا ہے۔ شاکلی ڈائیوڈ میں رکاوٹی برقی دباد کی قیمت 0.45 V تا 0.12 V ہوتا ہے جسے عسموی طور پر 0.3 V تصور کیا جاتا ہے۔

سیدھے مائل شاکلی ڈائیوڈ میں منقی نیم موصل سے الیکٹران کی ویران خطے سے گزر کر دھات تک پہنچنے پر برقی رو دباد میں آتی ہے۔ پوچھلہ دھات میں الیکٹران کی حرکت با آسانی ہوتی ہے لہذا دباد کا دورانیہ τ نہایت کم ہوتا ہے۔ τ کی قیمت 10 ps کے لگ بھگ ہوتا ہے جو کہ pn ڈائیوڈ کے دورانیہ سے کئی درجے کم ہے۔ اس طرح $I_D = 1\text{ ms}$ پر شاکلی ڈائیوڈ کا خوفزدہ کپیسٹر مساوات 22.2 ms سے $C_d = 0.4\text{ pF}$ 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 بتلانا 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 گھٹٹے جوڑ^{۱۴۵} کہتے ہیں۔ مرزا گھٹٹے جوڑ نہایت زیادہ ملاوجہ والے نیم موصل ٹیڑ 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 کپیسٹر کا اثر پیدا ہوتا ہے۔ اس کپیسٹر Z کی قیمت الٹ مائل کرنے والے برقی دباد V_R پر مخصوص ہے۔ یوں V_R تبدیل کر کے Z کی قیمت تبدیل کی جاسکتی ہے۔ یوں الٹ مائل ڈائیوڈ بطور تبدیل کپیسٹر کے استعمال کیا جا سکتا ہے جس میں ریڈیو کو کسی چیز پر بیوں کرنے کے لئے استعمال کیا جاتا ہے۔ اس مقصد کے لئے خاص ڈائیوڈ بنائے جاتے ہیں جن میں Z کی قیمت اور اس میں تبدیلی کی تجربہ کیا جائیں کہ زیادہ رکھا جاتا ہے۔ ان ڈائیوڈ کو وریکٹر ڈائیوڈ^{۱۴۶} کہتے ہیں۔ اس کی علامت میں کپیسٹر کی علامت شامل کر کے پہچان کی جاتی ہے۔

۲.۲۱.۳ فوٹو ڈائیوڈیا شمسی ڈائیوڈ

ڈائیوڈ کے نسبت۔ منقی جوڑ پر روشنی چکانے سے ویران خطے میں ضایا ڈرے یعنی فوٹون^{۱۴۷} اشکیک^{۱۴۸} گرفتہ بندھ^{۱۴۹} کو توڑ کر آزاد الیکٹران اور آزاد خنلو پیدا کرتے ہیں۔ ویران خطے میں برقی شدت ان باروں کو یہاں سے باہر بکال جاتے ہیں۔ یوں ڈائیوڈ میں ائے رن برقی رو گزرتی ہے۔ ایسے ڈائیوڈ کو شکر^{۱۴۹} یا فوٹو ڈائیوڈ^{۱۵۰} کا لفڑا جاتا ہے۔ فوٹو ڈائیوڈ کو بطور شکر^{۱۵۱} چادر^{۱۵۰} استعمال کرنے کا رجحان دن بدن بڑھ رہا ہے اور یہ صاف و شفاف بجلی پیدا کرنے کا ذریعہ ہے۔ اس کی علامت میں تیر والے لکھیے رہ شنی چکانے کے عمل کو ظاہر کیا جاتا ہے۔ روشنی کا ایک ذرہ ایک شرکیے گرفتہ بندھ توڑتا ہے۔ یوں روشنی کی شدت بڑھا کر زیادہ آزاد بار پیدا کئے جاسکتے ہیں۔

ohmic contact^{۱۵۰}

varactor diode^{۱۵۱}

photon^{۱۵۲}

covalent bond^{۱۵۳}

photo diode^{۱۵۴}

solar panel^{۱۵۰}



شکل ۲.۵۹: ضیائی وابستہ کار اور ضیائی ذرائع ابلاغ

۲.۲۱.۳ نوری ڈائیوڈ

فوٹو ڈائیوڈ کے بر عکس نوری ڈائیوڈ^{۱۸۱} میں جب سیدھے رُخ بر قی رو گزاری جائے تو باروں کے ملاپ سے روشنی پیدا کی جا سکتی ہے۔ ایک الیکٹران اور ایک حنلوں کے ملاپ سے ایک فوٹان وجود میں آتا ہے۔ یہ بر قی رو کے بڑھانے سے پیدا رہنے کی شدت بڑھتی ہے۔ اس کی علامت میں تیر دالے لکیس سے روشنی خارج کرنے کا عمل دکھ کر پچھان کی جاتی ہے۔

۲.۲۱.۴ ضیائی وابستہ کار

شکل ۲.۵۹.۲ اف میں ضیائی وابستہ کار^{۱۸۲} دکھایا گیا ہے جسے نوری ڈائیوڈ اور شمعی ڈائیوڈ کو ایک ہی ڈبے میں یوں بند کرتے ہیں ایگیا ہے کہ نوری ڈائیوڈ سے خارج شعاع میں شمعی ڈائیوڈ پڑیں۔ یوں اگر ضیائی وابستہ کار کے باہم جبانب نوری ڈائیوڈ میں بر قی رو گزاری جائے تو اس کے دائیں جانب شمعی ڈائیوڈ سے بر قی دادھا صل ہو گا۔ اس طرح ضیائی وابستہ کار کے دونوں اطراف کا آپس میں بر قی طور پر مکمل منقطع ہونے کے باوجود ایک جبانب سے دوسری جبانب بر قی اشارہ منقطع کیا جاتا ہے۔ اس آر کو ایسے معمتماں پر استعمال کیا جاتا ہے جہاں دو دوار کو بر قی طور پر منقطع رکھتے ہوئے ان کے مابین معلومات کی ترسیل کی ضرورت ہو۔ ضیائی وابستہ کار کے استعمال سے دو دوار کے مابین بر قی شور^{۱۸۳} کے منتقلی کو رونے میں مدد ملتی ہے۔ اس کا استعمال عددی دوار کے علاوہ قدر^{۱۸۴} میں بھی بہت اہم ہے جہاں پانچ دوار پر چلنے والے 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 ۲.۵۹.۲ ب میں ضیائی ذرائع ابلاغ^{۱۸۵} کا نظام دکھایا گیا ہے جس کی کارکردگی کچھ یوں ہے۔ نوری ڈائیوڈ اور شمعی ڈائیوڈ کے مابین شیش ریشہ^{۱۸۶} یوں نسب کیا جاتا ہے کہ نوری ڈائیوڈ سے خارج شعاع میں شیش ریشہ میں داخل ہوں

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

اور شیش ریٹ کے دوسرے سرے سے خارج ہوتی شعاعیں شمی ڈائیڈ پر پڑیں۔ یوں ایک جناب نوری ڈائیڈ میں برقی رو گزارنے سے تار کے دوسری جناب برقی دباؤ حاصل ہوتا ہے۔ اس نظم کو استعمال کرتے ہوئے ایک مقام سے دوسرے مقام اشارہ بھیجا جاتا ہے۔ موجودہ نظام ابلاغ اسی پر مقصود ہے۔ شیش ریٹ ایک ایسی تار کو کہتے ہیں جس میں روشنی کے شعاع بغیر گھٹے گزرتی ہے۔

۲.۲۲ ڈائیڈ کے ریاضی نمونے

انجینئرنگ کے شعبے میں کسی چیز کا حاصل بنانے سے پہلے اس کا ریاضی نمونہ^{۱۸۸} تیار کیا جاتا ہے۔ اس ریاضی نمونے پر مختلف تجربے کئے جاتے ہیں۔ ان تجربات کے نتائج کو مد نظر رکھتے ہوئے ڈیزائن کو بہتر بنایا جاتا ہے اور صرف اس وقت اصل تیار کیا جاتا ہے جب ڈیزائن کا میاں ثابت ہو۔ موجودہ دور میں کپیوٹر کا استعمال اس پہلو سے نہایت اہم ہے۔ یہاں یہ بستانا ضروری ہے کہ انجینئرنگ مفہومات کے بغیر، کپیوٹر کے ریاضی نمونے استعمال کرتے کبھی بھی کوئی چیز تیرنا نہیں کی جا سکتی۔ کپیوٹر صرف ایک آلة ہے اور اس سے حاصل جوابات کی اہمیت کپیوٹر استعمال کرنے والے کی فتابیت پر مختص ہے۔

۲.۲۲.۱ سیدھے خطوط کا ریاضی نمونہ

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

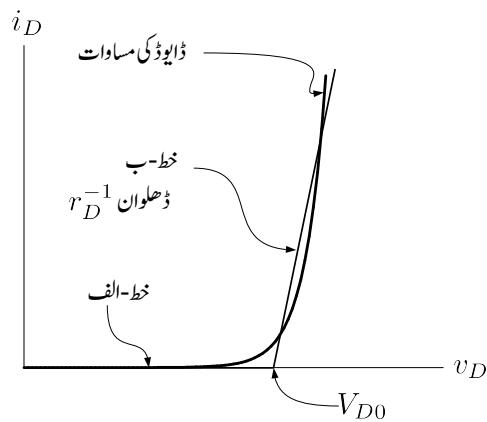
شکل ۲۰.۲ میں ڈائیڈ کی مساوات کا گراف دکھایا گیا ہے۔ زیادہ باریکیوں کو نظر انداز کرتے ہوئے ڈائیڈ کے گراف کو دو سیدھے خط تصور کیا جاتا ہے جنہیں خط اور خط ب کہا گیا ہے۔ خط الف۔ برقی دباؤ کے محور پر $(0, 0)$ سے $(V_{D0}, 0)$ تک ہے اور اس کی ڈھلوان صدر ہے جبکہ خط ب $(V_{D0}, 0)$ سے شروع ہوتا ہے اور اس کی 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 اور والے ہیں میں ڈائیڈ کی مساوات اور خط بے حاصل کئے جا سکتے ہیں۔

سیدھے خطوط کو الجبراً طرز پر یوں بیان کیا جائے گا

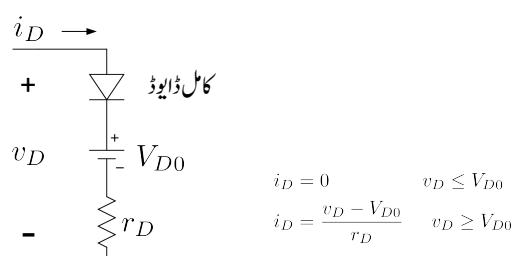
$$(2.27) \quad i_D = \begin{cases} 0 & v_D < V_{D0} \\ \frac{v_D - V_{D0}}{r_D} & v_D \geq V_{D0} \end{cases}$$

اور ان مساوات سے شکل ۲۱.۲ میں دکھایا و سینچ اشاراتی سیدھے خطوط کا ریاضی نمونہ^{۱۸۹} حاصل ہوتا ہے۔ ڈائیڈ کے سینچ اشاراتی سیدھے خطوط کے ریاضی نمونے کو استعمال کرتے ہوئے i_D اور v_D کے تقدیریں اور سمت و سعی حدود کے اندر حاصل کئے جا سکتے ہیں۔ بعض اوقات ہمیں کسی ایک نقطے کے متیر کے متیر رہتے ہوئے زیادہ درست جواب درکار ہوتا ہے۔ شکل ۲۲.۲ الف میں اس نقطے Q پر ڈائیڈ کی مساوات کا خط ماسن دکھایا گی۔

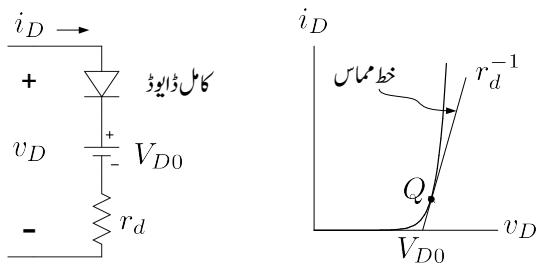
mathematical model^{۱۸۸}
piece wise linear model^{۱۸۹}



شکل ۲.۲۰: مساوات کا سیدھے خطوط سے اظہار



شکل ۲.۲۱: و سچ اشارتی سیدھے خطوط کا ڈائیوڈ ریاضی نمونہ



شکل ۲.۲۲: باریک اشاراتی سیدھے خطوط کا ڈائیوڈ ریاضی نمونہ

ہے جس کی ڈھالوان r_d^{-1} ہے۔ ڈائیوڈ کے سیدھے خطوط کے ریاضی نمونے میں r_d^{-1} استعمال کرتے ہوئے اس نقطے کے وضیب بہترین جوابات حاصل ہوتے ہیں۔ باریک اشاراتی سیدھے خطوط کا ریاضی نمونہ^{۱۹۰} شکل ۲.۲ ب میں دکھایا گیا ہے۔

مثال ۲.۱۳: شکل ۲.۲۳ میں دئے گئے سیدھے خط کی مساوات حاصل کریں۔ شکل ۲.۲ کے ساتھ اس کا موازنہ کرتے ہوئے مساوات ۲.۲ میں خپلے جزو کی مساوات حاصل کریں۔
حل: کمی بھی سیدھے خط جس کی ڈھالوان m ہو کی مساوات یوں لکھی جا سکتی ہے

$$m = \frac{y - y'}{x - x'}$$

جبکہ (x', y') اس خط پر کوئی نقطہ ہے۔ شکل میں $(X_0, 0)$ ایسا نقطہ ہے جو خط پر پہلا جبرا تا ہے۔ یوں اس خط کی مساوات یوں لکھی جا سکتی ہے۔

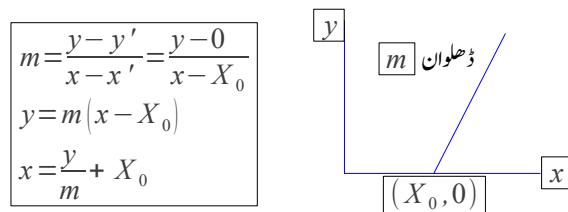
$$m = \frac{y - 0}{x - X_0}$$

اس کو مزید یوں دو طرح لکھا جا سکتا ہے۔

$$(2.28) \quad \begin{aligned} y &= m(x - X_0) \\ x &= \frac{y}{m} + X_0 \end{aligned}$$

شکل ۲.۲ پر غور کرتے ہوئے ہم دریکھتے 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 پہنچنے والا نقطہ $(V_{D0}, 0)$ ہے۔ یوں مساوات ۲.۲ کے 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 $r_D = 100 \Omega$ لیں۔

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 برقی دباؤ

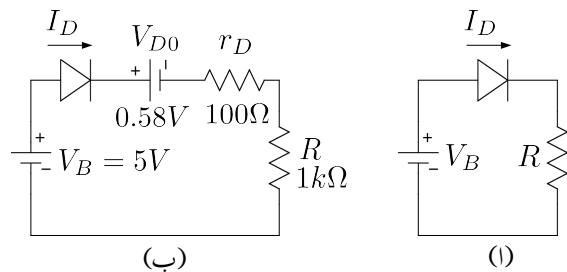
$$V_D = V_{D0} + I_D r_D = 0.58 + 4.018 \times 10^{-3} \times 100 = 0.9818 \text{ V}$$

حاصل ہوتا ہے۔

۲.۲۲.۲ کامل ڈائیوڈ ریاضی نمونہ

مندرجہ بالا ریاضی نمونوں میں سیدھے مائل ڈائیوڈ پر برقی دباؤ v_D کو مختلف طریقوں سے نپشاگی۔ عموماً دور میں مختلف برقی دباؤ کی قیمتیں v_D سے کمی گناہوتی ہیں اور اس صورت v_D کی قیمت کو نظر انداز کیا جاسکتا ہے۔ ایسی جگہوں پر $v_D = 0 \text{ V}$ لیا جاسکتا ہے اور سیدھے مائل ڈائیوڈ کو کامل ڈائیوڈ^{۱۹} 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 برقی روسیدھے خطوط کے ریاضی نمونہ کی مدد سے اور دباؤ کا مائل ڈائیوڈ ریاضی نمونے کی مدد سے حاصل کریں۔



شکل ۲.۲۳: سید ہے خطوطڈائیڈریاضی نمونے کی مثال

حل سیدھے خطوط ریاضی نوں سے

$$I_D = \frac{V_B - V_{D0}}{R + r_D} = \frac{200 - 0.58}{100000 + 100} = 1.9922 \text{ mA}$$

کامل ڈاؤڈ کے رپاٹنی نمونے سے

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

آپ دیکھ سکتے ہیں کہ دونوں جواب تقریباً برابر ہیں۔

۲۴۴۳ ڈاکوڈ کا یہ ست تعداد باریک اشاراتی ریاضی نمونہ

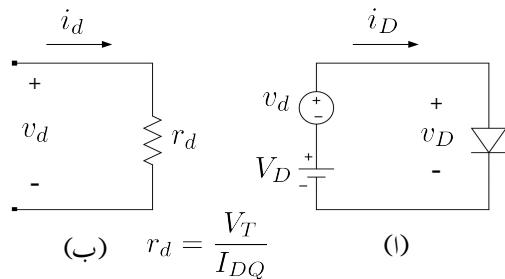
حصہ ۱۲.۲ میں باریکے اشاراتی مساحت r_d پر تذکرہ کیا گیا۔ اس حصے میں اس پر مسزید غور کیا جائے گا۔ شکل ۱۲.۲ الف میں V_D ڈائیڈ کا نقطہ کار کر دی گی قسین کرتا ہے جبکہ v_d باریکے اشارہ ہے۔ یوں کسی بھی لمحے ڈائیڈ پر کل برقی دباءو۔

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

ہو گا اور اس میں برقی رو

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

وہی۔ V_D اور I_D کے سمت مقتداریں ہیں۔ دراصل یہ V_{DO} اور I_{DO} ہی ہیں۔ صفر اس راه لیجنے کی $v_d = 0 \text{ V}$



شکل ۲.۲۵: پست تحدیداریکے اشاراتی ریاضی نوٹ

صورت میں $v_D = V_D$ ہوگا اور ڈائیوڈ کی مسادات سے

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

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

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

جہاں مسادات ۲.۲۱ کا استعمال کیا گی۔ مسئلہ مکارا^{۱۹۲} سے اسے مزید یوں لکھ سکتے ہیں۔

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

اس مسادات میں اگر v_d کی قیمت کم ہو (یعنی $V_T \ll v_d$) تو پہلے دو جزو کے علاوہ بقیا کو نظر انداز کرنا ممکن ہوگا اور اسے یوں لکھا جاسکتا ہے۔

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

جس سے حاصل ہوتا ہے

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

جہاں مسادات ۲.۳۵ میں حاصل کیا گی؛ ڈائیوڈ کا باریکے اشاراتی مراہم خاص ہے۔ $r_d = \frac{V_T}{I_{DQ}}$ ہوتا ہے لہذا مسادات ۲.۵.۲ کا پلا جزو نظر کارکردگی پر یک سمت رقی رو
I_{DQ} گیا۔ چونکہ $i_D = I_{DQ} + i_d$ ہوتا ہے لہذا مسادات ۲.۵.۲ کا پلا جزو نظر کارکردگی پر یک سمت رقی رو

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

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

شکل ۲.۲۶: بلند تعداد باریکے اشاراتی ڈائیوڈ ریاضی نمونہ

ہے جبکہ اس کا دوسرا حصہ بدلتے اشارہ v_d پر مخصوص برقی رو i_d ہے یعنی

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

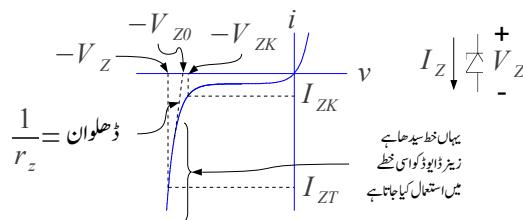
ڈائیوڈ کا پہتے تعداد باریکے اشاراتی ریاضی نمونہ شکل ۲.۲۵ ب میں دکھایا گیا ہے۔ آپ تسلی کر سکتے ہیں کہ پہتے تعداد باریکے اشاراتی ریاضی نمونہ بھی برقی رو i_d پر مساوات ۲.۲۷ کی طرح برقی دباؤ v_d دیتا ہے۔ ڈائیوڈ کا باریکے اشاراتی ریاضی نمونہ صرف ڈائیوڈ کے باریکے اشاراتی مزاجمت r_d پر مشتمل ہے۔

۲.۲۲.۳ ڈائیوڈ کا بلند تعداد باریکے اشاراتی ریاضی نمونہ

اب تک ہم ڈائیوڈ کے وہ ریاضی نمونے دیکھتے رہے ہو کہ تعداد پر ڈائیوڈ کے کارکردگی پر صحیح اترتے ہیں۔ اگر بلند تعداد کے اشارات پر ڈائیوڈ کی کارکردگی پر غور کرنا ہو تو ڈائیوڈ کا بلند تعداد باریکے اشاراتی ریاضی نمونہ استعمال کرنا ہو گا جو ڈائیوڈ کے اندروی کپیسٹر کا بھی حساب رکھتا ہو۔ ڈائیوڈ کے اندروی کپیسٹر دو طرح کے ہوتے ہیں۔ پہلا کپیسٹر C_j دیران خطے کے دونوں جانب الٹ برقی باروں کی وجہ سے پیدا ہوتا ہے جبکہ دوسرے قسم کا کپیسٹر C_d باروں کے بیواسے پیدا ہوتا ہے۔ ان کپیسٹروں کو ڈائیوڈ کے پہتے تعداد باریکے اشاراتی ریاضی نمونہ میں مزاجمت r_d کے متوازن سب کر کے ڈائیوڈ کا بلند تعداد باریکے اشاراتی ریاضی نمونہ ۲.۲۶ میں دکھایا گیا ہے۔ وسیع طیکے کے اشارات کے استعمال کے لئے اس ریاضی نمونے میں وسیع اشارہ کے کپیسٹر C_D استعمال کئے جائیں گے۔

۲.۲۳ زینر ڈائیوڈ اور اس کا ریاضی نمونہ

شکل ۲.۲۷ میں نیز ڈائیوڈ کے برقی دباؤ بال مقابل برقی رو کا خط اور اس کی علامت دکھائی گئی ہے۔ اس کی علامت میں انگریزی حروفِ تجھی Z شامل کر کے اس کی پہچان کی جاتی ہے۔ سیدھا مائل زینر ڈائیوڈ بالکل ایک عام ڈائیوڈ کے مانند کام کرتا ہے اور اسے آپ عام ڈائیوڈ کی جگہ استعمال کر سکتے ہیں۔ اس سے ڈین میں رکھیں کہ عام ڈائیوڈ استعمال کرتے وقت ہم کبھی نہیں ہپاتے کہ یہ الٹ برقی رو گزرنے والے جبکہ زینر ڈائیوڈ کو عسوماً ان معمتمات پر



شکل ۲.۲۷: زینر ڈائیوڈ کے خط پر اہم نقطے

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

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

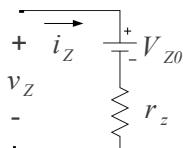
صنعت کار زینر ڈائیوڈ میں برقی طاقت کے ضایع کی مقسرہ حد بھی فراہم کرتا ہے۔ زینر ڈائیوڈ استعمال کرتے وقت اس حد سے کسی صورت تحاباً کرنے سے زینر ڈائیوڈ تباہ ہو جاتا ہے۔ یوں اگر 5.6 V اور 0.25 W کے زینر میں 0.25 mA کا برقی رو گزر رہا ہو تو اس میں برقی طاقت کا ضایع $56\text{ mW} = 5.6 \times 0.01$ ہو گا جو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

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

knee^{۱۹۴}

power loss^{۱۹۵}

design engineer^{۱۹۶}



شکل ۲.۲۸: زینرڈائیڈ کا ریاضی نمونہ

زینرڈائیڈ میں برقی طاقت کے ضیاء سے حسراتی تو انی پیدا ہوتی ہے جس سے زینرڈائیڈ کا درجہ حرارت بڑھتا ہے۔ اگر زینرڈائیڈ کے 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 برقی دباؤ میں کم کے کم تبدیلی روکنا ہوتی ہے۔ چونکہ $\frac{\Delta v_Z}{\Delta i_Z} = r_z$ ہوتا ہے لہذا اس بات کو یوں لکھا جاسکتا ہے

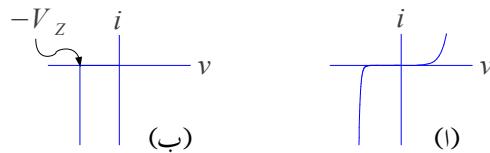
$$(2.29) \quad \Delta v_Z = \Delta i_Z r_z$$

آپ دیکھ سکتے ہیں کہ r_z کی قیمت جتنی کم ہو برقی روکے تبدیلی سے برقی دباؤ میں اتنی کم تبدیلی رونا ہو گی۔ زینرڈائیڈ کا ریاضی نمونہ حاصل کرنے کی حاضر اس کے خط کو نقطے (V_Z, I_Z) سے ڈھلوان $\frac{1}{r_z}$ کے نقطے دار کیسے افقي محور تک پہنچایا جاتا ہے جہاں یہ مورکو $V_Z - i_Z r_z$ ہے۔ اس خط کی مساوات کو یوں لکھا جاسکتا ہے۔

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

اس مساوات سے زینرڈائیڈ کا ریاضی نمونہ حاصل ہوتا ہے جسے شکل ۲.۲۹ میں دکھایا گیا ہے۔ زینرڈرامحتہ کے فتریب خط کافی زیادہ مژتبا ہے جبکہ زیادہ برقی روکو (یعنی $I_Z \gg I_{ZK}$) پر یہ خط تقریباً سیدھا رہتا ہے۔ زینرڈائیڈ کا عام میں ہی اس سیدھے نقطے میں 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 برقی روکو صورتھا اکر دکھایا گیا ہے تاکہ شکل میں اہم نکات دکھانا ممکن ہو۔ شکل ۲.۲۹ الف میں زینرڈائیڈ کے خط کو صحیح جسمات کے لیاظ سے دکھایا گیا ہے جہاں آپ دیکھ سکتے ہیں کہ لبریزی برقی روکو 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 $r_z = \frac{V}{I}$ تصور کیا جائے تو زینرڈائوڈ کے خط کو شکل ۲.۲۹-ب کے طرز پر بنایا جاتا ہے۔ اس سادہ خط کے مطابق زینرڈائوڈ کی صورت اختبار کر سکتا ہے۔ پہلی صورت میں اس پر برقی دباؤ تبدیل ہو سکتی ہے مگر اس میں برقی روکی قیمت صدر رہتی ہے لیکن

$$(2.81) \quad |v_Z| < |V_Z| \\ |i_Z| = 0$$

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

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

جہاں I_{Zmax} وہ برقی روہے جس پر زینرڈائوڈ میں برقی طاقت کا ضیاع ملتا ہے اور داشت حد کے برابر ہوتا ہے۔ اس صورت میں اے بے تابو حالت میں تصور کیا جائے گا۔

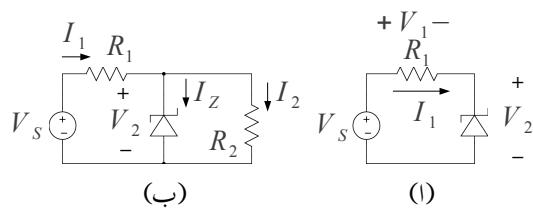
شکل ۲.۲۹-ب زیادہ آسانی اور جلدی سے متبلی فضول جوابات حاصل کرنے میں اہم کردار ادا کرتا ہے۔

شکل ۲.۳۰-ا-الف میں دئے دور میں زینرڈائوڈ کو بے تابو حالت میں رکھ کر اس دور کو عسموماً اسی منبع برقی دباؤ (یعنی برقی دباؤ کی منبع) کے طور استعمال کیا جاتا ہے جس کی خارجی یک سست برقی دباؤ کی قیمت V_Z کے برابر ہوتا ہے۔ اس پر، جیسا شکل ب میں دکھایا گیا ہے، برقی بوچھ کو مسماحت R_2 کی جگہ نب کیا جاتا ہے۔ اس منبع کے مختلف پہلو پر چند مثالیں دیکھتے ہیں۔

مثال ۲.۳۰-ا-الف: شکل ۲.۳۰-ا-الف میں زینرڈائوڈ V_Z کی قیمت 5.6 V ہے جبکہ $R_1 = 1\text{ k}\Omega$ ہے۔ مندرجہ ذیل V_S پر کامیل زینرڈائوڈ کے برقی دباؤ اور اس میں گزری برقی روکی حاصل کریں۔

$$V_S = 3\text{ V} \quad .1$$

$$V_S = 8\text{ V} \quad .2$$



شکل ۷۔ زینرڈ ایوڈ کا استعمال

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

حل: شکل ۲.۰۷ ب کو استعمال کرتے ہوئے حل کرتے ہیں۔

- ا۔ لاگر برقی دباؤ $V_S = 3V$ کو شکش کرے گا کہ زینترڈائیوڈ میں برقی روگزارے۔ البتہ زینٹرڈائیوڈ کے خطے کے مطابق زینٹرڈائیوڈ میں V_Z سے کم برقی دباؤ پر مقتضی رہتا ہے یعنی مساوات ۸۱.۲ کے تحت $I_Z = 0$ ہو گا۔ یوں اس دور میں مزاحمت R_1 پر اور ہم کے فتوں نے

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

$$V_2 = V_S$$

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

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 ۸۲.۲ کے تحت اس صورت زینٹر ڈائیوڈ پر V_Z ۵.۶ V کا برقی دباؤ ہو گا جبکہ مسامحت پر انہم کے فتوں 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 اپنے سے بھی گزرتا ہے لہذا $I_7 = 2.4 \text{ mA}$ حاصل ہوتا ہے۔

- ۳۔ یہاں بھی لاگو برقی دماؤزی سرڈیوں میں بر قی رو گزارنے کی صلاحیت رکھتا ہے لہذا

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

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

مثال ۲.۱۸: شکل ۲.۷۰ الف میں زینرڈ ایڈ کے متوازی مسازمحت $R_2 = 1\text{ k}\Omega$ جو کر شکل ۲.۷۰ ب حاصل ہوتا ہے۔ مثال ۲.۷۱ میں دئے معلومات استعمال کرتے ہوئے بر قی دباد V_2 حاصل کریں۔
حل:

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 مسازمحت 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 بر قی رو گزرتا ہے لہذا دوںوں مسازمحت میں برابر بر قی رو گزرتے 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 صور توں میں رہ سکتا ہے یعنی منقطع یا بے فتاب۔ ایسے دو صور توں 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 تکمیل طور کالا جبا سلتا ہے۔ ایسا کرنے سے ہمارے پاس دو سلسلہ وار مسازمحت 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 مسازمحت 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 کبھی حل کر سکتے ہیں کہ پہلے تصور کیا جائے کہ دور میں زینرڈ ایڈ نہیں لگایا 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 زینترڈائیوڈ کو بے فتا بوصورت میں تصور کیا جائے۔ چونکہ بے فتا بوزینترڈائیوڈ پر زینتربرقی دباؤ ہی پیلا جاتا ہے لہذا یوں 5.6 V $V_Z = V_2 = 5.6 \text{ V}$ ہو گا۔ شکل ۲.۰۷ میں $V_2 = 5.6 \text{ V}$ لیتے ہوئے اوہم کے فتاون سے

$$I_1 = \frac{V_S - V_2}{R_1} = \frac{8 - 5.6}{1000} = 2.4 \text{ mA}$$

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

حاصل ہوتے ہیں۔ زینترڈائیوڈ اور دونوں مسماحت کے مشترک جزو پر کرخوف کے فتاون برائے برقی روکے تھتے ہیں جو $I_1 = I_2 + I_Z$ ہو جا پائے جس سے

$$I_Z = I_1 - I_2 = 2.4 \text{ mA} - 5.6 \text{ mA} = -3.2 \text{ mA}$$

حاصل ہوتا ہے۔ منفی زینتربرقی روکا مطلب ہے کہ زینترڈائیوڈ میں برقی روکی سمیت شکل ۲.۰۷ میں کے الٹے ہے۔ ایسا ہونے سے صاف ظاہر ہے کہ زینترڈائیوڈ ہرگز بے فتا بوصورت میں نہیں ہے۔ بے فتا بوصورت میں برقی روکشکل میں دکھائے رکھ میں ہوتا ہے۔ یوں ہم نے زینترڈائیوڈ کو عناطہ حالت میں تصور کیا تھا اور یہ بے فتا بوصورت میں نہیں ہے۔ اس طرح زینترڈائیوڈ 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 زینترڈائیوڈ بے فتا ہے۔ اس صورت میں $V_2 = V_Z = 5.6 \text{ V}$ ہو گا۔ یوں اوہم کے فتاون سے

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

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

حاصل ہوتے ہیں۔ کرخوف کے فتاون برائے برقی روکے

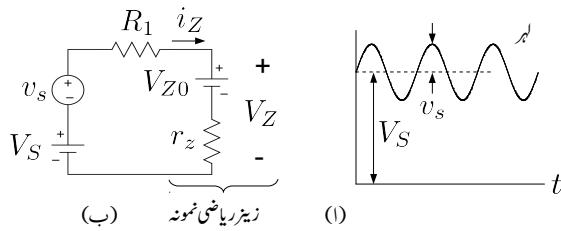
$$I_1 = I_2 + I_Z$$

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

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

حاصل ہوتا ہے۔ چونکہ زینترڈائیوڈ میں بے فتا برقی روکے رخ ہی برقی روکر رہی ہے لہذا اجواب درست ہے۔

آپ دیکھ کر یہیں کہ جب تک I_1 کی قیمت I_2 کی قیمت سے زیادہ ہو اس صورت میں زینترڈائیوڈ میں بے فتا برقی روگزرے گا جس کی قیمت $I_Z = I_1 - I_2 = I_1 - I_2$ ہو گی۔ اس کے علاوہ یہی ممکن ہے کہ $I_2 = I_1$ اور $I_Z = 0$ ہو۔ تیسرا صورت جہاں I_1 کی قیمت I_2 کی قیمت سے کم حاصل ہو درست نہیں اور اسے رد کیا جاتا ہے۔



شکل ۲.۷: زینرڈ منبع

شکل ۲.۷ اف کے برقی دباؤ کی منبع کو داخلی جا باب برقی دباؤ میا کیا گیا ہے جس کو شکل ۲.۷ اف میں دکھایا گیا ہے۔ غور کرنے سے معلوم ہوتا ہے کہ داخلی برقی دباؤ مکمل طور یک سمت نہیں ہے بلکہ اس میں تاپسندیدہ لہر v_s پلاجاتا ہے جبکہ یک سمت برقی دباؤ V_S اس کا بیشتر حصہ ہے۔ ان دونوں حصوں کی ناشاندہی شکل میں کی گئی ہے۔ زینرڈ ایڈیٹے بنائی گئی برقی دباؤ کے منبع سے توقع کی جاتی ہے کہ اس میں لہر کی مقدار کم ہو گی۔

مثال ۲.۱۹: شکل ۲.۷ اف میں $R_1 = 1\text{ k}\Omega$ اور $v_s = 1.2 \sin \omega t$ ، $V_S = 15\text{ V}$ اور $r_z = 10\Omega$ اور $V_{Z0} = 5.6\text{ V}$ ہونے کی صورت میں خناری برقی دباؤ V_Z حاصل کریں۔

حل: شکل ۲.۷ اف میں زینرڈ ایڈیٹ کا ریاضی نمونہ استعمال کرتے ہوئے شکل ۲.۷ ب حاصل ہوتا ہے۔ خناری برقی دباؤ حاصل زینرڈ پر پائے جانے والا برقی دباؤ V_Z ہے جسے یوں حاصل کرتے ہیں۔

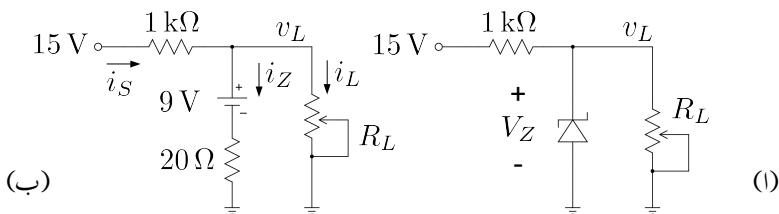
پہلے دور میں برقی رو حاصل کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned} i_Z &= \frac{V_S + v_s - V_{Z0}}{R_1 + r_z} \\ &= \frac{15 + 1.2 \sin \omega t - 5.6}{1000 + 10} \\ &= (9.3 + 1.18811 \sin \omega t) \times 10^{-3} \text{ A} \end{aligned}$$

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 خناری برقی دباؤ میں لہر صرف $0.02086\% = \frac{0.01188}{5.693} \times 100$ بنتا ہے۔ زینرڈ ایڈیٹ کے استعمال سے لہر نہیں آتی کم ہو گئی ہے۔



شکل ۲.۲۷: زینر منج پر بدلتا بوجھ

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

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

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

ہو گا۔ اگر $R_L = 2\text{k}\Omega$ ہوتے

$$i_L = \frac{9}{2000} = 4.5\text{ mA}$$

اور

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

ہوں گے۔ اس طرح حقیقت میں

$$(2.83) \quad v_L \Big|_{R_L=2\text{k}\Omega} = V_{Z0} + i_Z r_z = 9 + 1.5 \times 10^{-3} \times 20 = 9.03\text{ V}$$

پایا جائے گا۔

اب چونکہ ہمیں زینرڈ ایڈ پر پائے جانے والے برقی دباؤ کی زیادہ درست قیمت دریافت ہو گی ہے لہذا ہم مندرجہ بالاتم معلومات دوبارہ حاصل کر سکتے ہیں۔ اس طرح $i_L = 4.515\text{ mA}$, $i_S = 5.97\text{ mA}$ اور

$i_Z = 1.455 \text{ mA}$ حاصل ہوتے ہیں جن سے $v_L = 9.0291 \text{ V}$ حاصل ہوتا ہے جو تقریباً مساوات ۸۳.۲ 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 منج 9.03 V برقی دباؤ میں آکرتی ہے۔

برقی بوجھ $6 \text{ k}\Omega$ کرنے سے i_S پر کوئی اثر نہیں ہوتا۔ بقیا 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 دیکھا کہ برقی بوجھ کا $2 \text{ k}\Omega$ تبدیل ہونے سے اس کی برقی رو 4.5 mA تبدیل ہوتی ہے۔ زینر منج کا برقی دباؤ صرف 9.03 V تا 9.09 V تک ہے۔ چونکہ ہم نو ولٹ کی منج بنانے کے تھے لہذا نو ولٹ کی نسبت سے دیکھتے ہوئے بوجھ کے برقی دباؤ میں صرف

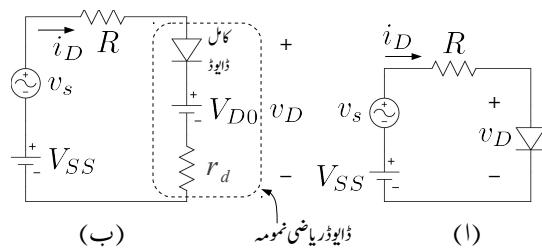
$$\frac{9.09 - 9.03}{9} \times 100 = 0.66 \%$$

کی تبدیلی آتی ہے۔ زینر منج 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 منج سے حاصل برقی دباؤ میں تبدیلی مزید کم ہوگی۔ ۲۲.۳ میں ایسا کرنا کھایا جائے گا۔

۲.۲۲ یک سمت اور بدلتے متغیرات کے حساب کی علیحدگی

شکل ۲.۲۳ الف میں ڈائیوڈ کا دور دکھایا گیا ہے۔ اس دور میں ڈائیوڈ کی جگہ اس کا ہماریکے اشاراتی ریاضی نمائش (شکل ۲.۲۴) نسبت نے شکل ۲.۲۴ 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 ۳.۷: یک سمت اور بدلتے متغیرات کی ملیحدگی

بدلتا اشارہ کے عدم موجودگی میں (بجئی جب v_d اور i_d کے تینیں صفر ہوں) اس مساوات کو پوں لکھا جائے گا۔

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

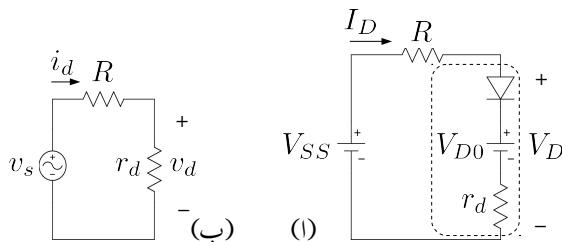
بدلتے متغیرات کے موجودگی میں مساوات ۲.۸۵ کو پوں حل کر سکتے ہیں۔

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

جہاں مساوات ۲.۸۲ کی مدد سے دوینیں اور بائیں بازو کے یک سمت مقداروں کی نشاندہی کرتے ہوئے انہیں کاٹ کر مساوات کا دوسرے جبز حاصل کیا گی۔ اسی طبقہ مساوات ۲.۸۷ کے دوسرے جبز کے ادوار شکل ۳.۷ میں دکھائے گئے ہیں۔ شکل ۲.۷ ب اس دور کا مساوی باریکے اشاراتی دور کہلاتا ہے۔ ڈائیوڈ کے باریکے اشارات i_d اور v_d یوں حاصل کیا جائیں گے۔

$$(2.88) \quad \begin{aligned} i_d &= \frac{v_s}{R + r_d} \\ v_d &= i_d r_d = \frac{r_d v_s}{R + r_d} \end{aligned}$$

مندرجہ بالا طریقہ کاریکے عمومی طریقہ کارہے جس کو استعمال کرتے ہوئے ڈائیوڈ کے ادوار بالعوم اور ٹرانزسٹر کے ادوار بالخصوص حل کئے جاتے ہیں۔ اس طریقہ میں ادوار حل کرتے وقت پہلے بدلتے 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 ۲.۷۲: 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 ۲.۲۱: شکل ۲.۳۷الف میں $R = 5 \text{ k}\Omega$ اور $v_s = 0.5 \sin \omega t$ ، $V_{SS} = 12 \text{ V}$ ہے۔ ڈائیوڈ سے گزرنی بدلتا برقی روڈ اور اس پر بدلتا برقی روڈ میں مصالحتی ہے۔ ڈائیوڈ کے باریکے اشاراتی مزاجمت r_d کی قیمت جبائنما ضروری ہے۔ ڈائیوڈ کے باریکے اشاراتی مزاجمت نظر مائلے مساوات ۳۵.۲ سے حاصل کیا جاتا ہے۔ شکل ۲.۷۲ 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 ۲.۷۲ 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 حنارتی برقی دباؤ کے داخلی برقی 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 حنارتی برقی دباؤ اس کے داخلی برقی 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 جہا سکتا ہے۔

شکل ۲.۵۷ میں مزاحمت R_S کو رویڈیو اشارہ v_i فنراہم کیا گیا ہے۔ دراصل جس بھی دور کو رویڈیو اشارہ فنراہم کیا جا رہا ہوا اس دور کے داخلی مزاحمت کو R_S سے ظاہر کیا جاتا ہے۔ ذرا لفظ ابلاغ^{۱۹۸} کے ادوار میں R_S کی قیمت عموماً $\Omega = 50$ ہوتی ہے۔ آپ جانتے ہیں کہ سائنس برقی دباؤ $V_p \cos \omega t$ کی موثر^{۱۹۹} قیمت کو $V_{rms} = \frac{V_p}{\sqrt{2}}$ کے برابر ہے۔ یوں مزاحمت R_S میں برقی طاقت کے ضیاء کو

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

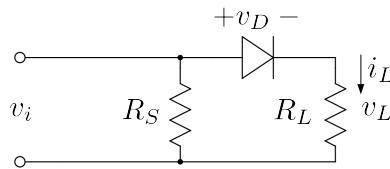
لکھا جا سکتا ہے۔ اس طاقت کو ناپنے کی عندرض سے R_S کے متوازن ڈایوڈ اور مزاحمت R_L نسب کے گئے ہیں جہاں سلسلہ وار جبڑے ڈایوڈ اور R_L کے کل مزاحمت کی قیمت R_S کے قیمت سے بہت زیادہ کم جاتی ہے تاکہ ان کی شمولیت داخلی اشارے پر بوجھنے والے اگرچہ ایسا تصور کرنا ضروری نہیں لیکن ہم اس حصے میں تصور کریں گے کہ ڈایوڈ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

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

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

سے ظاہر کیا جا سکتا ہے۔ اسی طرح اس شکل میں ڈایوڈ اور مزاحمت R_L کے برقی دباؤ کو داخلی برقی دباؤ $v_i = V_p \cos \omega t$ کے سلسلہ 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 حتیٰ کی 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 تناوب ہوتا ہے۔ اس کے بر عکس چوٹی عاصل کارکا خارجی برقی دباؤ کے چوٹی کے برابر ہوتا ہے۔ مساوات ۲.۹۳ کی ایک شکل میں۔

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 $c = c_2 R_L R_S$ کیا گیا ہے۔ یہ قانون مرحلہ کی دوسری شکل ہے جس کے تحت کم طاقت پر مزاحمت R_L کا ایک سمت برقی دباؤ اور R_S میں طاقت کا ضیاع راست تناوب کا تسلیق رکھتے

ہیں۔ اس حقیقت کو استعمال کرتے ہوئے ذرائع ابلاغ میں ڈائوڈ کے استعمال سے اشارے کی طاقت نالی جاتی ہے۔ ڈائوڈ کے اس دور کو ڈائوڈ قانونی مرحلہ شناختہ ۲۰۲ کہتے ہیں۔

۲.۲۶ سپاٹس ریاضی نمونہ

انجینئرنگ کے میدان میں کپیوڑ کا استعمال ناگزیر ہے۔ بر قیافی ادوار عسموماً کپیوڑ پروگرام استعمال کرتے ہوئے تخلیق دے جاتے ہیں۔ کپیوڑ پر ہی دور کی کارکردگی دیکھتے ہوئے اس میں رو بول پیدا کیا جاتا ہے حتیٰ کہ درکار نتائج حاصل ہوں۔ اس کے بعد اصل دور بننے کا مرحلہ آتا ہے۔ اس قسم کا نہایت مقبول کپیوڑ پروگرام سپاٹس^{۲۰۳} کہلاتا ہے۔ آپ سے گزارش کی جاتی ہے کہ سپاٹس^{۲۰۴} کا بھرپور استعمال کریں۔ اس حصے میں سپاٹس میں استعمال کے جانے والے ڈائوڈ کے ریاضی نمونے پر تبصرہ کیا جائے گا۔ یہاں یہ بتانا ضروری ہے کہ بر قیافت کو سچے بغیر کپیوڑ کی مدد سے کسی صورت کام کرتا ہو اور تخلیق دینا ممکن ہے۔

شکل ۲.۶.۷ میں ڈائوڈ کا سپاٹس ریاضی نمونہ دکھایا گیا ہے جو کو و سچ اشاراتی ریاضی نمونے ہے۔ اس ریاضی نمونے میں ڈائوڈ کے مثبت اور منفی خطلوں کے مزاجمت کو R_S کہا گیا ہے۔ اس کی قیمت اکالی تابہی کے حدود میں ہوتی ہے۔ یہ مزاجمت ڈائوڈ کی ناپسندیدہ خوبیوں میں سے ایک ہے۔

ڈائوڈ کے سانچیاں سمت رو حوال کو اس کے $v_D - i_D$ مساوات سے یہ حاصل کیا جاتا ہے جبکہ بدلت رو حوال میں ڈائوڈ 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 ڈائوڈ کا باریک اشاراتی مزاجمت r_d اور اس کی باریک اشاراتی کمیشن C_d اور C_j استعمال کرتا ہے۔

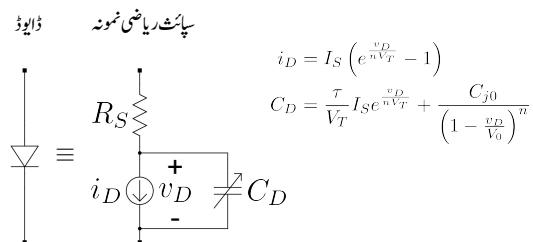
جدول ۲.۳.۲ ڈائوڈ کے سپاٹس ریاضی نمونے کے تمام اجزاء اور ان کے عسمومی قیمتیں پیش کرتا ہے۔ اگر سپاٹس پروگرام استعمال کرتے وقت ان اجزاء کی قیمتیں فراہم کی جائیں تو سپاٹس پروگرام جدول ۲.۲ میں دے گئے قیمتیں استعمال کرتا ہے۔

diode square law detector^{۲۰۴}
spice^{۲۰۵}

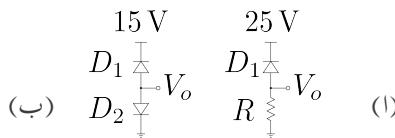
۲۰۴ سپاٹس کپیوڑ پروگرام کیلئے فونی، برنسٹلے کے یونور سٹی میں تیار کیا گیا۔

جدول ۲.۲: سپاٹس ریاضی نمونے کے حصہ

ریاضی نمونے کے حصہ کا نام	علامت	سپاٹس کا حصہ	قیمت
10^{-14} A	IS	I_S	لبریزی بر قی رو
0Ω	RS	R_S	مسراحت
1	N	n	اخنر اگی حصہ
0 s	TT	τ_T	او سط دورانیہ عبور
0 F	CJ0	C_{j0}	صفہ بر قی دباؤ پر الٹی کپیشن
0.5	M	m	حصہ شدہ بندی
$\infty \text{ V}$	BV	V_{ZK}	ناتابل برداشت بر قی دباؤ
10^{-19} A	IBV	I_{ZK}	ناتابل برداشت بر قی رو
1 V	VJ	V_0	رکاوٹی بر قی دباؤ



شکل ۲.۲: ڈائیوڈ کا سپاٹس ریاضی نمونہ



شکل ۲.۷۷: لٹر برقی روکی ناپ

سوالات

سوال ۲.۱: 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 ۲.۲: 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 ۲.۳: الٹے مائل ڈائوڈ سے رستا برقی رو کوناپنے کے لئے شکل ۲.۷۷ الف میں دکھایا دروازہ استعمال کرتے ہیں۔ اتنا حساس اشارہ ناپنے کی حناصر نہیں زیادہ داخلی مسازیت رکھنے والا آہم استعمال کیا جاتا ہے۔ 30°C پر شکل میں $V_0 = 0.2 \text{ V}$ اور 0°C پر کیا ناپے جائیں گے۔ $R = 500 \text{ k}\Omega$ ہے۔

$$\text{جوابات: } 0.025 \text{ V}, 1.6 \text{ V}$$

سوال ۲.۴: شکل ۲.۷۷ ب میں دونوں ڈائوڈاں کلیکس ہیں جن کا $n = 1$ اور $I_D = 10 \text{ mA}$ پر $V_D = 0.62 \text{ V}$ اور $n = 2$ اور $I_D = 10 \text{ mA}$ پر $V_D = 0.11 \text{ V}$ نیا جاتا ہے۔

۰. اثاراتا برقی رو حاصل کریں۔

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

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

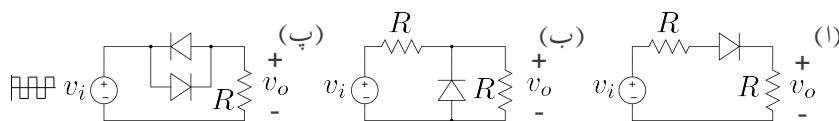
سوال ۲.۵: ایک ڈائوڈ کی برقی رو گنگی کو دی جاتی ہے۔ $1 = n$ اور $2 = n$ کی صورت میں برقی دباؤ میں تبدیلی حاصل کریں۔

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

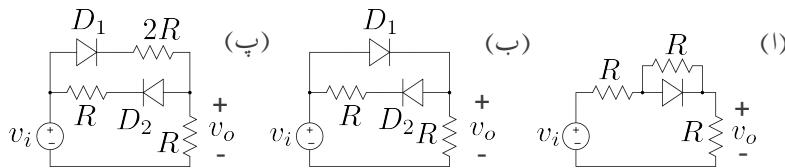
سوال ۲.۶: ایک ڈائوڈ کی برقی رو سگن کو دی جاتی ہے۔ $1 = n$ اور $2 = n$ کی صورت میں برقی دباؤ میں تبدیلی حاصل کریں۔

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

سوال ۲.۷: ایک ڈائوڈ میں یہ 2 A کیم آس 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 اندر ورنی 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 205°C کہتے ہیں۔

جوابات: 19.53°C و 1.28W اور 25°C

سوال ۲.۸: شکل ۲.۸.۲ کے تینوں ادوار میں کامیل ڈائیوڈ تصور کرتے ہوئے مستطیل داخنی اشارہ v_i سے حنارجی اشارہ v_o حاصل کریں۔ داخنی اشارے کا جیٹ $V \pm 1$ لیں۔

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

سوال ۲.۹: شکل ۲.۸.۲ کے تینوں ادوار میں سیدھے ڈائیوڈ پر 0.7V کا گھنادیستہ ہوئے مستطیل داخنی اشارہ v_i سے حنارجی اشارہ v_o حاصل کریں۔ داخنی اشارے کا جیٹ $V \pm 1$ لیں۔

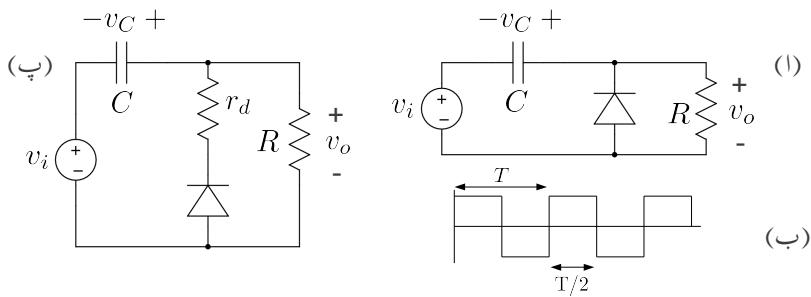
جوابات: (الف) مستطیل اشارہ جس کا بیت 0.15V جبکہ منی جیٹ صفر وولٹ ہے۔ (ب) مستطیل جس کا بیت 0.5V جبکہ منی جیٹ -0.7V ہے۔ (پ) مستطیل 0.3V جیٹ۔

سوال ۲.۱۰: شکل ۲.۸.۲ کے تینوں ادوار میں کامیل ڈائیوڈ تصور کرتے ہوئے داخنی اشارے v_i کو سان-نیا سیتے ہوئے حنارجی اشارے v_o حاصل کریں۔ داخنی اشارے کا جیٹ $V \pm 1$ لیں۔

سوال ۲.۱۱: شکل ۲.۸.۲ کے تینوں ادوار میں سیدھے مائل ڈائیوڈ پر 0.7V برقی دباؤ کا گھنادیستہ تصور کرتے ہوئے داخنی اشارے v_i کو سان-نیا سیتے ہوئے حنارجی اشارے v_o حاصل کریں۔ داخنی اشارے کا جیٹ $V \pm 1$ لیں۔

سوال ۲.۱۲: شکل ۲.۹.۲ میں $15\text{V} \pm 5\text{V}$ جیٹے کا مستطیل داخنی اشارہ مہیا کیا جاتا ہے۔ کامیل ڈائیوڈ تصور کرتے ہوئے حنارجی اشارات حاصل کریں۔

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



شکل ۲.۸۰: شکنجہ

سوال ۲.۱۴: شکل ۲.۸۰ افے میں ٹنگہ دھایا گیا ہے۔ اسے شکل ب میں دکھایا گا تار مستطیلی داخلي اشاره میا کیا جاتا ہے جس کا حیطہ $V \mp 10V$ ہے۔ $\frac{T}{2} = RC$ کی صورت میں کامل ڈائیوڈ تصور کرتے ہوئے خارجی اشارے کا خط کھینچیں۔

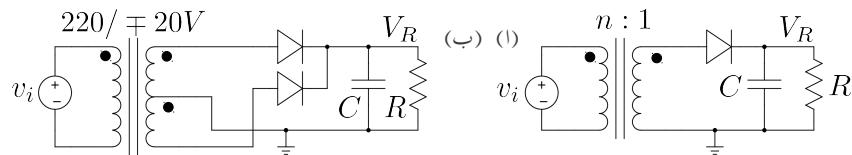
جواب: داخلي اشارہ منفی ہوتی ہی خارجی اشارہ 0V ہو جاتا ہے جبکہ کپیٹر جلدی سے $v_C = 10V$ پہنچتا ہے۔ داخلي اشارہ بثت ہوتی ہی خارجی اشارہ $20V$ ہو جاتا ہے جو $T/2$ سینکڑوں میں گھستے ہوئے $7.36V$ رہ جاتا ہے۔

سوال ۲.۱۵: شکل ۲.۸۰ افے میں ڈائیوڈ کی مزاحمت r_d کو واضح دکھاتے ہوئے ٹنگہ دھایا گیا ہے۔ اسے شکل ب میں دکھایا گا تار مستطیلی داخلي اشارہ میا کیا جاتا ہے جس کا حیطہ $V \mp 10V$ ہے۔ $\frac{T}{2} = RC$ اور $r_dC \ll T$ کی صورت میں خارجی اشارے کا خط کھینچیں۔

جواب: پہچلنے والی کو طرح داخلي اشارہ بثت ہونے کے لئے پر $10V = v_C$ اور خارجی اشارہ $20V$ ہوتا ہے۔ $\frac{T}{2}$ سینکڑے بعد خارجی اشارہ $7.36V$ جبکہ $-2.64V = v_C$ ہوتے ہیں۔ جسمی ہی داخلي اشارہ منفی ہوتا ہے اس لئے $v_o = -12.64V$ ہوگا۔ $r_dC \ll T$ ہونے کے ناطے یہ صورت زیادہ دریہ نہیں پائی جائے گی اور جلدی کپیٹر r_d کے راستے $10V$ پر پہنچ جائے گا۔ یوں داخلي اشارہ منفی ہونے کے لحاظات پر خارجی اشارے پر منفی سوئی نا بر قی دباو پیلا جائے گا۔

سوال ۲.۱۶: شکل ۲.۸۱ افے میں گھر بیو واپڈا 20°C کی بجلی استعمال کرتے ہوئے بارہ ولٹ کی منبع بنائی گئی ہے۔ $R_L = 1.2\text{ k}\Omega$ اور کپیٹر کی قیمت حاصل کریں۔ واپڈا 50 Hz تعداد کی $220 \times \sqrt{2} \text{ V}$ ہے جس کی موثر 20°C قیمت 220 V ہے۔ ڈائیوڈ بر قی دباو کے گھناؤ کو نظر انداز کریں۔

جوابات: $n = 23.93$ ، $100\text{ }\mu\text{F}$



شکل ۲.۸: بارہوں کے بر قی دباؤ کی منع

سوال ۲.۱۶: شکل ۲.۸ ب میں تدریجی ٹرانسفارمر استعمال کرتے ہوئے دو ڈائیوڈ کی مدد سے **مکمل سمت** کا حاصل کیا گیا ہے۔ ٹرانسفارمر کے داخلی جابن گزشتہ سوال کی طرح واپس اکی بھبھی فشرائیم کی گئی ہے۔ ٹرانسفارمر کے داخلی جابن ۲۲۰ V موثقیت کا بر قی دباؤ فشرائیم کیا جاتا ہے۔ خارجی جابن ٹرانسفارمر کے درمیان پنیا کو بر قی 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 بر قی دباؤ V_R اور اس میں بلحہ حاصل کریں۔ کامل ڈائیوڈ صورت کریں۔

جواب: تقریباً $27.68 \text{ V} \pm 0.6 \text{ V}$

سوال ۲.۱۷: $I_S = 5 \text{ fA}$ کے ڈائیوڈ کے بر قی دباؤ بالتفاسیل بر قی روکاظٹھ کھپیں۔ اس پر سے چپا لوکر دباؤ کا تخمینہ لگائیں۔

سوال ۲.۱۸: ڈائیوڈ پر بر قی دباؤ 50 mV بڑھانے سے بر قی دباؤ i_D اور D_1 کی شرح حاصل کریں۔ یہی شرح 200 mV ، 100 mV اور 500 mV کے لئے بھی حاصل کریں۔

سوال ۲.۱۹: بر قی دباؤ سس گست کرنے سے ڈائیوڈ کے بر قی دباؤ میں تبدیلی حاصل کریں۔ بر قی دباؤ سو گست کرنے سے ڈائیوڈ کے بر قی دباؤ میں تبدیلی حاصل کریں۔

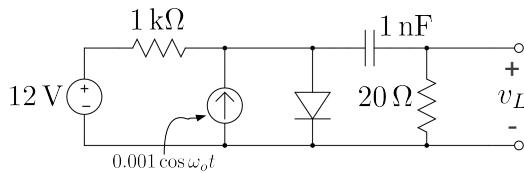
جواب: 115 mV ، 57 mV ، 57 mV ، 115 mV

سوال ۲.۲۰: ڈائیوڈ کے مساوات $i_D = I_0 e^{\frac{v_D}{V_T}}$ کامکلارن سلسلہ ^{۲۰۸} میں حاصل کریں۔ اگر $V_T \ll v_D$ ہو تو اس سلسلہ کے صرف پہلے دو حصوں سے ہوتے ثابت کریں کہ $i_D \approx I_0 + \frac{v_D}{r_d}$ کہا جا سکتا ہے جہاں $r_d = \frac{V_T}{I_0}$ کے رابر ہے۔

سوال ۲.۲۱: شکل ۲.۸ کا دور کھایا گیا ہے۔ 10 fA اور $V_T = 25 \text{ mV}$ لیتے ہوئے ڈائیوڈ میں یک سمت بر قی دبہانے کے طریقے ^{۲۰۹} میں حاصل کریں۔

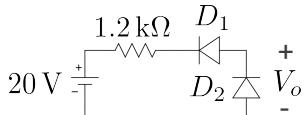
جواب: $V_D = 0.7 \text{ V}$ تصور کرتے ہوئے 11.3 mA حاصل ہوتا ہے جسے استعمال کرتے ہوئے V_D کی قیت 0.69383 V حاصل ہوتا ہے۔ اسی طرح متواتر حل کرتے ہوئے 11.306 mA ، 0.69384 V ، 11.306 mA ، 0.69383 V حاصل ہوتے ہیں۔ یوں اس آخری جواب کو یک سمت بر قی روایا جاتا ہے۔

سوال ۲.۲۲: مندرجہ بالامثال کے نتائج استعمال کرتے ہوئے $\omega_0 = 5 \times 10^6 \text{ rad/s}$ ، $\omega_0 = 5 \times 10^{10} \text{ rad/s}$ پر شکل میں بدلتا بر قی 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 مسادات

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 کہ دیکھتے ہوئے یوں معلوم ہوتا ہے جیسے یہ $x^2 = y$ کا خط ہے۔ ڈائیوڈ کے خط کو کبھی کبھار سادہ بنانے کے عندر گز سے $i_D = \alpha v_D^2$ لکھا جاتا ہے۔ شکل ۲.۸۳.۲ میں پاکیں یہاں ڈائیوڈ استعمال کئے گئے ہیں جن کی مسادات بھی شکل میں دی گئی ہے۔ V_o حاصل کریں۔

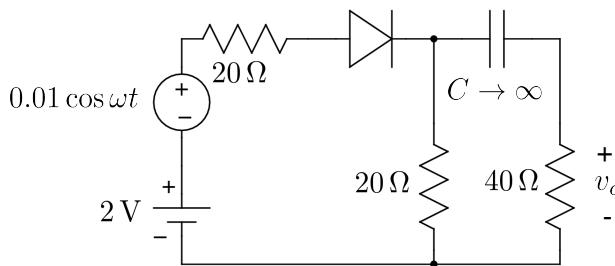
$$V_o = 10 - 600 I_o$$

سوال ۲.۲۴: شکل ۲.۸۳.۲ میں $V_D = 0.68 \text{ V}$ پر ڈائیوڈ میں $I_D = 30 \text{ mA}$ گزارتا ہے۔

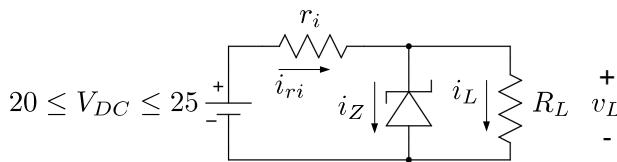
۱. ڈائیوڈ کے خط پر یہ سمت خط پر جو کھینچ کر نقطہ مائل حاصل کریں۔
۲. نقطہ مائل پر ڈائیوڈ کی مسازحت r_d حاصل کریں۔
۳. بدلتا برقی دباؤ v_o حاصل کریں۔
۴. نقطہ مائل پر بدلتا راو، خط پر جو کھینچیں۔

جوابات: $0.0019 \cos \omega t$ ، 36.7Ω ، $(0.68 \text{ V}, 33 \text{ mA})$

سوال ۲.۲۵: شکل ۲.۸۵.۲ میں دکھائے زینتر ڈائیوڈ پر اس وقت تک $V = 12 \text{ V}$ کا برقی دباؤ برقرار رہتا ہے جب تک اس میں 2 mA تا 200 mA کا برقی روگزرا ہو۔ $R_L = 60 \Omega$ ہے۔



شکل ۲.۸۳: خط بوجھ کا سوال

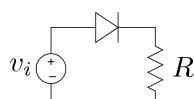


شکل ۲.۸۵: زینر ڈائیوڈ کا سوال

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

۲. زینر ڈائیوڈ میں زیادہ طاقت کا ضایع حاصل کریں۔

جوابات: جب تک زینر پر بادہ دوں تو رہیں تب تک $i_L = \frac{12}{60} = 0.2 \text{ A}$ رہے گا۔ لہذا حنلی برقی دباؤ تبدیل کرنے سے صرف زینر ڈائیوڈ میں برقی رو تبدیل ہوتا ہے۔ 20 V پر زینر میں کم کم 2 mA رکھتے ہوئے $i_{r_i} = 0.202 \text{ A}$ ہو گا جس سے $r_i = 39.6 \Omega$ حاصل ہوتا ہے۔ حنلی برقی دباؤ 30 V کرنے سے $i_Z = 0.3282 - 0.2 = 0.1282 \text{ A}$ ہو گا۔ یہ $i_{r_i} = \frac{25-12}{39.6} = 0.3282 \text{ A}$ اور طاقت کا ضایع ہو گا 1.5384 W



شکل ۲.۸۲: ڈائیوڈ کی برقدرو

سوال ۲.۲۶: شکل ۸۵.۲ میں بدلے مزاجت R_L اور بدلے داخلی برقی دباؤ کی صورت میں v_L کو زینترڈائوڈ کے مدد سے برقرار کھائیا گیا ہے۔ اس سوال میں R_L کی قیمت Ω ۱۵۰ Ω ۱۲۰۰ Ω جبکہ داخلی برقی دباؤ ۲۰.۲ V تا ۲۰.۲ 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 Ω ۱۵۰ بوجھ اور ۲۰.۲ V داخلی برقی دباؤ پر i_L ، i_{ri} اور i_Z حاصل کریں۔

۳. حاصل کردہ r_i کو استعمال کرتے ہوئے Ω ۱۵۰ بوجھ اور ۲۵ V داخلی برقی دباؤ پر i_L ، i_{ri} اور i_Z حاصل کریں۔

۴. حاصل کردہ r_i کو استعمال کرتے ہوئے Ω ۱۲۰۰ بوجھ اور ۲۰.۲ V داخلی برقی دباؤ پر i_L ، i_{ri} اور i_Z حاصل کریں۔

۵. حاصل کردہ r_i کو استعمال کرتے ہوئے Ω ۱۲۰۰ بوجھ اور ۲۵ 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: سوال ۲۶.۲ میں $\Omega = 100 \Omega$ استعمال کیا جاتا ہے۔ داخلی برقی دباؤ ۲۰.۲ V کی صورت میں $R_L = 50 \Omega$ کر دیا جاتا ہے۔ اس صورت میں i_L ، v_L اور i_Z حاصل کریں۔

جوابات: $V = 6.7333 \text{ mA}$ ، 134.666 mA ، 0 A ہوتی ہے۔

سوال ۲.۲۸: شکل ۸۶.۲ میں آدھا سمت کارڈ کھایا گیا ہے جسے کم برقی دباؤ پر زینترڈائوڈ میں برقی رو ۰ A ہوتی ہے۔ مزاجت کی ممکنہ قیمت کیا ہے۔ استعمال شدہ ڈائوڈ زیادہ سے زیادہ $A = 1$ کی او سط برقی رو برداشت کر سکتا ہے۔ مزاجت کی ممکنہ قیمت حاصل کریں۔

جواب: ڈائوڈ آدھے لہر کے لئے چا لورہتا ہے۔ آدھے لہر کی او سط برقی رو $\frac{V_p}{\pi R}$ کے برابر ہے۔ یہ $R = 98.676 \Omega$ حاصل ہوتا ہے۔

باب ۳

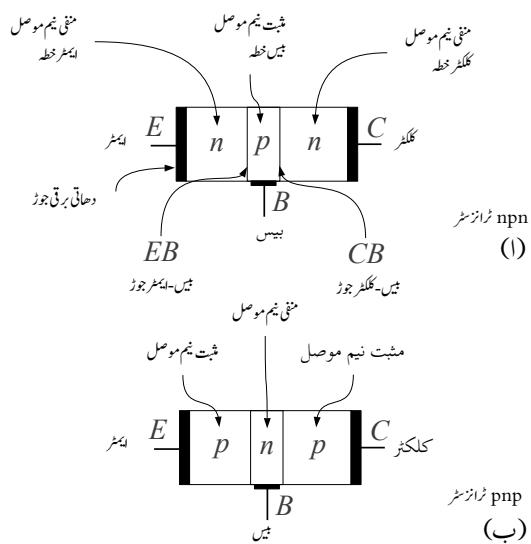
ٹرانزسٹر (دوجو ڈنگن)

برقیات میں دو اقسام کے پڑھ جاتے ہیں۔ ان میں مزاحمت، کپیسٹر، امالہ اور ڈائیوڈ کو خیہ عامل^۱ اپر زہ جاتے پکار جاتا ہے جبکہ ٹرانزسٹر^۲ کے دیگر اقسام کو عامل^۳ پڑھ جاتے پکار جاتا ہے۔ برقیات کی ترقی ٹرانزسٹر کی ایجاد کی وجہ سے ہے۔ اس باب میں دوجو ڈنگن پر غور کیا جائے گا۔ دوجو ڈنگن پر غور کیا جائے گا۔ برقی میدان سے چلنے والے ٹرانزسٹر کو عsumo ما 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۔

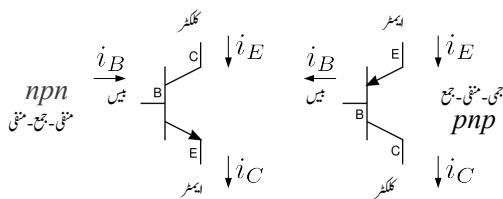
۳.۱ ٹرانزسٹر کی ساخت اور اس کی بنیادی کارکردگی

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۔ جمع۔ منفی ٹرانزسٹر^۴ *npn* ٹرانزسٹر کہتے ہیں۔ ان تین نیم موصل خطوں کو ایمپٹ خط^۵، بیئر خط^۶ اور کلکٹر خط^۷ کہتے ہیں۔ شکل میں ان کی وضاحت کی گئی ہے۔ اس کے برکس شکل ب میں دو ثابت نیم موصل خطوں کے مابین ایک منی نیم موصل خط سیٹاگیا ہے۔ اس قم کے ٹرانزسٹر کو منفی۔ جمع ٹرانزسٹر^۸ *pnp* ٹرانزسٹر کہتے ہیں۔ منفی۔ جمع۔ منفی ٹرانزسٹر کے تین برقی سرے ہیں جنہیں ایمپٹ^۹ *E* اور بیئر^{۱۰} *B* کہتے ہیں۔ اس ٹرانزسٹر میں منی نیم موصل *n* اور ثابت نیم موصل

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



شکل ا.ب: منفی- جمع- منفی ٹراز سڑا اور جمع- منفی- جمع ٹراز سڑ کی بناؤ۔



شکل ۳.۲: ٹرانزسٹر کے علامات

جدول ۳.۲: ٹرانزسٹر کے تین مختلف انداز کارکردگی

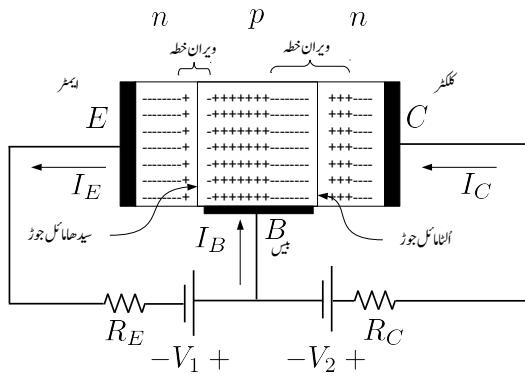
انداز کارکردگی	بیس-بیٹری جوڑ	بیس-گلکشن جوڑ
افرازندہ حال	سیدھا مائل	غیر سیدھا مائل
غیر افرازندہ حال	سیدھا مائل	سیدھا مائل
مقطوع حال	الٹامائل	الٹامائل

p خطوں کے درمیان دو $n-p$ جوڑیں جنہیں بیس-بیٹری جوڑ BE ہوئے اور بیس-گلکشن BC جوڑ کہتے ہیں۔ شکل ۳.۲ میں دو جوڑ ٹرانزسٹر کے واقع کے علامات دکھائے گئے ہیں۔ بیس-بیٹری جوڑ پر تیسر کا نشان ٹرانزسٹر میں اس جوڑے گرتی بر قی روکی صحیح سمت دھلاتا ہے۔ یہ npn ٹرانزسٹر میں بیٹری سے برقی رو رہا ہے اور جہاں بوجکہ باقی دوسروں پر بر قی رو ٹرانزسٹر کے اندر جہاں بوجوگی۔ ٹرانزسٹر میں بیٹری سے پر بر قی رو اندر جہاں بوجکہ باقی دوسروں پر بر قی رو کی سمت ٹرانزسٹر کے باہر جہاں بوجوگی۔ ٹرانزسٹر کے بیس-بیٹری جوڑ کو سیدھا مائل یا الٹا مائل کر کے ٹرانزسٹر کو تین مختلف طریقوں پر چالایا جاسکتا ہے۔ جدول ۳.۲ میں ٹرانزسٹر مائل کرنے کے تین ممکن طریقے دکھائے گئے ہیں۔ ٹرانزسٹر کو جوڑ اپنی پہلی اس تنہی کی حناطر اسے افرازندہ "حال" میں رکھا جاتا ہے۔ عددی ادوار ۱۳ میں ٹرانزسٹر کے غیر افرازندہ "حال" اور مقطوع "حال" دونوں استعمال ہوتے ہیں۔

۳.۲ افرازندہ حال مخفی-جمع-مخفی npn ٹرانزسٹر کی کارکردگی

شکل ۳.۲ میں مخفی-جمع-مخفی npn ٹرانزسٹر کو اس طرح بر قی دباد مہیا کئے گئے ہیں کہ اس کا بیس-بیٹری جوڑ BE سیدھا مائل جبکہ اس کا بیس-گلکشن BC جوڑ الٹا مائل ہو۔ یہ بیس-بیٹری BE جوڑ پر سیدھا اور ان خطے کی لمبائی کم ہو جائے گی جبکہ بیس-گلکشن BC جوڑ پر سیدھا اور ان خطے کی لمبائی بڑھ جائے گی۔ شکل میں مخفی-جمع-مخفی npn

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



شکل ۳.۳: بیس-ایمپر جوڑ سیدھا مائل جبکہ بیس-مکل جوڑ اٹ مائل کیا گیا ہے

ٹرانزسٹر کے بر قی سروں پر بر قی روکی مستین دکھائی گئی ہیں۔ شکل میں یہس خطے کے لمبائی کو بڑھا چھڑا کر دکھایا گیا ہے۔ $n-p-n$ ٹرانزسٹر کی کارکردگی کا دار و مدار و n خطوں کا انتباہی متریب ہونے پر ہے۔ یہں حقیقت میں یہس خطے کی جنہے مائیکرومیٹر μm ہوتی ہے۔ شکل ۲۔۳ میں اس ٹرانزسٹر میں باروں کے حسرکت کی وضاحت کی گئی ہے۔ یہس ٹھہر جوڑا بلکل ڈیلوڈ کی مانند عمل کرتا ہے۔ یہ دونی بر قی داہی وجہ سے آزاد الیکٹران ٹھہر خطے کے یہس خطے میں داخل ہوتے ہیں۔ ان الیکٹرانوں کو شکل میں مداخل الیکٹران^{۱۵} کہا گیا ہے۔ اسی طرح یہس خطے کے آزاد خلاوے ٹھہر خطے میں داخل ہوتے ہیں۔ ان خلاووں کو شکل میں مداخل خلاوے^{۱۶} کہا گیا ہے۔ مقنی-جع- مقنی ٹرانزسٹر کی کارکردگی مداخل الیکٹرانوں پر محصر ہوتی ہے جبکہ مداخل خلاواس میں کوئی کردار ادا نہیں کرتے۔ چونکہ مداخل الیکٹرانوں کی تعداد ایکٹر خطے میں ملاوٹی ایٹوں کی تعداد کثافت^{۱۷} N_D پر محصر ہے جبکہ مداخل خلاووں کی تعداد یہس خطے میں ملاوٹی ایٹوں کی تعداد کثافت^{۱۸} N_A پر محصر ہے لہذا ٹرانزسٹر کے ٹھہر خطے میں N_D کی قیمت یہس خطے میں N_A کی قیمت سے کمی درج زیادہ رکھی جاتی ہے۔ شکل ۵۔۳ میں مقنی-جع- مقنی ٹرانزسٹر میں باروں کی حسرکت دکھائی گئی ہے۔ چونکہ روائی بر قی رواور الیکٹران کے بیساو کی مستین اپس میں الٹے ہوتی ہیں لہذا اس ٹرانزسٹر کے ٹھہر سرے پر الیکٹران کا بیساو اندر کی جانب ہو گا۔ فرش کریں کہ ٹھہر سرے پر ہر سینکڑ x الیکٹران ٹرانزسٹر میں داخل ہوتے ہیں۔ الیکٹران کا بر قی B^{19} - لکھتے ہوئے یہوں ٹھہر سرے پر بر قی D_E کی قیمت

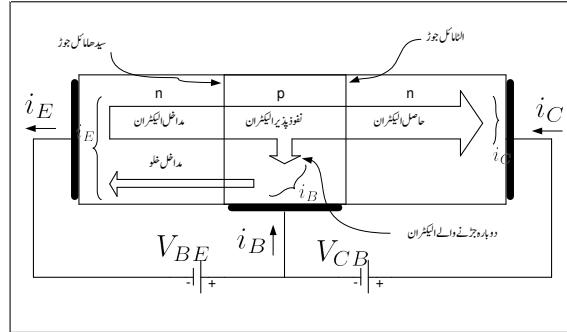
$$(\mathfrak{r}, !) \qquad \qquad I_F = xq$$

ہو گی۔ بسیروںی بر قی دباؤ ہیس۔ ہمہر جوڑ کو سیدھا مائل کئے ہوئے ہے۔ یوں اس جوڑ میں بالکل سیدھے مائل ڈایوڈ کی طرح بر قی روکا گر ہو گا اور تسام کے تمام x الیکٹران ہیس خطے میں پیچی جائیں گے۔¹⁹ ہیس خطے میں مدار میں الیکٹران ہر

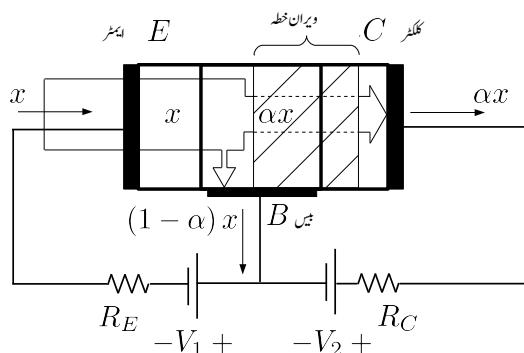
injected electrons¹⁴
 injected holes¹⁵
 number density¹⁶
 charge¹⁸

^{charge} ۱۹ میں حلول کے پہاڑ کو نظر انداز کس آگے۔ اس کی بات آگے حاکر ہو گی

۳.۲. افراستہ حال مفہی-جع-مفہی npn ٹرانزسٹر کی کارکردگی



شکل ۳.۲: npn ٹرانزسٹر میں باروں کی حرکت



شکل ۳.۵: npn ٹرانزسٹر میں اسیکٹرانوں کا بیباو

جانب نفوذ پذیر ہوں گے۔ جیسا پہلے ذکر ہوا یہ میں خط کا بیشتر حصہ ویران خط بن چکا ہے۔ یہ میں خط میں مداخلہ ایکٹر ان اس باریکے لمبائی والے یہ میں خط سے ٹرانزسٹر کے بیرونی سرے B تک پہنچنے کی کوشش کریں گے۔ ایسے ایکٹر ان حسروں کی بدولت یہ میں خط میں ہر جانب نفوذ پذیر ہوں گے تاہم بیرونی برقی دباؤ I_V کی وجہ سے ان کی اوپر رفتار برقی سرے B کی جانب ہوتی ہے۔ ان ایکٹر انوں میں سے تعداد ایکٹر ان اس سفر کے دوران یہ میں گلکشہ جوڑ کے دیران خط میں داخل ہو جاتے ہیں۔ جیسا کہ آپ جانتے ہیں کہ اس ویران خط سے منفی بار تیزی سے دائیں جانب لیجنی گلکشہ خط میں مقتول ہو جاتے ہیں۔ یہاں x ایکٹر انوں کا بیشتر حصہ گلکشہ خط میں پہنچ جاتا ہے اور یہاں سے ٹرانزسٹر کے بیرونی گلکشہ سرے پر پہنچ کر برقی رو I_C پیدا کرتا ہے۔ گلکشہ خط پہنچنے والے ایکٹر انوں کی تعداد کو αx لکھا جا سکتا ہے جہاں α کی قیمت عوام ۰.۹۹ تا ۰.۹۹ ہوتی ہے۔ یہاں گلکشہ سرے پر برقی رو I_C کی قیمت

$$(3.2) \quad I_C = \alpha x q$$

ہوگی۔ بقیا ایکٹر ان یعنی $(\alpha - 1)$ ایکٹر ان ٹرانزسٹر کے بیرونی یہ میں سرے پہنچ کر برقی رو I_B کو جسم دیتے ہیں یعنی

$$(3.3) \quad I_B = (1 - \alpha)x q$$

ان تین مساواتوں سے حاصل ہوتا ہے

$$(3.4) \quad \begin{aligned} I_E &= x q \\ I_C &= \alpha x q = \alpha I_E \\ I_B &= (1 - \alpha)x q = (1 - \alpha)I_E \\ I_E &= I_B + I_C \end{aligned}$$

ان سے مزید حاصل ہوتا ہے

$$(3.5) \quad \begin{aligned} I_C &= \alpha I_E = \frac{\alpha}{1 - \alpha} I_B = \beta I_B \\ I_E &= I_C + I_B = (\beta + 1) I_B \end{aligned}$$

جہاں

$$(3.6) \quad \beta = \frac{\alpha}{1 - \alpha}$$

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

$$(3.7) \quad I_C = \alpha I_E$$

$$(3.8) \quad \beta = \frac{I_C}{I_B}$$

$$(3.9) \quad I_E = (\beta + 1) I_B$$

چونکہ $1 \approx \alpha$ ہوتا ہے لہذا مساوات ۳.۲ سے ظاہر ہے کہ I_C کی قیمت تقریباً I_E کے برابر ہوگی۔ مساوات ۳.۲ سے ظاہر ہے کہ β ٹرانزسٹر کی افناز اندہ رفتہ روپ ہے۔
مساوات ۳.۲ کو یوں بھی لکھ سکتے ہیں

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

مثال ۳: مندرجہ ذیل کے لئے β حاصل کریں۔

$$\alpha = 0.9 .1$$

$$\alpha = 0.99 .2$$

$$\alpha = 0.999 .3$$

حل:

$$\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha} = \frac{0.9}{1-0.9} = 9 .1$$

$$\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha} = \frac{0.99}{1-0.99} = 99 .2$$

$$\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha} = \frac{0.999}{1-0.999} = 999 .3$$

مثال ۴: $\beta = 74$ کے لئے α حاصل کریں۔

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

مثال ۵: ایک ٹرانزسٹر میں ہر سینٹی $10^{15} \times 6$ الیکٹرون یس-ایم جوڑ سے گزرتے ہیں۔ اگر $\alpha = 0.993$ ہوتا ہے اس کے برتنی سروں پر برتنی روپ حاصل کریں۔
حل: الیکٹرون کا بار $C = 1.6 \times 10^{-19}$ آئیٹی ہوئے

$$I_E = -nq = 6 \times 10^{15} \times 1.6 \times 10^{-19} = 9.6 \times 10^{-4} = 0.96 \text{ mA}$$

$$(3.11) \quad I_C = \alpha I_E = 0.993 \times 0.96 \times 10^{-3} = 0.95328 \text{ mA}$$

$$I_B = I_E - I_C = 6.72 \mu\text{A}$$

ٹرانزسٹر کی ایمیت β سے ملکے ہے۔ مساوات ۸.۳ کہتا ہے کہ $I_C = \beta I_B$ ہے۔ یعنی گلکش سرے کا برقی رو بیس سرے کے برقی رو کے β گناہ ہے۔ یوں اگر β کی قیمت ۳۵ ہوتے تو بیس کے برقی رو کی میازیادہ کرنے سے گلکش سرے پر برقی رو کی قیمت ۳۵ گن کی میازیادہ ہوگی۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ بیس سرے پر تجویزی مقدار میں برقی رو گلکش سرے پر زیادہ مقدار کے برقی رو کو فتو اورتھ کرتے ہیں۔ یوں β کو ٹرانزسٹر کی افروائیٹھ برقی رو کہیں گے۔ ٹرانزسٹر کے افزاں کی صلاحیت ہی کی وجہ سے برقيات کے میدان کا وجود ہے۔

ٹرانزسٹر کا BE جوڑ بالکل سادہ ڈائوڈ کی طرح کردار ادا کرتا ہے۔ یوں اس جوڑ کے برقی رو کو

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

لکھتے ہوئے

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

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

لکھا جا سکتا ہے۔ اگر ہم $\alpha I'_S$ کو لکھیں تو ان مساوات کو

$$(3.12) \quad I_E = \frac{I_C}{\alpha} \left(e^{\frac{V_{BE}}{V_T} - 1} \right)$$

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

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

لکھا جا سکتا ہے۔ اس کتاب میں مساوات ۱۲.۳ اسی استعمال کے جا نہیں گے۔ آپ نے دیکھا کہ I_B کی میازیادہ کرنے سے I_C بھی کی میازیادہ ہوتی ہے۔ حقیقت میں V_{BE} کی میازیادہ کرنے سے I_B کی میازیادہ کیا جاتا ہے۔ بیس۔ یونٹ جوڑ پر برقی رو بادے کی میازیادہ کرنے سے I_E کے مساوات ۱۲.۳ کے تحت کی میازیادہ ہوگی اور I_B بھی کی میازیادہ ہوگی۔ اور I_B کی شرح β رہے گا۔ اب تک کی گفتگو سے ظاہر ہے کہ $n-p-n$ ٹرانزسٹر میں مداخل حنلوں کا I_C کے پیادہ کرنے میں کوئی کردار نہیں۔ اسی لئے جیسا شروع میں ذکر ہوا مداخل حنلوں کی تعداد کم سے کم کوئی جگہ جاتی ہے۔

current gain^{rr}
gain^{rr}

مندرجہ بالا گفتگو میں یہیں ہے۔ گلکشہر جوڑ کو اُن مائل رکھا گیا۔ اُنکے مائل ڈائیوڈ کی طرح اس جوڑ میں اٹی حساب برقی رو I_S گزرا ہے گی۔ ڈائیوڈ کی طرح حققت میں اٹی برقی رو کی اصل قیمت تجربی سے حاصل I_S کی قیمت سے کمی درجہ زیادہ ہوتی ہے اور اس کی قیمت اٹی برقی دباؤ پر منحصر ہوتی ہے۔ ٹرانزسٹر میں اس برقی رو کو I_{CB0} کھا جاتا ہے۔ I_{CB0} سے سردار اینڈز سرے کو کھلے سرے رکھتے ہوئے ہیں۔ گلکشہر جوڑ پر اٹی برقی رو ہے۔ اور پر مساوات حاصل کرتے وقت I_{CB0} کو نظر انداز کیا گیا ہے۔ یوں حقیقت میں

(۳.۱۳)

$$I_C = \alpha I_E + I_{CB0}$$

کے برابر ہے۔ I_{CB0} کی قیمت درجہ حرارت 10°C بڑھانے سے تقریباً دو گنی ہوتی ہے۔ جب یہ ٹرانزسٹروں میں یہیں I_{CB0} تا بل نظر انداز ہوتا ہے لہذا اس کتاب میں ہم I_{CB0} کو نظر انداز کریں گے۔ npn ٹرانزسٹر اسی صورت افرماںدہ رہتا ہے جب اس کے یہیں۔ یہ جوڑ کو سیدھا مائل جبکہ اس کے یہیں۔ گلکشہر جوڑ کو غیر چالو کھا جاتا ہے۔ یوں ٹرانزسٹر کو افرماںدہ عالِی رکھنے کی خاطر اس کے یہیں۔ یہ جوڑ پر برقی دباؤ V_{BE} مثبت رکھتی ہے جبکہ اس کے یہیں۔ گلکشہر جوڑ پر برقی دباؤ V_{BC} کو یا تو متفی رکھا جاتا ہے اور یا اسے چالو کر کہ برقی دباؤ یعنی 0.5V سے کم رکھا جاتا ہے۔ سیدھے مائل یہیں۔ یہ جوڑ پر کسی بھی سیدھے مائل جمع۔ متفی جوڑ کی طرح برقی دباؤ کو 0.7V تصور کیا جاتا ہے۔

اب تک کے بحث میں β کو مستقل تصور کیا گیا۔ درحقیقت میں β کی قیمت از خود I_C پر منحصر ہوتی ہے۔ شکل ۶.۳ میں کسی ایک ٹرانزسٹر کو مثال بنتا ہے β اور I_C کا تقاضہ کھایا گیا ہے۔ کسی بھی ٹرانزسٹر کو عموماً کسی حنصال برقی رو کے لگ گے 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 کے قیمت کو ٹرانزسٹر کا β تصور کیا جاتا ہے۔ اس کتاب میں I_C کے تبدیلی سے β کے تبدیلی کو نظر انداز کیا جائے گا۔

β دو یہی سمت برقی رو یعنی I_C اور I_B کی شرح ہے جسے عموماً h_{FE} بھی لکھا جاتا ہے یعنی

(۳.۱۴)

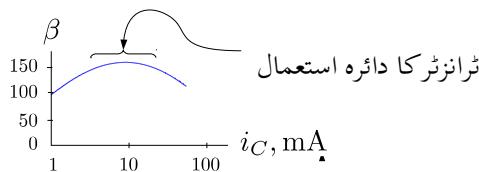
$$\beta = h_{FE} = \frac{I_C}{I_B}$$

ٹرانزسٹر کو اشارے کی افنازائش کے لئے استعمال کیا جاتا ہے جو کہ یہی سمت نہیں بلکہ بدلتا برقی دبایہ بدلتا برقی رو ہوتا ہے۔ یوں ٹرانزسٹر استعمال کرتے ہوئے ہمیں اس کے $\frac{i_c}{i_b}$ یعنی $\frac{\Delta i_C}{\Delta i_B}$ سے زیادہ دلچسپی ہے۔ اس شرح کو h_{fe} کہتے ہیں یعنی

(۳.۱۵)

$$h_{fe} = \frac{\Delta i_C}{\Delta i_B} = \frac{i_c}{i_b}$$

یوں h_{FE} کو ٹرانزسٹر کا یہی سمت افنازائش برقی رو جبکہ h_{fe} کو اس کا بدلتا افنازائش برقی رو کھا جاتا ہے۔ اگرچہ h_{fe} کے قیمتیں مختلف ہوتی ہیں لیکن ان میں فرق بہت زیادہ نہیں ہوتا۔ اس کتاب میں اور h_{FE} اور h_{fe} میں فرق کو نظر انداز کرتے ہوئے انہیں ایک ہی قیمت کا تصور کرتے ہوئے β سے ظاہر کیا جائے گا۔



شکل۔۳: افزاں بالقابل برقی رو

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

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

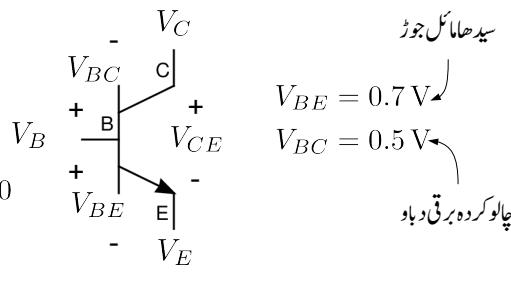
$$V_{CE} = V_C - V_E$$

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

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

$$= 0.7 - 0.5$$

$$= 0.2 \text{ V}$$



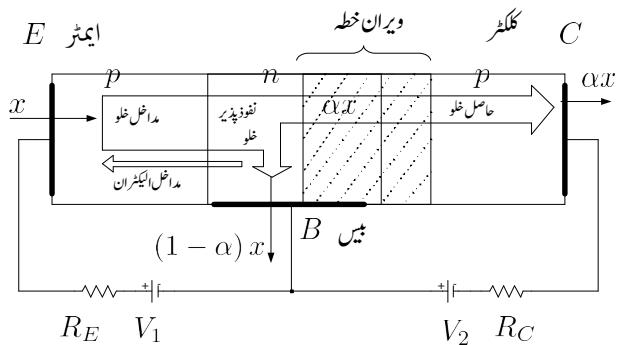
شکل۔۳: ٹرانزسٹر کی غیر افزاں مدد کردہ برقی دباؤ

۳.۳ غیر افزاں مدد کردہ برقی دباؤ

شکل۔۳ میں ٹرانزسٹر کے سیدھے مائل یہس-پیٹر جوڑ پر $V_{BE} = 0.7 \text{ V}$ جبکہ اس کے بیس-مکل جوڑ پر $V_{BC} = 0.5 \text{ V}$ رکھئے گے ہیں۔ جیسے شکل میں دکھایا گیا ہے اس صورت میں برقی دباؤ کی قیمت V_{CE} ہوتی ہے۔ اگر یہس-مکل جوڑ پر برقی دباؤ کو اس حد (یعنی چالو کردہ برقی دباؤ) سے بڑھایا جائے تو V_{CE} کی قیمت 0.2 V کے کم ہو جائے گی اور ٹرانزسٹر غیر افزاں مدد صورت اختیار کر لے گا۔ لہذا افزاں مدد حالت ٹرانزسٹر پر برقی دباؤ کی قیمت V_{CE} 0.2 V سے زیادہ رہتی ہے۔ V_{CE} کے اس قیمت کو ٹرانزسٹر کا غیر افزاں مدد برقی دباؤ غیر افزاں مدد کہتے ہیں یعنی

$$(3.12) \quad \text{غیر افزاں مدد} = 0.2 \text{ V}$$

$$V_{CEsat}$$



شکل ۳.۸ pnp ٹرانزسٹر میں خلو کا بیاو

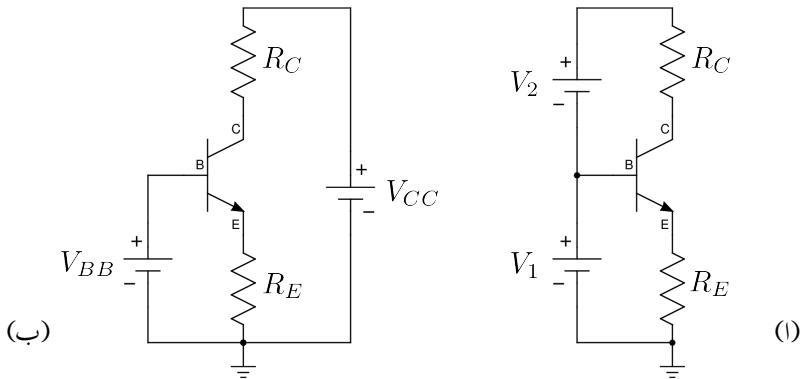
۳.۲.۲ افزاں نہدہ حال جمع-منفی- جمع pnp ٹرانزسٹر کی کارکردگی

شکل ۳.۲ میں pnp ٹرانزسٹر کے بیس-بیٹر جوڑ کو سیدھا مائل جبکہ بیس-کلکٹر جوڑ کو اسماں مائل کرتے ہوئے اسے افزاں نہدہ خلے میں رکھ گیا ہے۔ pnp ٹرانزسٹر کی کارکردگی بالکل npn ٹرانزسٹر کی طرح ہے۔ منرق صرف اتنا ہے کہ npn ٹرانزسٹر میں برقی روکا و جوڈ ٹرانزسٹر میں الکٹرون کی حرکت سے ہوتا ہے جبکہ pnp ٹرانزسٹر میں برقی روکا و جوڈ ٹرانزسٹر میں ٹلوفواڑ کی حرکت سے ہوتا ہے۔

جیسا شکل میں دکھایا گیا ہے، بیرونی لاگر برقی دباد V_1 بیٹر۔ بیس جوڑ کو سیدھا مائل کرتا ہے جس سے بیٹر سے بیس خلے میں خلو داخل ہوتے ہیں اور بیس خلے سے بیٹر خلے میں اسیکٹران داخل ہوتے ہیں۔ چونکہ بیس خلے میں اسیکٹران کی تعداد اسی کثافت بیٹر میں خلو کی تعداد اسی کثافت سے کمی درجے کم رکھی جاتی ہے لہذا بیٹر سے بیس خلے میں داخل ہونے والے خلوں کی تعداد بیس سے بیٹر داخل ہونے والے اسیکٹرانوں کی تعداد سے کم درجے زیادہ ہوتی ہے۔ بیس خلے کی لمبائی نہایت کم ہوتی ہے اور یوں بیس خلے میں داخل ہونے والے خلوں کا بیشتر حصہ بیس۔ کلکٹر جوڑ پر پائے جانے والے ان خلے تک پہنچتا ہے۔ ویران خلے میں خلو داخل ہوتے ہی بیس پائے جانے والے برقی میدان کی وجہ سے کلکٹر میں دھلیل دے جاتے ہیں۔ یوں بیٹر سے بیس میں حnarج کے جانے والے خلوں کا بیشتر حصہ کلکٹر پہنچ کر I_C پیدا کرتا ہے۔ کلکٹر کے دھلتی جوڑ پر پہنچنے والاہر خلو، ٹرانزسٹر میں باہر سے آنے والے اسیکٹران کے ساتھ مسل کر ختم ہوتا ہے۔ یوں بیرونی دور میں برقی روکا اسیکٹران کے حرکت سے جبکہ pnp کے اندر برقی روکلے کے حرکت سے پیدا ہوتا ہے۔

۳.۲.۳ V_{EC} اور V_{EB} کے pnp

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



شکل ۹.۳: ٹرانزسٹر کو افزاں نہ کرنے کے طریقے

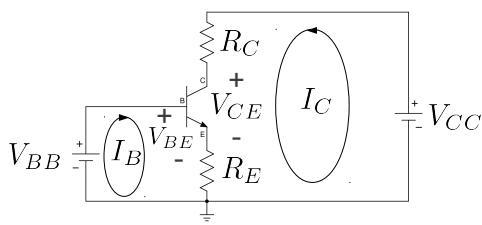
۳.۵ نقطہ کار کردگی اور یک سمت ادوار کا تحلیلی تجزیہ

ٹرانزسٹر کے ساتھ مزدوجت (مسدا جستیں) اور یک سمت منبع برقی دباؤ (برقی دباؤ) مخلکے کر کے اسے تین مختلف طرز پر چلایا جا سکتا ہے۔ ان تین طریقوں کو جدول ۹.۳ میں بیان کیا گیا ہے۔ ٹرانزسٹر کے نقطہ کار کردگی (نقطہ مائل) پر اس کے یک سمت برقی دباؤ کو I_E , I_C , I_B اور یک سمت برقی دباؤ کو V_{BC} , V_{BE} , V_{CE} لکھتے ہیں۔ ڈائیڈ کے نقطہ مائل کی طرز پر ان قیتوں کے لکھنے کا درست انداز I_{BQ} , I_{EQ} , I_{CQ} وغیرہ ہے۔ اس کتاب میں جہاں عملی کی خباش نہ ہو، ان قیتوں کو پہلی طرز پر لکھا جائے گا جیسے I_C کو I_{CQ} کا لکھا جائے گا۔ اس حصے میں ٹرانزسٹر کے یک سمت ادوار حل کرنے پر غور کیا جائے گا جہاں ٹرانزسٹر کے مختلف حال یعنی افزاں نہ کرنے والے حال، غیر افزاں نہ کرنے والے حال اور ممکنہ حال باری باری دیکھے جائیں گے۔

۳.۵.۱ افزاں نہ کرنے والے ٹرانزسٹر کے یک سمت ادوار کا حل

ٹرانزسٹر کی علامت استعمال کرتے ہوئے شکل ۹.۳ اف۔ میں دوبارہ دکھایا گیا ہے۔ شکل ۹.۳ اف۔ کو شکل ۹.۳ ب۔ کے طرز پر بنا یا جا سکتا 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 ب۔ کی طرز پر بنایا جاتا ہے۔

مثال ۳.۳: شکل ۹.۳ اف۔ میں V_1 کی قیمت تین ولٹ اور V_2 کی قیمت آٹھ ولٹ ہونے کی صورت میں اس کے مساوی دور شکل ۹.۳ ب۔ میں V_{CC} اور V_{BB} کی قیمتیں حاصل کریں۔



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

شکل ۳.۱۳: ٹرانزسٹر کا بنیادی دور

حل:

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

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

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

شکل ۳.۱۰ میں ٹرانزسٹر کا دور کھایا گیا ہے۔ داخلی حبائب کر خوف کے وفاون براۓ برقی دباؤ کی مدد سے ہم ٹرانزسٹر میں برقی دباؤ حاصل کر سکتے ہیں۔

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

جباں دوسرے وتم پر $I_E = I_B + I_C = I_E$ لکھا گیا ہے۔ ٹرانزسٹر کے ادوار حل کرتے ہوئے عسموماً I_C کے برائی تصور کیا جاتا ہے۔ ٹرانزسٹر کے سیدھے مائل نیمس۔ یعنی جوڑ پر برقی دباؤ کو V_{BE} لکھا جاتا ہے جس کی عسموی قیمت کسی بھی سیدھے مائل ڈائیوڈ کی طرح ۰.۷ V تصور کی جاتی ہے۔ یعنی

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

اسی طرح خارجی حبائب کر خوف کے وفاون براۓ برقی دباؤ کی مدد سے ٹرانزسٹر کے گلکسٹر۔ یعنی سروں کے مابین برقی

دباو V_{CE} یوں حاصل کی جاتی ہے۔

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

جب آنہری متدم پر $I_E \approx I_C$ لیا گی۔ حاصل کردہ برقی دباو V_{CE} کی قیمت غیر افزاں ہے V_{CE} کے کم ہونے کی صورت میں ٹرانزسٹر غیر افزاں ہے ہو گا اور مندرجہ بالا جوابات درست نہیں ہوں گے۔ اس صورت حال پر آگے جا کر تجزیے کیا جائے گا۔

مثال ۵.۳: میں شکل ۵.۰ میں

$$\begin{aligned} V_{CC} &= 12 \text{ V} \\ V_{BB} &= 1.2 \text{ V} \\ R_C &= 10 \text{ k}\Omega \\ R_E &= 1 \text{ k}\Omega \end{aligned}$$

ہونے کی صورت میں بر قی رو I_C اور برقی دباو V_{CE} حاصل کریں۔

$$\begin{aligned} I_E &= \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_E} = \frac{1.2 - 0.7}{1000} = 0.5 \text{ mA} \\ I_C &\approx I_E = 0.5 \text{ mA} \end{aligned}$$

اور مسافت ۲۱.۳ کی مدد سے

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

چونکہ حاصل کردہ V_{CE} کی قیمت غیر افزاں ہے لہذا افزاں ٹرانزسٹر حاصل کردہ جوابات درست ہیں۔

مثال ۵.۴: میں ٹرانزسٹر کی افزاں کش بر قی رو 99 $\beta = 99$ تصور کرتے ہوئے برقی دباو I_C اور برقی دباو V_{CE} کی اصل قیمتیں حاصل کریں۔ ان قیتوں کا گزشتہ مثال میں حاصل کی گئی قیتوں سے موازنہ کریں۔

۳.۵ نقطہ کار کردگی اور یک سمت ادوار کا تحلیلی تجزیہ

$$\text{حل: مسافت } ۱۰.۳ \text{ سے } ۲۱.۳ \text{ یوں جبکہ مسافت } I_C = \alpha I_E = 0.99 \times 0.5 \text{ mA} = 0.495 \text{ mA}$$

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

چونکہ حاصل کردہ V_{CE} کی قیمت غیر انتزاعی V_{CE} سے زیاد ہے لہذا اثر انحراف انتزاعی حال ہے اور یوں یوں تمام حاصل کردہ جوابات درست ہیں۔

آپ دیکھ سکتے ہیں کہ α کی قیمت ایک (۱) تصور کر کے یعنی اس کے اثر کو ظفر انداز کرتے ہوئے I_C کی قیمت ۰.۴۹۵ mA کے بجائے ۰.۵ mA میں صرف ۱.۰۱ % مندرجہ ہے یعنی

$$\left| \frac{0.495 \times 10^{-3} - 0.5 \times 10^{-3}}{0.495 \times 10^{-3}} \right| \times 100 = 1.01 \%$$

اسی طرح دونوں مثابوں میں حاصل کئے گئے بر قی دباؤ V_{CE} میں ۰.۷۶ فیصد کا نتیجہ ہے یعنی

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

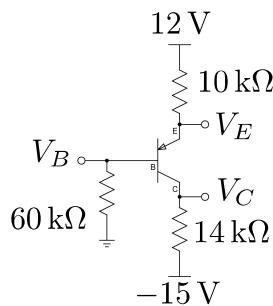
گزشتہ دو مثالوں سے ظاہر ہے کہ ٹرانزسٹر کے ادوار حل کرتے ہوئے α کی قیمت ایک (۱) تصور کی جو سکتی ہے۔ ٹرانزسٹر کے ادوار فلتم و کاغذ کی مدد سے حل کرتے ہوئے عسوماً ایسا ہی کیا جاتا ہے اور نتیجتاً I_E کی جگہ I_C کی قیمت استعمال کی جاتی ہے۔ $I_E \approx I_C$ لینے کا مطلب I_B کو ظفر انداز کرتا ہے۔

مثال ۳.۳: شکل ۱۱.۳ میں $V_E = 1.884 \text{ V}$ اور $V_B = 2.584 \text{ V}$ میں۔ ٹرانزسٹر کا β حاصل کریں۔ مزید V_C کا بھی تخمینہ لائیں۔
حل: شکل کو دیکھ کر

$$\begin{aligned} I_B &= \frac{1.884}{60000} = 31.4 \mu\text{A} \\ I_E &= \frac{12 - 2.584}{10000} = 0.942 \text{ mA} \end{aligned}$$

لکھ جاسکتے ہیں جن سے

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

شکل ۱۱.۳: ٹرانزسٹر کے β کا حصول۔

یعنی $29 = \beta$ حاصل ہوتا ہے۔ اس طرح

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

اور

$$V_C = 0.91 \times 10^{-3} \times 14000 - 15 = -2.26 \text{ V}$$

حاصل ہوتے ہیں۔

مثال ۱۲.۳: شکل ۱۲.۳ میں

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

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

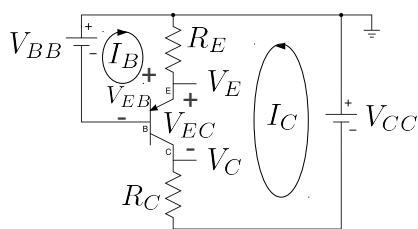
$$R_C = 10 \text{ k}\Omega$$

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

یہیں۔ I_C اور V_{EC} حاصل کریں۔
حل: یہیں جانب کر خوف کے متanon برائے برقی دباؤ کی مدد سے

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

۳.۵. نقطہ کار کردگی اور یک سمت ادوار کا تحلیلی تجزیہ



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

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

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

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

شکل ۳.۱۲: جمع منقی جمع ٹرانزسٹر کا سادہ دور

لکھا جا سکتا ہے جہاں دوسرے متد م پر $I_E = I_B + I_C$ کو لکھا گیا ہے۔ یوں

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

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

حصہ اصل ہوتا ہے۔ اسی طرح کرخونے کے متanon برائے برقی بادوکی مدد سے

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

لکھا جا سکتا ہے۔ اگر $I_E \approx I_C$ لیجاتے تو

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

حصہ اصل ہوتا ہے۔ اس مثال کا مثال ۳.۵ کے ساتھ موازنے کریں۔

مثال ۳.۶: شکل ۳.۳ میں دکھائے گئے ٹرانزسٹر دور میں

$$V_{CC} = 15 \text{ V}$$

$$V_{BB} = 1.1 \text{ V}$$

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

$$R_E = 900 \Omega$$

$$\beta = 36$$

بیں۔ اس دور میں ٹرانزسٹر کے تینوں سروں پر بر قی دباؤ اور بر قی روح حاصل کریں۔
حول: ٹرانزسٹر کے داخلی جابے کر خوف کے متاثر برائے بر قی دباؤ کی مدد سے I_E حاصل کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned}V_{BB} &= V_{BE} + I_E R_E \\I_E &= \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_E} \\&= \frac{1.1 - 0.7}{900} \\&= 0.44 \text{ mA}\end{aligned}$$

عموماً I_C کو I_E کے برابری تصور کیا جاتا ہے لیکن چونکہ یہاں خصوصی طور پر تمام بر قی روماگی کی ہیں لہذا ہم ان کی اصل قیمتیں حاصل کرتے ہیں۔

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

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

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

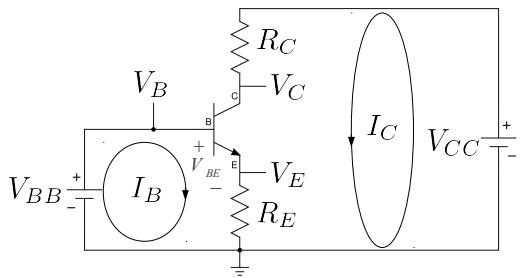
آپ دیکھ سکتے ہیں کہ β کی قیمت کم ہونے کی صورت میں I_C اور I_E کی قیتوں میں مندرجہ بڑھ جاتا ہے اگرچہ انہیں پھر بھی، فسلم و کاغذ کی مدد سے حل کرتے ہوئے، برابری تصور کیا جاتا ہے۔
ٹرانزسٹر کے سروں پر بر قی دباؤ حاصل کرتے ہیں۔

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

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

۳.۵ نقطہ کار کردگی اور یک سمت ادوار کا تحلیلی تجزیہ

۱۹۷



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

شکل ۳.۳: ٹرانزسٹر دور کی مثال

$$\begin{aligned}
 V_B &= V_E + V_{BE} \\
 &= 0.4 + 0.7 \\
 &= 1.1 \text{ V}
 \end{aligned}$$

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

چونکہ ٹرانزسٹر کے بیس پر 1.1 V لگائی گیا ہے لہذا ایکٹر پر بر قی دباؤ کو یوں بھی حاصل کیا جاتا ہے

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

مثال ۳.۱۰: شکل ۳.۲ میں دکھائے گئے ٹرانزسٹر دور میں

$$\begin{aligned}
 V_{CC} &= 15 \text{ V} \\
 V_{BB} &= 1.1 \text{ V} \\
 R_C &= 5.6 \text{ k}\Omega \\
 R_E &= 900 \Omega \\
 \beta &= 36
 \end{aligned}$$

بیں۔ اس دور میں ٹرانزسٹر کے تینوں سروں پر برقی دباؤ اور برقی روح حاصل کریں۔
حکل: ٹرانزسٹر کے داخلی جابے کرخوف کے متاثر برائے برقی دباؤ کی مدد سے I_E حاصل کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned} V_{BB} &= I_E R_E + V_{EB} \\ I_E &= \frac{V_{BB} - V_{EB}}{R_E} \\ &= \frac{1.1 - 0.7}{900} \\ &= 0.44 \text{ mA} \end{aligned}$$

عسموماً اور I_C کے لیے یہ قیمتیں حاصل کرتے ہیں۔

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

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

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

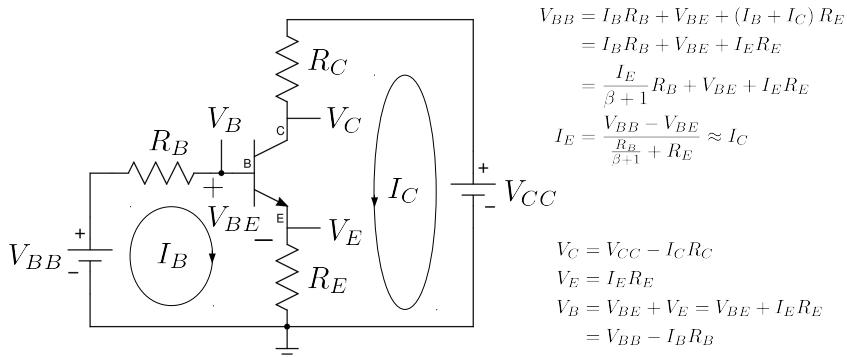
ٹرانزسٹر کے سروں پر برقی دباؤ حاصل کرتے ہیں۔

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

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

$$\begin{aligned} V_B &= V_E - V_{EB} \\ &= -0.4 - 0.7 \\ &= -1.1 \text{ V} \end{aligned}$$

۳.۵ نقطہ کارکردگی اور یہ سمت ادوار کا تحلیلی تجزیہ



شکل ۳.۳: ٹرانزسٹر درجہ اول تینوں سروں کے ساتھ مزاحمت منلکے ہیں

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

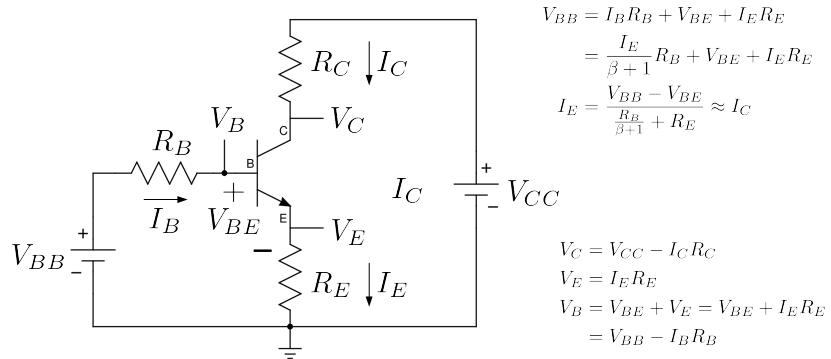
چونکہ تیس پر بر قی دباد ۱.۱ V ۔ لگو کیا گیا ہے ابنا $V_E = V_B + V_{EB}$ لکھ کر بھی حاصل کیا جا سکتا ہے یعنی

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

شکل ۳.۴ میں دکھائے دوئے دھنی جناب R_B نصب کیا گیا ہے۔ اس دور کو بھی گزشتہ دوروں کی طرح حل کیا جاتا ہے۔ دھنی جناب کر خون کے قوت انہیں بر قی دباد کی مدد سے

$$\begin{aligned}
 V_{BB} &= I_B R_B + V_{BE} + (I_B + I_C) R_E \\
 V_{BB} &= \frac{I_E}{\beta + 1} R_B + V_{BE} + I_E R_E \\
 I_E &= \frac{V_{BB} - V_{BE}}{\frac{R_B}{\beta + 1} + R_E} \approx I_C
 \end{aligned} \tag{۳.۲۲}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اسی طرح دور کے حنارجی جناب ہم لکھ سکتے ہیں



شکل ۳.۱۵

$$(3.23) \quad V_{CC} = I_C R_C + V_{CE} + (I_B + I_C) R_E$$

$$(3.24) \quad V_{CC} = I_C R_C + V_{CE} + I_E R_E$$

$$(3.25) \quad V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C - I_E R_E$$

$$(3.26) \quad V_{CE} \approx V_{CC} - I_C (R_C + R_E)$$

مثال ۳.۱۵ میں شکل

$$V_{CC} = 15 \text{ V}$$

$$V_{BB} = 1.1 \text{ V}$$

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

$$R_E = 900 \Omega$$

$$R_B = 3.3 \text{ k}\Omega$$

$$\beta = 36$$

ہونے کی صورت میں I_C اور V_{CE} حاصل کریں۔

حل: شکل میں ٹرانزسٹر کے تینوں سروں پر ٹرانزسٹر کے بر قی روکھے گئے ہیں۔ یوں یہ میں جواب

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

لکھ جاتا ہے جس سے

$$I_E = \frac{1.1 - 0.7}{\frac{3300}{36+1} + 900} = 0.404 \text{ mA} \approx I_C$$

حاصل ہوتا ہے۔ اسی طرح حنارجی جواب

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

۔

$$V_{CE} = 15 - 4.04 \times 10^{-4} \times (5600 + 900) = 12.374 \text{ V}$$

حاصل ہوتا ہے۔ چونکہ V_{CE} ہے لہذا ٹرانزسٹر افراستہ حال ہے اور V_{CE} کا بھی درست جواب ہے۔

مثال ۳.۱۲: شکل ۳.۱۲ میں

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

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

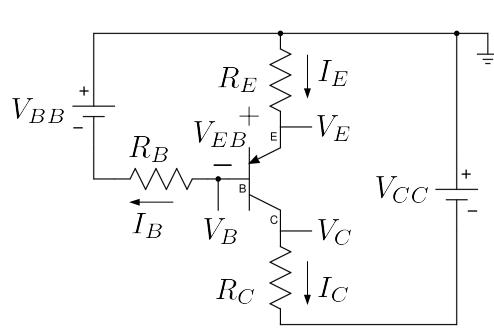
$$R_C = 4.7 \text{ k}\Omega$$

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

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

$$\beta = 27$$

ہونے کی صورت میں I_C اور V_{EC} حاصل کریں۔



$$\begin{aligned}V_{BB} &= I_E R_E + V_{EB} + I_B R_B \\&= I_E R_E + V_{EB} + \frac{I_E}{\beta+1} R_B \\I_E &= \frac{V_{BB} - V_{EB}}{\frac{R_B}{\beta+1} + R_E} \approx I_C\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_C &= -V_{CC} + I_C R_C \\V_E &= -I_E R_E \\V_B &= V_E - V_{EB} = -I_E R_E - V_{EB} \\&= -V_{BB} + I_B R_B\end{aligned}$$

شکل ۳.۱۶

حل: میں جانب

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

←

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

حاصل ہوتا ہے۔ اسی طرح ہم لکھ سکتے ہیں۔

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

جسے

$$\begin{aligned} V_{EC} &= V_{CC} - I_C (R_E + R_C) \\ &= 12 - 0.385 \times 10^{-3} \times (1200 + 4700) \\ &= 9.73 \text{ V} \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے۔ چونکہ حاصل V_{EC} کی قیمت ۰.۲ V سے زیاد ہے لہذا اثر انہر اسٹر ایفیز اسٹرنڈہ ہی ہے اور یہی درست جوابات ہیں۔

ٹرانزسٹر کو ایفیز اسٹرنڈہ حالت رکھنے کی حافظہ اس کے بیس۔ ٹرانزیستر جوڑ کو سیدھا مائل جبکہ اس کے بیس۔ گلکسٹر جوڑ کو غیر چپ اور کھا جاتا ہے۔ اب تک دکھائے گئے ادوار میں ایسا کرنے کی حافظہ دوسرے منع برقی دباؤ یعنی V_{BB} اور V_{CC} استعمال کئے گئے۔ ٹرانزسٹر کے دونوں جوڑوں کو صرف ایک عدد منع برقی دباؤ کی مدد سے بھی درست مائل کیا جاسکتا ہے۔ اس عمل کو دیکھتے ہیں۔

شکل ۳.۷۔۱ اف میں داخلی جانب R_1 اور R_2 نصب کئے گئے ہیں۔ شکل ۳.۷۔۱ ب میں اسی دور کو وتدیر مختلف طرز پر بنایا گیا ہے جہاں داخلی جانب کے حصے کو نقطے دار لکسیرے گھیرا گیا ہے۔

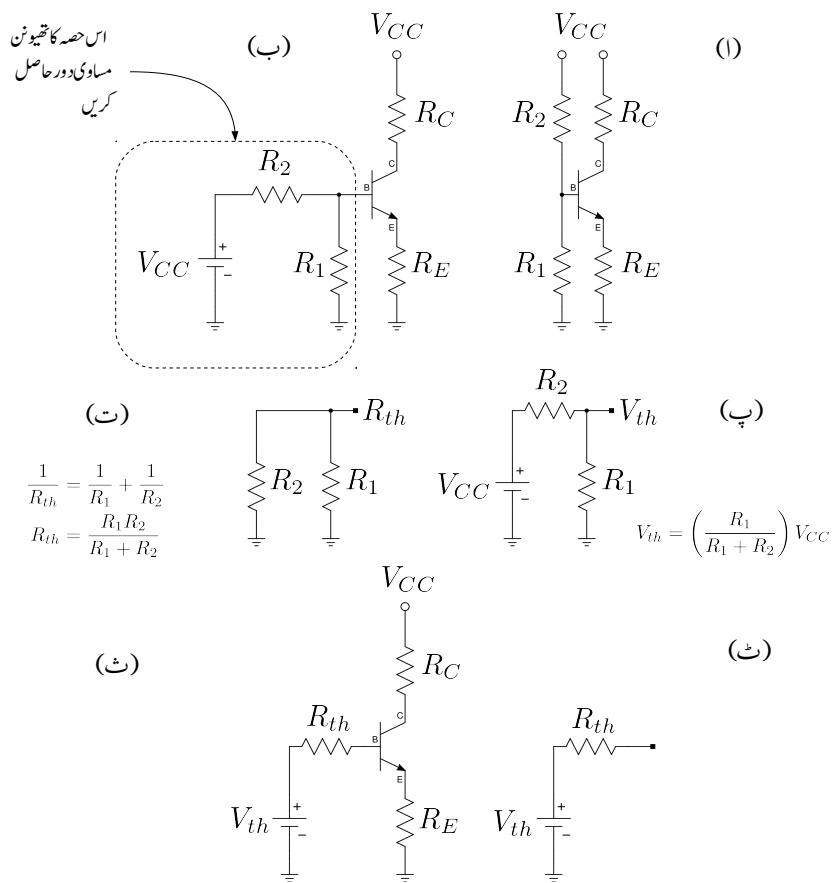
مسئلہ تھوون کے مطابق کسی بھی دور کا مساوی تھوون دور کا حاصل کیا جاسکتا ہے جو ایک عدد تھوون مسازamt R_{th} اور ایک عدد تھوون برقی دباؤ V_{th} پر مشتمل ہوتا ہے۔

جن دو برقی سروں پر تھوون مساوی دور درکار ہو ان سروں کو آزاد یعنی کھلے سرے رکھ کر یہاں کا برقی دباؤ حاصل کیا جاتا ہے۔ یہی تھوون برقی دباؤ V_{th} کہلاتا ہے۔ یہ عمل شکل ۳.۷۔۱ پ میں دکھایا گیا ہے۔ اسی طرح تھوون مسازamt R_{th} حاصل کرنے کی حافظہ دور کے اندر وہی منع برقی دباؤ کو قصر دور کے انہیں دوسروں پر برقی مسازamt حاصل کی جاتی ہے۔ یہی تھوون مسازamt ہوتی ہے۔ یہ عمل شکل ۳.۷۔۱ ات میں دکھایا گیا ہے۔ یہاں

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

یوں نقطے دار لکسیرے میں گھیرے حصے کا مساوی تھوون دور شکل ۳.۷۔۱ اٹ میں دکھایا گیا ہے۔ شکل ۳.۷۔۱ اف میں داخلی جانب اس مساوی تھوون دور کے استعمال سے شکل ۳.۷۔۱ اٹ حاصل ہوتا ہے جو کہ ہو بہو شکل ۳.۷۔۱ میں دکھایا ہو رہا ہے۔ منع برقی دباؤ کو صرف اتنا ہے کہ V_{th} کو R_B اور R_{th} کو کھلا گیا ہے۔ شکل ۳.۷۔۱ میں دکھائے دو کو بالکل شکل ۳.۷۔۱ میں دکھائے دو کی طرح حل کیا جاتا ہے۔ آئیں اس کی ایک مثال دیکھیں۔

^{۳۳} اندر وہی منع برقی دو کو کھلے سرے کیا جاتا ہے



شکل ۷۔۳: ایک عدد منبع برقی دباؤ کی مدد سے ٹرانزسٹر کا مائل کرنا

مثال ۳.۲۷: شکل ۳.۲۷ االف میں

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

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

$$R_E = 820 \Omega$$

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

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

$$\beta = 100$$

بیں۔ ٹرانزسٹر کی برقی رو I_C اور اس پر برقی دباؤ V_{CE} حاصل کریں۔
حل: اس طرح کے ادوار حل کرنے کا طریقہ شکل ۳.۲۷ امیں وتم بقدم دکھایا گیا ہے۔ مساوات
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 تھوڑن متداروں کو استعمال کرتے ہوئے شکل ۱۸.۳ میں مساوی دور دکھایا گیا ہے جسے حل کر کے
 $V_{CE} = 9.9366 \text{ V}$ اور $I_C = 0.3214 \text{ mA}$
خیر امنزاسڈ، V_{CE} سے زیادہ ہے لہذا ٹرانزسٹر امنزاسڈ حال ہے اور یہ حاصل کردہ جوابات درست ہیں۔

مثال ۳.۱۹: شکل ۳.۱۹ االف میں

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

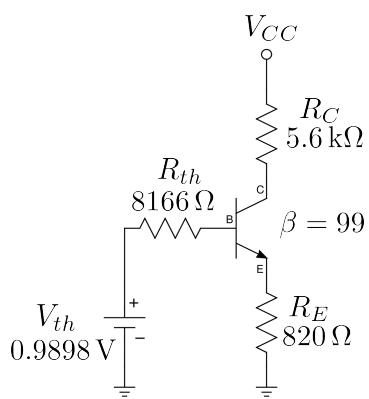
$$R_E = 100 \Omega, \quad \beta = 99$$

بیں۔ نقطہ کار کردگی حاصل کریں۔
حل: ٹرانزسٹر کے گلکش پر کر خون کے مت نون برائے برقی رو کی مدد سے

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

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

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



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

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

شکل۔۳۔۱۸: مسئلہ تھون کی مدد سے دور حل کرنے کا عمل

لکھ کر $i_B = \frac{I_E}{\beta+1}$ حاصل ہوتا ہے

$$I_E = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_C + \frac{R_E}{\beta+1} + R_E}$$

دیگر قسمتیں پر کرتے ہوئے

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

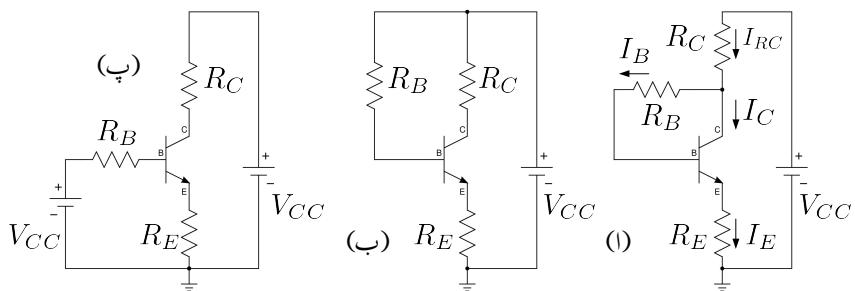
حاصل ہوتا ہے۔ کر خوف کے وسائل برائے برقی دباؤ کو حناری جواب یوں لکھا جاتا ہے

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

جس سے

$$\begin{aligned}V_{CE} &= V_{CC} - I_E (R_C + R_E) \\&= 20 - 1.595 \times 10^{-3} \times (10000 + 100) \\&= 3.89 \text{ V}\end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے۔



شکل ۳.۱۹: یک عدد منع بر قید باوے استعمال سے نقطہ کارکردگی کے دیگر اشکال

مثال ۳.۱۵: شکل ۳.۱۹.۳ ب میں

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

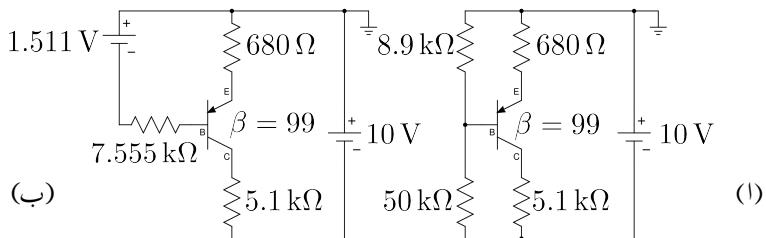
بیں۔ نقطہ کارکردگی حاصل کریں۔

حل: شکل پے میں اسی کو دوبارہ بنایا گیا ہے جہاں داخلی اور خارجی حبابے بالکل علیحدہ و واضح نظر آتے ہیں۔ داخلی حبابے کرخونے کے قانون برائے بر قید باوے

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

لکھا جاسکتا ہے جس میں دی گئی قیمتیں پر کرنے سے

$$\begin{aligned} I_E &= \frac{V_{CC} - V_{BE}}{\frac{R_B}{\beta + 1} + R_E} \\ &= \frac{20 - 0.7}{\frac{500000}{99+1} + 1000} \\ &= 3.21 \text{ mA} \end{aligned}$$



شکل ۳.۲۰

حاصل ہوتا ہے۔ اسی طرح حنارجی حساب

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

$$\text{میں لیتھے } I_C \approx I_E$$

$$\begin{aligned} V_{CE} &= V_{CC} - I_C (R_C + R_E) \\ &= 20 - 3.21 \times 10^{-3} (1000 + 1000) \\ &= 13.58 \text{ V} \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے۔

مثال ۳.۱۶: شکل ۲۰.۳ میں I_C اور V_{EC} حاصل کریں۔
حل: شکل ۲۰.۳ کی مدد سے شکل ۲۰.۲ بے حاصل ہوتا ہے جس میں

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

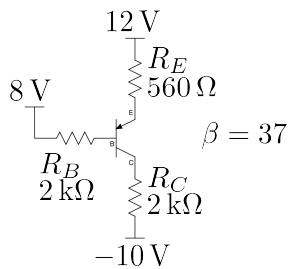
$$R_{th} = \frac{8900 \times 50000}{8900 + 50000} = 7.555 \text{ k}\Omega$$

بین۔ یہ شکل بے سے

$$\begin{aligned} 1.511 &= 680 \times I_E + 0.7 + 7555 \times I_B \\ &= 680 \times I_E + 0.7 + 7555 \times \frac{I_E}{99 + 1} \end{aligned}$$

لکھتے ہوئے

$$I_C \approx I_E = 1.07 \text{ mA}$$



شکل ۳.۲۱

حاصل ہوتا ہے۔ اسی طرح شکل ب سے ہی

$$10 \approx I_C (680 + 5100) + V_{EC}$$

$$= 1.07 \times 10^{-3} \times (680 + 5100) + V_{EC}$$

یعنی

$$V_{EC} = 3.81 \text{ V}$$

حاصل ہوتا ہے۔ چونکہ حاصل V_{EC} کی قیمت 0.2 V سے زیادہ ہے لہذا اٹرانزسٹر افنسائزندہ ہی ہے اور یہی درست جوابات ہیں۔

مثال ۳.۷: شکل ۳.۲۱ میں ٹرانزسٹر کے تینوں سروں پر برقی دباؤ حاصل کریں۔
حول: یہیں جواب کرخونے کے قانون برائے برقی دباؤ سے

$$12 - 8 = I_B R_B + V_{EB} + I_E R_E$$

$$\text{لکھ جاسکتا ہے جس میں } I_B = \frac{I_E}{\beta + 1} \text{ پڑ کرنے ہیں۔}$$

$$4 = \frac{I_E}{37 + 1} \times 2000 + 0.7 + I_E \times 560$$

$$I_E = 5.39 \text{ mA}$$

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 ۳.۳ کے تمام مزاجمت میں بر قی طاقت کا ضیاء حاصل کریں۔ ٹرانزسٹر کے دونوں جوڑ پر بھی طاقت کا ضیاء حاصل کریں۔

حل: مزاجمت R_E میں $I_E^2 R_E = 0.3214 \text{ mA} \times 0.3214 \text{ mA} \times 5.6 \text{ k}\Omega = 1.23 \text{ mW}$ ہے۔ اسی طرح $I_C = I_E$ لیتے ہوئے R_C میں $578 \mu\text{W}$ حاصل ہوتا ہے۔ ٹرانزسٹر کے بیٹم سرے پر بر قی دباؤ V_E کی قیمت $I_E R_E = 0.26 \text{ V}$ اور یوں اس کے سرے پر $I_E = \frac{0.96 \times 0.96}{8900} = 0.026 \text{ A}$ ہو گا۔ یوں R_1 میں طاقت کا ضیاء $0.026 + 0.7 = 0.96 \text{ V}$ میں R_2 میں $\frac{(12 - 0.96)^2}{99000} = 1.23 \text{ mW}$ یعنی 1.23 mW ہو گا۔

ٹرانزسٹر کے گلکش پر $10.2 \text{ V} = 12 - 0.3214 \text{ mA} \times 5.6 \text{ k}\Omega = 12 - 0.3214 \text{ mA} \times 9.24 \text{ V} = 10.2 - 0.96 = 9.24 \text{ V}$ ہے۔ اس جوڑ پر طاقت کا ضیاء $\times 9.24 \text{ V} = 0.3214 \text{ mA} = 2.97 \text{ mW}$ ہو گا۔ یہ ۴-بم جوڑ پر بر قی دباؤ 0.7 V لیتے ہوئے اس جوڑ پر طاقت کا ضیاء $0.7 \times 0.3214 \text{ mA} = 0.225 \text{ mW}$ ہو گا۔

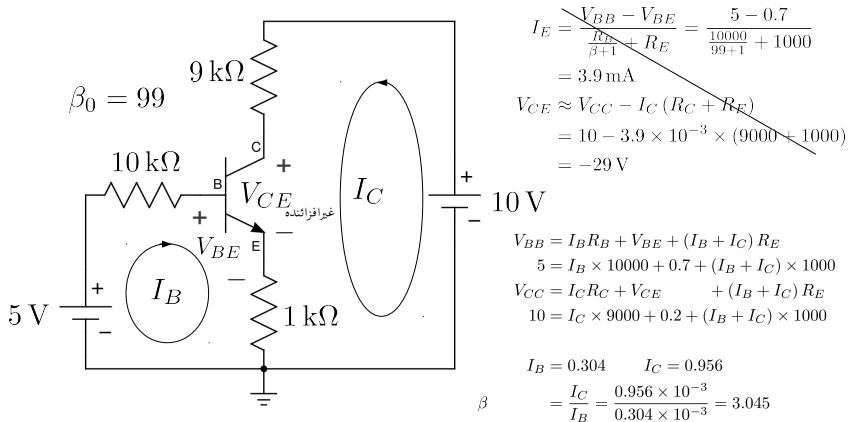
مندرجہ بالا مثال سے یہ حقیقت سامنے آتی ہے کہ عمومی استعمال میں طاقت کے ضیاء کا بیشتر حصہ ہے۔ گلکش جوڑ پر پایا جاتا ہے۔ کم طاقت کے ٹرانزسٹر عموماً پلاٹک ڈبیا میں بند ہمیا کے جہاتے ہیں۔ پلاٹک ڈبیا سے ٹرانزسٹر کے تینوں سرے باہر لٹکے پائے جاتے ہیں۔ زیادہ طاقت کے ٹرانزسٹر کو عموماً دھاتی ڈبے میں بند ہمیا کیا جاتا ہے۔ ایسے ٹرانزسٹر کے یہ گلکش جوڑ کو ٹھنڈار کنے کی خاطر گلکش کو دھاتی ڈبے کے ساتھ جوڑا جاتا ہے۔ جوڑے دھات میں گری کے منتقلی سے جوڑ ٹھنڈا ہوتا ہے۔ ہوائی سے دھاتی ڈبے ٹھنڈا رہتا ہے۔ اگر ضرورت دریش آئے تو دھاتی ڈبے کو اخوند زیادہ بڑی جسامت کے سردد کار ۲۵ کے ساتھ جوڑا جاتا ہے جس سے گری کی منتقلی مزید بڑھ جاتی ہے۔

جب بھی کوئی دور بنا یا جائے، اس میں استعمال تمام اجزاء میں طاقت کا ضیاء حاصل کیا جاتا ہے۔ اگر کسی پر زے میں طاقت کا ضیاء اس پر زے کی برداشت حد سے تجاوز کر جائے تو ایسا پر زہ جبل کر تباہ ہو جائے گا۔ ایسی صورت سے پچنے کی خاطر یا تو ڈینا اُن کو تبدیل کیا جائے گا اور یا پھر زیادہ برداشت والا پر زہ استعمال کیا جائے گا۔

۳.۵.۲ غیر افنسائزد ٹرانزسٹر کے دور کا حل

شکل ۲۲.۳ میں دکھائے دوں میں اگر ٹرانزسٹر کو افنسائزدہ حال تصویر کرتے ہوئے حل کیا جائے تو V_{CE} کی قیمت منقی اسیت وولٹ $V = 29$ ۔ حاصل ہوتی ہے جو کہ غیر افنسائزدہ V_{CE} سے کم ہے۔ یوں ٹرانزسٹر کو افنسائزدہ تصویر کرنا درست نہیں اور اس جواب کو رد کننا ہو گا۔ شکل میں اس جواب پر توجیہ لکیسا کر دیا گیا ہے۔

ٹرانزسٹر ادار حاصل کرتے ہوئے اسی طرح پہلے ٹرانزسٹر کو افنسائزدہ حال تصویر کرتے ہوئے دور کو حل کیا جاتا ہے۔ اگر حاصل V_{CE} کی قیمت غیر افنسائزدہ V_{CE} سے زیادہ یا اس کے برابر ہو تو جوابات کو درست تسلیم کر لیا



شکل ۲۲: غیر افزاں مسئلہ ٹرانزسٹر کا حل

جاتا ہے ورنہ ان بوابات کو رد کرتے ہوئے، ٹرانزسٹر کو غیر افزاں مسئلہ تصور کر کے دور کو دوبارہ حل کیا جاتا ہے۔

غیر افزاں مسئلہ ٹرانزسٹر پر پائے جانے والے بر قی دباؤ V_{CE} کی قیمت غیر افزاں مسئلہ میں $V_{CE} = 0.2 \text{ V}$ یعنی 0.2 V ہوتی ہے۔ مزید یہ کہ مساوات ۳ اور مساوات ۸ میں صرف افزاں مسئلہ حال ٹرانزسٹر کے لئے بیان کئے گئے۔ ان حقائق کو مد نظر رکھتے ہوئے غیر افزاں مسئلہ ٹرانزسٹر کے ادوار حل کرتے ہوئے β_0 کو زیر استعمال نہیں لایا جاتا۔ دور کو بالکل ایک سادہ بر قی دباؤ کے طرز پر حل کیا جاتا ہے جیسا کہ $V_{BE} = 0.7 \text{ V}$ اور $V_{CE} = 0.2 \text{ V}$ لیا جاتا ہے۔ شکل ۲۲.۳ میں دور کے حل کرنے کا درست طریقہ دکھایا گیا ہے جیسا کہ $I_B = 0.304 \text{ mA}$ اور $I_C = 0.956 \text{ mA}$ افزاں مسئلہ میں مذکور ہے۔ ان قیتوں سے غیر افزاں مسئلہ ٹرانزسٹر کی افزاں مسئلہ $\beta = 3.045$ کی میں اس کے لئے گئے افزاں مسئلہ $\beta_0 = 99$ کے نہایت کم ہے۔

اگر دور کرنے سے پہلے یہ غیر افزاں مسئلہ β معلوم ہو تو اسے بالکل افزاں مسئلہ حال کی طرح حل کیا جاسکتا ہے۔ قوی بر قیات کے میں ان میں ٹرانزسٹر بطور بر قیاتی سوچ استعمال کیا جاتا ہے جیسا اسے فی سینئنڈ کی مرتبا غیر افزاں مسئلہ اور منقطع کیا جاتا ہے۔ افزاں مسئلہ صورت میں یہ چاپو سوچ اور منقطع صورت میں منقطع سوچ کا کردار ادا کرتا ہے۔ تخلیق کا قبل از تخلیق فیصلہ کرتا ہے کہ ٹرانزسٹر کو کس حد تک غیر افزاں مسئلہ کیا جائے گا۔

مثال ۲۲.۳ میں شکل

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

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

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

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

$$\beta_0 = 99$$

یہ رکھتے ہوئے V_{BB} کی وہ قیمت دریافت کریں جہاں ٹرانزسٹر افنسائزدہ حال سے نکل کر غیر افنسائزدہ صورت اختیار کر لیتا ہے۔

حل: جس لمحے ٹرانزسٹر افنسائزدہ سے غیر افنسائزدہ صورتِ حال اختیار کرتا ہے اس وقت دور حل کرنے کی حنا طردا اس کی عسمی افنسائزش β_0 متابل استعمال ہوتی ہے ایسی مساوات ۹.۳ اور مساوات ۸.۳ میں مساوات ۹.۳ اور مساوات ۸.۳ کے برابر ہو گا لبڑا 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 اس سے $V_{CC} = 10 \text{ V}$ حاصل ہوتا ہے جو استعمال کرتے ہوئے دوسری مساوات سے $V_{BB} = 1.78779 \text{ V}$ حاصل ہوتا ہے۔

مثال ۲۲.۴ میں شکل

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

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

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

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

$$\beta_0 = 90$$

۳.۵ نقطہ کار کردگی اور یک سمت ادوار کا تحلیلی تجزیہ

۲۱۳

رکھتے ہوئے R_B کی وہ قیمت دریافت کریں جس سے ٹرانزسٹر اس حد تک غیر افزاں دہ صورت اختیار کر لے گا کہ اس کی $30 = \frac{\beta}{\text{غیر افزاں دہ } \beta}$ ہو۔ اس کو یوں بھی بیان کیا جاتا ہے کہ ٹرانزسٹر کو تین گن غیر افزاں دہ کریں یعنی غیر افزاں دہ β کی قیمت β_0 سے تین گن کم ہو۔
حل: یہاں غیر افزاں دہ β کی قیمت دی گئی ہے جسے استعمال کیا جاتا ہے یوں

$$\alpha = \frac{\beta}{\beta + 1} = \frac{30}{30 + 1} = 0.9677$$

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

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

$$10 = 0.2 + 9709 \times I_E$$

$$I_E = 1.009 \text{ mA}$$

اے استعمال کرتے ہوئے

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

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

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

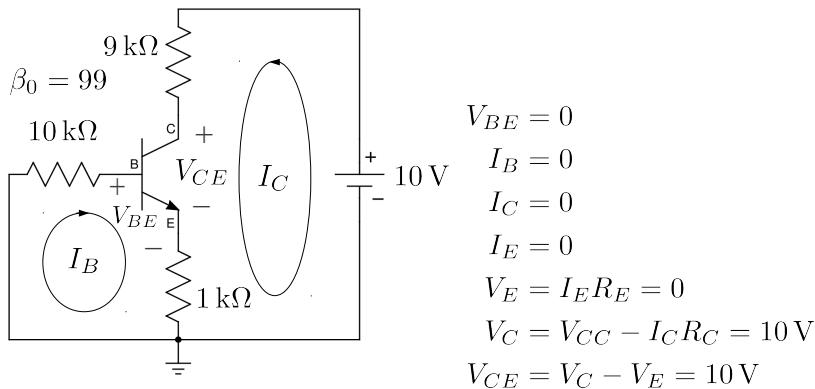
$$R_B = 101.1 \text{ k}\Omega$$

حصہ مل ہوتا ہے۔

۳.۵.۳ منقطع ٹرانزسٹر کے دور کا حل

جدول کے تحت یہیں۔ ہم جوڑ کو غیر۔ چپا لو کرنے سے ٹرانزسٹر منقطع صورت اختیار کر لیتا ہے۔ حقیقت میں ٹرانزسٹر کو منقطع کرنے کی حاضر اس کے یہیں۔ ہم جوڑ کو عموماً اسٹار میل کیا جاتا ہے۔ ایسا کرتے وقت اس بات کا دھیان رکھا جاتا ہے کہ الٹ برقی دباؤ اس جوڑ کے متالی برداشت الٹ برقی دباؤ کی حد سے تجاوز نہ کر جائے۔ عموماً الٹ برقی دباؤ کی قیمت چند ولٹ ہی ہوتی ہے۔

منقطع ٹرانزسٹر بالکل ایک منقطع برقی سوچ کی طرح عمل کرتا ہے یعنی اس میں سے کوئی برقی رو نہیں گزرتی۔ عموماً یہ صورت، دور کو دیکھتے ہی واضح ہو جاتی ہے جیسے شکل ۲۳.۳ میں ہے۔ اس شکل میں داخلی جانب کوئی برقی دباؤ مہیا نہیں کیا گی۔ یوں ٹرانزسٹر کا یہیں۔ ہم جوڑ غیر چپا لو ہو گا۔ لہذا داخلی جانب برقی رو کی قیمت ضرور ہو گی۔ I_B صفر ہونے کی وجہ سے ٹرانزسٹر کے باقی دو سروں پر بھی برقی رو کی قیمت ضرور ہو گی۔ جیسے شکل میں حل کر کے دکھایا گیا اس صورت میں $V_{CE} = V_{CC}$ ہو گا۔



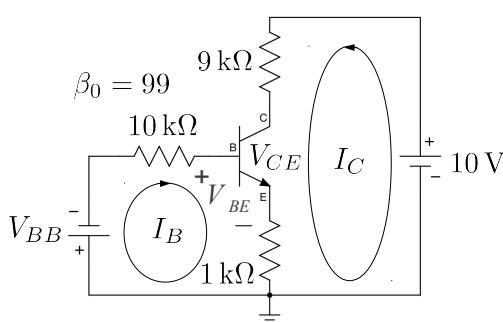
شکل ۳.۲۳: منقطع حال ٹرانزسٹر۔ یہ سیمیٹر جوڑ سیدھا مائل نہیں ہے

مثال ۳.۲۱: شکل ۳.۲۳ میں داخنی جوڑ اسٹامائل ہے اور یوں ٹرانزسٹر منقطع ہو گا۔ اگرچہ اس دور کو دیکھتے ہیں کہ یہ منقطع ہے، ہم پھر بھی اسے حل کر کے دیکھتے ہیں۔ ایسا کرتے ہوئے تصور کریں کہ ٹرانزسٹر انسزاں نہیں ہے۔ یوں آپ $V_{BE} = 0.7\text{ V}$ لیں گے۔

$$\begin{aligned}
 V_{BB} &= V_{BE} + I_B R_B + I_E R_E \\
 I_E &= \frac{V_{BB} - V_{BE}}{\frac{R_B}{\beta+1} + R_E} \\
 &= \frac{-3 - 0.7}{\frac{10000}{100} + 1000} \\
 &= -3.36 \text{ mA}
 \end{aligned}$$

اس ناممکن جواب کو رد کیا جاتا ہے

یہاں دھیان رہے کہ $V_{BB} = -3\text{ V}$ ہے۔ حاصل جواب منفی ہونے کا مطلب ہے کہ برقی روکی سمت عسوی سمت کے الٹ ہے۔ جب بھی ٹرانزسٹر میں اٹھی جبانب یک سمت برقی روپیہ انکرنے کی کوشش کی جائے یہ منقطع صورت اختیار کر لیتا ہے لہذا اس جواب کو رد کرتے ہوئے ٹرانزسٹر کو منقطع تصور کیا جائے گا اور اس کے تمام سروں پر برقی روکی قیمت صفر تصور کی جائے گی۔ یوں $V_{CE} = 10\text{ V}$ ہو گا۔



دالی جاتب میا کر دہ برقی دباؤ
میں۔ انہر جوڑ کو المانگل کرتا ہے۔
الذہاس جوڑ سے برقی رو نہیں
گزرے گل پیوں داغی برقی رو صفر

شکل ۲۳: اسلامانہ دا حنلی جوڑ

۳.۶ جوڑی سنگشن دار

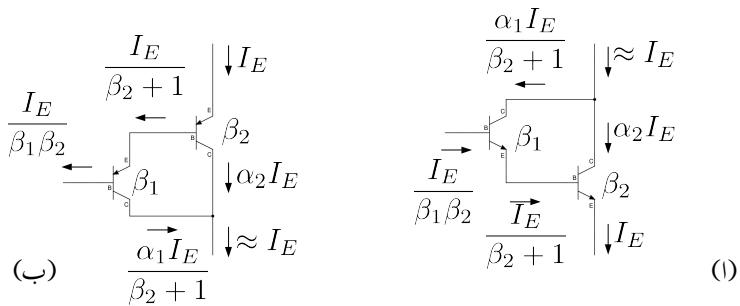
شکل ۲۵.۳ میں دو عدد $n-p-n$ ٹرانزیستر کو مخصوص طرز پر جوڑا گیا ہے جسے $n-p-n$ ڈارلکٹر جوڑ جسے یادار لگھٹر ٹرانزیستر کہتے ہیں۔ شکل ب میں $p-n-p$ ڈارلکٹر جوڑ جسے دھانی گی ہے۔

شکل اف میں اگر Q_2 کے یونٹ پر I_E بر قی روپا جائے تو اس کے گلکش پر $\alpha_2 I_E$ اور اس کے یہ س پر $\frac{I_E}{\beta_2 + 1}$ بر قی روپا جائے گا۔ Q_2 کے یہ س پر بر قی رد Q_1 کے یونٹ پر بر قی دو ہی ہے لہذا Q_1 کے یونٹ پر $\frac{I_E}{\beta_2 + 1}$ ہی روپا جائے گا۔ یہ Q_1 کے گلکش پر $\alpha_1 \frac{I_E}{\beta_2 + 1}$ اور اس کے یہ س پر $\frac{I_E}{\beta_1 \beta_2}$ پا جائے گا جو تقریباً $\frac{I_E}{\beta_1 + 1}$ کے برابر ہے۔ یہ تمام شکل پر بھی دکھائے گے ہیں۔ یہ اس جوڑی کو از خود ٹرانزستر تصور کیا جا سکتا ہے جس کی افنذاش $\beta_1 \beta_2$ کے برابر ہے۔ اسی طرز پر تین ٹرانزستر جوڑ کر $\beta_1 \beta_2 \beta_3$ حاصل ہو گا۔ یقیناً یاد ہے ٹرانزستر جوڑ کر زیادہ β حاصل کرنا ممکن ہے۔

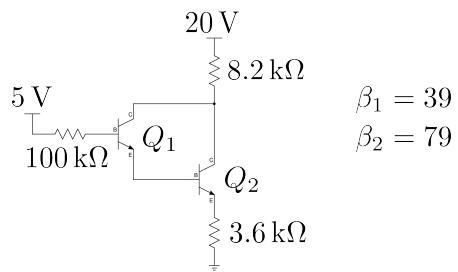
مثال ۳.۲۲: شکل ۳.۲۲ کو حل کریں۔

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

۲۶ جناب سٹنی ڈارلنگٹن نے اس شکل کو دریافت کیا۔



شکل ۲۵: ڈار لسگٹن جوڑیاں



شکل ۲۶: ڈار لسگٹن جوڑی کا دور

۷.۳. تعین نقطے سے نقطہ کارکردگی کا انحراف

۲۱۷

لکھا جا سکتا ہے۔ اس میں $I_{B1} = \frac{I_{E2}}{(\beta_1+1)(\beta_2+1)}$ اور $V_{BE} = 0.7\text{V}$

$$5 = \frac{I_{E2}}{40 \times 80} \times 100000 + 0.7 + 0.7 + I_{E2} \times 3600$$

$$I_{E2} = 0.991 \text{ mA}$$

حاصل ہوتا ہے۔ یوں

$$V_{E2} = I_{E2}R_{E2} = 0.991 \times 10^{-3} \times 3600 = 3.5676 \text{ V}$$

$$V_{B2} = V_{E2} + V_{BE2} = 3.5676 + 0.7 = 4.2676 \text{ V}$$

$$V_{B1} = V_{E1} + V_{BE1} = V_{B2} + V_{BE1} = 4.9676 \text{ V}$$

$$V_{C2} \approx 20 - 0.991 \times 10^{-3} \times 8200 = 11.87 \text{ V}$$

اور

$$I_{B2} = I_{E1} = \frac{I_{E2}}{\beta_2 + 1} = \frac{0.991 \times 10^{-3}}{79 + 1} = 12.39 \mu\text{A}$$

$$I_{B1} = \frac{I_{E1}}{\beta_1 + 1} = \frac{12.39 \times 10^{-6}}{39 + 1} = 309.7 \text{ nA}$$

حاصل ہوتے ہیں۔

۷.۴. تعین نقطے سے نقطہ کارکردگی کا انحراف

۷.۴.۱. تبدیلی β سے لاحق مسائل استوار نے کا شرط

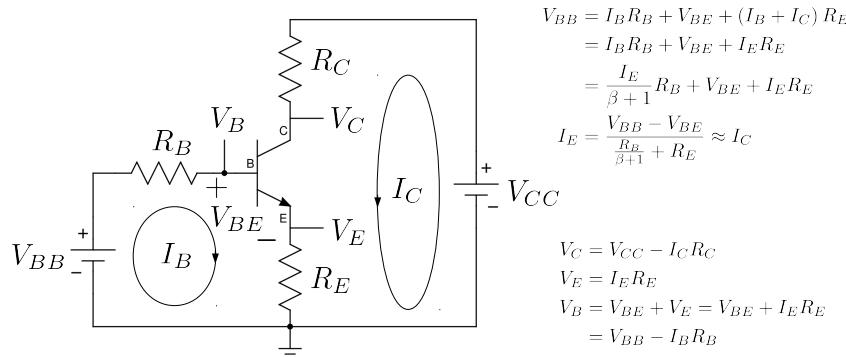
مثال ۱.۳ سے ظاہر ہے کہ α کی قیمت میں ذرا سی تبدیلی سے β کی قیمت میں نہیں تبدیلی پیدا ہوتی ہے۔ ٹرانزسٹر بننے والوں کی کوشش ہوتی ہے کہ ان کے کسی ایک قسم کے تمام ٹرانزسٹروں کے β کی قیمت یکساں ہو۔ ان کے تمام تر کو شکوں کے باوجود دیا ممکن ہے اور کسی بھی ایک قسم کے ٹرانزسٹروں کے عسوی β_0 کی قیمت دو حصوں کے مابین رہتی ہے لیکن

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

سازیں یہ کہ بندہ β کی قیمت کمتر β کے تقریباً تین گناہوں ہے لیکن

$$(7.29) \quad \text{کمتر } \beta = 3 \times \text{بندہ } \beta$$

آئیں ایک مثال کی مدد سے دیکھیں کہ اس سے کس قسم کا مسئلہ پیدا ہو سکتا ہے۔



شکل ۷.۲۷: مثال ۷.۳ کا دور

مثال ۷.۳: شکل ۷.۲۷ کے دور میں

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

$$V_{BB} = 2.7 \text{ V}$$

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

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

$$R_B = 100 \text{ k}\Omega$$

بیں۔ مزید یہ کہ اس دور میں استعمال کئے جانے والے ٹرانزسٹر کے عموی اندازش بر قی رو β_0 کی قیمت ایک سو ہے (یعنی $100 = \beta_0$)۔

۱. اس صورت میں عموی نقطہ کار کردگی پر بر قی رو I_{CQ} اور بر قی دباؤ V_{CQ} حاصل کریں۔

۲. کہتے β اور بند تر β پر بھی I_C اور V_{CE} کی قیمتیں حاصل کریں۔

حل:

۱. مساوات ۷.۲۲ اور مساوات ۷.۳ کی مدد سے عموی بر قی رو اور عموی بر قی دباؤ حاصل کرتے ہیں

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

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

$$= 1.004975 \text{ mA}$$

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

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

$$= 1.95 \text{ V}$$

چونکہ حاصل کردہ V_{CE} کی قیمت غیر امنزنسی اور اثر از سر امنزنسی اندھے حال ہے اور یوں حاصل کردہ جوابات درست ہیں۔

۲۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ $\beta_0 = 50$ اور $\beta_{کرتے} = 150$ بند ہے β کے برابر ہیں چونکہ ان دو حدوں کے مابین عسموی قیمت 100 ہے یعنی

$$\beta_0 = \frac{\beta_{بند} + \beta_{کرتے}}{2} = \frac{150 + 50}{2} = 100$$

اور آپ دیکھ سکتے ہیں کہ $\beta_{کرتے} \approx \beta_{بند}$ بھی ہے۔
 $\beta_{کرتے}$ کی قیمت استعمال کرتے ہوئے حاصل ہوتا ہے

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

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

$$= 0.6755 \text{ mA}$$

یہ قیمت عسموی قیمت سے 32.78% کم ہے یعنی

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

اور

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

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

$$= 5.245 \text{ V}$$

آپ دیکھ سکتے ہیں کہ سمت β استعمال کرتے ہوئے جو بات تبدیل ہو گئے ہیں۔ حاصل کردہ V_{CE} کی قیمت غیر امنزائندہ V_{CE} سے زیاد ہے لہذا ٹرانزسٹر اب بھی امنزائندہ حال ہو گا۔
 $150 = \text{بنتڑم} \beta \text{ کی قیمت استعمال کرتے ہوئے حاصل ہوتا ہے۔}$

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

اور

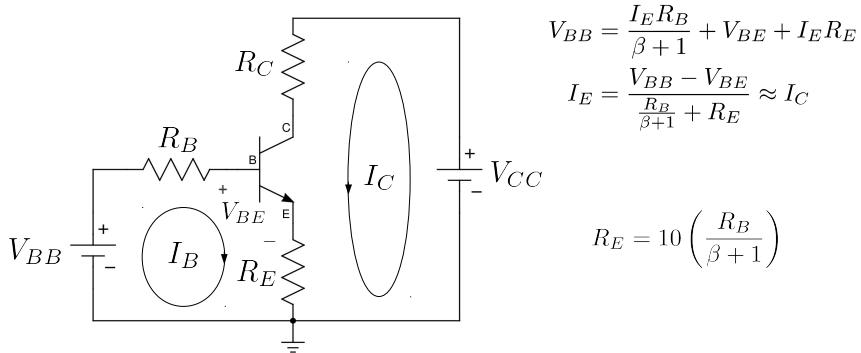
$$\begin{aligned} V_{CE} &\approx V_{CC} - I_{CQ} (R_C + R_E) \\ &= 12 - 1.203 \times 10^{-3} \times (9000 + 1000) \\ &= -0.03 \text{ V} \quad \text{اس ناممکن جواب کو رد کیا جاتا ہے} \\ &= 0.2 \text{ V} \quad \text{لہذا درست جواب یہ ہے} \end{aligned}$$

چونکہ حاصل کردہ V_{CE} کی قیمت غیر امنزائندہ ہے لہذا ٹرانزسٹر غیر امنزائندہ حال ہو گا اور یہ بطور ایک پلینائز کام نہیں کرے گا۔

مثال ۲۳.۳ سے ایک اہم حقیقت سامنے آتی ہے۔ چونکہ ایک ہی قلم کے وعدہ ٹرانزسٹر کے β کی قیمتیں اس کے عمومی قیمت β_0 سے اخراج کر سکتے ہیں لہذا دو بالکل ایک ہی طرح بنائے گئے ادوار میں ٹرانزسٹروں کے نقطہ کار کر دی گئی اپنی متعین جگہ سے سر کے سکتی ہے جیسا کہ اس مثال میں دکھایا گیا، عین ممکن ہے کہ کسی ایک دور میں ٹرانزسٹر امنزائندہ حال اور دوسرے میں غیر امنزائندہ حال ہو۔ آج کل لاتھدار بر قیانی آلات مثلاً موبائل فون و غیرہ بنائے جاتے ہیں اور ایسے ہر ایک عدالت میں لاتھدار ٹرانزسٹر استعمال ہوتے ہیں۔ ان آلات کے درست کار کر دی گئے کے لئے یہ ضروری ہے کہ ان میں استعمال کئے گئے ٹرانزسٹر، ڈپرائین کار کر دی گئے نقطہ کار کر دی گئے پر ہی رہیں۔ آئین دیکھتے ہیں کہ ایسا کس طرح ممکن بنایا جاسکتا ہے۔

شکل ۲۸.۳ میں مزاج توں اور منفعت بر قی دیا کی مدد سے ٹرانزسٹر مائل کیا گیا ہے۔ یاد دہنی کی حاضر مساوات ۲۲.۳ اور مساوات ۲۳.۳ کو یہاں دوبارہ پیش کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned} V_{BB} &= I_B R_B + V_{BE} + (I_B + I_C) R_E \\ (3.30) \quad &= \frac{I_E}{\beta + 1} R_B + V_{BE} + I_E R_E \\ I_E &= \frac{V_{BB} - V_{BE}}{\frac{R_B}{\beta + 1} + R_E} \approx I_C \end{aligned}$$



شکل ۷۔۲۸۔ تبدیلی β سے لاحق مسئلہ استوار نے کا شرط

$$(3.31) \quad \begin{aligned} V_{CC} &= I_C R_C + V_{CE} + (I_B + I_C) R_E \\ &= I_C R_C + V_{CE} + I_E R_E \\ V_{CE} &= V_{CC} - I_C R_C - I_E R_E \\ &\approx V_{CC} - I_C (R_C + R_E) \end{aligned}$$

مساویت ۳۰.۳ کے مطابق اگر جپ I_C پر β کے اثر کو ختم نہیں کیا جائے مگر R_E کی قیمت کو کم کرنا ممکن ہے یعنی قیمت سے بڑھا کر اس اثر کو کم سے کم کرنا ممکن ہے یعنی

$$(3.32) \quad R_E \gg \frac{R_B}{\beta + 1}$$

عموماً شکل ۲۸.۳ کے طرز پر بنائے گئے ادوار میں β کے اثاث کو کم کرنے کی حراظر R_E کی قیمت کو کم سے کم $\frac{R_B}{\beta + 1}$ دس گناہ کا حاباتا ہے یعنی

$$(3.33) \quad R_E = \frac{10R_B}{\beta_0 + 1}$$

R_E کی قیمت کو $\frac{R_B}{\beta + 1}$ کے دس گناہ قیمت سے مزید بڑھانے سے دیگر معاملات متاثر ہوتے ہیں۔ مساوات ۳۳.۳ میں اہم کردار ادا کرتا ہے۔ مساوات ۳۳.۳ کو تبدیلہ β سے لاحقہ مسئلہ استوار نے کا شرط کہتے ہیں۔ آئیں مساوات ۳۳.۳ کے تحت بنائے گئے دور کی مثال دیکھیں۔

مثال ۲۸.۳ میں

$$\begin{aligned}V_{CC} &= 12 \text{ V} \\V_{BB} &= 1.8 \text{ V} \\R_C &= 9 \text{ k}\Omega \\R_E &= 1 \text{ k}\Omega \\R_B &= 10.1 \text{ k}\Omega\end{aligned}$$

بی جبکہ β_0 کی عسموی قیمت 100 ہے۔ اس دور میں برقی رو I_C اور V_{CE} کی ممکن حد دو حاصل کریں۔
حل: اس مثال میں دیے گئے R_E اور R_B کے قیتیں مساوات ۳۳.۳ کے عین مطابق ہیں۔ جیسا مثال میں دیکھا گیا کہ $\beta = 50$ اور $\beta = 150$ بنتے β ہیں۔

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

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

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

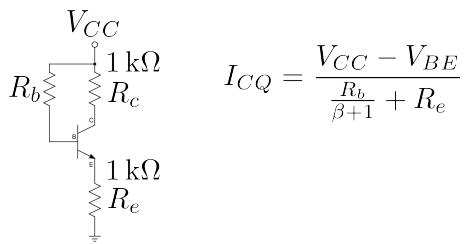
۲۔ کسترافز اش 50 پر ان کی قیمتیں

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

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

ہوں گی۔ برقی رو اپنی عسموی قیمت سے 8.2% کم ہو گی ہے یعنی

$$\frac{1 \times 10^{-3} - 0.918 \times 10^{-3}}{1 \times 10^{-3}} \times 100 = 8.2 \%$$



شکل ۲.۲۹

۳۔ بلند ترا فرزا ش = بہت β پر ان کی قیمتیں

$$I_{EQ} \approx I_{CQ} = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{\frac{R_B}{\beta+1} + R_E} = \frac{1.8 - 0.7}{\frac{10100}{150+1} + 1000} = 1.031 \text{ mA}$$

$$\begin{aligned} V_{CE} &\approx V_{CC} - I_{CQ} (R_C + R_E) \\ &= 12 - 1.031 \times 10^{-3} \times (9000 + 1000) \\ &= 1.69 \text{ V} \end{aligned}$$

ہوں گی۔ بر قی روپی عسموی قیمت سے ۳.۱ % بڑھ گئی ہے یعنی

$$\frac{1.031 \times 10^{-3} - 1 \times 10^{-3}}{1 \times 10^{-3}} \times 100 = 3.1 \%$$

مثال ۲۲.۳ میں آپ نے دیکھا کہ مساوات ۳۳.۳ پر پورے اترتے دور میں بر قی روکی قیمت اس کی عسموی قیمت سے دس فی صد سے کم اخراج کرتی ہے۔ اس مثال میں زیادہ سے زیادہ اخراج ۸.۲ فی صد رہا ہے۔ منع بر قی دباؤ اور مسما جستوں کے استعمال سے ٹرانزسٹر مائل کرتے ہوئے تخلیق کار مساوات ۳۳.۳ کو بروئے کار لا کر اس بات کو یقینی بناتا ہے کہ ٹرانزسٹر تخلیق کرده نقطہ کار کردگی سے زیادہ تجبا وزہ نہیں کرے گا۔ بعض اوقات ٹرانزسٹر استعمال کرنے سے پہلا اس کا β ناچاہتا ہے۔ ایسی صورت میں چونکہ β کی قیمت ٹھیک ٹھیک معلوم ہوتی ہے لہذا مساوات ۳۳.۳ کے تحت دور تخلیق دین لازم نہیں ہوتا۔ آئیں ایسی مثال دیکھیں جس میں مساوات ۳۳.۳ کو استعمال نہیں کیا گیا۔

مثال ۲۲.۴: شکل ۲۹.۳ میں $V_{CC} = 12 \text{ V}$ جبکہ β کی قیمت ٹھیک ۵۰ ہے۔ I_{CQ} اور V_{CEQ} حاصل کریں۔

حل: داخلی جناب کر خوف کے فتنوں برائے برقی دباؤ کے مطابق

$$V_{CC} = I_B R_b + V_{BE} + I_E R_e$$

$$= V_{BE} + I_E \left(\frac{R_b}{\beta+1} + R_e \right)$$

لکھتے ہوئے $I_{CQ} \approx I_{EQ}$ اس تعلق کیا گیا۔ یوں

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

$$\begin{aligned} I_E &\approx I_C = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{\frac{R_b}{\beta+1} + R_e} \\ &= \frac{12 - 0.7}{\frac{150000}{49+1} + 1000} \\ &= 2.825 \text{ mA} \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے۔ حنارجی جناب ہم لکھ کتے ہیں

$$\begin{aligned} V_{CC} &= I_{CQ} R_c + V_{CEQ} + I_{EQ} R_e \\ &\approx V_{CEQ} + I_{CQ} (R_c + R_e) \end{aligned}$$

جس سے

$$V_{CEQ} = 6.35 \text{ V}$$

حاصل ہوتا ہے۔

۳.۷.۲ تبدیلی V_{BE} سے نقطہ کار کردگی کا سرکے جانا

ڈائیوڈ کے باب میں صفحہ ۸۳ پر شکل ۳.۲ میں درج حسارت کے تبدیلی سے سیدھے مائل ڈائیوڈ کی برقی دباؤ V_D کا تبدیل ہونا دکھایا گیا۔ اس باب کے حصہ ۹.۳ میں آپ دیکھیں گے کہ ٹرانزسٹر کا V_{BE} بھی بالکل اسی طرح درج حسارت کے ساتھ تبدیل ہوتا ہے۔ مساوات ۳۰۰ پر دوبارہ غور کرنے سے معلوم ہوتا ہے کہ V_{BE} کے تبدیل ہونے سے I_C تبدیل ہو گا اور یوں نقطہ کار کردگی اپنے معین جگہ سے سرکے جائے گا۔ آئیں نقطہ کار کردگی کے سرکے کا تخمینہ لگائیں اور اس سے خبات حاصل کرنے کے طریقے سمجھیں۔

و مختلف درج حسارت T_1 اور T_2 پر V_{BE1} اور V_{BE2} لکھتے ہوئے مساوات ۳۰۰ کے تحت و مختلف برقی رہ I_{C1} اور I_{C2} حاصل ہوں گے جیسا

$$(3.33) \quad I_{C1} = \frac{V_{BB} - V_{BE1}}{\frac{R_B}{\beta+1} + R_E}$$

$$(3.34) \quad I_{C2} = \frac{V_{BB} - V_{BE2}}{\frac{R_B}{\beta+1} + R_E}$$

برقی روکی تبدیلی حاصل کرتے ہیں۔

$$(3.36) \quad \Delta I_C = I_{C2} - I_{C1} = \frac{V_{BE1} - V_{BE2}}{\frac{R_B}{\beta+1} + R_E} = - \left(\frac{\Delta V_{BE}}{\frac{R_B}{\beta+1} + R_E} \right)$$

جہاں ΔV_{BE} کو $V_{BE2} - V_{BE1}$ مندرجہ بالامساوات میں R_E کی قیمت $\frac{R_B}{\beta+1}$ کے قیمت سے بہت زیاد ہو گی اور اس صورت میں اسے یوں لکھا جائے گا۔

$$(3.37) \quad \begin{aligned} \Delta I_C &= - \left(\frac{\Delta V_{BE}}{\frac{R_B}{\beta+1} + R_E} \right) \\ &\approx - \left(\frac{\Delta V_{BE}}{R_E} \right) \end{aligned}$$

اماں ۳۴۳ تبدیلی V_{BE} کی وجہ سے نقطے کارکردگی کے سرکے جانے کی مساوات ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ R_E بڑھانے سے I_C میں تبدیلی کم کی جا سکتی ہے۔

۳۔۷۔۳ نقطے کارکردگی سوارنے کے اسباب

حصہ ۱، ۲، ۳ اور حصہ ۲، ۷، ۳ میں نقطے کارکردگی سرکے جانے کے وجوہات بتائے گئے۔ اس مسئلے کو نہایت عمدگی سے یوں پیش کیا جاسکتا ہے۔ کوئی بھی تابع قصاعل مثلاً ($I_C(\beta, V_{BE}, \dots)$) جو آزاد متغیرات مثلاً β, V_{BE} وغیرہ کے تابع ہو، کی قیمت ان آزاد متغیرات پر منحصر ہو گی یوں اگر ان آزاد متغیرات میں $\beta, \Delta\beta, \Delta V_{BE}, \dots$ کی باریک تبدیلی پیدا ہو تو تابع قصاعل کی قیمت میں کل باریک تبدیلی یوں حاصل کی جائے گی۔

$$(3.38) \quad \Delta I_C = \frac{\partial I_C}{\partial \beta} \Delta \beta + \frac{\partial I_C}{\partial V_{BE}} \Delta V_{BE} + \dots$$

اس مساوات میں

$$(3.39) \quad S_\beta = \frac{\partial I_C}{\partial V_{BE}}$$

$$(3.40) \quad S_{V_{BE}} = \frac{\partial I_C}{\partial V_{BE}}$$

⋮

لکھتے ہوئے اسے یوں لکھا جاسکتا ہے۔

$$(3.41) \quad \Delta I_C = S_\beta \Delta \beta + S_{V_{BE}} \Delta V_{BE} + \dots$$

جب $S_{V_{BE}}$ وغیرہ کو نقطہ کارکردگی کے سوارنے کے اباجے^{r^8} ابھا جائے گا۔ آئین ان اسباب کا تجھیں لگائیں۔

$$(3.32) \quad S_{V_{BE}} = - \left(\frac{1}{\frac{R_B}{\beta+1} + R_E} \right) \approx - \frac{1}{R_E}$$

حاصل ہوتا ہے۔

متوالی میں نقطہ کارکردگی سوارنے کے اباجے کو تفرقہ کے ذریعہ سمجھایا گیا ہے۔ جب ان تغیرات میں کم تبدیلی پائی جائے وہاں تفرقہ لیتے ہوئے درست جوابات حاصل ہوتے ہیں۔ ٹرانزسٹر کے β میں تبدیلی کو کم تصور نہیں کیا جاتا بلکہ S_β حاصل کرتے وقت دو مختلف β پر I_C حاصل کرتے ہوئے برقی رو میں کل تبدیلی ΔI_C حاصل کی جاتی ہے میں کل تبدیلی $\Delta \beta$ سے تقسیم کرتے ہوئے کیا جاتا ہے۔ آئین اس عمل کو دیکھیں۔

S_β حاصل کرنے کی حراطر متوالی میں دو بارہ دیکھتے ہیں۔ β_1 اور β_2 پر ہم برقی رو یوں لکھ سکتے ہیں۔

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

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

مندرجہ بالا متوالی میں دوسری متوالی سے پہلی متوالی میں کرنے سے ΔI_C حاصل ہوتا ہے۔ البتہ اس متوالی کی بہتر شکل بھی حاصل کی جا سکتی ہے۔ ایسا کرنے کی حراطر دوسری متوالی کو پہلی متوالی سے تقسیم کرتے ہوئے حاصل متوالی کے دونوں جانب سے ایک (1)

منفی کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned}
 \frac{I_{C2}}{I_{C1}} &= \left(\frac{\beta_2(V_{BB} - V_{BE})}{R_B + (\beta_2 + 1)R_E} \right) \times \left(\frac{R_B + (\beta_1 + 1)R_E}{\beta_1(V_{BB} - V_{BE})} \right) \\
 &= \frac{\beta_2[R_B + (\beta_1 + 1)R_E]}{\beta_1[R_B + (\beta_2 + 1)R_E]} \\
 \frac{I_{C2}}{I_{C1}} - 1 &= \frac{\beta_2[R_B + (\beta_1 + 1)R_E] - \beta_1[R_B + (\beta_2 + 1)R_E]}{\beta_1[R_B + (\beta_2 + 1)R_E]} \\
 \frac{I_{C2} - I_{C1}}{I_{C1}} &= \frac{\Delta I_C}{I_{C1}} = \frac{\beta_2 R_B + \beta_2 \beta_1 R_E + \beta_2 R_E - \beta_1 R_B - \beta_1 \beta_2 R_E - \beta_1 R_E}{\beta_1 [R_B + (\beta_2 + 1)R_E]} \\
 \frac{\Delta I_C}{I_{C1}} &= \frac{(\beta_2 - \beta_1)(R_B + R_E)}{\beta_1 [R_B + (\beta_2 + 1)R_E]} \\
 &= \frac{(R_B + R_E)}{\beta_1 [R_B + (\beta_2 + 1)R_E]} \Delta \beta
 \end{aligned}$$

جہاں آخوندی و تدبی پر $(\beta_2 - \beta_1)$ کو $\Delta \beta$ لکھا گیا ہے۔ اس سے حاصل کرتے ہیں۔

$$(3.35) \quad S_\beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta \beta} = \frac{I_{C1}}{\beta_1} \left[\frac{R_B + R_E}{R_B + (\beta_2 + 1)R_E} \right]$$

ای طرز پر آپ V_{BB} میں تبدیلی سے پیدا $S_{V_{BB}}$ حاصل کر سکتے ہیں وغیرہ وغیرہ۔ مساوات ۳۱.۳ میں مساوات ۳۲.۳ اور مساوات ۳۵.۳ استعمال کرتے ہوئے اسے یوں لکھا جا سکتا ہے۔

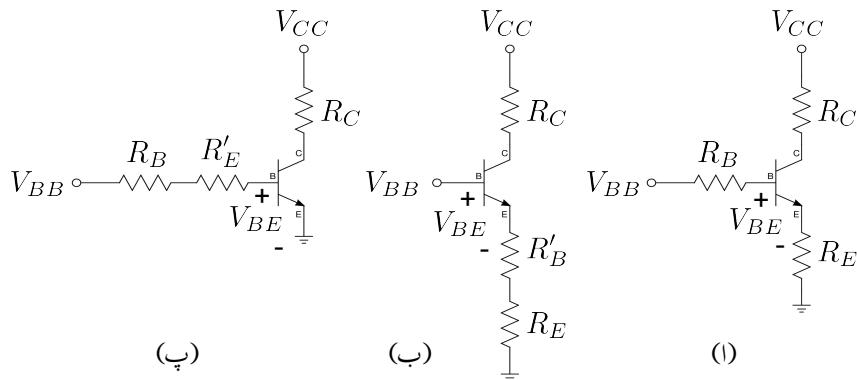
$$(3.36) \quad \Delta I_C = \frac{I_{C1}}{\beta_1} \left[\frac{R_B + R_E}{R_B + (\beta_2 + 1)R_E} \right] \Delta \beta - \frac{1}{R_E} \Delta V_{BE} + \dots$$

تم نقطہ کار کردگی سوارنے کے اسباب کی مدد سے برقی دو I_C کے کل تبدیلی کو مندرجہ بالا مساوات کے طرز پر لکھا جا سکتا ہے۔ نقطہ کار کردگی سوارنے کے اسباب کی قیمتیں فتاب کرتے ہوئے اس تبدیلی کو تابل قبول حد کے اندر رکھا جاتا ہے۔

۳.۸ مزاجت کا عکس

شکل ۳۰.۳ الف میں برقی روکو I_{Ca} لکھتے ہوئے اس کی قیمت حاصل کرتے ہیں۔

$$(3.37) \quad I_{Ca} = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{\frac{R_B}{\beta+1} + R_E}$$



شکل ۳.۳۰: مزاحمت کے اس

ای طرح شکل ب میں بر قی روکو I_{Cb} لکھتے ہوئے اس کی قیمت حاصل کرتے ہیں۔ ہم دیکھتے ہیں کہ R_E اور R'_B سلسلہ دار جبڑے ہیں اور ان کا کردار بالکل ایسا ہی ہے جیسے یہاں ایک ہی مزاحمت R''_E نسب ہو جس کی قیمت $(R'_B + R_E)$ ہے۔ شکل ۳.۳۱ اف میں یہ تصور دکھایا گیا ہے۔ یہاں

$$(3.38) \quad I_{Cb} = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R''_E} = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R'_B + R_E}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اگر اس مساوات میں R'_B کی قیمت مساوات ۳.۳۷ کے کے برابر ہو تو I_{Ca} اور I_{Cb} برابر ہوں گے یعنی اگر

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

ہوتے۔

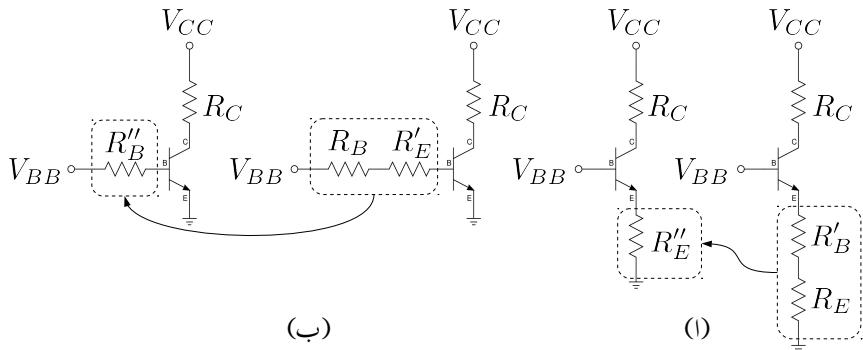
$$(3.40) \quad I_{Ca} = I_{Cb}$$

ہو گا، اگرچہ ان دونوں شکال کے V_{CE} مختلف ہوں گے چونکہ

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

$$V_{CEb} = V_{CC} - I_C R_C$$

ہوں گے اور یہاں $V_{CEa} \neq V_{CEb}$ ہوں گے۔ ای طرح شکل پ میں بر قی روکو I_{Cc} لکھتے ہوئے اسے حاصل کرتے ہیں۔ یہاں R'_E اور R_B سلسلہ دار جبڑے ہیں اور ان کا کردار بالکل ایک ایسے مزاحمت R''_B کی طرح ہے جس



شکل ۳.۸: مزاجت کے عکس

کی تیزت $(R_B + R'_E)$ کے برابر ہو۔ شکل ۳.۷ ب میں یہ تصور کھلایا گیا ہے۔ یہاں

$$(3.51) \quad I_{Cc} = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{\left(\frac{R''_B}{\beta+1}\right)} = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{\left(\frac{R_B}{\beta+1} + \frac{R'_E}{\beta+1}\right)}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اس مساوات میں اگر $\frac{R'_E}{\beta+1}$ کی تیزت مساوات ۳.۷ کے برابر ہو، یعنی اگر

$$(3.52) \quad \frac{R'_E}{\beta+1} = R_E$$

ہوتے

$$(3.53) \quad I_{Cc} = I_{Ca}$$

ہوں گے، اگرچہ $V_{CEb} \neq V_{CEc}$ کو یوں بھی لکھا جاتا ہے۔

$$(3.54) \quad R'_E = (\beta + 1) R_E$$

مثال ۲۶: شکل ۳۰.۳ میں

$$\begin{aligned}\beta &= 99 \\ V_{CC} &= 15 \text{ V} \\ V_{BB} &= 6.2 \text{ V} \\ R_C &= 5 \text{ k}\Omega \\ R_E &= 5 \text{ k}\Omega \\ R_B &= 50 \text{ k}\Omega\end{aligned}$$

یہ۔

۱. شکل ۳۰.۳ کا برقی رو I_C حاصل کریں۔
۲. شکل بے میں R'_B کی وہ قیمت حاصل کریں جس سے شکل بے کا برقی رو شکل افے کا برقی رو کے برابر ہو گی۔
۳. شکل پ پ میں R''_E کی وہ قیمت حاصل کریں جس سے اس شکل پ پ کا برقی رو شکل افے کا برقی رو کے برابر ہو گی۔

حل:

۱.

$$I_{Ca} = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{\frac{R_B}{\beta+1} + R_E} = \frac{6.2 - 0.7}{\frac{50000}{99+1} + 5000} = 1 \text{ mA}$$

۲.

$$R'_B = \frac{R_B}{\beta+1} = \frac{50000}{99+1} = 500 \Omega$$

اس قیمت کی مسماحت کے استعمال سے شکل ۳۱.۳ میں R''_E کی قیمت

$$R'_B + R_E = 500 + 5000 = 5500 \Omega$$

ہو گی اور اس میں برقی رو کی قیمت

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

یہ حاصل ہو گی۔

$$R'_E = (\beta + 1)R_E = (99 + 1) \times 5000 = 500 \text{ k}\Omega$$

حاصل ہوتا ہے۔ اس قیمت کو استعمال کرتے ہوئے شکل ۳۱.۳ ب میں

$$R''_B = R_B + R'_E = 50\text{k}\Omega + 500\text{k}\Omega = 550\text{k}\Omega$$

ہو گا اور یوں

$$I_{Cc} = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{\left(\frac{R''_B}{\beta+1}\right)} = \frac{6.2 - 0.7}{\left(\frac{550000}{99+1}\right)} = 1 \text{ mA}$$

یہ حاصل ہوتا ہے۔

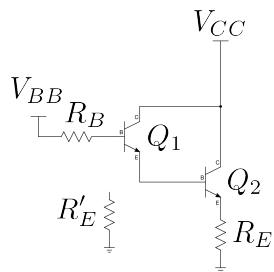
ماداٹ ۳۹.۳ اور ماداٹ ۵۲.۳ میں ٹرانزسٹر کے یہ سرے پر دیکھتے ہوئے R_E کا کردار بالکل ایسا ہوتا ہے جیسے یہ سرے کے ساتھ مزاحمت R'_E جبڑا ہو۔ اس تمام کو یہ بھی کہا جا سکتا ہے کہ یہ پر جبڑے مزاحمت R_E ، ٹرانزسٹر کے یہ سرے سے بالکل R'_E معلوم ہوتا ہے۔ اسی لئے R'_E کو عکس کہا جاتا ہے۔

ای طرح ٹرانزسٹر کے یہ سرے کے ساتھ جبڑے مزاحمت R_B کو اگر ٹرانزسٹر کے یہ سرے سے دیکھا جائے تو یہ بالکل ایسے معلوم ہوتا ہے جیسے یہ سرے کے ساتھ مزاحمت R'_B جبڑا ہے۔ اسی لئے R'_B کو عکس کہا جاتا ہے۔

مندرجہ بالا کا نجوڑی ہے کہ ٹرانزسٹر ادوار میں برقی رو I_C حاصل کرتے وقت، یہ پر موجود مزاحمت کا عکس لیتے ہوئے اسے یہ س جانب مقتول کیا جا سکتا ہے۔ ای طرح ٹرانزسٹر کے یہ س جانب مزاحمت کا عکس لیتے ہوئے یہ س جانب مقتول کیا جا سکتا ہے۔ یاد رہے کہ یہ صرف اور صرف حساب کتاب آسان بنانے کا یک گرہ ہے۔ اصل ٹرانزسٹر در کی جگہ کبھی بھی عکس استعمال کرتے حاصل دور کام نہیں کرے گا۔

مثال ۳.۲.۷: شکل ۳۲.۳ میں یہ س جانب R_E کا عکس حاصل کریں۔
حل: یہ س جانب کرخونے کے قانون برائے برقی دباؤ سے

$$V_{BB} = I_{B1}R_B + V_{BE1} + V_{BE2} + I_{E2}R_E$$



شکل ۳.۳۲: دیجیٹال سینگن میں مزاحمت کا عکس

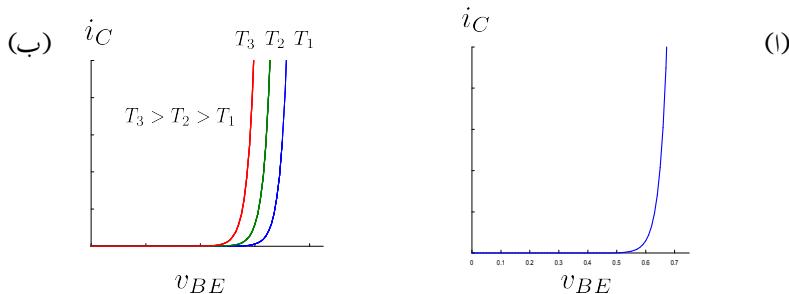
$$\text{لکھا جا سکتا ہے جس میں مزاحمت کھلتے ہوئے} I_{E2} = \frac{I_{B1}}{\beta_1 \beta_2}$$

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

ماتا ہے جہاں $\frac{R_E}{\beta_1 \beta_2}$ لکھا گیا ہے۔ اس مساوات کے تحت یہیں جواب برقرار رہے۔ I_{B1} مزاحمت سے گزرتی ہے۔ پہلا مزاحمت R_B اور دوسرا R'_E ہے۔ یہ ٹرانزسٹر کے یہیں جواب مزاحمت R'_E نظر آتا ہے اور یہیں R_E کا یہیں جواب عکس ہے۔

۳.۹ ٹرانزسٹر کے خواص

ٹرانزسٹر کے تین سرے ہونے کی بدولت اس کے تین برقرار رہے۔ اول تین برقرار رہے۔ ان میں کسی دو کو آپس میں گراف کیا جاسکتا ہے۔



شکل ۳.۳۳: ٹرانزسٹر کے خط اور اس پر درجہ حرارت کے اثرات

$$i_C - v_{BE} \quad ۳.۹.۱$$

شکل ۳.۳۴ میں npn ٹرانزسٹر کا i_C بالمقابل v_{BE} خط، کھایا گیا ہے جو بالکل ڈائیوڈ کے خط کی طرح ہے۔ npn کے $i_C - v_{EB}$ اور $i_C - v_{BE}$ کے pnp 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 $e^{\frac{v_{BE}}{V_T}}$ کی صورت میں عسمواً

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

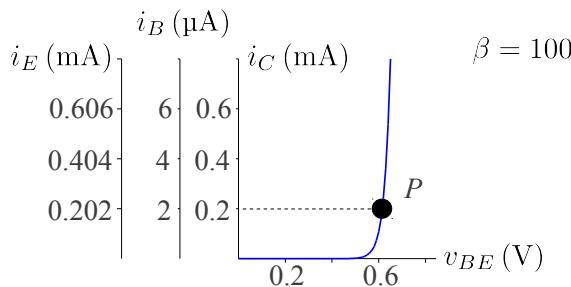
$$(3.58) \quad i_C \approx I_S e^{\frac{v_{EB}}{V_T}}$$

لکھا جاتا ہے۔ چونکہ $i_C = \alpha i_E$ اور $i_E - v_{BE}$ میں بہذا $i_C = \beta i_B$ اور $i_B - v_{BE}$ خطوں کی شکلیں 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 ۳.۳۵ میں ایک ہی گراف پر تینوں خطوں کے گراف کی مثال دی گئی ہے جہاں حسبِ معمول ایک ہی افقی مدد ہے جو v_{BE} کو ظاہر کرتا ہے جبکہ عمودی مددوں کی تعداد تین ہے جو i_E ، i_B اور i_C کو ظاہر کرتے ہیں۔ v_{BE} کی پیمائش وولٹ V میں دی گئی ہے جبکہ i_E اور i_B کی mA میں اور i_C کی μA میں دی گئی ہے۔



شکل ۳.۳۷۔ سینے برقی رو بالمقابل برقی دباؤ

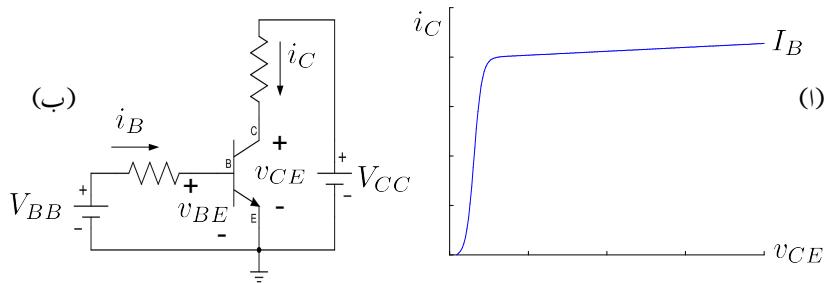
بے۔ ۳.۳۷۔ $\beta = 100$ تصور کرتے ہوئے نقطہ P پر $i_B = 2 \mu\text{A}$ ، $i_C = 0.2 \text{ mA}$ جبکہ $v_{BE} = 0.61 \text{ V}$ اور $i_E = 0.202 \text{ mA}$ ہیں۔ بالکل ڈائیڈ کی طرح جہاں اسحد درستگی درکار نہ ہو وہاں، ٹرانزسٹر کے ادوار کے یک سمت حل مصل کرتے وقت سیدھے مائل نیس۔ ٹرانزسٹر جو پر برقی دباؤ v_{BE} کو ۰.۷ V ہی لیا جاتا ہے۔ اسی طرح جہاں بھی $v_{BE} = 0.5 \text{ V}$ سے کم برقی دباؤ پر برقی دباؤ i_C کی قیمت متبل نظر انداز ہوتی ہے اور اس صورت میں ٹرانزسٹر کے اس جوڑ کو غیر-چپالو تصور کیا جاتا ہے۔ یوں ٹرانزسٹر کے لئے بھی چپالو کر دہ برقی دباؤ کی قیمت ۰.۵ V ہے۔ بالکل ڈائیڈ کی طرح i_C برفتار رکھتے ہوئے، ایک ڈگری منٹ گریڈ درجہ حرارت بڑھانے سے v_{BE} کی قیمت ۲ mV گھستی ہے یعنی

$$(3.41) \quad \frac{\Delta v_{BE}}{\Delta T} = -2 \text{ mV/}^{\circ}\text{C}$$

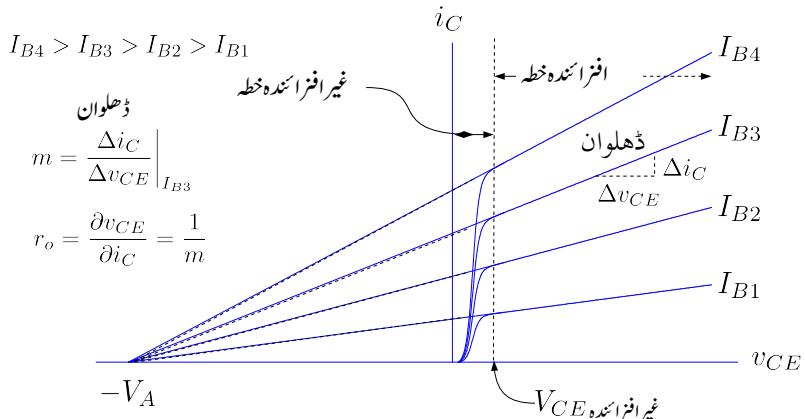
ٹرانزسٹر کا v_{EB} بھی اسی شرح سے حرارت کے ساتھ گھستتا ہے۔

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

شکل ۳.۴۵.۳۔ الف۔ میں npn ٹرانزسٹر کے i_C بالمقابل v_{CE} کا گراف دکھایا گیا ہے جسے حاصل کرتے وقت i_B کو کسی ایک مقدرہ قیمت I_B پر رکھا گیا۔ شکل ۳.۴۵.۳۔ ب میں ٹرانزسٹر کا وہ دور بھی دکھایا گیا ہے جسے گراف حاصل کرنے کی خاطر استعمال کیا گیا۔ گراف حاصل کرنے سے قبل V_{BB} کو تبدیل کرتے ہوئے مقدرہ i_B پیدا کیا جاتا ہے۔ i_B کو برفتار I_B پر رکھنے کی خاطر V_{BB} کو اس کے بعد تبدیل نہیں کیا جاتا۔ اس کے بعد گراف حاصل کرنے کی خاطر V_{CC} کو فتم ہافتدم صفر و بیلٹ ۰ V سے بڑھایا جاتا ہے اور ہرفتم پر ٹرانزسٹر کی برقی دباؤ i_C اور برقی دباؤ v_{CE} ناپے جاتے ہیں۔ یوں ناپے شدہ i_C اور v_{CE} کا گراف شکل الف۔ میں دکھایا گیا ہے جہاں گراف کے اوپر I_B لکھ کر اس بات کی یاد دہانی کرائی گئی ہے کہ یہ گراف مقدرہ I_B پر حاصل یا گئی ہے۔ اسی طرز پر i_B کو مختلف قیتوں پر رکھ کر مختلف $i_C - v_{CE}$ کے خط حاصل کئے جاسکتے ہیں۔ اس طرح کے خطوط شکل ۳.۴۵.۳۔ میں دکھائے گئے ہیں۔ ان گراف کو دیکھتے ہوئے یہ حقیقت سامنے آتی ہے کہ v_{CE} کی قیمت بتدریج کم کرتے ہوئے ایک معتمام آتا ہے جہاں i_C کی قیمت نہیں تیزی سے گھٹتے



شکل ۳.۳۵: $i_C - v_{CE}$ کے npn



شکل ۳.۳۶: npn کے خطوط اور ای برقی دیاں

شروع ہوتی ہے۔ اس مقام سے کم v_{CE} کے خط کو غیر افزائندہ خط^{۲۹} جبکہ اس سے زیادہ v_{CE} کے خط کو افزائندہ خط^{۳۰} کہتے ہیں۔ اس حصہ میں ہم افزائندہ خط پر غور کریں گے۔ افزائندہ خط 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 جناب فنر ضی طور نقش کیا جائے تو یہ ایک ہی نقطہ پر جماليتے ہیں۔ جیسا $V_A = -v_{CE}$ ہوتا ہے۔ اس فنر ضی نقش کو نقطہ دار لکسیروں سے دکھایا گیا ہے۔ کسی بھی ٹرانزسٹر کے کی قیمت کو ہطور ثابت عدد کے بیان کیا جاتا ہے جس کی برقی دباؤ^{۳۱} کہتے ہیں۔ دیجیٹل ٹرانزسٹروں کا اعلیٰ برقدباد پچ سو ولٹ تاسو و لٹ ہوتا ہے۔ یہ معلومات ٹرانزسٹر بنانے والے صنعت کار مہیا کرتے ہیں۔

شکل ۳۲.۳ میں کسی ایک نقطہ پر خط کی ڈھلوان m دکھائی ہے یعنی

$$m = \left. \frac{\Delta i_C}{\Delta v_{CE}} \right|_{I_B}$$

ٹرانزسٹر کے حنارجی حباب حنارجی مسماحت^{۳۰} کو یوں لکھا جاسکتا ہے

$$\begin{aligned} r_o &= \left. \frac{\partial v_{CE}}{\partial i_C} \right|_{I_B} \\ &= \frac{1}{m} \\ &= \left. \frac{\partial i_C}{\partial v_{CE}} \right|_{I_B}^{-1} \end{aligned}$$

چونکہ $v_{CE} - i_C$ کے خط اور فنر ضی نقش کے گئے نقطے دار لکسیر کی ڈھلوان برابر ہیں لہذا ہم حنارجی مسماحت کو یوں بھی حاصل کر سکتے ہیں

$$(3.22) \quad r_o = \frac{V_A + V_{CE}}{I_C}$$

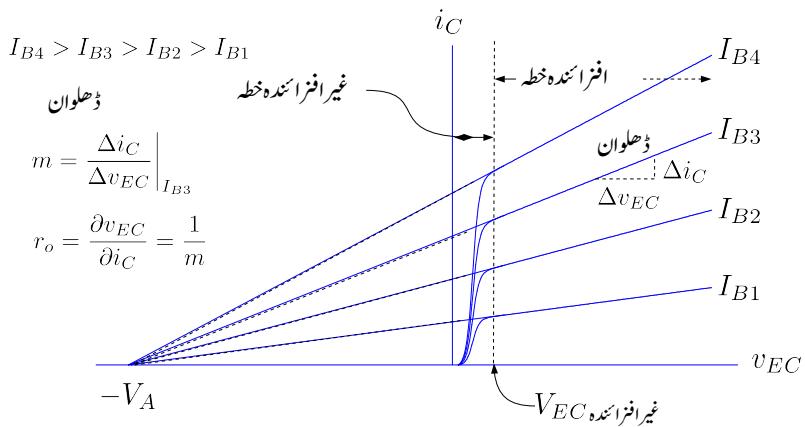
حقیقت میں افزائندہ خط کے خپل حد پر (یعنی غیر افزائندہ خط کے بالکل فتریب) کی قیمت استعمال کرتے ہوئے اس مساوات کو یوں لکھا جاسکتا ہے

$$(3.23) \quad r_o \approx \frac{V_A}{I_C}$$

اگرچہ افزائندہ خط میں v_{CE} کے تبدیلی سے I_C کی قیمت تبدیل ہوتی ہے مگر اس تبدیلی کو یک سست مطابعہ کے درواز نظر انداز کیا جاتا ہے۔ البتہ بدلتے رو مطابعہ میں r_o ایمیت رکھتا ہے۔ شکل ۳۲.۳ میں pnp ٹرانزسٹر کے $v_{EC} - i_C$ خطوط دکھائے گئے ہیں۔ $V_{EC} = 0.2V$ یہ افزائندہ

ہے۔ اس سے کم v_{EC} پر ٹرانزسٹر غیر افزائندہ جبکہ اس سے زیادہ پر افزائندہ ہوتا ہے۔

۲۹ saturation region
۳۰ active region
۳۱ Early voltage
۳۲ مطابعہ کا پہلو اس کے ٹرانزسٹر نے اولی جناب

شکل ۳.۳۷ $i_C - v_{EC}$ خطوط

مثال ۳.۲۸: ایک ایسے $n-p-n$ ٹرانزسٹر جس کی ارلی بر قدر باؤکی قیمت پچ سو ولٹ $V_A = 50$ V ہے کہ خارجی مزاحمت $100 \mu A$ ، $1 mA$ اور $10 mA$ کی بر قدر پور حاصل کریں۔
حل:

۱.

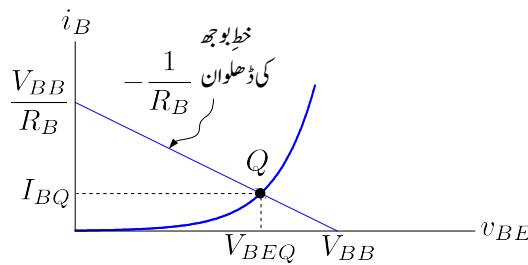
$$r_o \approx \frac{V_A}{I_C} = \frac{50}{100 \times 10^{-6}} = 500 k\Omega$$

۲.

$$r_o = \frac{50}{10^{-3}} = 50 k\Omega$$

۳.

$$r_o = \frac{50}{10 \times 10^{-3}} = 5 k\Omega$$



شکل ۳.۳۸: داخلي جوانب کے نقطے مائل کا حصول

۳.۱۰ یک سمیت ادوار کا تر سیمی تجزیہ

اگر چہ ٹرانزسٹر ادوار کو عسوماً الجبری طریقے سے حل کیا جاتا ہے مگر گراف کے استعمال سے بہت گہری سمجھ پیدا ہوتی ہے۔ اس طریقے کو سمجھنے کے بعد ٹرانزسٹر ادوار تخلیق دینے میں آسانی پیدا ہوتی ہے۔ ایں شکل ۳۹.۳ میں دئے دو گراف کی مدد سے حل کرتے ہیں۔

۳.۱۰.۱ یک سمیت رو خط بوجھ

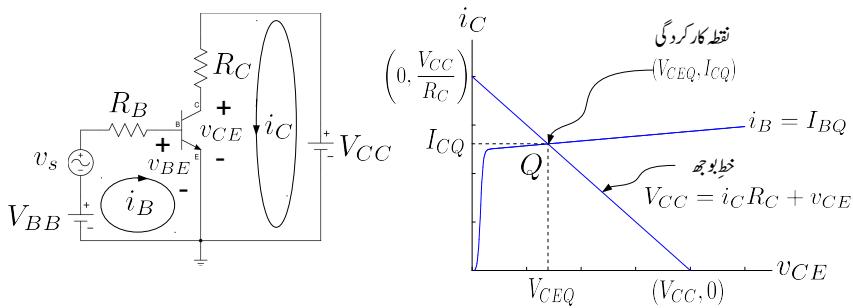
شکل ۳۹.۳ میں، بدلتے اشارہ v_S کو نظر انداز کرتے ہوئے، ٹرانزسٹر دور کے داخلي جوانب ہم لکھ سکتے ہیں۔

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

چونکہ ٹرانزسٹر کا یہیں۔ بیٹر جوڑ بالکل ایک ڈائڈ کی مانند ہوتا ہے لہذا امندر جب بالامساوات کو دا خالی جوانب کا یک سمیت بوجھ کا خط کہا جاسکتا ہے ٹرانزسٹر کے $i_B - v_{BE}$ خط پر اس کو مساوات کو کھینچنے نقطے مائل حاصل ہوتا ہے جس سے I_{BQ} اور V_{BEQ} حاصل ہوتے ہیں۔ یہ عمل شکل ۳۸.۳ میں دکھایا گیا ہے۔ اسی طرح، بدلتے اشارات کو نظر انداز کرتے ہوئے، شکل ۳۹.۳ میں ٹرانزسٹر دور کے خارجي جوانب ہم لکھ سکتے ہیں۔

$$(3.45) \quad V_{CC} = i_C R_C + v_{CE}$$

اس مساوات کو ٹرانزسٹر کے $v_{CE} - i_C$ خط پر گراف کیا گیا ہے۔ بوجھ کا خط بر قی دباؤ کے محور کو ($V_{CC}, 0$) پر اور بر قی رو کے محور کو $(0, \frac{V_{CC}}{R_C})$ پر گکراتا 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 ۳۹.۳ میں حاصل کی گئی۔ خط بوجھ کی مساوات میں i_C اور v_{CE} دو آزاد متغیرات ہیں۔ دو آزاد متغیرات کو حاصل کرنے کی حاضر دو مساوات درکار ہوتے ہیں۔ خط بوجھ کی مساوات پہلی مساوات ہے جبکہ ٹرانزسٹر کا $v_{CE} - i_C$ خط دوسرے مساوات کا گراف ہے۔ جہاں دو مساوات کے گراف ملنے ہیں یہی ان کا حاصل ہوتا ہے۔ شکل میں اسے نقطے کار کردگی Q کہا گیا ہے اور اس نقطے پر متغیرات



شکل ۳.۳۹: یک سمت خط بوجھ

کی قیمت (V_{CEQ}, I_{CQ}) ہے۔ یوں اس دور میں ٹرانزستر کے حناری جناب برقی دو کی قیمت جبکہ اس کے بیس-کلکٹر سروں کے ماہین برقی دباؤ کی قیمت V_{CEQ} ہو گی۔

۳.۱۰.۲ باریکے اشارات

آنئں اب شکل ۳.۳۹ میں باریکے اشارات پر غور کریں۔ باریکے اشارہ v_s کے موجودگی میں ٹرانزستر کے داخلی جناب کل برقی دباؤ $(V_{BB} + v_s)$ ہو گا اور ہم اس جناب خط بوجھ کی مساوات یوں لکھ سکتے ہیں۔

$$(3.21) \quad V_{BB} + v_s = i_B R_B + v_{BE}$$

خط بوجھ کی یہ مساوات پر کھینچی گئی شکل ۳.۳۰ میں دکھائی گئی ہے جہاں

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

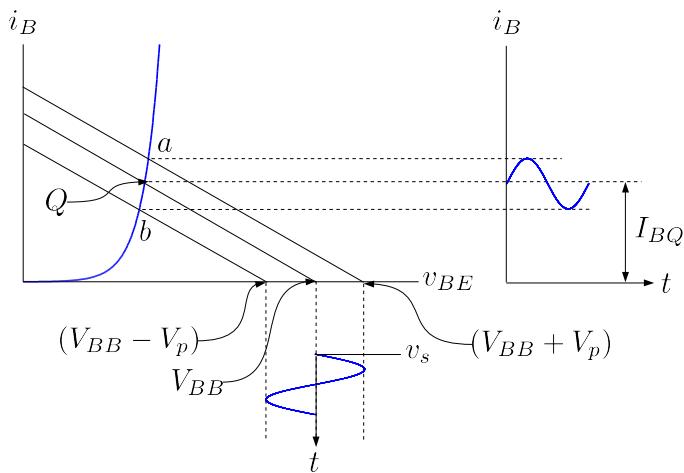
تصور کیا گیا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ خط بوجھ اپنی جگہ سے بہتا ہے جس کی وجہ سے نقطہ کار کردگی $i_B - v_{BE}$ پر Q کے قدریب قدریب رہتے ہوئے اور a کے درمیان چال متادی کرتا ہے جس سے i_B کی قیمت بھی اپنے انحراف کرتی ہے۔ i_B کو یوں لکھا جا سکتا ہے۔

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

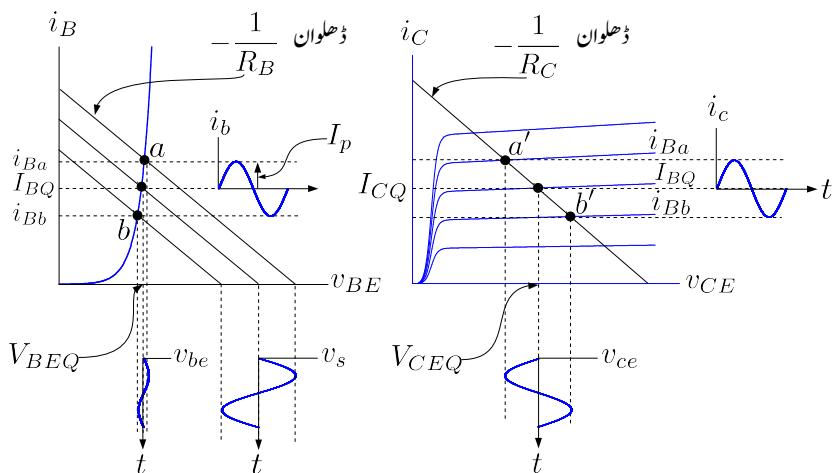
جہاں نقطہ کار کردگی کے قدریب $v_{BE} - i_B$ خط کو سیدھا تصویر کیا گیا ہے۔ شکل ۳.۳۱ میں باریکے اشارہ v_s اور اس کے پیڈا کر دیا گیا اور v_{ce}, i_c, v_{be}, i_b اور v_s اشارات دکھائے گئے ہیں۔ v_s اور i_c اور v_{be} اور i_b اور v_{ce} اور i_B میں جبکہ v_{ce} ان سب سے 180° کے زاویے پر ہے یاد رہے کہ تمام اشارات کا دوری عرصہ میکاں ہے چونکہ ایکلیفائز اشارے کے تعدد کو تبدیل نہیں کرتا۔

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

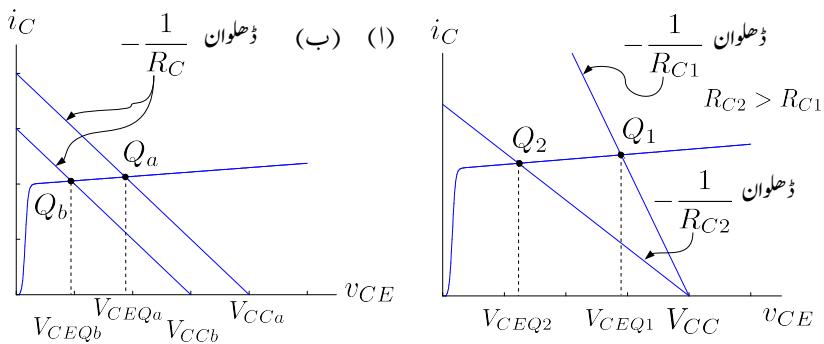
شکل ۳.۳۹ میں ایک سرتے R_C کی قیمت R_{C1} رکھی گئی اور دوسری سرتے اسے R_{C2} رکھا گیا جبکہ بقا یا دور میں کوئی تبدیلی نہیں کی گئی۔ R_{C1} کی قیمت R_{C2} سے زیادہ ہے۔ ان دونوں صورتوں کو شکل ۳.۳۲ میں



شکل ۳.۳. باریکت اشارات بزریت گراف



شکل ۳.۴. باریکت اشارات



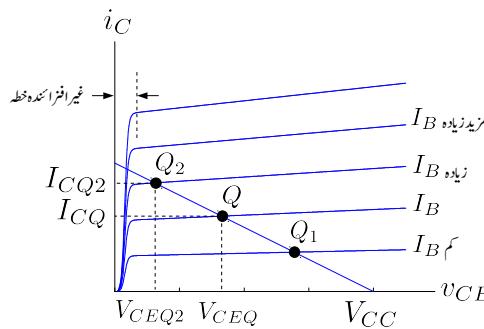
شکل ۱۰.۳.۲: نقطہ کارکردگی پر منبع برقی دباؤ اور مزاحمت کے اثرات

دکھایا گیا ہے۔ R_{C1} کی صورت میں خط بوجھ ٹرانزسٹر کے Q_1 پر لگراتا ہے اور یوں ٹرانزسٹر کے اس نقطے کارکردگی پر برقی دباؤ v_{CE} کی قیمت V_{CEQ1} ہو گی۔ R_{C2} کی صورت میں خط بوجھ کی ڈھلوان کم ہو گئی ہے اور یہ $i_C - v_{CE}$ خط کو Q_2 کی قیمت v_{CEQ2} پر لگراتا ہے جہاں $V_{CEQ2} < V_{CEQ1}$ ہے۔ یوں آپ دیکھ سکتے ہیں کہ خط بوجھ کے مساوات (یعنی مساوات ۱۵.۳) 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 برقی دباؤ کے حور کو V_{CC} پر ہی لگراتے ہیں۔ شکل ۱۰.۳.۲ ب میں صرف برقی دباؤ V_{CC} کے تبدیل ہونے کے اثرات کو دکھایا گیا ہے جہاں کی قیمت V_{CCb} سے زیاد رکھی گئی ہے۔ V_{CC} کو V_{CCa} سے بڑھا کر V_{CCa} کرنے سے نقطہ کارکردگی Q_a سے Q_b کی قیمت V_{CCb} کے برابر ہو جائے گا۔ V_{CC} کو V_{CCa} سے بڑھا کر V_{CCa} کرنے سے تبدیل ہو جاتا ہے جبکہ خط بوجھ کی ڈھلوان تبدیل نہیں ہوتی۔

۱۰.۳.۲ داخنی برقی روکے نقطہ کارکردگی پر اثرات

شکل ۱۰.۳.۳ میں خط بوجھ مختلف داخنی برقی رو I_B پر $i_C - v_{CE}$ پر خطوط پر نقش کیا گیا ہے۔ اگر داخنی برقی رو کو I_B سے بڑھا کر I_{BQ2} کر دیا جائے تو نقطہ کارکردگی Q_2 سے Q_1 کی قیمت V_{CEQ2} سے بڑھ کر I_{CQ2} سے بڑھ جائے گی جبکہ برقی دباؤ V_{CEQ2} سے کم ہو کر I_B کو مزید بڑھا کر I_{BQ1} کیا جائے تو نقطہ کارکردگی غیر امنزانتہ خط میں داخن ہو جاتا ہے جہاں v_{CE} کی قیمت غیر امنزانتہ V_{CE} یعنی 0.2 V سے بھی کم ہو جاتی ہے۔ I_B کو مزید بڑھانے سے تو i_C اور v_{CE} کی قیمت میں حافظہ خواہ تبدیل یا روشنی ہوتی ہے۔ یہی وجہ ہے کہ اس خط کو غیر امنزانتہ خط کہتے ہیں۔

آپ دیکھ سکتے ہیں کہ I_B کی قیمت بڑھانے سے ٹرانزسٹر غیر امنزانتہ خط میں داخن ہو جاتا ہے جہاں اس میں برقی رو I_{CQ} کی قیمت تقریباً $\frac{V_{CC}}{R_C}$ ہی رہتی ہے۔ غیر امنزانتہ خط میں داخن ہونے کے بعد I_B بڑھانے سے ٹرانزسٹر غیر امنزانتہ خط کے مزید گہرائی میں چلا جاتا ہے۔ اس خط میں ٹرانزسٹر مکمل طور پا ہوتا ہے اور یہ حپا لوبرقی سوچ کا کردار ادا کرتا ہے۔ یہ صورت حال شکل ۱۰.۳.۳ میں دکھایا گیا ہے۔



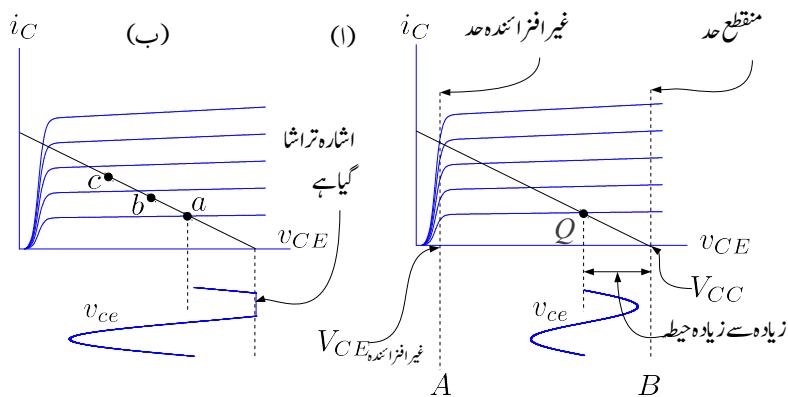
شکل ۳.۳: نقطہ کار کردگی بال مقابل داخلي برقي رو

اس کے بعد اگر I_B کی قیمت بتدربی کم کی جائے تو نقطہ کار کردگی اس جانب حد کتے کرتا ہے جس جانب I_{CQ} کی قیمت کم ہوتی ہے۔ اگر I_B کو نہیں کیا جائے بلکہ روک کر مضبوط کر دیا جائے تو نقطہ کار کردگی افقی محور سے مکار اب جائے گا جیسا $V_{CEQ} = V_{CC}$ اور $I_{CQ} = 0\text{A}$ ۔ اس نقطے پر ٹرانزسٹر کا مغل منقطع صورت اختیار کئے ہوتا ہے اور یہ ایک منقطع برقی سوچ کا دردار ادا کرتا ہے۔

۳.۱۰.۵ حنارجي اشاره کے حدود

مندرجہ بالا حصے میں ہم نے دیکھا کہ I_B کو بڑھا کر ٹرانزسٹر کو غیر افزاں نہ کیا جاسکتا ہے جبکہ اسے گھٹا کر ٹرانزسٹر کو منقطع کیا جاسکتا ہے۔ ٹرانزسٹر کو بطور ایکلیفائز استعمال کرتے ہوئے اس بات کو تعینی رکھنا ضروری ہے کہ ٹرانزسٹر افزاں نہ کی جائے۔ نقطہ کار کردگی تعین کرنے کے پیچے کی وجہت ہو سکتے ہیں۔ شکل ۳.۳ میں نقطہ کار کردگی کو پوں رکھا گیا ہے کہ اشارہ کے عمد موجود گی میں I_{BQ} کم سے کم ہو۔ موبائل فون میں ایسا ہی کیا جاتا ہے تاکہ اس کی بیسٹری زیادہ وقت بغیر بھرے کے کام کر سکے۔ شکل الف میں اس ایکلیفائز کا حنارجي اشارہ v_{ce} دکھایا گیا ہے۔ اگر ایکلیفائز کا داخلي اشارہ v_s مزید بڑھ جائے تو طبعاً یہ کہ v_{ce} بھی بڑھنے کی کوشش کرے گا لیکن جیسے شکل بے داش ہے کہ ایسا نہیں ہو گا اگرچہ v_{ce} کا آدماسر چھڑ کیا ہے لیکن اس کا دوسرا حصہ تراش گیا ہے۔ اگر نقطہ کار کردگی کو a سے فتدر بائیں نقطہ b پر منتقل کر دیا جائے 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 جائے جبکہ v_{ce} تو اہم کا دوسرا احباب تراشنا شروع ہو جائے گا جیسے شکل الف میں دکھایا گیا ہے کہ افزاں نہ کر ٹرانزسٹر کے v_{ce} کی کم سے کم ممکنہ قیمت غیر افزاں نہ کی جائے۔ V_{CE} میں جبکہ اس کی زیادہ سے زیادہ قیمت V_{CC} ہے۔ ان حدود کو A اور B نقطے دار لکھیروں سے دکھایا گیا ہے۔ v_{ce} ان حدود سے تجاوز نہیں ممکنہ ہے کہ افزاں نہ کر ٹرانزسٹر کے v_{ce} کی کم سے کم ممکنہ قیمت غیر افزاں نہ کی جائے۔

بغیر تراش بڑھائی جا سکتی ہے۔ جیسے شکل الف میں دکھایا گیا ہے یہم سائنساً حنارجي اشارہ v_{ce} کی زیادہ سے زیادہ چوٹی کی حد کا تعین اس شکل سے کر سکتے ہیں۔



شکل ۳.۳۲: جنارجی اشارہ کے حدود

۳.۱۰.۶ بدلتارو، خط بوجھ

ٹرانزسٹر ادوار میں β اور V_{BE} کے تبدیلی سے نقطہ کار کر دگی کے تبدیلی کو روکنے کی حراطر R_E استعمال کیا جاتا ہے۔ البتہ چیز آپ صفحہ ۳۰۳ پر مذکور ہے۔ R_E کے استعمال سے ٹرانزسٹر ایپلیناٹر کی اندازائش کم ہو جاتی ہے۔ نقطہ کار کر دگی یک سمت رو سے تعین کیا جاتا ہے جبکہ اندازائش کا تعلق بدلتے اشارات کے ساتھ ہے۔ یوں اگر کسی طرح یک سمت رو کے نقطے نظر سے R_E دور میں پایا جائے جبکہ بدلتے اشارے کے نقطے نظر سے R_E کی قیمت صفر کر دی جائے تو دونوں واجبات پورے ہوں گے۔ شکل ۳۵۳ الف میں R_E کے متوازی لامحہ دیتے کا کپیٹر نسب کیا گیا ہے۔ یک سمت رو کپیٹر سے نہیں گرتی، لہذا نقطہ کار کر دگی حاصل کرتے وقت کپیٹر کو نظر انداز کیا جائے گا۔ لامحہ دو کپیٹر کی برقی رکاوٹ صفر او ہم ہے جو R_E کے متوازی حصہ ہے۔ یوں بدلت اشارہ R_E سے ہر گز نہیں گزرے گا بلکہ یہ کپیٹر کے راستے گزرے گا۔ بدلت رو کو مزاحمت کے مقابل راستہ منراہم کرنے والا کپیٹر قصری کپیٹر ۳۳ پکارا جاتا ہے۔ محمد کپیٹر کے کار کر دگی پر باب ۲ میں غور کیا جائے گا۔ اس حصے میں لامحہ دو کپیٹر نسب کرنے کے اثرات پر غور کیا جائے گا۔ اس کتاب کے حصہ ۱.۱۲.۲ میں ڈائیوڈ ادوار کے بدلتارو، خط بوجھ پر غور کیا گیا۔ آئیں ٹرانزسٹر کے بدلتارو، خط بوجھ پر غور کریں۔

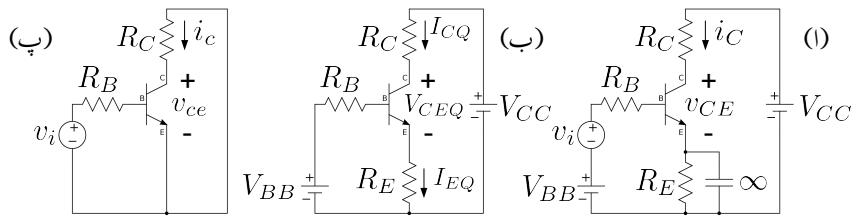
شکل ۳۵.۳ الف کے جنارجی جواب

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

یک سمت رو، خط بوجھ

ہے جہاں $i_C \approx i_E$ لیا گیا ہے۔ ڈائیوڈ کی طرح یہاں مندرجہ بالا مسافت کو کیا سمت رو، خط بوجھ کا راجہ ہے جسے عموماً چھوٹا کر کے صرف یک سمت رو، خط بوجھ کہتے ہیں۔ شکل ۳۴.۳ الف میں i_E کو کیا سمت رو I_{EQ} اور

bypass capacitor^{۷۷}
DC load line^{۷۸}



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

بدلتے i_e حصوں میں لکھا گیا ہے۔ یک سمت اشارے کے لئے کپیسٹر کھلے سرے کردار ادا کرتا ہے لہذا، جیسے شکل ۳.۲۶.۳ میں دکھایا گیا ہے، صرف مزاجت R_E سے گزرے گا۔ پونٹ ٹرانزسٹر کے لیٹر پر $= I_{EQ}R_E$ ہو گا۔ کپیسٹر پر بھی یہی یک سمت برقی دبا پیا جائے گا۔

جیسے شکل ۳.۲۶.۳ پ میں دکھایا گیا ہے، بدلتے اشارے کے لئے لامدد کپیسٹر کی برقی رکاوٹ $\frac{1}{j\omega C_E} = 0$ ہو گی اور یوں i_e کپیسٹر کے راستے گزرے گا۔ اس طرح ٹرانزسٹر کے لیٹر پر برقی دبا دو پیدا کرنے میں i_e کوئی کردار ادا نہیں کرے گا۔ صرف I_E کے بدلاتے لیٹر پر برقی دبا $V_{EQ} = I_{EQ}R_E$ پیدا ہو گا۔ ان حقائق کو استعمال کرتے ہوئے مندرجہ بالامساوات میں متغیرات کو یک سمت اور بدلتے حصوں میں لکھتے ہیں

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

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

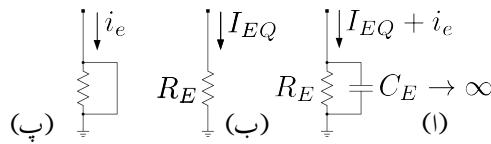
$$(3.71) \quad V_{CC} \approx V_{CEQ} + I_{CQ} (R_C + R_E) \quad \text{یک سمت رو، خط لو جھ}$$

جہاں $I_{CQ} \approx I_{EQ}$ لیا گیا ہے۔ آپ تسلی کر لیں کہ بدلتے اشارے کے عدم موجودگی میں مندرجہ بالامساوات اور مساوات ۳.۲۹ ایک ہی خط کو ظاہر کرتے ہیں لہذا شکل ۳.۲۷ میں یہی یک سمت رو، خط لو جھ کی مساوات ہے۔

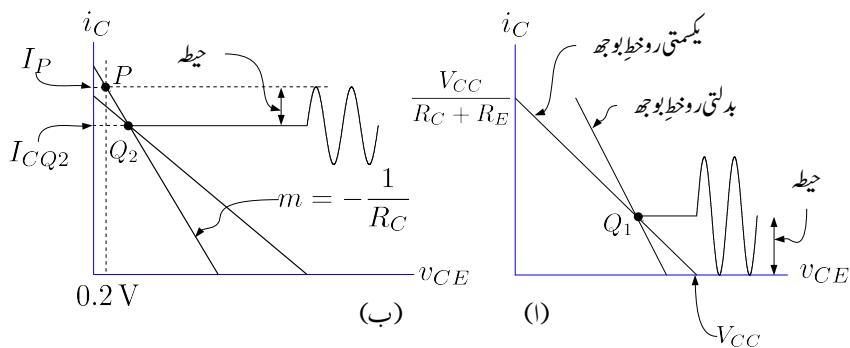
شکل ۳.۲۷ میں سے بھی مساوات ۳.۲۷ حاصل ہوتا ہے لہذا شکل ۳.۲۵ ب درحقیقت شکل ۳.۲۵.۳ بے سرے اور بدلتے اشارہ v_{ce} کو صفر کرتے ہوئے بقایا دوڑایا جاتا ہے۔ بدلتے اشارے کے موجودگی میں مساوات ۳.۷۰ کے یک سمت اجزاء کو مساوات کے ایک جانب جبکہ بدلتے اجزاء کو دوسرے جانب لکھتے ہیں۔

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

مساوات ۳.۷۰ کو 0 کیتھے ہوئے ہم دیکھتے ہیں کہ مندرجہ بالا



شکل ۳.۲۶: یک سست اور بدلستارو کی علیحدگی



شکل ۳.۲۷: بدلستارو، خط بوچہ پر چھل وتدی

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

$$(3.43) \quad i_c R_C + v_{ce} = 0 \quad \text{بدلستارو، خط بوچہ}$$

ساصل ہوتا ہے جو بدلتا رو، خط بوچہ ہے جسے عسمیابدلتا رو خط بوچہ ۳.۲ پکارا جاتا ہے۔ شکل ۳.۲ پے سے بھی یہی مساوات حاصل ہوتا ہے۔ بدلستارو، مساوی شکل حاصل کرتے وقت تمام یک سست برقی دباد کی منع اور تمام کپیمیروں کو قصر دو کرتے ہوئے دور کا پتہ یا حصہ لیا جاتا ہے۔

مساوی ۳.۲ پے سے یک سخت خط بوچہ کی مساحت $R_C + R_E = R_C + R_E$ یکمیتی R جبکہ مساوات ۳.۳ پے سے بدلتا رو خط بوچہ کی مساحت $R_E = \text{بدلتارو } R$ حاصل ہوتے ہیں۔ یہ ایک دلپٹ صورت ہے۔ بدلے اشارے کے عدم موجودگی میں دور کا نقطہ کار کر دی گی یک سخت خط بوچہ پایا جائے گا جبکہ بدلے اشارے کے موجودگی میں دور بدلتا رو خط بوچہ پر چھل وتدی کرے گا۔

شکل ۳.۲۷ میں یک سخت رو خط بوچہ پر Q_1 نقطے کار کر دی گی ہے۔ بدلے اشارے کے عدم موجودگی میں ٹرانزسٹر ای نقٹے پر رہے گا۔ بدلتا رو، خط بوچہ اسی نقطے پر کھینچا جاتا ہے۔ یک سست رو، خط بوچہ کی ڈھالوان $\frac{1}{R}$ ہے۔ اسی

طرح بدلتا رہو، خط بو جھ کی ڈھلوان $\frac{1}{R_c}$ پر $m = -$ ہے۔

بدلتے اشارے کے موجودگی میں ٹرانزسٹر بدلتا رہو، خط بو جھ پر چھل مت دی کرے گا۔ سائنس بدلتے اشارے کے موجودگی میں i_C دکھایا گیا ہے۔ شکل میں زیادہ سے زیادہ ممکن منی جیٹ کا i_C دکھایا گیا ہے۔ اگر داخلی اشارے کو مزید بڑھایا جائے تو i_C کا خپلا یعنی منی حصہ تراشاحبائے گا۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ نقطہ کار کردگی کو (V_{CEQ}, I_{CQ}) پر رکھئے ہوئے زیادہ سے زیادہ ممکن منی جیٹ I_{CQ} حاصل ہوتا ہے۔

شکل ۳.۷.۳ ب میں یہ سمجھئے رو خط بو جھ پر Q_2 نقطہ کار کردگی ہے۔ سائنس بدلتے اشارے کے موجودگی میں i_C دکھایا گیا ہے۔ غیر امنہ V_{CE} یعنی 0.2 V پر نقطے دار عسمودی لکسیر لگائی گئی ہے جسے بدلتا رہو، خط بو جھ پر نکراتا ہے۔ چونکہ ٹرانزسٹر غیر امنہ V_{CE} سے کم بر قی دباو پر قوت امنہ انشاں کو دیتا ہے لہذا i_C کی مثبت چھوٹی شکل میں دکھائے I_P پر تراشی جائے گی۔ اس طرح i_C کا زیادہ سے زیادہ ممکن جیٹ $I_{CQ2} = I_P$ کے برابر ہوگا۔ آئینہ بدلات رو خط بو جھ کے خط کی مساوات حاصل کریں۔ $y - x$ محدود پر m ڈھلوان اور نقطے $(x' - y')$ سے گزرتے خط کی مساوات $(x' - x) = m(x - x')$ ہوتی ہے۔ موجودہ مسئلہ میں $i_C = v_{CE} - v_{CEQ}$ محدود پر نقطے (V_{CEQ}, I_{CQ}) پر بدلتا رہو خط بو جھ کی مساوات درکار ہے۔ بدلتا رہو خط بو جھ عسمودی مدد کو $2I_{CQ}$ کو $\frac{1}{R_c}$ پر چھوٹے تب اس کی مساوات

$$(3.7.4) \quad i_C - I_{CQ} = -\frac{1}{R_c} (v_{CE} - V_{CEQ})$$

شکل ۳.۷.۳ میں نقطہ کار کردگی کو Q_1 اور Q_2 کے درمیان یوں رکھا جاتا ہے کہ i_C کا جیٹ دونوں جانب برابر تراشاحبائے۔ اس طرح زیادہ سے زیادہ ممکن جیٹ کا i_C حاصل کیا جاتا ہے۔ مساوات ۳.۷ کو استعمال کرتے ہوئے اس نقطے کو حاصل کریں۔ شکل ۳.۷ میں یہ سستے رو، خط بو جھ اور بدلتا رہو، خط بو جھ دکھائے گئے ہیں۔ غیر امنہ V_{CE} کو ظہر انداز کرتے ہوئے ہم دیکھتے ہیں کہ اگر بدلات رو، خط بو جھ عسمودی مدد کو $2I_{CQ}$ پر چھوٹے تب i_C کے دونوں جانب ناتراشاحیط I_{CQ} ہو گا۔ مساوات ۳.۷ میں یوں $0 = 2I_{CQ} - v_{CE}$ رکھئے ہوئے

$$2I_{CQ} - I_{CQ} = -\frac{1}{R_c} (0 - V_{CEQ})$$

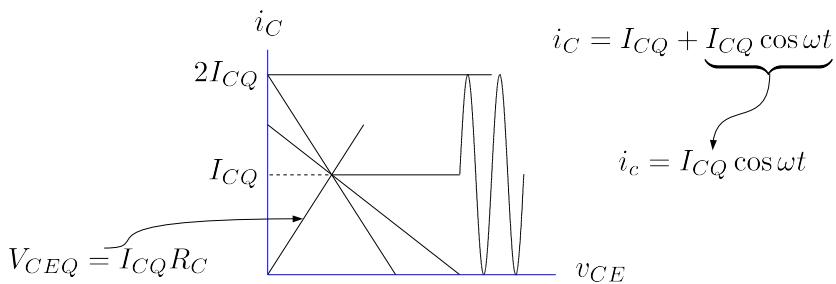
یعنی

$$(3.7.5) \quad V_{CEQ} = I_{CQ} R_c$$

حاصل ہوتا ہے۔ اس مساوات کو بھی شکل میں دکھایا گیا ہے۔ جہاں یہ مساوات اور یہ سست رو خط بو جھ آپس میں ملتے ہیں وہ درکار نقطے کار کردگی ہے۔ مساوات ۳.۷ میں $I_{EQ} \approx I_{CQ}$ لکھتے ہوئے اس میں مساوات ۳.۵ پر کرتے ہوئے دونوں جانب زیادہ سے زیادہ جیٹ حاصل کرنے کے لئے درکار نقطے کار کردگی پر بر قی رو

$$I_{CQ} = \frac{V_{CC}}{2R_c + R_E}$$

حاصل ہوتی ہے۔ اس مساوات میں $R_c + R_E$ اور $R_c = R_C + R_E$ یعنی R_c پر لکھتے ہوئے ایسا مساوات



شکل ۳.۲۸: زیادہ سے زیادہ ممکن جیٹھ حاصل کرنے کے لئے درکار نقطہ کارکردگی

حاصل ہوتا ہے جو اور کھنے کے لئے زیادہ آسان ثابت ہوتا ہے یعنی

$$(3.26) \quad I_{CQ} = \frac{V_{CC}}{R_{بلا} + R_{یکمی}}$$

اس مساوات کو مساوات ۳.۲۷ کے ساتھ ملاتے ہوئے

$$(3.27) \quad V_{CEQ} = \frac{R_{بلا} V_{CC}}{R_{بلا} + R_{یکمی}}$$

حاصل ہوتا ہے۔ مساوات ۳.۲۷ اور مساوات ۳.۲۶ زیادہ سے زیادہ ممکن جیٹھ کا حنارجی بدلتا اشارہ حاصل کرنے کے لئے درکار نقطہ کارکردگی دینے میں۔

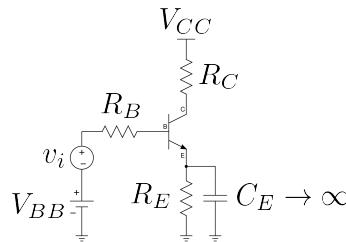
مثال ۳.۲۹: شکل ۳.۲۵ اف میں میں $V_{CC} = 12\text{ V}$ اور $R_E = 200\Omega$, $R_C = 1\text{k}\Omega$ ہیں۔ کپیٹر کی قیمت کو لاحقہ دو، تصور کرتے ہوئے بدلتے اشارے کا زیادہ سے زیادہ ممکن جیٹھ حاصل کرنے کے لئے درکار نقطہ کارکردگی دینے میں۔

حل: مساوات ۳.۲۷ اور مساوات ۳.۲۶ میں $R = 1000 + 200 = 1200$ اور $R_{بلا} = 1000$ استعمال کرتے ہوئے

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

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

نقطہ کارکردگی حاصل ہوتا ہے۔ یوں حنارجی بر ق روا کا زیادہ سے زیادہ ممکن جیٹھ 5.45 mA ہے۔



شکل ۳.۹۔ سید لستارو، خط بوجھ کی مثال

مثال ۳.۰۰: من رجہ بالمثال میں $\beta = 37$ اور $R_B = 760 \Omega$ میں مصالح کریں۔
حل: $R_E = \frac{10R_B}{\beta+1}$ کے استعمال سے $R_E = 760 \Omega$ مصالح ہوتا ہے۔ کرخونے کے وفاوند بر قی دباؤ کے استعمال سے

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

مصالح ہوتا ہے۔

مثال ۳.۳۱: شکل ۳.۹.۳ میں $V_{CC} = 17 \text{ V}$ ، $R_C = 1.2 \text{ k}\Omega$ ، V_{BE} کی قیمت ۵۰ تا ۱۵۰ میں ممکن ہے۔ فریڈنائزڈ V_{CE} کو 0.2 V لیتے ہوئے R_E اور R_B کے ایسی قیمتیں مصالح کریں کہ کم از کم $i_C = \pm 4 \text{ mA}$ تک ممکن ہو۔
حل: شکل ۳.۹.۳ میں صورت حال دکھائی گئی ہے۔ یک سمت رو، خط بوجھ افتنی محور کو V_{CC} کو $\frac{V_{CC}}{R_C + R_E}$ پر چھوتا ہے۔ بدلتا رو، خط بوجھ کی ڈھلوان $\frac{1}{R_C}$ ہے۔ جب تک i_C کا حیطہ Q_1 اور Q_2 کے درمیان کی اور یک سمت رو خط بوجھ کو نکرائے اس وقت تک $i_C = \pm 4 \text{ mA}$ ممکن ہے۔ Q_1 اور Q_2 کے درمیان کی اور معتام پر بدلتا رو خط بوجھ پائے جانے کی صورت میں i_C کا حیطہ $\pm 4 \text{ mA}$ یا اس سے زیادہ ممکن ہوگا۔
 Q_1 پر پائے جانے والا بدلتا رو، خط بوجھ کی صورت میں i_C کا حیطہ I_{CQ1} کے برابر ہو گا۔ اگر I_{CQ1} کی قیمت i_C کا حیطہ $\pm 4 \text{ mA}$ ہوتا ہے اور $i_C = 4 \text{ mA}$ ممکن ہوگا۔ یوں

Q_2 پر پائے جانے والا بدل سارو خط یوجہ، غیر امنزات دی V_{CE} پر عمودی کھینچے خط کو نقطے P پر لکراتا ہے۔ چونکہ V_{CE} سے کم بر قی دباد پر انز سرقوت امنز اش کھو دیتا ہے لہذا $i_C = I_{CQ2} - I_P$ کا حیطہ $i_C = I_{CQ2} + 4 \text{ mA}$ کا حیطہ $i_C = I_{CQ2} + 4 \text{ mA}$ مسکن ہو گا۔ اس طرح اگر Q_2 پر نقطے P پر نقطہ $I_{CQ2} + 4 \text{ mA}$ ہوتے ہیں تو $i_C = I_{CQ2} + 4 \text{ mA}$ کی بھی سیدھے نقطہ کی مساوات $(y - y') = m(x - x')$ میں $m = \frac{\Delta y}{\Delta x}$ حاصل ہوتے ہیں جہاں Δy اور Δx اس خط پر کسی دو نقطوں سے حاصل کے جاسکتے ہیں۔ بدل سارو خط یوجہ پر Q_2 اور P دو نقطیں میں جن سے

$$-\frac{1}{1200} = \frac{I_{CQ2} + 4 \text{ mA} - I_{CQ2}}{V_{CEQ2} - V_{CEQ2}}$$

لینی

$$V_{CEQ2} - 0.2 = 4 \times 10^{-3} \times 1200$$

لینی

(۳.۷۹)

$$V_{CEQ2} = 5 \text{ V}$$

لکھا جا سکتا ہے۔ یک سمت رو، خط یوجہ کی مساوات شکل ۳۹.۳ کے حنارجی جواب کر خوف کے وتاون سے یوں لکھی جا سکتی ہے

(۳.۸۰)

$$V_{CC} = V_{CEQ2} + I_{CQ2} (R_C + R_E)$$

مساوات ۳۹.۳ کو مندرجہ بالا مساوات میں استعمال کرتے ہیں

$$V_{CC} = 5 + I_{CQ2} (R_C + R_E)$$

جس سے I_{CQ2} کی قیمت

(۳.۸۱)

$$I_{CQ2} = \frac{V_{CC} - 5}{R_C + R_E} = \frac{12}{1200 + R_E}$$

حاصل ہوتی ہے۔ نقطہ کار کردگی کو Q_1 اور Q_2 کے درمیان رکھنے کی حرطہ I_{CQ} کامن درجہ ذیل مساوات پر پورا اتنا لازم ہے۔

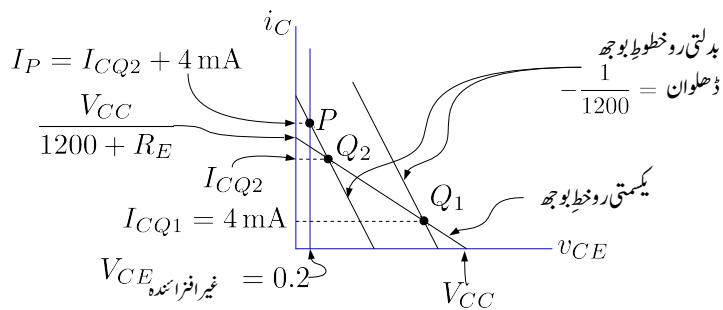
(۳.۸۲)

$$I_{CQ1} < I_{CQ} < I_{CQ2}$$

$$4 \text{ mA} < I_{CQ} < \frac{12}{1200 + R_E}$$

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

آئین اب β اور V_{BE} میں تبدیلی کے اثرات کو دیکھیں۔ شکل ۳۹.۳ کے داخلی جواب



شکل ۳.۵۰

$$(3.83) \quad V_{BB} = V_{BE} + I_{CQ} \left(\frac{R_B}{\beta + 1} + R_E \right)$$

یعنی

$$(3.83) \quad I_{CQ} = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{\frac{R_B}{\beta + 1} + R_E}$$

کہا ج سکتا ہے۔ مساوات ۳.۸۳ کا کوئی واحد حل نہیں پایا جاتا ہے بلکہ مختلف R_E لیتے ہوئے اسے حل کیا جا سکتا ہے۔ مثلاً اگر $R_E = 1 \text{ k}\Omega$ یا جبکہ $\beta = 50$ پر $R_B = 5.1 \text{ k}\Omega$ حاصل ہوتا ہے۔ ہم دیکھتے ہیں کہ $I_{CQ1} = 4 \text{ mA}$ یعنی کمتر بر قی رہا۔ س وقت پائی جائے گی جب $V_{BE} = 0.8 \text{ V}$ اور $\beta = 50$ ہو۔ ان قیمتیں کو استعمال کرتے ہوئے

$$V_{BB} = 0.8 + 4 \times 10^{-3} \left(\frac{5100}{50+1} + 1000 \right) = 5.2 \text{ V}$$

حاصل ہتا ہے۔ کی صورت میں مساوات ۳.۸۳ کے $\beta = 150$ اور $V_{BE} = 0.6 \text{ V}$

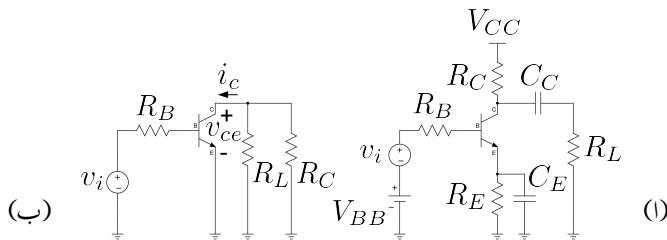
$$I_{CQ} = \frac{5.2 - 0.6}{\frac{5100}{150+1} + 1000} = 4.45 \text{ mA}$$

حاصل ہوتا ہے۔ $I_{CQ2} = 5.45 \text{ mA}$ پر مساوات ۳.۸۲ کے $R_E = 1 \text{ k}\Omega$ حاصل ہوتا ہے جو کہ ۴.45 mA سے زیاد ہے۔ یوں

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

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

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



شکل ۳.۵

مطلوبہ جوابات میں۔

مثال ۳.۳۲: شکل ۳.۵ ان میں C_C کے ذریعے ایک پیٹنائز کو برقی بوجھ R_L کے ساتھ وابستہ کیا گیا ہے۔ ایک پیٹنائز جو دو حصوں کی وابستگی پیدا کرتے ہوئے ایک حصے سے دوسرے حصے میں اشارے کی منتقلی کرے جائے گی۔ شکل میں C_C کا زیادہ سے زیادہ ممکنہ حیطہ اور اس کے لئے درکار نقطہ کار کردنی حاصل کریں۔ پیٹنائزوں کی قیمت لامحمدود تصور کریں۔
حل: یک سمت رو کے لئے پیٹنائزوں کو کھلے سرے کرتے ہوئے یک سمت رو، خط بوجھ کی مساوات حاصل کرتے ہیں۔

$$(3.85) \quad V_{CC} = i_C R_C + v_{CE} + i_E R_E$$

$$(3.86) \quad \approx v_{CE} + i_C (R_C + R_E)$$

بدلتے اشارے کے عدم موجودگی میں اس مساوات کو یوں لکھ سکتے ہیں۔

$$(3.87) \quad \text{یک سمت رو، خط بوجھ}$$

شکل ب میں بدلتا رو، خط بوجھ حاصل کرنے کی حناظر V_{BB} ، V_{CC} اور پیٹنائزوں کو قصر دور کیا گیا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ بدلتے اشارے کے نقطے نظر سے R_C اور R_L متوالی جبڑے ہیں۔ اس دور سے بدلتا رو، خط بوجھ یوں حاصل ہوتا ہے۔

$$(3.88) \quad v_{ce} + i_c \left(\frac{R_C R_L}{R_C + R_L} \right)$$

چونکہ $i_C = I_{CQ} + i_{ce}$ اور $v_{CE} = V_{CEQ} + v_{ce}$ ہوتے ہیں لہذا مندرجہ بالامساوات کو یوں لکھا جائے گا۔

$$(3.89) \quad i_C - I_{CQ} = - \left(\frac{R_C + R_L}{R_C R_L} \right) (v_{CE} - V_{CEQ}) \quad \text{بدلتارو، خط بوجھ}$$

جو کہ درکار بدلتارو، خط بوجھ ہے۔ یہ مساوات ۳.۸۷ کے طرز کی مساوات ہے لہذا مساوات ۳.۸۷ کی طرز پر یہاں بھی مساوات ۳.۸۷ اور

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

کو آپس میں حل کرتے ہوئے نقطہ کار کردگی حاصل کرتے ہیں۔

$$V_{CC} = I_{CQ} \frac{R_C R_L}{R_C + R_L} + I_{CQ} (R_C + R_E)$$

جس سے

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

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

حاصل ہوتا ہے جو کہ زیادہ سے زیادہ مکنن جیٹھا حاصل کرنے کے لئے درکار نقطہ کار کردگی ہے۔ جیسے شکل ۳.۸۳ میں دکھایا گیا ہے یوں i_C کا زیادہ سے زیادہ ناتراشا جیٹھا مندرجہ بالامساوات میں دئے گئے برابر ہو گا۔ چونکہ I_{CQ} کے برابر $\frac{R_C I_{CQ}}{R_L + R_C}$ ہو گا۔ متوالی جبڑے R_C اور R_L کے گزرتا ہے لہذا تقسم برقی رو سے R_L میں برقرار رکھنے کی وجتے i_{RL} کی قیمت $\frac{R_C I_{CQ}}{R_L + R_C}$ ہو گی۔ سائن نہ 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 ۳.۳۱ میں $V_{CC} = 12 \text{ V}$ ، $R_E = 400 \Omega$ اور $R_C = R_L = 2 \text{ k}\Omega$ میں زیادہ سے زیادہ i_C حاصل کرنے کے لئے درکار نقطہ کار کردگی حاصل کریں۔

حل: چونکہ $R_{BQ} = 1\text{k}\Omega$ جبکہ $R_{EQ} = 2.4\text{k}\Omega$ ہے لہذا مساوات ۱۱.۳ کے تحت نقطہ کار کردگی

$$I_{CQ} = \frac{12}{2400 + 1000} = 3.529 \text{ mA}$$

$$V_{CEQ} = 3.529 \times 10^{-3} \times 1000 = 3.529 \text{ V}$$

حاصل ہوتا ہے۔ یوں i_{RL} کا زیادہ سے زیادہ مکنٹ جیط ۳.۵۲۹ mA اور R_L سے گزرتے برقی رو i_{RL} کا زیادہ سے زیادہ مکنٹ جیط ۱.۷۶۵ mA ہو گا۔

۱۱.۳ ٹرانزسٹر ریاضی نمونہ برائے و سچ اشارات

وتم و کاغذ استعمال کرتے ہوئے ٹرانزسٹر ادوار کے متبلیں تجھوں حمل حاصل کرنے کے طریقوں پر گزشتہ حصوں میں تبصرے ہوئے۔ ان طریقوں سے حاصل جوابات سے بہتر نتائج حاصل کرنے کی حاضر نسبتاً بہتر ریاضی نمونہ استعمال کئے جاتے ہیں۔ آئیں ایسے چند ریاضی نمونوں پر غور کرتے ہیں۔

۱۱.۱ ایبرز-مال ریاضی نمونہ

ایبرز-مال ریاضی نمونہ ٹرانزسٹر کو افسزاں رہ، غیر افسزاں رہ اور منقطع تیسونوں خطوں میں نہایت عمدگی سے بیان کرتا ہے اور اسے استعمال کرتے ہوئے حقیقت کے بہت فتیریں نتائج حاصل ہوتے ہیں۔ یہ ریاضی نمونہ کم تعداد کے اشارات کے لئے استعمال کیا جاتا ہے۔ کمپیوٹر کا پروگرام سانچے ۱۱.۱ اسی ریاضی نمونے سے اخذ کرده مال-برداری ریاضی نمونہ استعمال کرتا ہے جس پر اگلے حصے میں لفتگو ہوگی۔

عسوی طرز پر مائل کردہ npn ٹرانزسٹر کے مختلف مساوات لکھتے وقت مساوات میں (F) بطور زیر نوشت استعمال کیا جائے گا تو عسوی طرز پر مائل کردہ ٹرانزسٹر کو ظہور کرے گا۔

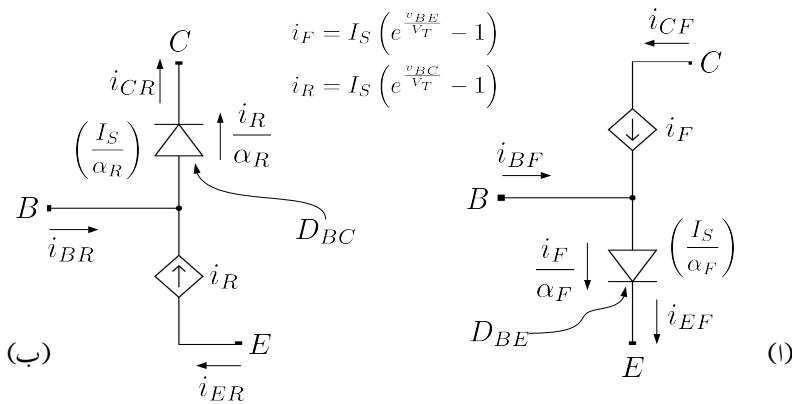
عسوی طرز پر مائل کردہ npn ٹرانزسٹر کے مکنٹ سرے پر برقی رو کی مساوات مندرجہ ذیل ہے۔

$$(۱۱.۱) \quad i_{CF} = I_S \left(e^{\frac{V_{BE}}{V_T}} - 1 \right)$$

اس مساوات کی مدد سے بیکھر برقی رو i_{EF} اور بیس برقی رو i_{BF} حاصل کرتے ہیں۔

$$(۱۱.۲) \quad i_{EF} = \frac{i_{CF}}{\alpha_F} = \frac{I_S}{\alpha_F} \left(e^{\frac{V_{BE}}{V_T}} - 1 \right)$$

$$(۱۱.۳) \quad i_{BF} = i_{EF} - i_{CF} = \frac{I_S}{\alpha_F} \left(e^{\frac{V_{BE}}{V_T}} - 1 \right) - I_S \left(e^{\frac{V_{BE}}{V_T}} - 1 \right)$$



شکل ۳.۵۲ npn ٹرانزسٹر کے ایبر-میل ریاضی نمونہ کا حصول

اس آخری مساوات کو حاصل کرتے وقت مساوات ۹۲.۳ اور مساوات ۱۹۵.۳ استعمال کئے گئے۔ اس آخری مساوات کو مزید حل کر کے یوں بھی لکھا جاتا ہے۔

$$(3.97) \quad i_{BF} = I_S \left(\frac{1}{\alpha_F} - 1 \right) \left(e^{\frac{V_{BE}}{V_T}} - 1 \right) = \frac{I_S}{\beta_F} \left(e^{\frac{V_{BE}}{V_T}} - 1 \right)$$

جہاں

$$(3.98) \quad \left(\frac{1}{\alpha_F} - 1 \right) = \frac{1 - \alpha_F}{\alpha_F} = \frac{1}{\beta_F}$$

کا استعمال کیا گیا۔

ان مساوات سے آپ دکھلتے ہیں کہ $i_{CF} = \beta_F i_{BF}$ اور $i_{EF} = \alpha_F i_{BF}$ یعنی $i_{CF} = \alpha_F i_{EF}$ ہے۔ پھر مساوات ۹۲.۳ اور مساوات ۹۵.۳ کا مساوی مساوات ۹۲.۳ (یا اس کا مساوی مساوات ۹۲.۳) ٹرانزسٹر کے سروں پر برقی روکے مساوات ہیں۔ ایک ایسا دور جس کے تین سرے ہوں اور جسے حل کر کے اس کے سروں پر بھی تین مساوات حاصل ہوں کو ٹرانزسٹر کا ریاضی نمونہ قصور کیا جاتا ہے۔

شکل ۳.۵۲ اف میں تالع مفع و ۸۳ کا استعمال کیا گیا ہے جس کی اب مساوات مندرجہ ذیل ہے۔

$$(3.99) \quad i_F = I_S \left(e^{\frac{V_{BE}}{V_T}} - 1 \right)$$

اس کے علاوہ اس شکل میں ایک عدد ڈائیڈ استعمال کیا گیا ہے۔ جیسا کہ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ یہ ٹرانزسٹر کے یہس-بیٹر جوڑ کا ڈائیڈ D_{BE} ہے۔ مساوات ۲.۲ میں ڈائیڈ کے لبریزی برقی روکویہاں I_{SBE} لکھتے ہوئے اس ڈائیڈ میں برقی روکی مساوات مندرجہ ذیل ہے۔

$$(3.100) \quad i_D = I_{SBE} \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right)$$

جہاں I_{SBE} یہس-بیٹر جوڑ کے ڈائیڈ لبریزی برقی رو ہے جس کی قیمت مندرجہ ذیل ہے

$$(3.101) \quad I_{SBE} = \frac{I_S}{\alpha_F}$$

شکل میں I_{SBE} کی اس قیمت کو یاد رہانی کی حفاظت ڈائیڈ کے ترتیب تو میں میں بند لکھا گیا ہے۔ آئین شکل ۲.۳ اف 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 سرے کی برقی رو i_{EF} اور ڈائیڈ D_{BE} میں گزرنے والی برقی رو $I_{D_{BE}}$ بھی آپس میں برابر ہیں یعنی

$$(3.103) \quad i_{EF} = \frac{I_S}{\alpha_F} \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right)$$

یہس سرے پر کر خوف کے فناون برائے برقی رو کے تحت $i_{BF} = i_{EF} - i_{CF}$ ہو گا یعنی

$$(3.104) \quad i_{BF} = \frac{I_S}{\alpha_F} \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right) - I_S \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right)$$

ہم دیکھتے ہیں کہ مساوات ۳.۱۰۲ اور مساوات ۳.۱۰۳ کو ۹۴.۳ اور مساوات ۹۵.۳ کے مقابلہ میں دکھائے دوں گے۔ یہ شکل ۵۲.۳ اف میں دکھائے دوں کو عمومی طرز پر مائل کردا ہے۔ ٹرانزسٹر کاریاضی نوٹس تصور کیا جاتا ہے۔

اب تصور کریں کہ ٹرانزسٹر کے بیٹر اور گلکسٹر سروں کو استعمال کے نقطے سے آپس میں بدل دیا جائے یعنی یہس-بیٹر جوڑ کو غیر چالو جبکہ یہس- گلکسٹر جوڑ کو سیدھا مائل کر دیا جائے۔ ایسا کرنے سے شکل ب حاصل ہوتا ہے جو غیر عمومی طرز پر مائل کردہ ٹرانزسٹر کاریاضی نوٹس ہے۔ شکل ب میں i_{CR} ، i_{ER} اور α_R لکھتے ہیں کہ R کو بطور زیر نوشت استعمال کیا گیا ہے جو غیر عمومی طرز پر مائل کردہ صورت کو ظاہر کرتا ہے۔ شکل ب میں ٹرانزسٹر کے سروں کے نام تبدیل نہیں کئے گئے ہیں یعنی جس سرے کو شکل اف میں E کہا گیا، اسی سرے کو شکل ب میں بھی E کہا گیا ہے۔ یہ شکل ب میں بیٹر اور گلکسٹر سروں پر برقی رو کی مستین الٹی ہوں گی۔

شکل ب میں یہس- گلکسٹر جوڑ کے ڈائیڈ کے لبریزی برقی رو I_{SBC} کی قیمت مندرجہ ذیل ہے

$$(3.105) \quad I_{SBC} = \frac{I_S}{\alpha_R}$$

یوں اس ڈائیوڈ کے برقی روکی مساوات مندرجہ ہیں ہوگی۔

$$(3.106) \quad i_{DBC} = \frac{I_S}{\alpha_R} \left(e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right)$$

شکل میں تابع منبع v_R کا بھی استعمال کیا گیا ہے جس کی اب مساوات مندرجہ ہیں ہے۔

$$(3.107) \quad i_R = I_S \left(e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right)$$

اس شکل کے تین سروں پر برقی روک حاصل کرتے ہیں۔
ہم دیکھتے ہیں کہ ڈائیوڈ کا برقی روکی i_{CR} ہے لہذا

$$(3.108) \quad i_{CR} = \frac{I_S}{\alpha_R} \left(e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right)$$

اسی طرح i_{ER} اور i_R ہی ہے لہذا

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

یہیں سرے پر کر خوف کے وقت ان برائے برقی روک سے 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 آخری مساوات کو حاصل کرتے وقت مساوات ۳.۱۰۸ اور مساوات ۳.۱۰۹ استعمال کئے گے۔ اس آخری مساوات کو مزید حاصل کر کے یوں بھی لکھا جا سکتا ہے۔

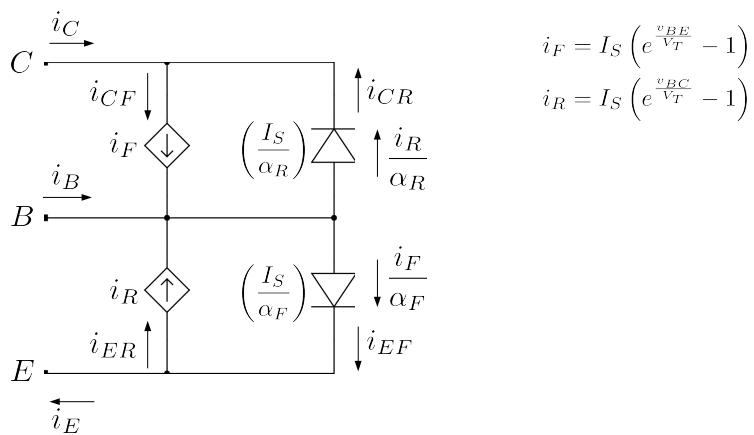
$$(3.111) \quad i_{BR} = I_S \left(\frac{1}{\alpha_R} - 1 \right) \left(e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right) = \frac{I_S}{\beta_R} \left(e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right)$$

جب

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

کا استعمال کیا گیا۔

n-p-n ٹرانزسٹر کی کارکردگی کو افسزاں نہ، غیر افسزاں نہ اور منقطع تیسیوں خطوں میں بیان کرنے کی خاطر شکل ۵۲.۳ افے اور شکل بے کے ادوار آپس میں متوازی جوڑ کر شکل ۵۳.۳ حاصل کیا جاتا ہے جو *n-p-n* ٹرانزسٹر کا ایسبر-مال ریاضی نمونہ ہے۔ عمومی طرز پر مال ٹرانزسٹر کا یہیں۔ یہیں جوڑ سیدھا مال (یعنی $v_{BE} \geq 0$ V) ہوتا ہے جبکہ یہیں۔ ٹکٹر جوڑ غیر چالا (یعنی $v_{BC} \leq 0.5$ V) ہوتا ہے۔ یوں مثلاً اگر $i_R \approx I_S = 1.957$ mA اور $i_F = 10^{-14}$ A تو $v_{BC} = -0.5$ V اور $v_{BE} = 0.65$ V



شکل ۳.۵۳ npn کا ٹرانزسٹر کا ایسبر-مال ماذل

حاصل ہوتے ہیں۔ اس طرح i_n اور اس پر مختص جزو و ظفر انداز کے جب سکتے ہیں۔ شکل ۳.۵۳ میں ایسا ہی کرتے ہوئے یاضی نمونے کے وہ حصے دکھائے گئے ہیں جو عمومی طرز پر مائل npn ٹرانزسٹر کی کارکردگی دیتے ہیں۔ یاضی نمونے کے بقیا حصوں پر کالا گیا گیا ہے ظفر انداز کیسا گیا ہے۔ اسی طرح شکل ب میں غیر عموی طرز پر مائل ٹرانزسٹر کی کارکردگی دینے والے حصے دکھائے گئے ہیں جبکہ بقیا حصوں پر کالا گیا گیا ہے۔

i_R اور i_n کے مساوات ایک جیسے اشکال رکھتے ہیں اور یوں معلوم ہوتا ہے جیسے ٹرانزسٹر کے دونوں جناب کی کارکردگی یکساں ہو گی۔ حقیقت میں ایسا نہیں۔ فرض کریں کہ $I_S = 10^{-14} \text{ A}$ ، $\alpha_R = 0.01$ ، $\alpha_F = 0.99$ اور $V_{BE} = 0.65 \text{ V}$ ہیں۔ اس ٹرانزسٹر کو عموی طرز پر

$$V_{BE} = 0.65 \text{ V}$$

پر مائل کیا جاتا ہے۔ یوں

$$I_F = 1.9573 \text{ mA}$$

حاصل ہوتا ہے جس سے

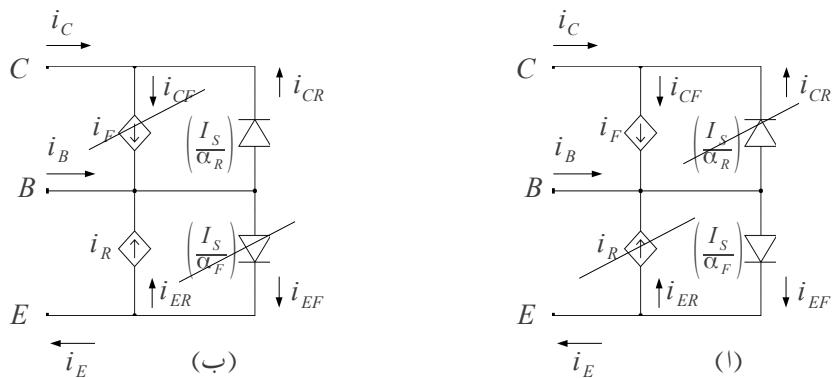
$$I_C = 1.9573 \text{ mA}$$

$$I_E = 1.9771 \text{ mA}$$

$$I_B = 19.573 \mu\text{A}$$

حاصل ہوتے ہیں۔ اس کے برعکس اگر اسی ٹرانزسٹر کو غیر عموی طرز پر

$$V_{BC} = 0.65 \text{ V}$$



شکل ۳.۵۳ npn ایکسپریس مال ریاضی نمونہ کی کارکردگی

پر مائل کیا جائے تب

$$I_R = 1.9573 \text{ mA}$$

حصصیل ہوتا ہے۔ (ٹرانزسٹر کے سروں کے نام تبدیل کئے بغیر) اس سے

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

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

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

حصصیل ہوتے ہیں۔ فرق صاف ظاہر ہے۔

غیر امنڑاں دھنے خلی میں یہیں۔ ایکٹر جوڑ اور یہیں۔ گلکشن جوڑ دونوں سیدھے مائل ہو سکتے ہیں۔ ایک صورت میں i_F اور i_R دونوں کی قیمتیں ناتابی نظر انداز ہوں گی اور پورا ریاضی نمونہ استعمال ہو گا۔ شکل ۳.۵۳ کو دیکھتے ہوئے ہم لکھ سکتے ہیں۔

$$(3.113) \quad i_E = i_{EF} - i_{ER} = i_{EF} - \alpha_R i_{CR}$$

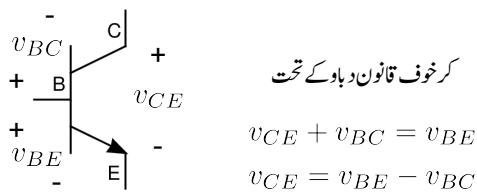
$$(3.114) \quad i_C = i_{CF} - i_{CR} = \alpha_F i_{EF} - i_{CR}$$

$$(3.115) \quad i_B = i_E - i_C$$

مدادات ۳.۱۰۲ اور مدادات ۳.۱۰۸ کو یوں لکھا جا سکتا ہے۔

$$(3.116) \quad i_C = I_S \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right) - \frac{I_S}{\alpha_R} \left(e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right)$$

$$(3.117) \quad \approx I_S e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - \frac{I_S}{\alpha_R} e^{\frac{v_{BC}}{V_T}}$$



شکل ۵۵. ۳: ٹرانزسٹر پر برقی دباؤ کا آپس میں تعلق

اسی طرح مساوات ۱۱۳ کو یوں لکھا جاتا ہے

$$(۳.۱۱۸) \quad i_E \approx \frac{I_S}{\alpha_F} e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - I_S e^{\frac{v_{BC}}{V_T}}$$

اسی طرح مساوات ۱۱۵ کے حامل ہوتا ہے

$$(۳.۱۱۹) \quad \begin{aligned} i_B &\approx \left(\frac{I_S}{\alpha_F} e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - I_S e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} \right) - \left(I_S e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - \frac{I_S}{\alpha_R} e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} \right) \\ &= \left(\frac{1}{\alpha_F} - 1 \right) I_S e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} + \left(\frac{1}{\alpha_R} - 1 \right) I_S e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} \\ &= \frac{I_S}{\beta_F} e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} + \frac{I_S}{\beta_R} e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} \end{aligned}$$

مساوات ۱۱۶ میں $e^{\frac{v_{BC}}{V_T}}$ کو سین کے باہر بدلنے سے اسے یوں لکھا جاتا ہے

$$(۳.۱۲۰) \quad i_C = I_S e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} \left(e^{\frac{v_{BE}-v_{BC}}{V_T}} - \frac{1}{\alpha_R} \right)$$

شکل ۵۵. ۳ میں ٹرانزسٹر پر برقی دباؤ کے مابین تعلق بیان کیا گیا ہے یعنی

$$(۳.۱۲۱) \quad v_{CE} = v_{BE} - v_{BC}$$

جسے استعمال کرتے ہم اس مساوات کو یوں لکھ سکتے ہیں

$$(۳.۱۲۲) \quad i_C = I_S e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} \left(e^{\frac{v_{CE}}{V_T}} - \frac{1}{\alpha_R} \right)$$

بھی طریق مساوات ۱۹.۳ پر استعمال کرتے ہیں لیکن

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

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

مساوات ۱۲۲.۳ کو مساوات ۱۲۳.۳ پر تقسیم کرنے سے حاصل ہوتا ہے

$$(3.125) \quad \frac{i_C}{i_B} = \frac{I_S e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} \left(e^{\frac{v_{CE}}{V_T}} - \frac{1}{\alpha_R} \right)}{I_S e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} \left(e^{\frac{v_{CE}}{V_T}} + \frac{1}{\beta_R} \right)} = \beta_F \frac{\left(e^{\frac{v_{CE}}{V_T}} - \frac{1}{\alpha_R} \right)}{\left(e^{\frac{v_{CE}}{V_T}} + \frac{\beta_F}{\beta_R} \right)}$$

اس مساوات سے v_{CE} کی مساوات حاصل کی جا سکتی ہے لیکن

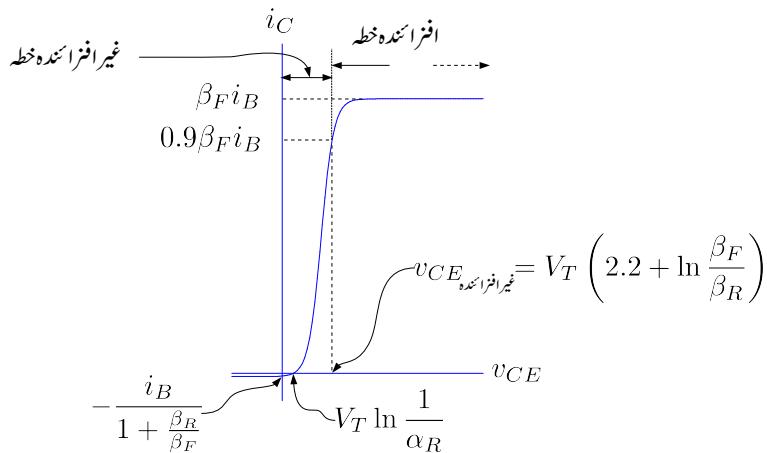
$$(3.126) \quad v_{CE} = V_T \ln \left(\frac{\frac{1}{\alpha_R} + \frac{(i_C/i_B)}{\beta_R}}{1 - \frac{(i_C/i_B)}{\beta_F}} \right)$$

مندرجہ بالا انجبرا سے ایسا معلوم ہوتا ہے جسے ٹرانزسٹر کے ٹرانزسٹر کے بیٹر اور گلکٹر سروں کو آپس میں بدل جاسکتا ہے۔ حقیقت میں ٹرانزسٹر یوں بنائے جاتے ہیں کہ عوام ۱ ≈ α_F اور $\alpha_R \approx 0.01$ اور β_F کے برابر ہوتے ہیں۔ یوں α_R کی قیمت β_R کی قیمت سے کمی گناہیہ ہوتی ہے اور ٹرانزسٹر صرف عمومی طرز پر سیدھا مائل کرنے سے یہ اس کی صحیح کارکردگی حاصل کی جا سکتی ہے۔ مساوات ۱۲۵.۳ کو شکل ۵۶.۳ میں دکھایا گیا ہے۔ شکل سے واضح ہے کہ v_{CE} کو زیادہ بڑھانے سے برقرار رکھنے پر فشار قیمت ($\beta_F i_B$) حاصل کر لیتی ہے۔ شکل میں افزاں نہ 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 تر قیمت کے نوٹی فی صد ہو (لیکن جہاں $i_C = 0.9\beta_F i_B$ ہو) یہی ان دو خطوں کے مابین حد ہے۔ مساوات ۱۲۶.۳ سے اس حد پر برقرار رکھنے پر v_{CE} یوں حاصل کی جاسکتا ہے

$$(3.127) \quad V_{CE} = V_{CE, \text{غیر افزاں}} = V_T \ln \left(\frac{\frac{1+\beta_R}{\beta_R} + \frac{0.9\beta_F}{\beta_R}}{1 - 0.9} \right)$$

جسے غیر افزاں V_{CE} لکھتے ہیں۔ عموماً β_F کی قیمت β_R سے کمی گناہیہ ہوتی ہے اور یوں اس مساوات کو اس طرح بھی لکھا جاسکتا ہے۔

$$(3.128) \quad V_{CE, \text{غیر افزاں}} \approx V_T \ln \left(\frac{\frac{0.9\beta_F}{\beta_R}}{1 - 0.9} \right) = V_T \ln \frac{9\beta_F}{\beta_R} = V_T \left[2.2 + \ln \left(\frac{\beta_F}{\beta_R} \right) \right]$$

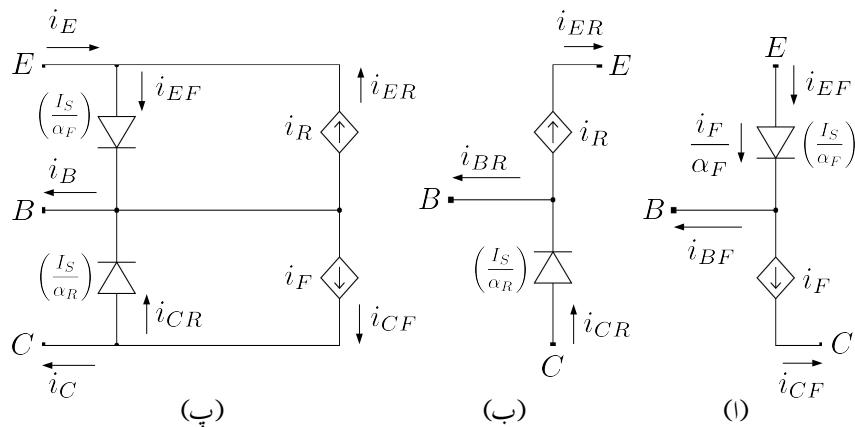


شکل ۱۱.۳: ایسبرز-مال ریاضی نوٹسہ سے حاصل کردہ ٹرانزسٹر کا خط

اگر $\beta_F = 180$ اور $\beta_R = 0.01$ اور $V_{CE} = 0.2995$ V ہوں تب $i_C = 0.21756$ A میں چلا جائے گا۔ اس کتاب میں چلا جانے والا طور بتایا ہے جبکہ وہاں $V_{CE} = 0.2$ V ہے جس کا v_{CE} میں دئے گئے خطوں سے یہ علاقہ تاثر ملتا ہے کہ $v_{CE} = 0$ V پر $i_C = 0$ A کے برابر ہوتا ہے۔ شکل ۱۱.۳ میں دیکھی جائے گی کہ ایسا ہر ٹرانزسٹر کے لئے $v_{CE} = 0$ V پر $i_C = 0$ A کے برابر ہوتا ہے۔ اسی طرح $v_{CE} = 0$ V پر i_C کی قیمت بھی یہاں شکل پر دکھائی گئی ہے۔ کچھ ادوار میں ٹرانزسٹر کا ایسبرز-مال مسئلہ 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۔

۱۱.۲ pnp ٹرانزسٹر کا ایسبرز-مال مسئلہ

شکل ۱۱.۴ میں ایسبرز-مال ریاضی نوٹسہ کا حصول دکھایا گیا ہے۔ شکل الف میں عمومی طرز پر مائل کردہ ٹرانزسٹر کا ریاضی نوٹسہ دکھایا گیا ہے جبکہ شکل ب میں غیر عمومی طرز پر مائل کردہ ٹرانزسٹر کا ریاضی نوٹسہ دکھایا گیا ہے۔ ان دونوں کو متنازی جوڑ کر شکل پ میں pnp ٹرانزسٹر کا کامل ایسبرز-مال ریاضی نوٹسہ دکھایا گیا ہے۔ چونکہ عمومی طرز پر مائل کردہ pnp ٹرانزسٹر میں بیٹری (E - B) جوڑ سیدھا مائل کیا جاتا ہے



شکل ۳.۵.۳: pnp ٹرانزسٹر کا ایسپر-مال ماذل

لہذا pnp ٹرانزسٹر کے مادات لکھتے وقت v_{EB} کا استعمال کیا جاتا ہے لہذا

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

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

لکھ جائیں گے۔ امید کی جاتی ہے کہ آپ اس ریاضی نمونے کو خود سمجھ سکیں گے۔

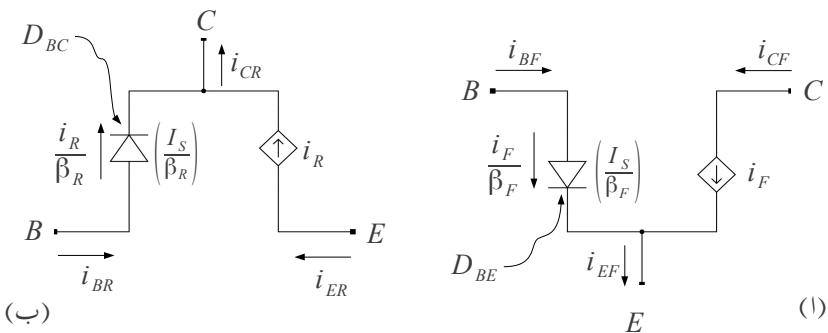
۳.۱۱.۳ مال برداری ریاضی نمونہ

شکل ۳.۶.۳ اف میں عمومی طرز پر مائل (یعنی سیدھا مائل) npn ٹرانزسٹر کا ایک اور ریاضی نمونہ دکھایا گیا ہے جیسا کہ i_{EF} ، i_{CF} وغیرہ لکھتے ہوئے (F) کو بطور زیر نوشت استعمال کیا گیا ہے جو کہ عمومی طرز پر مائل ٹرانزسٹر کو ظاہر کرتا ہے۔ عمومی طرز پر مائل کردہ (یعنی سیدھا مائل کردہ) ٹرانزسٹر کا یہیں۔ بھر جوڑ سیدھا مائل جبکہ اس کا یہیں۔ مکثہ جوڑ غیر چالاک کہا جاتا ہے۔ اس شکل میں تابع منبع رو i_F استعمال کیا گیا ہے۔

i_F وہ برقی رو ہے جو ایکسٹر خط کے مابین یہیں خط کے ذریعے باروں کی مال برداری سے پیدا ہوتا ہے۔ اسے سیدھے رخ مال برداری سے پیدا بر قی رو کہ سکتے ہیں۔

اس ریاضی نمونہ میں ایک عدد ڈائیوڈ استعمال کیا گیا ہے جو دراصل ٹرانزسٹر کے یہیں۔ بھر جوڑ کے ڈائیوڈ D_{BE} کو ظاہر کرتا ہے۔ مادات ۳.۲ میں ڈائیوڈ کے لبریزی برقی رو کو I_{SBE} لکھتے ہیں۔ موجودہ استعمال میں I_{SBE} تیقت مندرجہ ذیل ہے

$$(3.129) \quad I_{SBE} = \frac{I_S}{\beta_F}$$



شکل ۵.۵۸: npn ٹرانزسٹر کے مال برداری یاضی نمونہ کا حصول

شکل اف میں ڈائوڈ D_{BE} کے متربی قوسین میں بند I_{SBE} کی قیمت $\frac{I_S}{\beta_F}$ کو یاد رہنی کے حناطر لکھ گیا ہے۔ اس طرح ڈائوڈ D_{BE} کے مساوات کو یوں لکھا جاتا ہے۔

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

شکل اف 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 ۵.۹.۳ ب میں ٹرانزسٹر کے یہیں۔ گلکشن جوڑ کو سیدھا مائل جبکہ یہیں۔ ہم جوڑ کو غیر چاہا کر ٹرانزسٹر کو غیر عسوی طرز پر (یعنی الٹا) مائل کیا گیا ہے۔ اس شکل میں ڈائوڈ D_{BC} استعمال کیا گیا ہے جو ٹرانزسٹر کے یہیں۔ گلکشن جوڑ کے ڈائوڈ کو ظاہر کرتا ہے۔ اس ڈائوڈ کے لبریزی بر قررو I_{SBC} کی قیمت مندرجہ ذیل ہے۔

$$(3.134) \quad I_{SBC} = \frac{I_S}{\beta_R}$$

شکل (ب) میں یاد رہنی کی حناطر ڈائوڈ کے متربی اس قیمت کو قوسین میں بند لکھا گیا ہے۔ ڈائوڈ کے علاوہ ایک عدد دت ہو منبع بر قررو i_R استعمال کیا گیا ہے جو ہم اور گلکشن خطوں کے مابین، یہیں خطے کے ذریعہ، باروں

کے مال برداری سے پیدا بر قی رو کو ظاہر کرتا ہے۔ استعمال ہونے والے i_R کا فات ابو مساوات مندرجہ ذیل ہے۔

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

شکل بے کو دیکھتے ہوئے بر قی 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 نوشت استعمال کیا گیا ہے جو غیر عموی طرز پر مائل کردہ ٹرانزسٹر کو ظاہر کرتا ہے۔ یہاں یہ میں خط میں غیر عموی (یعنی اٹھی) رخ باروں کے مال برداری سے حاصل بر قی رو کو i_R کہا گیا ہے۔ یوں i_R کو اٹھی رخ مال برداری سے پیدا بر قی رو کہہ سکتے ہیں۔

npn ٹرانزسٹر کو افراہ اندہ، غیر افراہ اندہ اور مقطع تیسیوں خطوں میں ظاہر کرنے کی حاضر شکل ۵۸.۳ الف اور شکل بے کو متوازی جوڑ کر شکل ۵۹.۳ حاصل کیا گیا ہے جو ٹرانزسٹر کا مال برداری ریاضی موسن ہے۔ دونوں اسٹکال کو متوازی جوڑتے وقت i_F اور i_R کے مجموعے کو i_T کہا گیا ہے یعنی

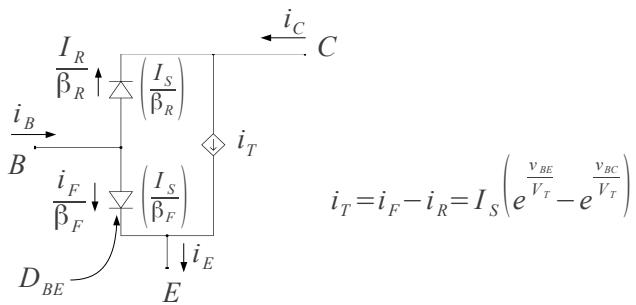
$$(3.139) \quad \begin{aligned} i_T &= i_F - i_R \\ &= I_S \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right) - I_S \left(e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right) \\ &= I_S \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} \right) \end{aligned}$$

یوں i_T کو کسی بھی طرز پر مائل کردہ ٹرانزسٹر میں باروں کے مال برداری سے حاصل بر قی رو تصور کیا جاسکتا ہے۔ شکل ۵۹.۳ میں دکھائے مال برداری ریاضی موسن کو دیکھتے ہوئے، مساوات ۱۳۱.۳ اور ۱۳۲.۳ 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 رخ ٹرانزسٹر کے سرے پر باہر جانب کو ہے، i_{ER} کا رخ اندر کی جانب کو ہے، i_{CF} کا رخ اندر جانب کو جبکہ i_{CR} کا رخ باہر جانب کو ہے۔ یوں

$$(3.140) \quad i_C = i_{CF} - i_{CR}$$

$$(3.141) \quad i_E = i_{EF} - i_{ER}$$

$$(3.142) \quad i_B = i_{BF} - i_{BR}$$



شکل ۵۹. ٹرانزسٹر کمال برداری ماذل

$$\begin{aligned}
 i_C &= I_S \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right) - \frac{I_S}{\alpha_R} \left(e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right) \\
 &= I_S \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right) - I_S \left(1 + \frac{1}{\beta_R} \right) \left(e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right) \\
 &= I_S \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right) - I_S - \frac{I_S}{\beta_R} \left(e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right) \\
 &\approx I_S \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right) - \frac{I_S}{\beta_R} \left(e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right)
 \end{aligned} \tag{۳.۱۳۳}$$

$\frac{1}{\alpha} = 1 + \frac{1}{\beta}$ کا استعمال کیا گی جس سے مساوات کے حصول میں دوسری متدم پر $\frac{\beta}{1+\beta}$ مساوات کے حصول کے آخری متدم پر I_S کو نظر انداز کیا گی۔

$$\begin{aligned}
 i_E &= \frac{I_S}{\alpha_F} \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right) - I_S \left(e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right) \\
 &= I_S \left(1 + \frac{1}{\beta_F} \right) \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right) - I_S \left(e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right) \\
 &\approx I_S \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} \right) + \frac{I_S}{\beta_F} \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right)
 \end{aligned} \tag{۳.۱۳۴}$$

$\frac{1}{\alpha} = 1 + \frac{1}{\beta}$ کا استعمال کیا گی جس سے مساوات کے حصول میں دوسری متدم پر $\frac{\beta}{1+\beta}$ مساوات کے حصول کے آخری متدم پر I_S کو نظر انداز کیا گی۔

$$i_B = \frac{I_S}{\beta_F} \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right) + \frac{I_S}{\beta_R} \left(e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right) \tag{۳.۱۳۵}$$

مساوات ۳.۳ اور مساوات ۳.۴ میں پہلی تو سین یہ میں خطے میں کل باروں کی مال برداری سے پیدا بر قی رو_T کو ظاہر کرتا ہے جس کی قیمت شکل ۳.۵ اور شکل بے سے یہ حاصل ہوتی ہے۔

$$(3.134) \quad i_T = i_F - i_R = I_S \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} \right)$$

یوں مساوات ۳.۳ اور مساوات ۳.۴ کو اس طرح لکھا جاسکتا ہے۔

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

$$(3.138) \quad i_E = i_T + \frac{I_S}{\beta_F} \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right)$$

مثال ۳.۳۳: مال برداری ریاضی نوٹس سے npn ٹرانزسٹر کے i_B ، i_C اور i_E بر قی رو حاصل کریں۔
حل: شکل ۳.۵ کو دیکھتے ہوئے دوڈا یوڈ کے بر قریب یوں 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 کرخوف کے فتنون برائے بر قی رو سے i_B حاصل کی جاسکتا ہے یعنی

$$(3.139) \quad i_B = i_{D_{BE}} + i_{D_{BC}}$$

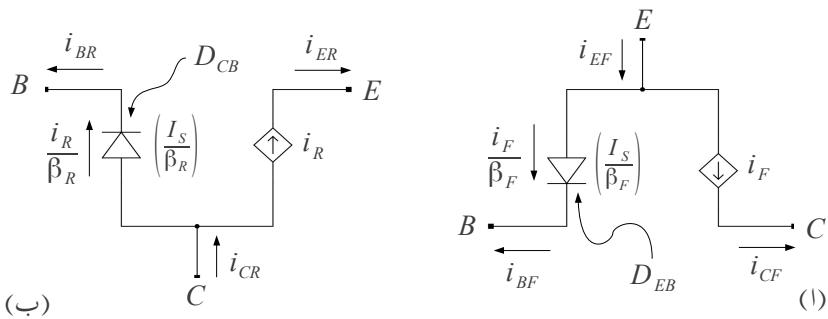
$$(3.140) \quad = \frac{I_S}{\beta_F} \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right) + \frac{I_S}{\beta_R} \left(e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right)$$

یہ بالکل مساوات ۳.۴ کی حاصل ہو اے۔ اسی طرح گلکسٹر اور یہٹر سروں پر کرخوف کے فتنون برائے بر قی رو کی مدد سے ہم لکھ سکتے ہیں۔

$$(3.141) \quad i_C = i_T - i_{D_{BC}} = I_S \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} \right) - \frac{I_S}{\beta_R} \left(e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right)$$

$$(3.142) \quad i_E = i_T + i_{D_{BE}} = I_S \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} \right) - \frac{I_S}{\beta_F} \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right)$$

یہ بالکل مساوات ۳.۳ اور مساوات ۳.۴ کے جواب ہی ہیں۔



شکل ۳.۲۰: pnp ٹرانزسٹر کے مال برداری ریاضی نمونہ کا حصول

مثمن ۳.۳: مثمن: شکل ۴۰.۳ کی مدد سے pnp ٹرانزسٹر کے مساوات لکھیں اور ٹرانزسٹر کا مال برداری ریاضی نمونہ س مصل کریں جسے شکل ۴۱.۳ میں دکھایا گیا ہے۔

عسوی طرز پر مائل ٹرانزسٹر میں یہ ہے۔ یہس جوڑ کو سیدھا مائل $v_{EB} \geq 0V$ جبکہ گلکسٹر۔ یہس جوڑ کو غیر ہپ اور کھا جاتا ہے جبکہ غیر عسوی طرز پر مائل کردہ pnp ٹرانزسٹر میں v_{EB} کو غیر ہپ اور کھا جاتا ہے جبکہ v_{CB} کو سیدھا مائل کھا جاتا ہے۔ یوں سیدھے زن اور الٹے زن باروں کے مال برداری سے پیدا بر قی رو کے مساوات مندرجہ ذیل ہوں گے۔

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

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

۳.۱۲ نفی کار

شکل ۴۲.۳ میں چند خطوط دکھائے گئے ہیں۔ آپ $mx = y$ کے خط سے تجویزی و اتفاقی ہیں۔ یہ خط کار تیمی محمد دکے مبدأ $(0,0)$ سے گزرتا ہے۔ اسی شکل میں $-mx = y$ کو تجویزی دکھایا گیا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ x محور میں mx کا ٹکس لینے سے $y = -mx$ حاصل ہوتا ہے۔ اگر $y = mx$ کو $(0,0)$ سے $(0,c)$ کو $y = -mx$ کا ٹکس لینے سے $y = mx + c$ حاصل ہوتا ہے۔ اسی طرح $-mx$ کو $(0,0)$ سے $(0,c)$ کو $y = -mx + c$ کا ٹکس لینے سے $y = mx + c$ حاصل ہوتا ہے۔

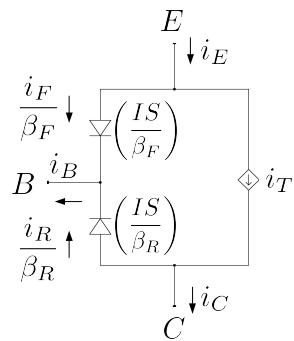
اسی طرح $f(y) = f(x)$ کا محور میں ٹکس $y = -f(y)$ ہے۔ x کا اور خط کو ثابت x جانب c کا مقتل کرنے سے $x = f(y) + c$ حاصل ہوتا ہے۔ ان حقائق کو یوں بیان کیا جاسکتا ہے۔

• محور میں $x = f(y)$ کا ٹکس لینے سے $y = -f(y)$ حاصل ہوتا ہے۔

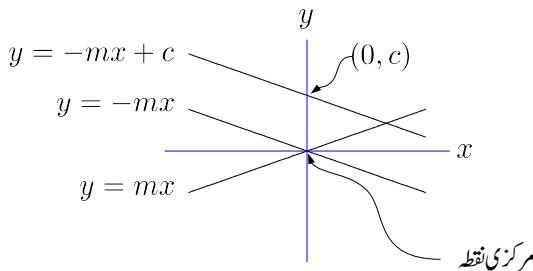
ڈائوڈ کے بیرونی بر قررو
مندرجہ ذیل ہیں

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

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



شکل ۳.۲۱: pnp ٹرانزسٹر کا مکمل برداری ریاضی نمونہ



شکل ۳.۲۲: افقی محور میں ٹکس اور عمودی سمت میں منتقلی

$$\bullet x = f(y) \text{ کو } x \text{ میں ثابت جانب } c \text{ کا لیت مقتول کرنے سے حاصل ہوتا ہے۔}$$

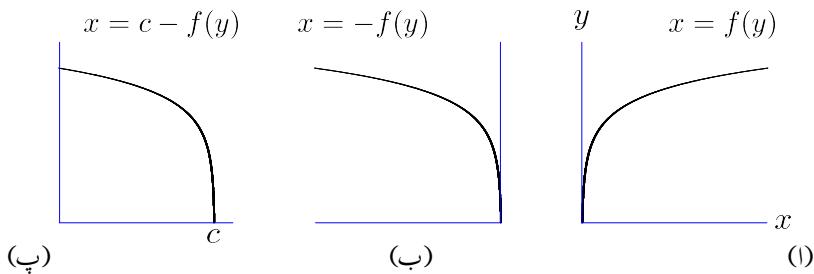
شکل ۳.۲۳ اف میں $x = f(y)$ جبکہ شکل ب میں اسی کا عمودی محور میں ٹکس $x = -f(y)$ گیا ہے۔ شکل پ میں ٹکس کو دوائیں جانب c کا لیت مقتول کرتے ہوئے $x = c - f(y)$ حاصل کی گیا ہے۔

ان معلومات کو مدد نظر رکھتے ہوئے آگے بڑھتے ہیں۔ شکل ۳.۲۴ اف میں ٹرانزسٹر کا سادہ دور دکھایا گیا ہے۔ اس دور پر ہم تفصیل ابھت کر جپے ہیں۔ آئیں اس کے خطوط بوجھ کچھیں۔ اس دور کے لئے لکھا جاسکتا ہے۔

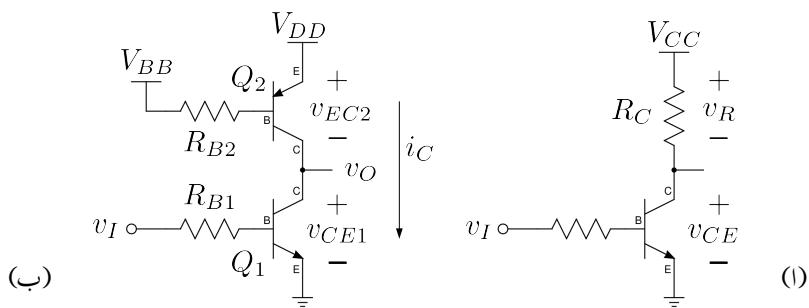
$$v_{CE} = V_{CC} - v_R$$

یہاں $v_R = i_C R_C$ کے برابر ہے لہذا اسی مساوات کو یوں لکھا جاسکتا ہے

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



شکل ۲۳.۳: عسدوی مور میں گس اور افقی سستے میں منتقلی



شکل ۲۳.۴: نفی کار

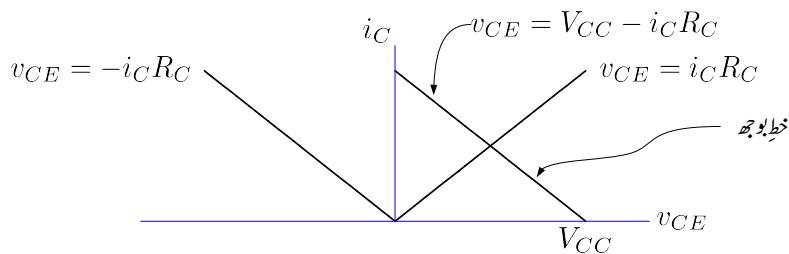
شکل ۲۳.۴ کو افقی مور اور C کو عسدوی مور پر رکھتے ہوئے شکل ۲۳.۳ کے طرز پر کھینچا جاسکتا ہے۔ عسدوی مور میں اس نظر کا گس ایسے ہے جسے $v_{CE} = -i_C R_C$ میں منسلک ہوتے ہوئے خط بوجو $v_{CE} = V_{CC} - i_C R_C$ میں منسلک ہوتا ہے۔ شکل ۲۳.۴ میں دیا گیا بافتہ ایسا کرنا کھیا گیا ہے۔

آنئے اب اصل موضوع پر غور کریں۔ شکل ۲۳.۴ ب میں نفی کار^{۳۰} دکھایا گیا ہے جو عسدوی ادوار^{۳۱} کا اہم ترین دور ہے۔ عسدوی ادوار میں بیشتر منج کو عسدوماً V_{DD} یا V_{CC} میں لے شکل ۲۳.۴ کی جگہ لکھا گیا ہے۔ یہاں Q_2 بطور بر قی بوجہ کردار ادا کرتا ہے۔ شکل ۲۳.۴ کو دیکھتے ہوئے

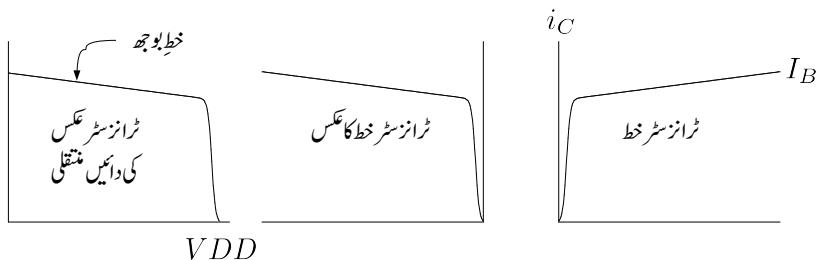
$$v_{CE1} = V_{DD} - v_{EC2}$$

لکھا جاسکتا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ یہی خط بوجو کی مساوات ہے۔ عسدوی مور میں $v_{EC2} = f(i_C)$ کے خط

NOT gate^{۳۰}
digital circuits^{۳۱}



شکل ۲.۲۵: ٹرانزسٹر کا حصول۔



شکل ۲.۲۶: ٹرانزسٹر کے خط کی عسمودی حور میں عکس اور افقي سمت میں منتقلی۔

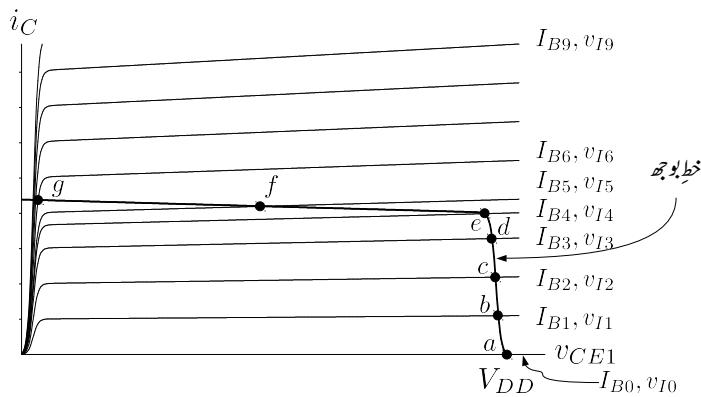
کے عکس کو افقي حور پر دائیں حبانہ V_{DD} مقتول کرنے سے مندرجہ بالامساوات کھینچا جا سکتا ہے۔ اس عمل کو شکل ۲.۲۶ میں دکھنم بات دکھایا گیا ہے۔

ٹرانزسٹر Q_2 کے بیٹر اور یہس پر یک سمت بر قی روڈا مہیا کئے گئے ہیں لہذا اس کے یہس پر بر قی روڈ I_B یک سمت ہو گی جسے شکل سے یوں حاصل کیا جا سکتا ہے۔

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

ٹرانزسٹر کے $i_C = f(v_{EC})$ خطوط سے مراد ٹرانزسٹر کے pnp میں v_{EC} بالقابل v_{EC} خطوط ہیں جنہیں صفحہ ۲۳۷ پر شکل ۲.۳ میں دکھایا گیا ہے۔ چونکہ موجودہ صورت میں Q_2 کے یہس پر بر قی روڈ تبدیل نہیں ہوتی لہذا ان خطوط میں سے صرف اس خط کو چنانچہ گاؤں حاصل کر دوں I_B پر پایا جائے۔

شکل ۲.۳ میں Q_1 کے خطوط پر خط بوچھ کو کھینچا گیا ہے۔ اگر اس دور کو بطور ای پلیغائز استعمال کرنا مقصد ہوتے نقطے کارکردگی کو ف کے فسیریب رکھ کر زیادہ سے زیادہ ہیئت کا اشارہ حاصل کرنا ممکن بنایا جا سکتا ہے۔ فقط کارکردگی کو ف پر رکھنے کی حاضر Q_1 کے یہس پر I_{B5} کو دیکھتے ہوئے Q_2 کے یہس پر بر قی روڈ کی



شکل ۷.۶: ٹرانزسٹر خطوط پر خطِ بوچھ کھینچا گیا ہے۔

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۔ I_{B5} پر حاصل کرنے کی حد اطراف v_{I5} کی درکار قیمت I_{B5} اس ماداٹ سے حاصل کی جا سکتی ہے۔ شکل ۷.۳ میں Q_1 کے خطوط پر $I_{B1}, I_{B2}, I_{B3}, I_{B4}, I_{B5}, I_{B6}$ لکھتے ہوئے $v_{I1}, v_{I2}, v_{I3}, v_{I4}, v_{I5}, v_{I6}$ وغیرہ بھی لکھنے گے ہیں۔

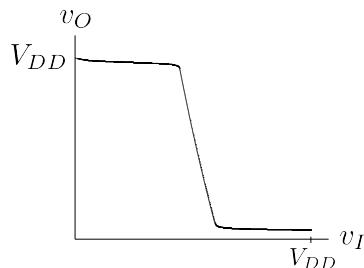
عددی ادوار میں عتمد $V_{DD} = 5\text{V}$ ہوتا ہے جبکہ v_I کی دو ہی ممکن قیمتیں ہیں۔ سے یا تو 0V اور یا پھر 5V ہوتا ہے۔ آئی v_I کی قیمت 5V تبدیل کرتے ہوئے شکل ۷.۳ کی مدد سے v_O حاصل کریں۔ آپ دکھ سکتے ہیں کہ v_O در حاصل v_{CE1} کے مقابل ہے۔

$I_{B0} = 0\text{A}$ پر $v_{I0} = 0\text{V}$ ہو گا اور Q_1 نقطہ a پر ہو گا جہاں سے $v_O = V_{DD} = 5\text{V}$ ہے۔ 5V حاصل ہوتا ہے۔ اسی طرح مختلف نقاط پر v_O حاصل کرتے ہوئے شکل ۷.۳ میں دکھایا گیا v_O بالمقابل I کا خط کھینچا جاتا ہے۔

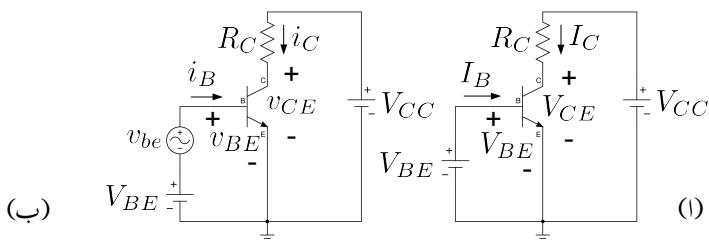
صفحہ ۳۳۲ پر حصہ ۱۲.۳ میں بہتر نفی کار پر غور کیا جائے گا۔

۱۳. باریکے اشاراتی تجزیے

اسی سے میں کم تعداد پر ٹرانزسٹر کے باریکے اشاراتی کارکردگی 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 ہونی کپیسریوں کی مشمولیت سے بہت تعدادی باریکے اشاراتی ریاضی نمونے حاصل ہوتا ہے جسے حصہ ۱۱.۶ میں حاصل کیا گیا ہے۔



شکل ۳.۲۸: نفی کارکناری اشارہ بالقابل داخلي اشاره خط



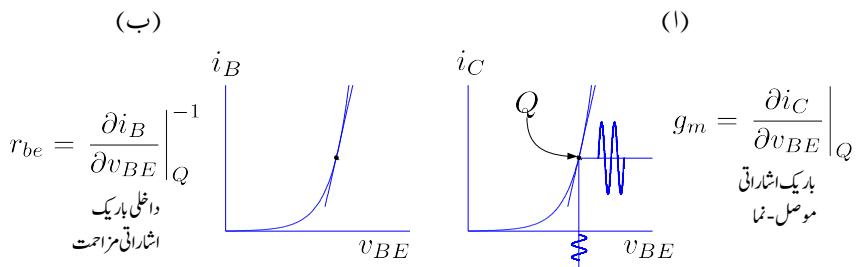
شکل ۳.۲۹: نقطہ مائل پر ٹرانزسٹر کی کارکردگی

۳.۱۳.۱ ترسیی تجزیے

شکل ۳.۶۹۔۳ میں ٹرانزسٹر کا دور دکھایا گیا ہے جس کے داخلي جناب مائل کرنے والا برقی دباؤ ٹرانزسٹر کو پر مائل کرتا ہے۔ شکل ۳.۷۰۔۳ میں یوں حاصل نقطہ کارکردگی Q دکھایا گیا ہے۔ شکل ۳.۶۹۔۳ میں داخلي برقی دباؤ V_{BE} کے ساتھ سلسلہ وار بدلتا باریکے اشارہ v_{be} جوڑا گیا ہے۔ v_{be} کسی بھی شکل کا ہو سکتا ہے۔ یہاں اسے سائنسی تصور کیا گیا ہے۔ یوں ٹرانزسٹر نقطہ مائل کے فتحیہ فتحیہ رہتے ہوئے خود $i_C - v_{BE}$ پر حوالہ مقدمی کرتا ہے۔ شکل ۳.۷۰۔۳ میں اس عمل کے پسید باریکے اشاراتی برقی دباؤ v_{be} اور ایک مرتبہ دوبارہ دیکھیں۔

شکل ۳.۷۰۔۳ میں صاف واضح ہے کہ

$$(3.155) \quad i_c = g_m v_{be}$$



شکل ۱۳.۳: باریکے اشاراتی امنز اسٹر موصل-نما اور باریکے اشاراتی داخلي مزاجت

ہے جہاں

$$(3.151) \quad g_m = \left. \frac{\partial i_C}{\partial v_{BE}} \right|_Q$$

ہے۔ مندرجہ بالا دو مساوات حصہ ۱۱.۲ میں بطور مساوات ۲۰.۲ اور مساوات ۲۱.۲ پیش کئے گئے۔ مساوات ۱۵۵.۳ میں $i_c(t)$ اور $v_{be}(t)$ کی جگہ i_c اور v_{be} لکھا گیا ہے۔ مساوات میں باریکے اشاراتی برقی رو سے مساحت کھٹے سے مساوات کچھ صاف دھائی دیتے ہیں۔ مساوات ۱۵۵.۳ کے تحت ٹرانزسٹر کا حرارتی باریکے اشاراتی برقی رو i_c اس کے داخلي باریکے اشاراتی برقی رو اور v_{be} کے g_m گناہ ہے۔ اسی لئے کوٹرانزسٹر کا باریکے اشاراتی افواٹر موصلیت نما^{۳۲} کہتے ہیں ہے عموماً چھٹا کر کے افواٹر موصلیت نمایا مرفنے موصلیت نما^{۳۳} پکارا جاتا ہے۔

برقی رو تقسیم برقی رو کو موصلیت کہتے ہیں۔ g_m ٹرانزسٹر کے حرارتی جانب کے برقی رو اور اس کے داخلي جانب کے برقی رو سے حاصل کیا جاتا ہے۔ یوں یہ حقیقی موصلیت نہیں ہے بلکہ اس کی مساوات موصلیت کی مساوات سے مشابہ رکھتا ہے۔ یوں اسے g_m لکھا اور موصلیت نما^{۳۴} پکارا جاتا ہے۔ g_m کی اکالی موصلیت کی اکالی^۱ یا سینم^۲ ہی ہے۔

۱۳.۳.۲ باریکے اشاراتی داخلي مزاجت r_{be} اور r_e

ٹرانزسٹر کے داخلي جانب برقی رو v_{BE} میا کرنے سے اس کے بیس سے پر برقی رو i_B اور ٹرانزستر سے پر برقی رو i_E پیدا ہوتا ہے۔ شکل ۱۳.۲۰.۲ ب میں ٹرانزسٹر کا $v_{BE} - i_B$ خط دکھایا گیا ہے۔ نقطہ کار کردگی پر $i_B - v_{BE}$ خط

small signal transconductance gain^{۳۴}
transconductance gain^{۳۴}
transconductance^{۳۴}
Siemens^{۳۵}

سے ٹرانزسٹر کا باریکے اشاراتی داخلی مزاحمت r_{be} یوں حاصل کیا جاتا ہے۔

$$(3.157) \quad r_{be} = \left. \frac{\partial v_{BE}}{\partial i_B} \right|_Q$$

یعنی اگر نقطہ کارکردگی پر اس خط کی ڈھنلوان m ہو تو

$$r_{be} = \frac{1}{m}$$

ہو گا۔ اس کو یوں لکھا جا سکتا ہے۔

$$(3.158) \quad r_{be} = \left. \frac{\partial i_B}{\partial v_{BE}} \right|_Q^{-1}$$

r_{be} کو عسمومی 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 یعنی

$$(3.159) \quad r_e = \left. \frac{\partial v_{BE}}{\partial i_E} \right|_Q$$

اگر نقطہ کارکردگی پر $i_E v_{BE}$ پر اس خط کی ڈھنلوان m_1 ہو تو

$$(3.160) \quad r_e = \frac{1}{m_1}$$

ہو گا۔ اس کو یوں لکھا جا سکتا ہے

$$(3.161) \quad r_e = \left. \frac{\partial i_E}{\partial v_{BE}} \right|_Q^{-1}$$

۳.۱۳.۳ تحلیلی تجزیہ

اس حصے میں الٹر بر قہ دباؤ V_A کو نظر انداز کیا جائے گا تجسس کا نتیجہ v_{CE} کا i_C پر کوئی اثر نہیں ہو گا۔ اس اثر کو بعد میں
شامل کیا جائے گا۔ شکل ۳.۶۹ اف کے لئے مساوات ۳.۵۵ اور کرخوف 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

$$(3.143) \quad v_{BE} = V_{BE} + v_{be}$$

اور

$$(3.145) \quad i_C = I_C + i_c$$

لکھا جاسکتا ہے۔ یوں حاصل ہوتا ہے۔

$$\begin{aligned} i_C &= I_S e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} \\ (3.144) \quad &= I_S e^{\frac{\frac{V_{BE}}{V_T} + v_{be}}{V_T}} \\ &= I_S e^{\frac{V_{BE}}{V_T}} e^{\frac{v_{be}}{V_T}} \end{aligned}$$

سادت ۱۶۲.۳ کی مدد سے اسے یوں لکھ سکتے ہیں۔

$$(3.146) \quad i_C = I_C e^{\frac{v_{be}}{V_T}}$$

اگر $v_{be} \ll V_T$ ہو تو سلسلہ مکارن کی مدد سے اس سادت کو یوں لکھ سکتے ہیں۔

$$(3.148) \quad i_C = I_C \left[1 + \frac{1}{1!} \left(\frac{v_{be}}{V_T} \right) + \frac{1}{2!} \left(\frac{v_{be}}{V_T} \right)^2 + \dots \right]$$

اگر سادت ۱۶۸.۳ کے تیرے جزو کی قیمت اس کے دوسرے جزو کی قیمت سے بہت کم ہوئیں

$$\begin{aligned} (3.149) \quad \frac{1}{2!} \left(\frac{v_{be}}{V_T} \right)^2 &\ll \frac{1}{1!} \left(\frac{v_{be}}{V_T} \right) \\ v_{be} &\ll 2 \times V_T \end{aligned}$$

تب اس سادت کو یوں لکھا جاسکتا ہے۔

$$(3.149) \quad i_C \approx I_C \left(1 + \frac{v_{be}}{V_T} \right)$$

سادت ۱۶۹.۳ باریکے اشارہ کی تخلیقی تحریف ہے۔ چونکہ

$$2 \times V_T = 2 \times 0.025 = 0.05 \text{ V}$$

کے برابر ہے لہذا v_{be} کو اس صورتے باریکے اشارہ تصور کیا جائے گا جب اس کی قیمت ۰.۰۵ V (یعنی پچ سو ملی ولٹ) سے بہت کم ہو۔ حقیقت میں اگر v_{be} کی قیمت ۱۰ mV سے کم ہو تو اسے باریکے اشارہ تصور کی جاتا ہے۔ سادت ۱۷۰.۳ کو ٹرانزستر کا باریکے اشاراتی مساواتے کہتے ہیں۔

مثال ۳.۳۵: مساوات ۳.۲۸ اور مساوات ۳.۷۰ میں $I_C = 1 \text{ mA}$ لیتے ہوئے کے باریک اشارہ کے لئے C_o کی قیمت حاصل کریں اور دونوں جوابات کاموازنے کریں۔
حل: مساوات ۳.۲۸ سے

$$i_C = 10^{-3} \left[1 + \frac{1}{1!} \left(\frac{0.01}{0.025} \right) + \frac{1}{2!} \left(\frac{0.01}{0.025} \right)^2 + \dots \right] \approx 1.48 \text{ mA}$$

جہکہ مساوات ۲۰۱۷ سے

$$i_C = 10^{-3} \left(1 + \frac{0.01}{0.025} \right) = 1.4 \text{ mA}$$

حاصل ہوتا ہے۔ یوں باریک اس تاریخی مساوات کے استعمال سے جواب میں

$$\frac{1.48 - 1.4}{1.48} \times 100 = 5.4\%$$

کافنر ق آتا ہے جو کہ فتابل میسیول ہے۔ پا در ہے کہ 10 mV سے کم اشارات کے لئے یہ فنر ق مزید کم ہو گا۔

سال ۲۰۰۷ء کو یوں لکھا جا سکتا ہے۔

$$(r_{\cdot}|\omega) \quad i_C = I_C + \frac{I_C}{V_T} v_{be}$$

متوسط اسکرینینگ میں اسکرینینگ کرنے سے ہم دیکھتے ہیں کہ I_{C_1} کے دو حصے ہیں۔ اس کا پہلا حصہ $I_{C_1} \frac{v_{be}}{V_T}$ یک سمت برقی رو میں حاصل کیا گیا جبکہ اس کا دوسرا حصہ v_{be} پر اشارہ ہے۔

$$(r_1 \angle r) \qquad i_c = \frac{I_C}{V_T} v_{be}$$

اس مساوات کو یوں بھی لکھا سکتا ہے

$$(m_1 \angle m) = i_c = g_m v_{he}$$

جہاں

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

لیا گیا ہے۔ مساوات ۳.۳ اے ہم دیکھتے ہیں کہ بدلات گلکش بر قی رہنے کی قیمت داخلي اشاره v_{be} کے g_m کا ہے۔ جیسے کہ پہلے ذکر ہوا g_m کو ٹرانزسٹر کی افراطی موصليت نمایا صرف موصليت۔ نما۔ کہا جاتا ہے اور اس کی پيائش سيمز ۲۰۰ میں کی جاتی ہے۔ مندرجہ بالا دو مساوات درحقیقت مساوات ۳.۳ اور مساوات ۳.۵۶ ای ہیں۔ مساوات ۳.۷۱ اے ہم دیکھتے ہیں کہ امنزائش موصليت۔ نہ کی قیمت ٹرانزسٹر کے یک سست بر قی رہنے کے بر اور است متناسب ہے۔ یوں I_C کی قیمت دگنی کرنے سے g_m کی قیمت بھی دو گنے ہو جائے گی۔

مثال ۳.۶: افناش موصلیت - نہ کی قیمت 0.1 mA اور 10 mA کے بینت برقی روپ حاصل کریں۔

حل: مساوات ۳.۷ کی مدد سے $I_C = 0.1 \text{ mA}$ پر

$$g_m = \frac{I_C}{V_T} = \frac{0.1 \times 10^{-3}}{25 \times 10^{-3}} = 4 \text{ mS}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اسی طرح $I_C = 1 \text{ mA}$

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

$$\therefore I_C = 10 \text{ mA}$$

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

حاصل ہوتا ہے۔

سال ۲۰۱۷ء کو یوں لکھا جاسکتا ہے

$$(r_{\perp} \angle \phi) = g_m = \frac{i_c}{v_{be}}$$

جہاں v_{be} اور v_{be} باریک اشارات ہیں۔ مادت ۱۲۳ میں باریک اشارہ v_{be} کو Δv_{be} لکھتے ہوئے یوں لکھا جاسکتا ہے۔

$$(3.141) \quad v_{BE} = V_{BE} + \Delta v_{BE}$$

ایسا لکھنے سے مساوات ۱۷۰ کی جگہ مندرجہ ذیل حاصل ہوتا ہے۔

$$(3.177) \quad i_C = I_C + \frac{I_C}{V_T} \Delta v_{BE}$$

یوں

$$(3.178) \quad i_C = I_C + \Delta i_C$$

لکھتے ہوئے مساوات ۱۷۲ کی نی شکل یوں ہوگی۔

$$(3.179) \quad \Delta i_C = \frac{I_C}{V_T} \Delta v_{BE}$$

جس سے

$$(3.180) \quad \Delta i_C = g_m \Delta v_{BE}$$

حاصل ہوتا ہے جسے یوں لکھا جاتا ہے۔

$$(3.181) \quad g_m = \frac{\Delta i_C}{\Delta v_{BE}}$$

جیسا کہ شکل ۱۷۰ میں دکھایا گیا ہے، مندرجہ بالا مساوات کے مطابق g_m ٹرانزسٹر کے v_{BE} - i_C خط کے مس کی ڈھلوان ہے۔ اس مساوات کو منزید بہتر یوں لکھا جاتا ہے۔

$$(3.182) \quad g_m = \left. \frac{\partial i_C}{\partial v_{BE}} \right|_Q$$

مساوات ۱۸۲.۳ افسزاش موصیت - نا g_m کی ترسیلی تعریف ہے۔

جیسا کہ شکل ۱۷۰ سے واضح ہے کہ v_{BE} - i_C خط کی ڈھلوان لفظ پر مختلف ہے۔ یوں g_m کی متدار اسی نقطے پر حاصل کرنا ضروری ہے جس پر ٹرانزسٹر مائل کیا گیا ہو۔ مساوات ۱۸۲.۳ میں دیکھا تھا تفرقہ لیتے وقت نقطے کار کردگی Q کو بھی مرکزی نظر رکھا گیا ہے۔

مساوات ۱۸۲.۳ استعمال کرتے ہوئے مساوات ۱۷۰ کو نہایت آسانی سے یوں حاصل کیا جاسکتا ہے۔

پہلے لگنے برقرار روکی مساوات کا تفرقہ لیتے ہیں۔

$$(3.183) \quad i_C = I_S e^{\frac{v_{BE}}{V_T}}$$

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

مساوات ۱۸۲.۳ کے تحت نقطہ کارکردگی پر اس تفہیق کی قیمت ہی g_m ہے۔ نقطہ کارکردگی پر اس مساوات کی قیمت حاصل کرنے کی حرطہ $v_{BE} = V_{BE}$ استعمال کرتے ہیں جہاں (V_{BE}, I_C) نقطہ مائل ہے۔

$$g_m = \frac{i_C}{V_T} \Big|_{v_{BE}=V_{BE}} \\ = \frac{I_S e^{\frac{V_{BE}}{V_T}}}{V_T}$$

مساوات ۱۸۲.۳ کا سہارائیتی ہوئے اس کو یوں لکھا جاتا ہے۔

$$(3.183) \quad g_m = \frac{I_C}{V_T}$$

شکل ۱۸۰.۷ ب میں ٹرانزسٹر کا $i_B - v_{BE}$ خط گراف کیا گیا ہے۔ نقطہ مائل پر خط کے ڈھلوان سے ٹرانزسٹر کا باریکے اشارتی مزاحمت r_{be} حاصل کیا جاتا ہے یعنی

$$(3.185) \quad r_{be} = \frac{\partial i_B}{\partial v_{BE}} \Big|_Q^{-1}$$

چونکہ $i_C = \beta i_B$ ہے لہذا

$$(3.186) \quad i_B = \frac{i_C}{\beta} = \frac{I_S}{\beta} e^{\frac{v_{BE}}{V_T}}$$

لکھا جائے گا۔ ان دو مساوات کی مدد سے r_{be} کی قیمت حاصل کرتے ہیں۔ مساوات ۱۸۲.۳ کا تفہیق لیتے ہیں

$$\frac{\partial i_B}{\partial v_{BE}} = \frac{I_S}{\beta V_T} e^{\frac{v_{BE}}{V_T}}$$

اور اس تفہیق کی نقطہ کارکردگی پر قیمت حاصل کرتے ہیں۔ ایسا کرنے کی حرطہ $v_{be} = V_{BE}$ استعمال کرنا ہو گا۔ یوں

$$\frac{\partial i_B}{\partial v_{BE}} \Big|_{v_{BE}=V_{BE}} = \frac{I_S}{\beta V_T} e^{\frac{V_{BE}}{V_T}}$$

حاصل ہوتا ہے۔ مساوات ۱۸۲.۳ کا سہارائیتی ہوئے اسے یوں لکھا جاتا ہے۔

$$\frac{\partial i_B}{\partial v_{BE}} \Big|_{v_{BE}=V_{BE}} = \frac{I_C}{\beta V_T}$$

اور چونکہ

$$r_{be} = \frac{\partial i_B}{\partial v_{BE}} \Big|_{v_{BE}=V_{BE}}^{-1}$$

ہوتا ہے لہذا

$$(3.187) \quad r_{be} = \frac{\beta V_T}{I_C}$$

حاصل ہوتا ہے۔ مزید یہ کہ مساوات ۳.۱۸۳ 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 باریکے اشاراتی داخلی مسازمت r_{be} کے حصول کے لئے استعمال کئے جاتے ہیں۔ مساوات ۳.۱۸۸ کے تین یہ حقیقت سامنے آتی ہے کہ β کے غیر متغیر ہونے کی وجہ سے اگر کسی ٹرانزسٹر کا برقی رو بڑھ کر اس کا g_m بڑھا یا جائے تو ٹرانزسٹر کا r_{be} کم ہو جائے گا۔ I_C کے خاطر مسازمت r_e باکل r_{be} کے حصول کے طرز پر اگر $v_{BE} - i_E$ کے خط سے شروع کیا جائے تو باریکے اشاراتی مسازمت r_e حاصل کیا جاتی ہے جیسا

$$(3.189) \quad r_e = \left. \frac{\partial i_E}{\partial v_{BE}} \right|_Q^{-1}$$

ہے۔ آئیں ایسا ہی کریں۔

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

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

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

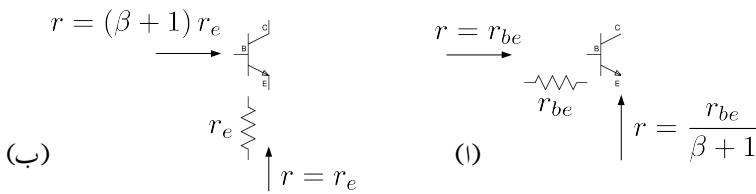
$$= \frac{I_C}{\alpha V_T}$$

یوں

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

حاصل ہوتا ہے جسے یوں بھی لکھ سکتا ہے۔

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



شکل ۱۷.۳: باریکے اشاراتی داخلی مزاحمت اور ان کے عکس

متوالی مزاحمت میں $r_e = \alpha \frac{\beta}{\beta+1}$ لیتے ہوئے اس کا متوالت β کے ساتھ موازن کرنے سے حاصل ہوتا ہے۔

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

اس کو یوں بھی لکھا جا سکتا ہے۔

$$(3.194) \quad r_{be} = (\beta + 1) r_e$$

r_e اور r_{be} دراصل ایک ہی مزاحمت کے دو شکلیں ہیں۔ آئیں اس حقیقت پر غور کریں۔ آپ نے ہرے میں دیکھ کر ٹرانزسٹر کے یونٹ پر حبڑے مزاحمت R_E کا عکس یہیں جناب $(\beta + 1) R_E$ نظر آتا ہے۔ اسی طرح اس کے یہیں جناب مزاحمت R_B کا عکس یہیں جناب $\frac{R_B}{(\beta+1)}$ نظر آتا ہے۔ ان متنانگ کو یہاں استعمال کرتے ہیں۔

وہ مزاحمت ہے جو ٹرانزسٹر کے یہیں جناب سے دیکھتے ہوئے نظر آتا ہے جبکہ r_e وہ مزاحمت سے جو ٹرانزسٹر کے یہیں جناب سے دیکھتے ہوئے نظر آتا ہے۔ اگر r_{be} کو ٹرانزسٹر کا باریکے اشاراتی مزاحمت تصور کی جائے تو ٹرانزسٹر کے یہیں جناب سے دیکھتے ہوئے نظر آئے گا جبکہ اس کے یہیں جناب سے دیکھتے ہوئے ہیں $\frac{r_{be}}{(\beta+1)}$ نظر آئے گا۔ متوالی مزاحمت r_e کو ٹرانزسٹر کا باریکے اشاراتی مزاحمت تصور کی جائے تو ٹرانزسٹر کے یہیں کچھ کہتا ہے۔ اسی طرح اگر r_e کو ٹرانزسٹر کا باریکے اشاراتی مزاحمت $(\beta + 1) r_e$ نظر آئے گا۔ متوالی مزاحمت کی یہیں کہتا ہے۔ شکل ۱۷.۳ ان حقائق کے تصوراتی اشکال پیش کرتا ہے۔

مثال ۱۷.۳: pnp ٹرانزسٹر کے r_{be} , r_e اور r_0 کے متوالی حاصل کریں۔
حل: متوالی مزاحمت کو استعمال کرتے ہوئے

$$g_m = \left. \frac{\partial i_C}{\partial v_{EB}} \right|_Q$$

$$= \frac{I_S e^{\frac{V_{EB}}{V_T}}}{V_T}$$

یعنی

$$(3.195) \quad g_m = \frac{I_C}{V_T}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اسی طرح $i_B = \frac{i_C}{\beta}$ لکھتے ہوئے

$$(3.196) \quad r_{be} = \left. \frac{\partial v_{EB}}{\partial i_B} \right|_Q = \left. \frac{\partial i_B}{\partial v_{EB}} \right|_Q^{-1} = \frac{\beta V_T}{I_C} = \frac{\beta}{g_m}$$

اور $i_E = \frac{i_C}{\alpha}$ لکھتے ہوئے

$$(3.197) \quad r_e = \frac{\alpha V_T}{I_C} = \frac{r_{be}}{\beta + 1} = \frac{\alpha}{g_m} \approx \frac{1}{g_m}$$

حاصل ہوتے ہیں۔ حنارجی مزاحمت r_o ایز مال بر قی دباؤ سے یوں حاصل ہوتا ہے۔

$$(3.198) \quad r_o = \left. \frac{\Delta v_{EC}}{\Delta i_C} \right|_Q = \frac{V_A + V_{EC}}{I_C} \approx \frac{V_A}{I_C}$$

۳.۱۷ پست تعدادی ٹرانزسٹر ریاضی نمونہ برائے باریک اشارات

گرستہ ہے میں ہم نے دیکھ کر کہ ٹرانزسٹر کے نقطے کار کردگی پر اس کی امنڑائش موصل-نہ g_m اور داخلي مزاحمت r_{be} حاصل کی جاسکتی ہے۔ ان دونوں مساواتوں کو یہاں دوبارہ جیش کرتے ہیں۔

$$(3.199) \quad g_m = \frac{\Delta i_C}{\Delta v_{BE}} = \frac{i_c}{v_{be}}$$

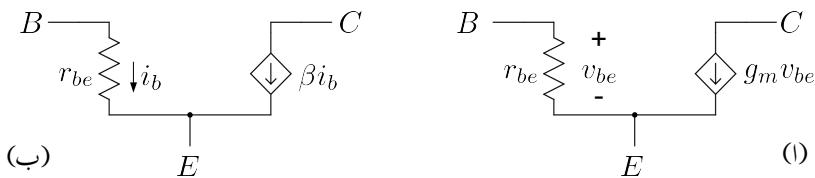
$$(3.200) \quad r_{be} = \frac{\Delta v_{BE}}{\Delta i_B} = \frac{v_{be}}{i_b}$$

جنہیں یوں بھی لکھا جاسکتا 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 داخلي جانب باریک اشارہ v_{be} لگاؤ کرنے سے اس کے داخلي جانب میں سرے پر بر قی رو i_b پسیدا ہوتا ہے جبکہ اس کے حنارجی جانب بر قی رو i_c پسیدا ہوتا ہے۔ یہ دو



شکل ۲.۳: پست تعدادی باریکے اشاراتی پائے ریاضی نمونہ

مساوات ٹرانزسٹر کی باریکے اشاراتی کا درجہ بیان کرتے ہیں۔ اگرچہ مساوات ۲۰۱.۳ کے مطابق i_c صرف v_{be} پر مخصوص ہے، حقیقت میں ایسا نہیں ہوتا اور i_n کی قیمت حنارتی بر قی دباد v_{CE} پر بھی مخصوص ہوتا ہے۔ فی الحال i_c پر v_{CE} کے اثر کے بحث کو ملتوی کرتے ہیں اور مندرجہ بالا دو مساوات کو ٹرانزسٹر کی مکمل باریکے اشاراتی کا درجہ بیان کرنے والے مساوات مان لیتے ہیں۔

شکل ۲.۳ اف 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 ۲۰۱.۳ اور مساوات ۲۰۲.۳ ہی ہیں۔ یوں سے دور ٹرانزسٹر کی باریکے اشاراتی کا درجہ بیان کرتا ہے، لہذا یہ دور ٹرانزسٹر کا باریکے اشاراتی ریاضی نمونہ ہی ہے۔ اس کا عسمی نام ٹرانزسٹر کا پتھ تعدادی باریکے اشاراتی پائے (π) ریاضی نمونہ^{۷۸} ہے جسے چھوٹا کر کے صرف π ریاضی نمونے پاپائے ریاضی نمونہ کا راحبانتا ہے۔

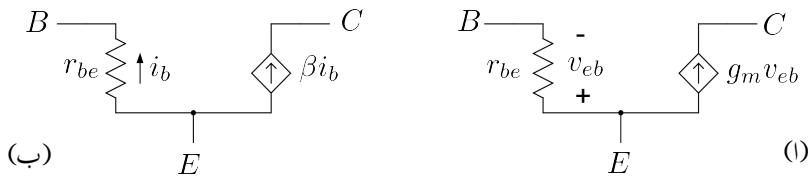
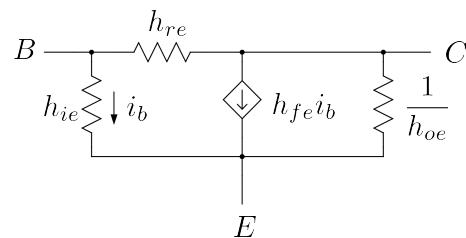
شکل ۲.۳ ب میں π ریاضی نمونے کا فدر مختلف دور دکھایا گیا ہے۔ مساوات ۱۸۸.۳ اور مساوات ۲۰۲.۳ کے استعمال سے

$$\beta i_b = \beta \frac{v_{be}}{r_{be}} = g_m v_{be}$$

لکھتے ہوئے ہم دیکھتے ہیں کہ دونوں اشکال سے حاصل جوابات یکساں ہیں۔ شکل ۲.۳ اف اور شکل ب اس کتاب میں بارہار استعمال کے جایں گے۔

شکل ۲.۳ میں pnp ٹرانزسٹر کے پائے ریاضی نمونے دکھائے گئے ہیں جہاں بر قی روکی مستین شکل ۲.۳ 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 مستین الٹے ہو جائے گی اور یوں شکل ۲.۳ ہی حاصل ہو گا۔ اس طرح ہم دیکھتے ہیں کہ pnp کے لئے بھی شکل ۲.۳ کے ریاضی نمونے استعمال کئے جا سکتے ہیں۔ اس کتاب میں ایسا یہ کیا جائے گا۔ شکل ۲.۳ میں پائے ریاضی نمونے کی ایک اور نہایت مقبول شکل دکھائی گئی ہیں جہاں تمام اجزاء کے

low frequency small signal π model^{۷۸}

شکل ۳.۳۷: pnp کا باریکے اشاراتی π ریاضی نمونہ

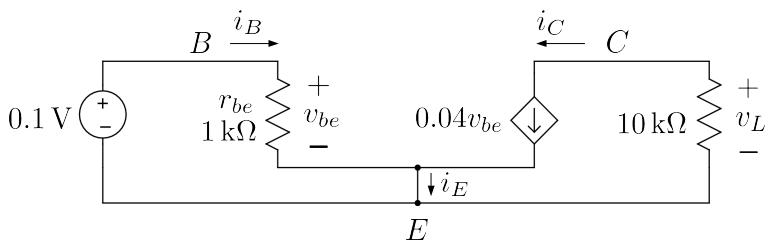
شکل ۳.۳۸: ۳ بیان ریاضی نمونے کی ایک اور مقبول شکل

نام h سے شروع ہوتے ہیں۔ ان احیاء کو h احیاء کہا جاتا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ دراصل

$$\begin{aligned} h_{ie} &= r_{be} \\ h_{fe} &= \beta \\ h_{oe} &= \frac{1}{r_o} \\ h_{re} &= \infty \end{aligned}$$

ہیں۔ صحت کا رسموماؤنٹر کے احیاء فراہم کرتے ہیں۔ h ریاضی نمونے پر مسزید کوئی بات نہیں کی جائے گی۔

مثال ۳.۳۸: شکل ۳.۳۸ میں B اور E کے درمیان 0.1 V کا برقی دباؤ کریں اور C اور E کے درمیان $10\text{ k}\Omega$ کی مسازامت نسب کریں۔ اگر $g_m = 0.04\text{ S}$ اور $r_{be} = 1\text{ k}\Omega$ ہوں تو نسب کئے گئے مسازامت پر برقی دباؤ کیا ہو گا۔ شکل ۳.۳۸ کی جگہ شکل ۳.۳۷ استعمال کرتے ہوئے دوبارہ حل کریں۔



شکل ۲.۷۵

حل: شکل ۲.۷۵ میں دور دکھایا گیا ہے جس کو دیکھ کر

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

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

لکھا جاسکتا ہے۔ 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۔ E جوڑ پر کرنون کے وتنون برائے برقی روکی مدد سے

$$i_E = i_B + i_C = 4.1 \text{ mA}$$

حاصل ہوتا ہے۔

آئینی شکل ۲.۷۶ کو استعمال کرتے ہوئے دوبارہ حل کریں۔ اس شکل میں شکل ۲.۷۳ کا ریاضی نمونہ استعمال کیا ہے۔ یہاں

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

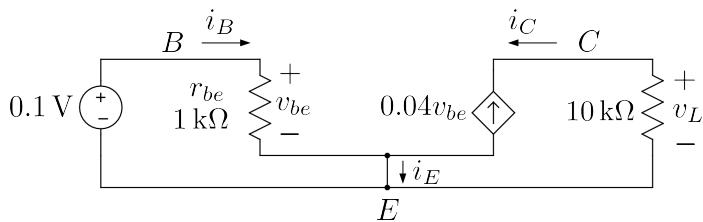
$$v_{eb} = -0.1 \text{ V}$$

ہیں۔ چونکہ یہاں i_C اور v_{eb} کے مستین آپس میں الٹیں لہذا $i_C = -g_m v_{eb}$ لکھا جائے گا۔ یہاں

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

حاصل ہوتا ہے جسے استعمال کرتے ہوئے

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



شکل ۳.۷۶

حاصل ہوتا ہے۔ اسی طرح

$$i_E = i_B + i_C = 4.1 \text{ mA}$$

حاصل ہوتا ہے۔

دونوں اشکال کے جوابات بالکل یکساں ہیں۔ یہی وجہ ہے کہ *pnp* کے لئے بھی شکل ۳.۷۶ کا ریاضی نمونہ استعمال کیا جاتا ہے۔

۳.۱۲.۱ ٹیT ریاضی نمونہ

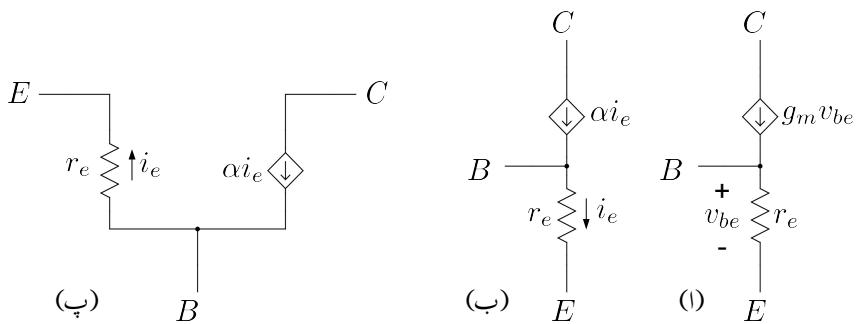
گزشتہ ہے میں ہم نے دیکھا کہ پائے ریاضی نمونے کو حاصل کرنے سے ٹرانزسٹر کے مساوات (جتنی مساوات ۲۰۱.۳ اور مساوات ۲۰۲.۳) حاصل ہوتے ہیں اور یوں اسے ٹرانزسٹر کا ریاضی نمونہ تصور کیا جاسکتا ہے۔ پائے ریاضی نمونے کے علاوہ بھی ادوار ہنائے جاسکتے ہیں جن سے انہیں مساوات کا حصول ممکن ہے۔ ایسے تمام ادوار کو بھی ٹرانزسٹر کے ریاضی نمونے تصور کیا جاسکتا ہے۔ ان میں T ریاضی نمونہ^۹ خاص مقبول ہے۔ ایمپر مشترک^{۱۰} اور گلکٹر مشترک^{۱۱} ادوار حل کرتے ہوئے عموماً پائے ریاضی نمونے ہی استعمال کیا جاتا ہے جبکہ بیئر مشترک^{۱۲} ادوار کو T ریاضی نمونے کی مدد سے زیادہ آسانی سے حل کرنا ممکن ہوتا ہے۔ ۰.۲ کو نظر انداز کرتے ہوئے npn کے T ریاضی نمونے کے مختلف اشکال کو شکل ۳.۷۷ میں دکھایا گیا ہے۔ انہیں ریاضی نمونے میں C اور E کے مابین ۰.۲ نسب کرتے ہوئے ۰.۲ کے اثر کو بھی شامل کیا جاسکتا ہے۔

شکل ۳.۷۷ الف میں چونکہ C سرے کے ساتھ تابع منبع و سلسلہ اور جبڑا ہے لہذا $i_c = g_m v_{be}$ ہو گا۔ اور ہم کے وہ اون کے مطابق اگر v_{be} پر r_e بر قی دا پیلا جائے تو $i_e = \frac{v_{be}}{r_e}$ ہو گا۔ کر خوف کے وہ اون برائے بر قی دباو کے تحت

$$i_b = i_e - i_c$$

^۹ ٹیT ریاضی نمونے کی شکل انگریزی کے حروف تہجی A کی مانند ہے۔ اسی لئے اس کو ٹیT ریاضی نمونے کہتے ہیں۔

^{۱۰} مشترک ایمپر، مشترک گلکٹر اور مشترک بیس کی پہچان حصہ ۱۹.۳ میں کی گئی ہے۔



شکل ۱۸.۳۔ ریاضی نمونے

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

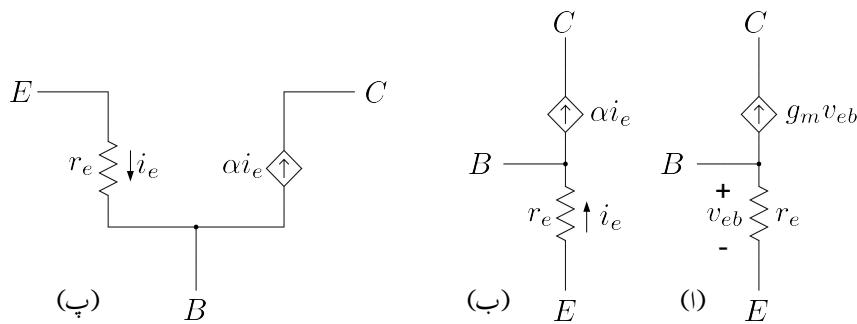
$$r_e = \frac{r_{be}}{\beta + 1} = \frac{\alpha V_T}{I_C}$$

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

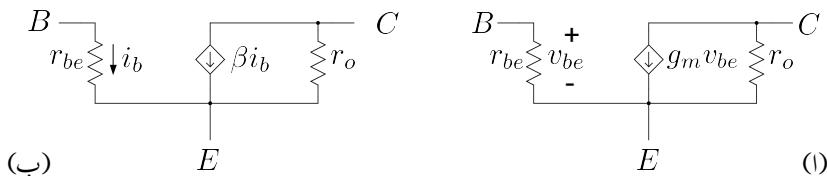
جیسا ملنا

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

پس T ریاضی نمونے سے بھی ٹرانزسٹر کے باریکے اشاراتی مسافت 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 v_{be} کی ریاضی نمونے کو پائے π طرز پر بنایا گیا ہے۔ شکل ۱۸.۳ میں T کا pnp ریاضی نمونہ دکھایا گیا ہے۔ یہاں بھی اگر v_{eb} کی جگہ v_{be} لکھا جائے تو



شکل ۳.۷۸۔ T میں pnp ریاضی نمونہ



شکل ۳.۷۹۔ pnp میں ریاضی نمونہ بھے حناری مسازمحت

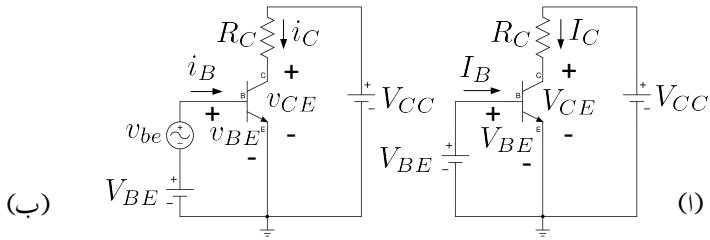
شکل میں تابع منبع روکی سمت الٹ ہو جائے گی اور یوں اس سے شکل ۳.۷۷ میں حاصل ہو گا۔ اس کا مطلب ہے کہ شکل میں تابع منبع روکی سمت الٹ ہو جائے گی اور یوں اس سے شکل ۳.۷۷ میں حاصل ہو گا۔ اس کا مطلب ہے کہ pnp کے لئے بھی شکل ۳.۷۷ کے ریاضی نمونے استعمال کئے جاسکتے ہیں۔ اس کتاب میں ایسا ہی کیا جائے گا۔

۳.۱۳.۲ پائے ریاضی نمونہ بھے حناری مسازمحت r_o

مساوات ۳.۲۶ میں اشاراتی حناری مسازمحت r_o کے اثراست کو ٹرانزسٹر ریاضی نمونہ میں r_o سے ظاہر کیا جاتا ہے۔ شکل ۳.۷۹ میں پائے ریاضی نمونہ بھے حناری مسازمحت r_o دکھائے گئے ہیں۔

۳.۱۵ یک سمت اور بدلتے متغیرات کی علیحدگی

شکل ۳.۸۰ میں ٹرانزسٹر کا یک سمت دور دکھایا گیا ہے جہاں V_{BE} ٹرانزسٹر کا نقطہ کار کردگی تعین کرتا ہے۔ شکل ب میں V_{BE} کے ساتھ سلسلہ وار باریکے اشارہ v_{be} جوڑا گیا ہے جس کی وجہ سے ٹرانزسٹر نقطہ مائل کے فتریب-فتریب $-v_{BE} - i_C v_{BE}$ خواہ چال مددی کرتا ہے۔ شکل اف میں تمام متغیرات



شکل ۸۰: یک سست اور بدلے متغیرات کی علیحدگی

یک سست میں لہذا i_C کو v_{BE} کو I_C کا مصاحب گا۔ یہ مساوات ۳.۵۵ اور کرخون کا فتاون برائے بر قی دباؤ استعمال کرتے ہوئے شکل a کے لئے ہم لکھ سکتے ہیں۔

$$(3.203) \quad I_C = I_S e^{\frac{V_{BE}}{V_T}}$$

$$(3.204) \quad V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C$$

جبکہ شکل b کے لئے یہ مصاحب ساختا ہے۔

$$\begin{aligned} i_C &= I_C + i_c \\ &= I_S e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} \\ &= I_S e^{\frac{V_{BE} + v_{be}}{V_T}} \\ &= I_S e^{\frac{V_{BE}}{V_T}} e^{\frac{v_{be}}{V_T}} \\ &= I_C e^{\frac{v_{be}}{V_T}} \end{aligned}$$

جہاں آخنری و تدم پر مساوات ۳.۲۰۳ کا سہارا لیا گی۔ سلسہ 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 جزو 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

۱۸۳۔ ۳ کے استعمال سے حاصل ہوتا ہے۔

$$i_C = I_C + \frac{I_C}{V_T} v_{be}$$

$$I_C + i_c = I_C + g_m v_{be}$$

اور یوں

$$(3.205) \quad i_c = g_m v_{be}$$

ای طرح شکل ۸۰۔ ۳ ب کے حنارجی جواب

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

$$V_{CE} + v_{ce} = V_{CC} - (I_C + i_c) R_C$$

$$V_{CE} + v_{ce} = V_{CC} - I_C R_C - i_c R_C$$

$$\underbrace{V_{CE} - V_{CC} + I_C R_C}_{=0} + v_{ce} = -i_c R_C$$

جبکہ آخوندی مقدم پر مساوات ۲۰۳۔ ۳ کی مدد حاصل کی گئی۔ مساوات ۲۰۵۔ ۳ کو استعمال کرتے ہوئے اسے یوں لکھ سکتے ہیں۔

$$(3.206) \quad v_{ce} = -g_m R_C v_{be}$$

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

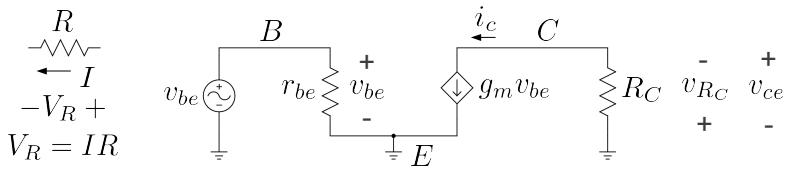
$$(3.207) \quad A_v = \frac{v_{ce}}{v_{be}} = -g_m R_C$$

مساوات ۲۰۳۔ ۳ اور مساوات ۲۰۴۔ ۳ سے شکل ۸۰۔ ۳ میں یک سمت متغیرات I_C اور V_{CE} حاصل ہوتے ہیں جبکہ مساوات ۲۰۵۔ ۳ اور مساوات ۲۰۶۔ ۳ سے اسی شکل کے بدلتے متغیرات i_c اور v_{ce} حاصل ہوتے ہیں۔ یک سمت متغیرات شکل الف سے حاصل کئے گئے جہاں بدلتے متغیرات موجود نہیں۔

شکل ۲۰۔ ۳ الف میں دئے گئے ٹرانزسٹر کے باریکے اشاراتی ریاضی نمونے پر داخلی جواب v_{be} لاگو کرتے ہوئے اور اس کے حنارجی جواب مزاجمت R_C جوڑنے سے شکل ۸۱۔ ۳ حاصل ہوتا ہے جس سے

$$(3.208) \quad i_c = g_m v_{be}$$

حاصل ہوتا ہے جو کہ بالکل مساوات ۲۰۵۔ ۳ ہے جسے اصل ٹرانزسٹر کا دور حل کرتے حاصل کیا گیا تھا۔ اسی طرح V_{R_C} کو اوہم کے قانون کی مدد سے حاصل کرتے ہیں۔ شکل میں باہمی جواب اوہم کے قانون کا صحیح استعمال دکھایا گیا ہے جہاں مزاجمت R میں اگر بر قی دباؤ I دائیں سرے سے داخل ہو تو اوہم کا قانون کا استعمال کرتے وقت بر قی دباؤ V_R کا مشتمل طرف مزاجمت کا وہ سرالیا جباتا ہے جہاں سے مزاجمت میں بر قی رو داخل ہو۔ یوں اوہم کے قانون سے



شکل ۸.۳: باریکے اشاراتی مساوی دور

$$(3.209) \quad v_{R_C} = i_c R_C \\ = g_m R_C v_{be}$$

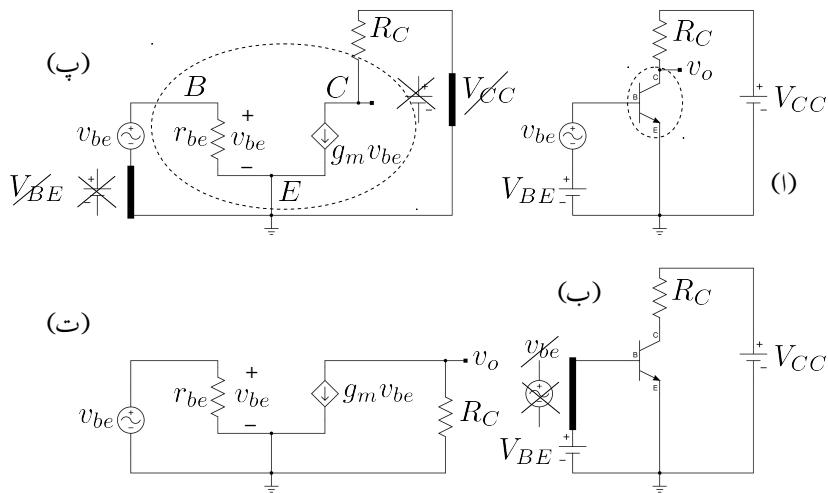
حاصل ہوتا ہے۔ اگر ہم v_{ce} حاصل کرنا ہو تو ہم شکل سے دیکھتے ہیں کہ یہ v_{R_C} کے المٹ ہے (یعنی $v_{ce} = -v_{R_C}$)۔

$$(3.210) \quad v_{ce} = -g_m R_C v_{be}$$

حاصل ہوتا ہے جو کہ بالکل مساوات ہی ہے جسے اصل ٹرانزسٹر کا دور حل کرتے حاصل کیا گیا ہے۔
مندرجہ بالا مساوات سے باریکے اشاراتی انداز برقی دباؤ A_v حاصل ہوتی ہے۔

$$(3.211) \quad A_v = \frac{v_{ce}}{v_{be}} = -g_m R_C$$

ہم دیکھتے ہیں کہ شکل ۸۰.۳ ب میں دئے گئے دور کے بدلے متغیرات شکل ۸۲.۳ کو حاصل کرنے سے بھی حاصل کے جا سکتے ہیں۔ یہ ایک انتہائی اہم تیج ہے جس کو استعمال کرتے ہوئے ٹرانزسٹر کے ادوار کو قتل و کاغذ پر حل کرتے استعمال کیا جاتا ہے۔ شکل ۸۲.۳ میں دکھلایا دور شکل ۸۰.۳ ب کا مساوی باریکے اشاراتی دور ہے۔
آنئی شکل ۸۲.۳ کی مدد سے دیکھیں کہ کسی بھی ٹرانزسٹر دور کے مساوی یک سمت اور مساوی باریکے اشاراتی ادوار کیے حاصل کے جاتے ہیں۔ ہم نے اپر دکھلایا کہ بدلے متغیرات کے مساوات میں تمام یک سمت متغیرات کو جسمانی صفر کر دیں اور ٹرانزسٹر کی جگہ ٹرانزسٹر کا باریکے اشاراتی دور میں تمام یک سمت منبع کی قسمتیں صفر کر دیں اور ٹرانزسٹر کی جگہ ٹرانزسٹر کا باریکے اشاراتی ریاضی نوٹ نسب کر دیا جاتا ہے۔ یک سمت منبع برقی دباؤ کی قیمت صفر کرنے کی حراظر ان کے دونوں سرے قصر دور تصور کئے جاتے ہیں۔ اگرچہ موجودہ مثال میں یک سمت منبع برقی دو استعمال جنہیں کیا گیں لیکن اگر ایسا کیا جائے تو یک سمت منبع برقی روکی قیمت صفر کرنے کی حراظر اس کو کھلے سرے کر دیا جاتا ہے۔
آنئی اب شکل ۸۲.۳ اف میں دئے دور کے مساوی ادوار حاصل کریں۔ شروع مساوی یک سمت دور کے حصول سے کرتے ہیں۔
جیسا شکل ب میں دکھلایا گیا ہے کہ تمام بدلے اشارات کی قیمت صفر کرنے سے دور کا مساوی یک سمت دور حاصل ہوتا ہے۔ اس دور میں v_{be} بدلتا اشارہ ہے جسے دور سے حناجر کرتے ہوئے اس مفتام کو قصر دور کر دیا گیا ہے (یعنی جن دو برقی تاروں کے ساتھ v_{be} حبڑا ہتے ان تاروں کو آپس میں جوڑ دیا گیا ہے جبکہ یہاں سے v_{be} کو نکال دیا گیا ہے۔ جوڑ کو وضاحت کی حناطر مولیٰ تارے دکھلایا گیا ہے)



شکل (۳.۸۲) (ا) اصل دور (ب) مساوی باریکے سمت دور (ت) مساوی باریکے اشاراتی دور

شکل (پ) میں مساوی باریکے اشاراتی دور حاصل کیا گیا ہے۔ ایسا کرنے کی خطا پر ٹرانزسٹر کی جگہ اس کا ہماریکے اشاراتی π ریاضی نموٹ نسب کیا گا ہے جبکہ تم یہ سمت منبع کو قصر دور کر دیا گیا ہے۔ چونکہ اصل دور یعنی شکل انف میں V_{BE} اور V_{CC} یہ سمت منبع میں ہے لہذا انہیں قصر دور کیا گیا ہے۔ ان کی جگہ نسب تاروں کو وضاحت کی عندر ضمیم موناکر کے دھکایا گیا ہے۔ شکل پ کو عموماً شکل ت کی مانند بنایا جاتا ہے۔ اس کتاب میں بھی ایسا ہی کیا جائے گا۔ آپ تسلی کر لیں کہ شکل پ اور شکل ت بالکل یکساں ہیں۔

اس حصے میں ہم نے دیکھا کہ ٹرانزسٹر اودار 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 یکے سمت متغیرات سے نقطہ کار کر دی گی 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 سے حاصل کئے جائیں۔ فتم و کاعنہ پر ٹرانزسٹر اودار اسی طریقے کار کو استعمال کرتے ہوئے حاصل کئے جاتے ہیں۔ اگلے حصے میں اس طریقے کی مشتمل کرائی جائے گی۔ آپ سے گزارش کی جباتی ہے کہ ان مشقوں سے فائدہ اٹھاتے ہوئے اس طریقے کو اچھی طرح سیکھ لیں۔

یہاں یہ بتلاتا ضروری ہے کہ ٹرانزسٹر ریاضی نموٹ استعمال کرتے ہوئے مساوی باریکے اشاراتی اودار کو کسی صورت اصل ٹرانزسٹر کا دور نہ سمجھا جائے۔ یہ صرف حساب و کتاب آسان بنانے کا ایک طریقہ ہے۔

۳.۱۶ باریکے اشاراتی ادوار کا پائے ریاضی نمونے کی مدد سے حل

ٹرانزسٹر ایپلینائز کو پائے (π) ریاضی نمونے استعمال کرتے ہوئے ایک منظم طریقے سے حل کیا جاتا ہے۔ اس طریقے کا کے افتدام مندرجہ ذیل ہیں۔

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

۲. آگے بڑھنے سے پہلے تسلی کر لیں کہ ٹرانزسٹر امنزائندھنے میں ہے (یعنی غیر امنزائندھنے) $V_{CE} > V_{CE}$ ۔

۳. حاصل کردہ I_C استعمال کرتے ہوئے نقطہ کار کردگی 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 دباؤ کو قصر دور اور منبع بر قی روکو 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۔

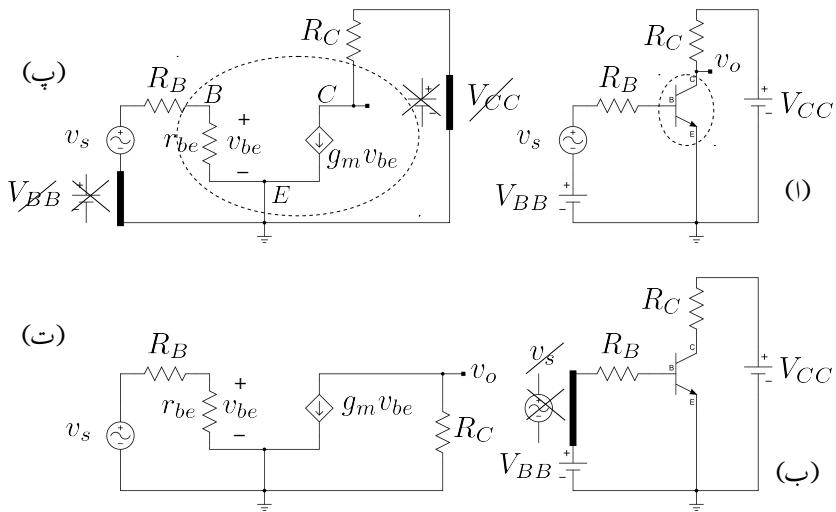
۵. حاصل مساوی باریکے اشاراتی دور کو حل کرتے ہوئے ایکپلینائز کے حنایت حاصل کریں۔ (مثلاً امنزائش بر قی دباؤ A_{v7} ، داخلی مزاحمت i_R ، خارجی مزاحمت R_0 وغیرہ)

۶. آخوند میں اس بات کی بھی تسلی کر لیں کہ ٹرانزسٹر کا نقطہ کار کردگی یوں منتخب ہو کہ خارجی اشارہ (v_0 لکھا جائے گا) کے حیطے کے میثت اور مخفی پتوں پر بھی ٹرانزسٹر امنزائندھنے ہی رہے۔ (یعنی کہ خارجی اشارہ v_0 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 ۸۳.۳ کی مدد سے کرتے ہیں جس میں مزاحمت R_B بھی نسب کیا گیا ہے۔ یہاں ٹرانزسٹر کی امنزائش بر قی دباؤ کو β_0 تصور کریں۔ شکل ب میں اس دور کا مساوی یک سمت دور حاصل کیا گیا ہے۔ اس کو حل کرتے ہوئے I_C اور V_{CE} حاصل کرتے ہیں۔ داخلی جبانب پوچنے

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

$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B}$$



شکل ۸۳: (۱) اصل دور (ب) مساوی یک سمت (ت) مساوی باریک اشاراتی

ہے لہذا

$$(r.112) \quad I_C = \beta_0 I_B = \beta_0 \left(\frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B} \right)$$

حاصل ہوتا ہے۔ یہ جواب R_B کو ٹرانزسٹر کے ایمپلیفیر باند متنبّل کرتے ہوئے $\frac{R_B}{\beta_0}$ لکھ کر بھی حاصل کیا جا سکتا تھا یعنی

$$I_C = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{\left(\frac{R_B}{\beta_0}\right)}$$

حناجی حبانی سے

$$(3.213) \quad V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C$$

حاصل ہوتا ہے۔ باریکے اشاراتی تغیرات حاصل کرنے سے پہلے یہاں رکے کر تسلی کر لیں کہ ٹرانزسٹر افیزور نہ نظر میں ہے۔ اگر حاصل کردہ V_{CE} کی قیمت غیر افیزور نہ ہے، V_{CE} سے کم ہو تو ٹرانزسٹر غیر افیزور نہ ہو گا اور اشارہ کو بڑھانے کے فتاواں ہو گا۔ اس صورت میں باریکے اشاراتی تجربے کرنے کی ضرورت نہیں۔

حاصل I_C سے ٹرانزسٹر ریاضی نمونے کے جزو g_m اور r_{be} حاصل کرنے کے بعد شکل تے سے اندازش A_v یوں حاصل کی جائے گی۔ داخلی جانب ہم لکھ سکتے ہیں

$$v_s = i_b (R_B + r_{be})$$

$$i_b = \frac{v_s}{R_B + r_{be}}$$

اور چونکہ $v_{be} = i_b r_{be}$

$$v_{be} = \frac{v_s r_{be}}{R_B + r_{be}}$$

حاصل ہوتا ہے۔ حتیٰ جانب ہم لکھ سکتے ہیں۔

$$i_c = g_m v_{be}$$

$$v_o = -i_c R_C$$

مندرجہ بالائیں مساوات سے v_o لکھا جا سکتا ہے یعنی

$$v_o = -i_c R_C = - (g_m v_{be}) R_C = -g_m R_C \left(\frac{v_s r_{be}}{R_B + r_{be}} \right)$$

جس سے اندازش A_v یوں حاصل ہوتی ہے۔

$$(3.213) \quad A_v = \frac{v_o}{v_s} = - \frac{g_m r_{be} R_C}{R_B + r_{be}}$$

یہاں رک کر تسلی کر لیں کہ آیا مطلوب حنارتی اشارہ v_o کے مثبت اور منفی چوٹیوں پر بھی ٹرانزسٹر اندازندہ خطے میں ہی رہتا ہے یا نہیں۔ میرے خیال میں یہ بات مثال کی مدد سے زیادہ آسانی سے سمجھ آئے گی۔

مثال ۳.۹: شکل ۸۳.۳ میں

$$\beta_0 = 100$$

$$V_{CC} = 15 \text{ V}$$

$$V_{BB} = 2.5 \text{ V}$$

$$R_C = 7.5 \text{ k}\Omega$$

$$R_B = 180 \text{ k}\Omega$$

لیتے ہوئے باریکے اشاراتی اندازش بر قی دباؤ A_v حاصل کریں۔ زیادہ سے زیادہ ناتراشیدہ حتیٰ جانب اشارے حاصل ہوتے وقت داخلی اشارے کا جیط دریافت کریں۔

حل: پہلے یک سوت مقیدات حاصل کرتے ہیں۔

$$I_C = \beta_0 \left(\frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B} \right) = 100 \times \left(\frac{2.5 - 0.7}{180000} \right) = 1 \text{ mA}$$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C = 15 - 10^{-3} \times 7.5 \times 10^3 = 7.5 \text{ V}$$

چونکہ حاصل V_{CE} کی قیمت V_{CE} نے اڑانزسٹر امنڈمینٹ کے زیادہ ہے لہذا اڑانزسٹر امنڈمینٹ ہے اور یہ داخنی اشارے کو بڑھ سکتا ہے۔ آئین ریاضی نوٹس کے جزو حاصل کریں۔

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

$$r_{be} = \frac{\beta_0}{g_m} = \frac{100}{40 \times 10^{-3}} = 2.5 \text{ k}\Omega$$

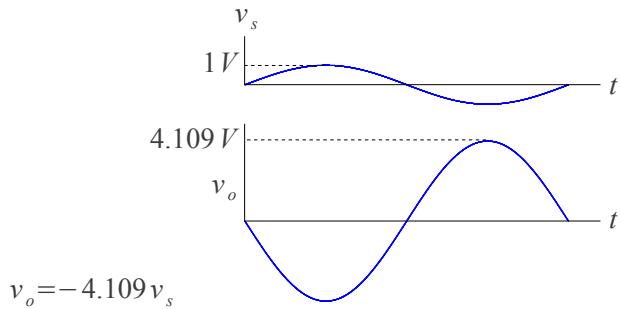
$$r_e \approx \frac{1}{g_m} = \frac{1}{40 \times 10^{-3}} = 25 \Omega$$

اور انہیں استعمال کرتے ہوئے باریک اشارات کی امنڈمینٹ برقی دباؤ A_v حاصل کریں۔

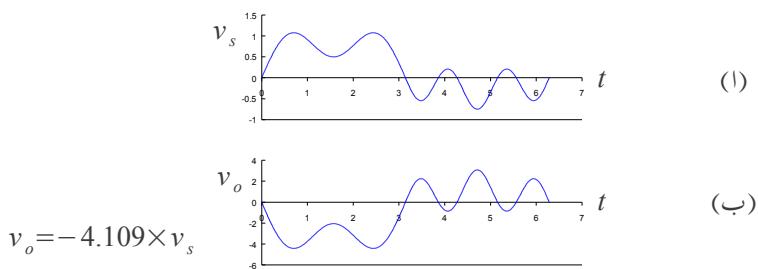
$$A_v = \frac{v_o}{v_s} = -\frac{g_m r_{be} R_C}{R_B + r_{be}} = -\frac{0.04 \times 2500 \times 7.5 \times 10^3}{180 \times 10^3 + 2500} = -4.109 \text{ V V}^{-1}$$

اس مساوات کے مطابق یہ ٹرانزسٹر ایپلیفیٹر داخنی اشارہ v_s کے حیطہ کو 4.109 گناہ بڑھائے گا۔ A_v کی قیمت منفی ہونے کا مطلب یہ ہے کہ جس لمحے داخنی اشارہ مثبت ہو گا اس لمحے خارجی اشارہ منفی ہو گا۔ شکل میں داخنی اشارہ کو سائن فس تصور کرتے ہوئے اس حقیقت کی وضاحت کی گئی ہے۔ سائن فس اشارہ کی صورت میں یہ کہا جا سکتا ہے کہ داخنی اور خارجی اشارات آپس میں 180° پر ہیں۔ داخنی اشارہ کی شکل کچھ بھی ہو سکتی ہے۔ شکل ۸۵.۳ میں غیر سائن-فس اشارہ دکھایا گیا ہے جہاں دونوں گرافوں میں برقی دباؤ کے مدد کی پیمائش مختلف ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ جب داخنی اشارہ مثبت ہوتا ہے اس وقت خارجی اشارہ منفی ہوتا ہے اور جب داخنی اشارہ منفی ہوتا ہے اس دوران خارجی اشارہ مثبت ہوتا ہے۔ یہ جاننے کے لئے کہ اس ایپلیفیٹر کے کتنے حیطے کا زیادہ سے زیادہ خارجی اشارہ v_o حاصل کیا جا سکتا ہے ہم خط بوچھ کی مدد حاصل کرتے ہیں جسے شکل ۸۶.۳ میں دکھایا گیا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ نقطہ کارکردگی کے ایک جانب خارجی اشارہ 7.5 V کا حیطہ رکھ سکتا ہے جبکہ دوسری جانب 7.3 V کا۔ یوں جیسے ہی خارجی اشارے کا حیطہ 7.3 V سے بڑھ جائے اس کا ایک طرف کتنے شروع ہو جائے گا۔ 7.3 V کے حیطے کا خارجی اشارہ اس وقت حاصل ہو گا جب داخنی اشارے کا حیطہ 1.777 V ہو گا جیسے

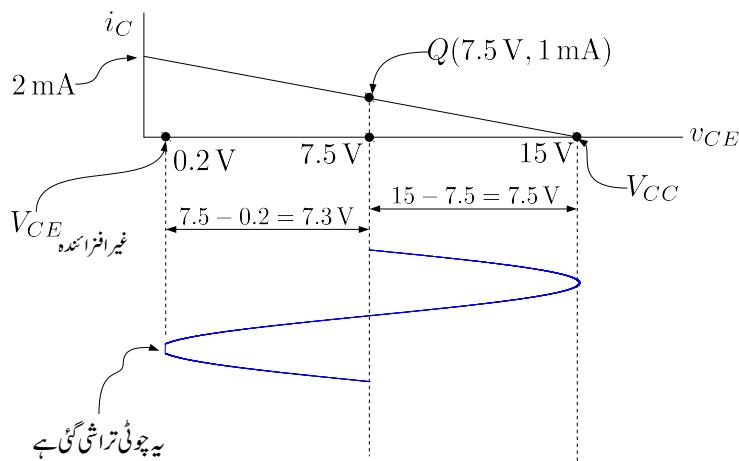
$$|v_s| = \left| \frac{v_o}{A_v} \right| = \left| \frac{7.3}{4.109} \right| = 1.777 \text{ V}$$



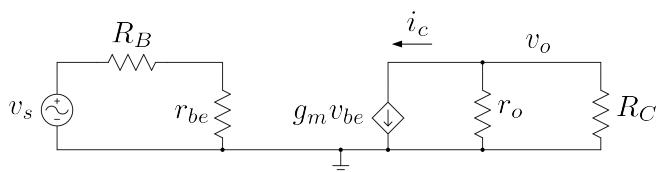
شکل ۱۶.۸۳: سائن-نما اشارات



شکل ۱۶.۸۴: غیر سائن-نما اشارہ



شکل ۳.۸۶: ہت رجی اسٹارے کی زیادہ سے زیادہ ناتراشیدہ چوتھی



شکل ۳.۸۷: ٹرانزسٹر کا ہت رجی مسراحت مصل کرتے مساوی دور

مثال ۳.۷۰: مثال ۳.۳۶ میں ٹرانزسٹر کا کام برقی دباؤ $V_A = 200$ V ہے۔ شکل ۳.۷۶ اے کا ریاضی نومنہ استعمال کرتے ہوئے A_v دبادہ حاصل کریں۔
حل: r_o کی شمولیت سے یک سمت مقیدات متاثر نہیں ہوتے لہذا مثال ۳.۳۶ میں حاصل کی گئی قیمتیں یہاں کے لئے بھی درست ہیں۔ مساواتے ۳.۳۶ سے

$$r_o = \frac{V_A}{I_C} = \frac{200}{1 \times 10^{-3}} = 200 \text{ k}\Omega$$

حاصل ہوتا ہے۔ یوں شکل ۳.۸۷ حاصل ہوتا ہے۔ اس دور کو حل کرتے ہیں۔ خارجی جبانب متوازی جبڑے

۱۶۔ باریک اشاراتی ادوار کا پائے ریاضی نوونے کی مدد سے حل

اوہ r_o کی کل مزاجمت R_C سے ہے جسے عسوماً $\parallel R_C$ لکھا جاتا ہے۔ یوں 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

$$A_v = \frac{v_o}{v_s} = -3.96 \text{ V V}^{-1}$$

مثال ۳۹.۳ میں $A_v = -4.109 \text{ V V}^{-1}$ حاصل ہوا تھا۔ یوں r_o کو نظر انداز کرتے ہوئے جواب میں صرف

$$\left| \frac{3.96 - 4.109}{3.96} \right| \times 100 = 3.76 \%$$

تبديلی آئی۔

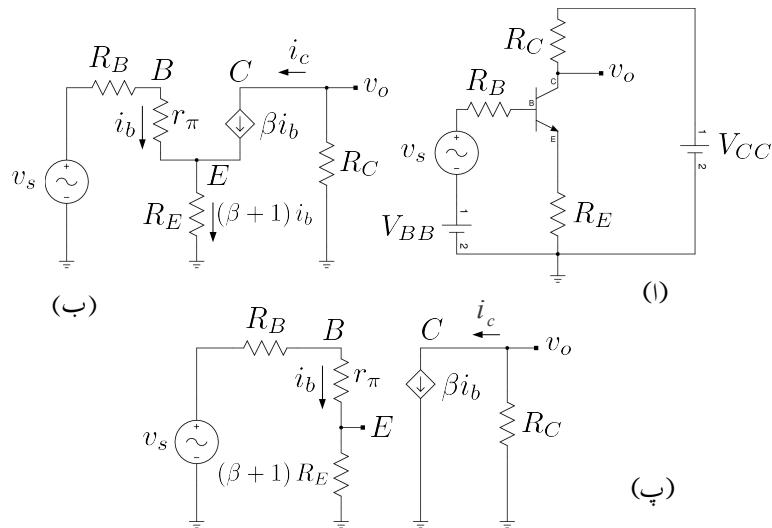
مندرجہ بالامثال میں ہم نے دیکھا کہ r_o کو نظر انداز کرتے ہوئے ایکلینیٹر کی افسزاں حاصل کرنے سے وسائل نظر انداز عملی پیدا ہوتی ہے۔ یہ اہم تجربہ ہے جس کی بسا پر افسزاں ایکلینیٹر حل کرتے ہوئے عسوماً r_o کو نظر انداز کیا جاتا ہے۔ اس کتاب میں جہاں r_o کا کردار ہم سے ہو، اسے نظر انداز کیا جائے گا۔ یاد رہے کہ حقیقت میں r_o پیا جاتا ہے لہذا $\rightarrow R_C$ کرنے سے لامدد و افسزاں حاصل نہیں ہوگی جو کہ حنارتی جبانہ R_C اور r_o متوازی حصے ہیں اور ان کی مجموعی مزاجمت کی صورت R_C یا r_o سے زیادہ نہیں ہو سکتی۔

مثال ۳۹.۴: شکل ۸۸.۳ افے کے ایکلینیٹر میں R_E کا اضافہ کیا گیا ہے۔ اس ایکلینیٹر کی افسزاں اور داشتی مزاجمت i_o حاصل کریں۔

حل: ایکلینیٹر میں بدلت اشارات کو نظر انداز کرتے ہوئے پہلے یک سمت مغیرات حاصل کرتے ہیں۔

$$I_C = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{\frac{R_B}{\beta+1} + R_E}$$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C - I_E R_E \\ \approx V_{CC} - I_C (R_C + R_E)$$



شکل ۳.۸۸: ایپلیکیشن بھر

یہاں رکے کر تسلی کر لیں کہ حاصل V_{CE} کی قیمت غیر اندازد V_{CE} سے زیاد ہے چونکہ صرف اسی صورت ٹرانزسٹر اشارات کو بڑھانے کی صلاحیت رکھتا ہے۔
حاصل I_C سے ٹرانزسٹر کے پائی ریاضی نمونے کے حصہ 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 قیمتیں استعمال نہیں کی گئی ان کو پھر بھی حاصل کیا گیا ہے۔ تمام حصہ حاصل کرنے کی عادت اچھی تباہت ہوتی ہے۔
شکل ب میں پائی ریاضی نمونے استعمال کرتے ہوئے شکل الف کا مساوی باریکے اشاراتی دور دکھایا گیا ہے جس میں r_o کو ظنرا انداز کیا گیا ہے۔ اس دور میں ٹرانزسٹر کے تین سروں پر برقرار رہنے والے ذیل ہیں۔

$$i_b$$

$$i_c = \beta i_b$$

$$i_e = i_b + i_c = (\beta + 1) i_b$$

پوں شکل بے میں داخلی جانب کے دائرے میں کر خوف کے فتوں برائے بر قی 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 پوں

$$i_b = \frac{v_s}{R_B + r_\pi + (\beta + 1) R_E}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اس مادا 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 جانب کے دائرے میں پوچھ کر $v_o = -i_c R_C$ اور $i_c = \beta i_b$ ہیں 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 مادا 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 جیسا کہ $r_e = \frac{r_\pi}{\beta+1}$ کا استعمال کیا گیا ہے۔

آئیں شکل ۸۸.۳ پے کو حل کریں جیسا مزاحمت کی قیمت بڑھا کر $R_E (\beta + 1)$ کرتے ہوئے داخلی اور خارجی دائروں کو جدید کر دیا گیا ہے۔
جوڑ E پر شکل ۸۸.۳ بے میں $v_E = (\beta + 1) i_b \times R_E$ ہے بر قی دباؤ پایا جاتا ہے۔ شکل ۸۸.۳ پے میں یہاں $i_b \times (\beta + 1) R_E$ پایا جاتا ہے۔ یہ دونوں مقدار برابر ہیں۔

$$v_E = (\beta + 1) i_b \times R_E = i_b \times (\beta + 1) R_E$$

شکل ۸۸.۳ پ کے داخلی دائرے پر کرخونے کا اوت انون براۓ برقی 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 مساوات کی طرح ہے جس سے داخلی باریکے اشاراتی مزاجمت کھی بالکل وہی حاصل ہوتا ہے یعنی

$$r_i = \frac{v_s}{i_b} = R_B + r_\pi + (\beta + 1) R_E$$

ای طرح حنارجی جبانے یہاں بھی $v_o = -i_c R_C$ اور $i_c = \beta i_b$ میں جن سے

$$v_o = -\beta R_C i_b = -\frac{\beta R_C v_s}{R_B + r_\pi + (\beta + 1) R_E}$$

حاصل ہوتے ہیں جن سے

$$A_v = \frac{v_o}{v_s} = -\frac{\beta R_C}{R_B + r_\pi + (\beta + 1) R_E}$$

یہ حاصل ہوتا ہے۔

یوں شکل ب اور شکل پ سے بالکل یہاں جوابت حاصل ہوتے ہیں۔ یہ ایک اہم تیب ہے نہیں اس کتاب میں ہمارا استعمال کیا جائے گا۔ جب بھی پرست تعداد پر چلنے والے ٹرانزسٹر کے ایمیٹر مشترک ۱۵ یا گلکٹر مشترک ایکپلینیٹر میں مزاجمت R_E استعمال کیا جائے، اس کا مساوی باریکے اشاراتی دور بنتے وقت داخلی اور حنارجی دائرہ کو جد اکرتے ہوئے داخلی دائرے میں $(\beta + 1) R_E$ مزاجمت نسب کرتے ہوئے حل کریں۔ تمام حاصل جوابت درست ہوں گے۔ جیسا آپ باب ۶ میں دیکھیں گے کہ بلند تعداد پر چلنے ایکپلینیٹر کے لئے ایک کے جواب حاصل کرنا ممکن نہ ہوگا۔ افسڑاٹس برقی دباؤ کے مساوات کو یوں بھی لکھا جاتا ہے۔

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

۱۵ مشترک کے ایمیٹر، مشترک گلکٹر اور مشترک یہس کی پہپان حصہ ۱۹.۳ میں کی گئی ہے

اس مساوات کے حصول کے تیسرا مسئلہ r_e کو $\frac{r_{be}}{\beta+1}$ کے لئے مدد کرے۔ اس مساوات کا انتہائی آسان مطلب ہے جس کی مدد سے اے با آسانی یاد رکھا جاسکتا ہے۔ ٹرانزسٹر کے گلکسٹر پر کل مزاحمت R_C ہے جبکہ اس کے بکھر پر مزاحمت R_E کے ساتھ سلسلہ دار R_B اور r_{be} کے عکس $\frac{R_B}{\beta+1}$ اور $\frac{r_{be}}{\beta+1}$ شکل میں ہیں۔ r_e کو $\frac{r_{be}}{\beta+1}$ کے لئے مدد کرے۔ یوں گلکسٹر پر کل مزاحمت $\sum R_E$ کی قیمت حجا سکتا ہے۔

$$\sum R_E = \frac{R_B}{\beta+1} + r_e + R_E$$

بے۔ اس مساوات میں R_B داخلی اشارہ v_s کے ساتھ سلسلہ دار جبڑی مزاحمت ہے۔ گلکسٹر پر کل مزاحمت کو $\sum R_C$ کے لئے مدد کرے۔ اس مساوات کو یوں لکھا جاسکتا ہے۔

$$(3.214) \quad A_v = -\alpha \left(\frac{\sum R_C}{\sum R_E} \right) = -\alpha \left(\frac{\text{گلکسٹر پر کل مزاحمت}}{\text{بکھر پر کل مزاحمت}} \right)$$

مساوات ۲۱۷.۳ نہایت ایہت کا حاصل ہے جو آپ کو زبانی یاد ہوتا ہے۔ اس مساوات کو استعمال کرتے ہوئے عموماً α کی قیمت (1) تصور کی جاتی ہے۔ اگر ۸۸.۳ الف کا بدلتا رومساوی دور بنا یا جبائے 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 پلیا جائے گا۔ مساوات ۲۱۷.۳ کے چیخ استعمال کے لئے ضروری ہے کہ ایک پلینائز کے یہیں جناب حصے کا مساوی دور اسی طرز پر ہو۔

یہ دیکھنے کی خاطر کہ مندرجہ بالا مساوات واقعی عمومی مساوات ہے، ہم مساوات ۲۱۷.۳ کو بھی اسی صورت میں بدلتے ہیں۔

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

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

لیتے ہوئے باریکے اشاراتی داخلی مزاحمت $\frac{v_s}{i_b} = r_i$ اور افناش A_v حاصل کریں۔
حل: پہلے یک سرت مغیرات حاصل کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned}I_C &= \frac{V_{BB} - V_{BE}}{\frac{R_B}{\beta+1} + R_E} = \frac{2.35 - 0.7}{\frac{150000}{99+1} + 15000} = 0.1 \text{ mA} \\V_{CE} &\approx V_{CC} - I_C (R_C + R_E) \\&= 12 - 0.1 \times 10^{-3} \times (75000 + 15000) = 3 \text{ V}\end{aligned}$$

چونکہ حاصل V_{CE} کی قیمت $V_{CE, \text{افناش}} = 0.2 \text{ V}$ یعنی افناش کی صلاحیت رکھتا ہے۔ خط بوچھ کھینچ کر آپ دیکھ سکتے ہیں کہ خارجی اشارے کی زیادہ ناتراشیدہ چوتھی نقطے کارکردگی کے ایک جانب $2.8 - 0.2 = 2.8 \text{ V}$ اور دوسری جانب $3 - 0.2 = 2.8 \text{ V}$ ممکن ہوگی۔ یوں سائنس اشارہ کی زیادہ ناتراشیدہ چوتھی 2.8 V ممکن ہوگی۔ حاصل I_C کے ٹرانزسٹر کے پارے ریاضی نوونے کے جزو حاصل کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned}g_m &= \frac{I_C}{V_T} = \frac{0.1 \times 10^{-3}}{25 \times 10^{-3}} = 4 \text{ mS} \\r_{be} &= \frac{\beta}{g_m} = \frac{99}{0.004} = 24.75 \text{ k}\Omega \\r_e &= \frac{V_T}{I_E} = \frac{\alpha}{g_m} = \frac{0.99}{0.004} = 247.5 \Omega\end{aligned}$$

باریکے اشاراتی داخلی مزاحمت حاصل کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned}r_i &= \frac{v_s}{i_b} = R_B + r_{be} + (\beta + 1) R_E \\&= 150000 + 24750 + (99 + 1) \times 15000 \\&= 1.67475 \text{ M}\Omega\end{aligned}$$

ایک پلینٹر کی افسزائش بر قی دباؤ حاصل کرتے ہیں۔

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

مساوات ۲۱۷.۳ کی مدد سے یہی جواب سیدھو سیدھ حاصل کیا جاسکتا ہے جیسا

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

اور

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

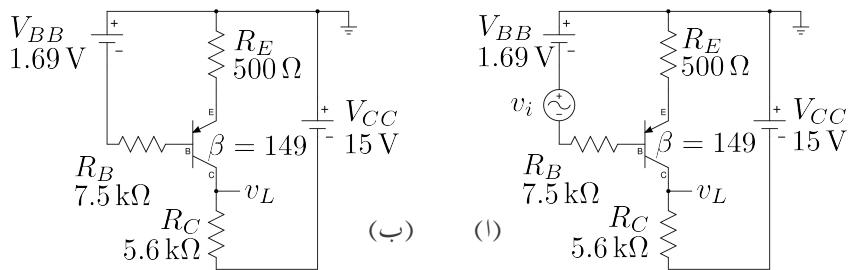
لئے جائیں گے اور یوں

$$A_v = -\alpha \left(\frac{\sum R_C}{\sum R_E} \right) = -0.99 \times \left(\frac{75000}{16747.5} \right) = -4.4335 \text{ V V}^{-1}$$

حاصل ہوتا ہے۔

مثال ۳.۳۳: شکل ۸۹.۳ میں $v_i = 0.001 \sin \omega t$ اگر $A_v = \frac{v_L}{v_i}$ حاصل کریں۔ اگر v_L ہوتے کیا ہوں؟
حل: نہ لئے متغیرات کو نظر انداز کرتے ہوئے شکل ۸۹.۳ بے یک سمت متغیرات حاصل کرتے ہیں۔ دوسری جانب

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



شکل ۳.۸۹ جمع-متفاہی ایپلیکیشن

لکھا جا سکتا 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۔ حنارجی حبائب

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

→

$$V_{EC} = 15 - 1.8 \times 10^{-3} \times (500 + 5600) = 4.02 \text{ V}$$

حاصل ہوتا ہے جو کہ عوپی امنزاسٹر V_{EC} سے زیاد ہے لیکن ایڈز ایڈز امنزاسٹر میں نہ خلے میں ہے۔
ان قیمتیوں سے پائے ریاضی نمونہ کے احتجاز، حاصل کرتے ہیں

$$g_m = \frac{I_C}{V_T} = \frac{1.8 \times 10^{-3}}{25 \times 10^{-3}} = 0.072 \text{ S}$$

$$r_{be} = \frac{\beta}{g_m} = \frac{149}{0.072} = 2069 \Omega$$

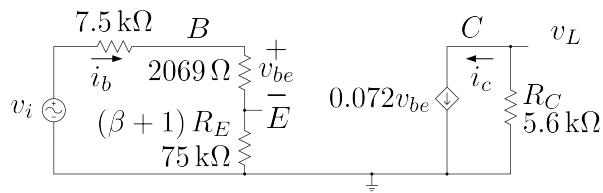
جہیں استعمال کرتے ہوئے شکل ۳.۹۰ کا باریکے اشاراتی مساوی دور حاصل ہوتا ہے۔ اس مساوی دور میں

مثال ۳.۷۱ کے شکل ۳.۸۸ پ کی طرح پائے ریاضی نمونہ میں تبدیلی کی گئی۔

مساوی دور کے داخلي حبائب

$$i_b = \frac{v_i}{7500 + 2069 + 75000} = \frac{v_i}{84569}$$

$$v_{be} = i_b \times 2069 = \frac{v_i}{84569} \times 2069 = 0.024465 v_i$$



شکل ۹.۳: جمع-منفی-جع ایپلینگر مساوی باریکے اشاراتی دور

لکھا جاسکتا ہے جبکہ اس کے خلاف جانب

$$\begin{aligned} i_c &= 0.072v_{be} \\ v_L &= -i_c \times 5600 \\ &= -0.072 \times v_{be} \times 5600 \\ &= -0.072 \times (0.024465v_i) \times 5600 \\ &= -9.864v_i \end{aligned}$$

یوں

$$A_v = \frac{v_L}{v_i} = -9.864 \text{ VV}^{-1}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اسی جواب کو یوں بھی حاصل کیا جاسکتا ہے۔

$$\begin{aligned} \sum R_C &= 5.6 \text{ k}\Omega \\ \sum R_E &= \frac{R_B}{\beta + 1} + \frac{r_{be}}{\beta + 1} + R_E = 563.79 \Omega \\ A_v &= -\alpha \frac{\sum R_C}{\sum R_E} = - \left(\frac{149}{150} \right) \left(\frac{5600}{563.79} \right) = -9.866 \text{ VV}^{-1} \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے۔ A_v کے ان دو جوابات میں صرف

$$\left| \frac{9.866 - 9.864}{9.866} \right| \times 100 = 0.026 \%$$

کافی نہیں۔ یہ فرق I_E کی تصور کرنے سے پیدا ہوا۔ I_C کی تحریک تحریک قیمت حاصل کرتے دوبارہ

جو ابتدی 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 میونتے 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

$$i_c = g_m v_{be} = 0.07152 \times 0.02463 v_i = 1.7615376 \times 10^{-3} v_i$$

$$v_L = -i_c \times 5600 = -1.7615376 \times 10^{-3} v_i \times 5600 = -9.8646 v_i$$

یعنی

$$A_v = \frac{v_L}{v_i} = -9.865 \text{ V V}^{-1}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اسی طرح

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

$$\sum R_E = \frac{7500}{149+1} + \frac{2083.33}{149+1} + 500 = 563.889 \Omega$$

$$A_v = -\alpha \frac{\sum R_C}{\sum R_E} = -\frac{149}{149+1} \times \frac{5600}{563.889} = -9.865 \text{ V V}^{-1}$$

حاصل ہوتا ہے۔
اگر $v_i = 0.001 \sin \omega t$ تو

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

گھر

اس مثال میں آپ نے دیکھا کہ چھوٹی چھوٹی چیزیں نظر انداز کرنے سے جوابت جلد حاصل ہوتے ہیں
مگر ان میں اور اصل جوابت میں معمولی فرق پایا جاتا ہے۔ یہ فرق وہ نظر انداز ہوتا ہے۔ قائم و کاغذ

کے ساتھ ٹرانزسٹر ادوار حل 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 قسم تغیرات کے ٹھیک ٹھیک تغیراتیں استعمال کرتے ہوئے جوابات حاصل کئے جا سکتے ہیں۔

اب تک ایکلینیاٹر حل کرتے وقت ہم ٹرانزسٹر کے یہیں جانب تمام مزاحمت کو ایکلینیاٹر کا حصہ تصور کرتے ہوئے مساوات ۲۱۷.۳ استعمال کرتے آہے ہیں۔ آئیں اسی مسئلے کو فدر مختلف نظرے دیکھیں۔ ایسا کرنے سے مساوات ۲۱۷.۳ میں $R_E \sum$ کا مطلب کچھ تبدیل ہو جائے گا۔

شکل ۸۸.۳ کو مثال بناتے ہوئے یہاں دوبارہ شکل ۹۱.۳ میں پیش کرتے ہیں۔ شکل الف میں داخلی جانب سے دیکھتے ہوئے دو داخلی مزاحمت R_i اور R'_i دکھائے گے ہیں۔ R_{i_s} سے مراد وہ مزاحمت ہے جو ٹرانزسٹر کے یہیں پر دیکھتے ہوئے نظر آتا ہے جبکہ R'_i سے مراد وہ مزاحمت ہے جو داخلی اشارے v_s کو نظر آتا ہے۔ [ہم عموماً R' سے مراد R کا ٹرانزسٹر میں عکس مطلب لیتے ہیں۔ یہاں ہم R'_i سے ہرگز یہ مراد نہیں لے رہے۔ امید کی جاتی ہے کہ اس ہے میں اس حقیقت کو آپ ذہن میں رکھیں گے۔] شکل کو دیکھتے ہوئے ہم لکھ سکتے ہیں

$$(3.218) \quad \begin{aligned} R_i &= (\beta + 1) (r_e + R_E) \\ &= r_{be} + (\beta + 1) R_E \\ R'_i &= R_B + R_i \\ &= R_B + (\beta + 1) (r_e + R_E) \end{aligned}$$

ٹرانزسٹر کے بیٹھ جانب ان داخلی مزاحمت کے عکس

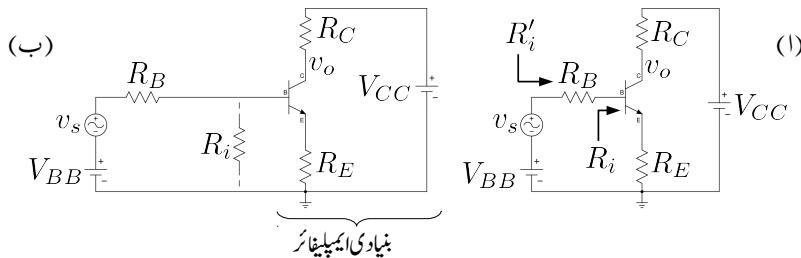
$$\begin{aligned} \frac{R_i}{\beta + 1} &= r_e + R_E \\ \frac{R'_i}{\beta + 1} &= \frac{R_B}{\beta + 1} + r_e + R_E \end{aligned}$$

ہیں۔ مساوات ۲۱۷.۳ میں $R_E \sum$ سے مراد داخلی مزاحمت R_i کا عکس ہے۔ آئیں اب اسی ایکلینیاٹر کو دوسری نظرے دیکھیں۔

شکل ۹۱.۳ بے میں بنیادی ایکلینیاٹر کی نشاندہی کی گئی ہے۔ R_B اس بنیادی ایکلینیاٹر کا حصہ نہیں ہے۔ ٹرانزسٹر کے یہیں سے دیکھتے ہوئے ایکلینیاٹر مزاحمت i نظر آتا ہے۔ اس حقیقت کی وضاحت شکل ب میں ٹرانزسٹر کے یہیں جانب R_i دکھا کر کی گئی ہے۔

شکل ۹۲.۳ میں ایکلینیاٹر کا باریکے اشاراتی مساوی دور بناتے ہوئے اس کے دو نکٹے بھی کر دئے گئے ہیں۔ یوں شکل ۹۲.۳ الف کو دیکھتے ہوئے ہم لکھ سکتے ہیں

$$(3.219) \quad \begin{aligned} v_b &= \left(\frac{R_i}{R_B + R_i} \right) v_s \\ &= \left(\frac{(\beta + 1) (r_e + R_E)}{R_B + (\beta + 1) (r_e + R_E)} \right) v_s \end{aligned}$$



شکل ۳.۹۱

جس مساوات ۲۱۸.۳ کی قیمت پر کی گئی۔ شکل ۳.۹۲ بے کو دیکھتے ہوئے ہم

$$(3.220) \quad \begin{aligned} \sum R_C &= R_C \\ \sum R_E &= r_e + R_E \\ A'_v &= \frac{v_o}{v_b} = -\frac{\sum R_C}{\sum R_E} = -\frac{R_C}{r_e + R_E} \end{aligned}$$

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 ۲۱۹.۳ سے پر کرتے ہوئے

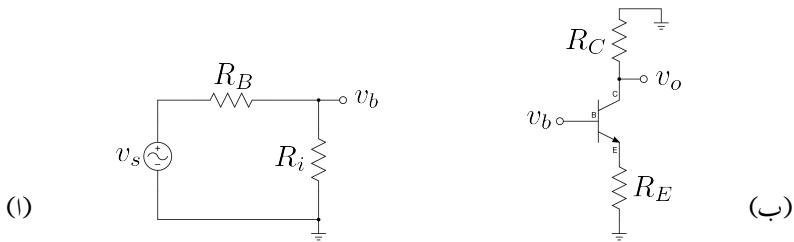
$$(3.222) \quad v_o = -\left(\frac{R_C}{r_e + R_E}\right) \left(\frac{(\beta+1)(r_e + R_E)}{R_B + (\beta+1)(r_e + R_E)}\right) v_s$$

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 ۲۱۶.۳ ہی ہے۔

مساوات ۲۲۳.۳ میں کر کے خپلے ہے میں R_E میں $r_e + R_E$ مساوات R_E سے ہے جو اخود داخلی مزاحمت کا بیٹھ جانے کے لئے ہے۔ یہ اگر داخنی مزاحمت بڑھائی جائے تو افزاں A_v کا بیٹھ جانے کے لئے یعنی $\frac{R_i}{\beta+1} = \sum R_E$ ہے۔ یہ ایک ایسا تجیب ہے۔ ایکلینیفار تحسین دیتے وقت اس حقیقت کو سامنے رکھا جاتا ہے۔ عموماً ہمیں زیادہ داخلی مزاحمت اور زیادہ افزاں درکار ہوتے ہیں۔ ایسی صورت میں مصالحت سے کام لیا جاتا ہے اور



شکل ۳.۹۲

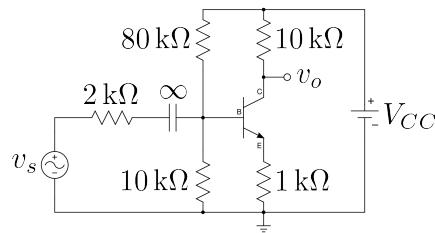
خواہشات کو کم کرتے ہوئے درمیانے جوابات تسلیم کئے جاتے ہیں۔ یہ بستلاتا چپلوں کے ایک سے زیادہ ایکپلینیٹر استعمال کرتے ہوئے کسی بھی قیمت کے داخلی مزاحمت اور افزائش حاصل کئے جاسکتے ہیں۔ اس طرح کے ایکپلینیٹر آپ آگے جا کر دیکھیں گے۔ ایکپلینیٹر حاصل کرنے کا یہ طریقہ نہایت اہم ہے۔ اس طریقہ کو آگے باہوں میں بار بار استعمال کیا جائے گا۔ آپ سے گزارش کی جاتی ہے کہ اس طریقہ کو سمجھنے بغیر آگے ملتے ہیں۔ اس طریقہ کو فتحم باعتم دوبارہ پیش کرتے ہیں۔

- ٹرانزسٹر کے یہیں پر دیکھتے ہوئے ایکپلینیٹر کا داخلي مزاحمت i_R حاصل کریں۔
- دور میں بنیادی ٹرانزسٹر ایکپلینیٹر کی جگہ اس کا داخلي مزاحمت i_R نسبت کرتے ہوئے سادہ داخلي دور حاصل کریں۔
- اس سادہ داخلي دور میں v_b حاصل کریں۔ v_b سے مراد i_R پر پائے جانے والا باریکے اشارہ ہے۔
- بنیادی ایکپلینیٹر کی افزائش کا داخلي مزاحمت $A'_v = \frac{v_o}{v_b} = -\frac{\sum R_C}{\sum R_E}$ سے مراد بنیادی ایکپلینیٹر کا $\sum R_E$ ہے۔
- ٹیل افزائش $A_v' = \frac{v_o}{v_s}$ اور v_b کو $A'_v A_v$ کی مدد سے حاصل کریں۔

مثال ۳.۹۳: شکل ۳.۹۳ میں بنیادی ایکپلینیٹر کا داخلي مزاحمت حاصل کرتے ہوئے افزائش $A_v = \frac{v_o}{v_s}$ حاصل کریں۔ $r_e = 25 \Omega$ اور $\beta = 100$ ہیں۔ باریکے اشاراتی دور میں کپسٹر کو قصر دور تصور کریں۔

حل: شکل ۳.۹۳ میں بدلتا و مساوی دور دکھایا گیا ہے۔ شکل ب میں داخلي مزاحمت

$$R_i = (100 + 1) \times (25 + 1000) = 103.525 \text{ k}\Omega$$



شکل ۳.۹۳

بے۔ شکل اف میں سادہ داخلی دور کھایا گیا ہے جس سے

$$80 \text{ k}\Omega \parallel 10 \text{ k}\Omega \parallel 103.525 \text{ k}\Omega = 8.186 \text{ k}\Omega$$

لیتے ہوئے

$$v_b = \left(\frac{8186}{2000 + 8186} \right) v_s = 0.8036 v_s$$

حاصل ہوتا ہے۔ شکل بے سے

$$A'_v = \frac{v_o}{v_b} = -\alpha \frac{\sum R_C}{\sum R_E} \approx -\frac{\sum R_C}{\sum R_E} = -\frac{10000}{25 + 1000} = -9.756 \text{ V V}^{-1}$$

حاصل ہوتا ہے۔ یوں

$$A_v = \frac{v_o}{v_s} = \frac{v_o}{v_b} \times \frac{v_b}{v_s} = -9.756 \times 0.8036 = -7.839 \text{ V V}^{-1}$$

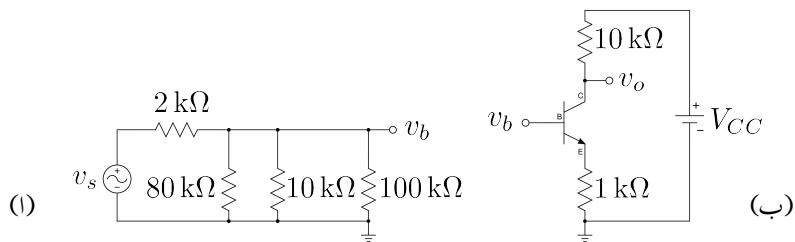
حاصل ہوتا ہے۔

۳.۱۶.۱ زنجیری ضرب کا طریق

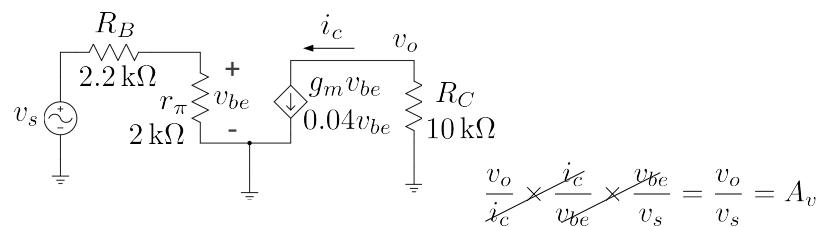
ٹرانزسٹر کے پائے ریاضی نمودن کو استعمال کرتے ہوئے افتراش بر قی دباؤ A_v حاصل کرنا ہم نے دیکھ۔ اس سے پہلے کے ایسے منزید مثال دیکھیں ہم ایک نہایت سادہ طریقے کا رسمیت ہے جس کی مدد سے A_v کا حصول بہت آسان ہو جاتا ہے۔

۱۶۔ باریکے اشاراتی ادوار کا پائے ریاضی نمونے کی مدد سے حل

۳۱۲



شکل ۳.۹۳



شکل ۳.۹۵: زنجیری ضربے سے A_v کا حصول

شکل ۲.۹۵ میں باریکے اشاراتی دور دکھایا گیا ہے جس کے لئے ہم تین مساوات لکھ سکتے ہیں یعنی

$$(3.222) \quad \begin{aligned} v_o &= -i_c R_C \\ i_c &= g_m v_{be} \\ v_{be} &= \frac{r_\pi v_s}{r_\pi + R_B} \end{aligned}$$

ان تین مساوات کو یوں بھی لکھ سکتے ہیں۔

$$(3.225) \quad \begin{aligned} \frac{v_o}{i_c} &= -R_C = -10000 \\ \frac{i_c}{v_{be}} &= g_m = 0.04 \\ \frac{v_{be}}{v_s} &= \frac{r_\pi}{r_\pi + R_B} = \frac{2000}{2000 + 2200} = 0.4762 \end{aligned}$$

اس مساوات کے پہلی حصہ کے دائیں ہاتھ کے دو متغیرات v_o اور i_c کے قیمتیں دور حل کرنے کے بعد ہی ہمیں معلوم ہوتی ہیں جبکہ مساوات کے دائیں ہاتھ پر R_C کی قیمت ۱۰۰۰۰ ہے۔ ہمیں دور حل کرنے سے پہلے ہی معلوم ہے۔ یوں اگر چہ 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 $\frac{v_o}{i_c}$ کی قیمت ۱۰۰۰۰ ہے۔ یوں ہر صورت ۰.۴۷۶۲ کے برابر ہو گا۔

ای طرح مندرجہ بالا مساوات کے دوسرے حصہ میں دائیں ہاتھ i_c اور v_{be} کی قیمتیں صرف دور حل کرنے کے بعد ہی ہمیں معلوم ہوتی ہیں جبکہ دائیں ہاتھ g_m کی قیمت ۰.۰۴ ہے۔ پہلے سے معلوم ہے۔ یوں اگر چہ دور حل کرنے سے پہلے ہمیں نہ i_c کی قیمت معلوم ہے اور نہیں v_{be} کی، مگر ہم جانتے ہیں کہ $\frac{i_c}{v_{be}}$ کی قیمت ۰.۰۴ ہے۔ یوں ہر صورت کے برابر ہو گا۔

ای طرح مساوات کے تیسرا حصہ ہم جانتے ہیں کہ $\frac{v_{be}}{v_s}$ کی قیمت ۰.۴۷۶۲ رہے گی۔ آئیں ان معلومات کو زیر استعمالاتے ہوئے A_v حاصل کریں۔ جیسے شکل ۲.۹۵ میں دکھایا گیا ہے، A_v کو زنجیری ضربے یوں لکھا جاتا 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 تینوں قویں میں بند تناسب کے قیمتیں مساوات ۲۲۵.۳ میں دی گئی ہیں۔ یوں اگر چہ دور حل کرنے سے قبل، مساوات ۲۲۲.۳ کے دائیں ہاتھ متغیرات (یعنی v_o , i_c , v_{be}) کی قیمتیں ہم نہیں جانتے لیکن مساوات ۲۲۵.۳ کی مدد سے ان تینوں نسبت کے قیمتیں ہم جانتے ہیں اور یوں ہم اس سے A_v کی قیمت حاصل کر سکتے ہیں یعنی

$$(3.227) \quad A_v = -10000 \times 0.04 \times 0.4762 = -190 \text{ V V}^{-1}$$

زنجیری ضرب لکھتے وقت مندرجہ ذیل نتائج اور کسیں۔

۱. باریکے اشاراتی دور حل کرنے سے پہلے ہمیں دور میں کہیں پر بھی بر قی دباؤ یا بر قی رو کے مقدار معلوم نہیں ہوتے۔ (یہاں اگرچہ آپ کہہ سکتے ہیں کہ $\frac{v}{v_s}$ داخلي اشارہ ہونے کے ناطے ہمیں قبل از حل معلوم ہے لیکن یاد رہے کہ ایسی صورت بھی پیدا ہو سکتے ہیں جہاں $\frac{v}{v_s}$ بھی معلوم نہ ہو۔)

۲. اس کے بر عکس دور کے تمام مزاحمت کے قیمت اور ریاضی نمونے کے تمام جزو (g_m ، π اور β) کے قیمت ہمیں پہلے سے معلوم ہوتے ہیں۔

۳. یوں زنجیری ضرب کی حافظہ تو سین لکھتے ہوئے مساواتوں کے دائیں ہاتھ پر صرف نامعلوم مقدار یعنی بر قی دباؤ یا بر قی رو پائے جائیں گے جبکہ ان کے دائیں ہاتھ معلوم متغیرات یعنی مزاحمت یا ریاضی نمونے کے جزو پائے جائیں گے۔

۴. زنجیری ضرب لکھتے ہوئے ایپلینائز کے حفاری نقطے سے شروع کرتے ہوئے داخلي جانب پہلے ہوئے زنجیر کی کڑی جوڑتے رہیں۔

۵. زنجیری ضرب کی ہر نی کڑی (تو سین) میں اپر لکھا متغیرہ گزشتہ کڑی (تو سین) کا خپلا متغیرہ ہو گا۔ مساوات ۲۲۶۳ 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

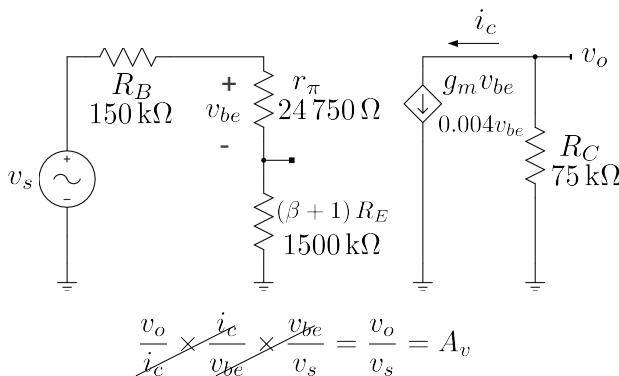
$$\frac{v_o}{i_c} = -R_C = -10\,000$$

ہے اور یوں ہمیں $\frac{v_o}{i_c}$ کی قیمت معلوم ہے۔ اس طرح A_v کی مساوات کو یوں لکھا جاتا ہے

$$A_v = \left(\frac{v_o}{i_c} \right) \times \left(\frac{i_c}{v_s} \right)$$

آپ دیکھ سکتے ہیں کہ اس مساوات میں تمام متغیرات صرف نامعلوم بر قی دباؤ یا بر قی رو ہیں۔ مزید یہ کہ دوسری تو سین یعنی $\left(\frac{i_c}{v_s} \right)$ میں اپر i_c لکھا گیا ہے جو اس سے پہلے تو سین میں نیچے لکھا گیا ہے۔ مندرجہ بالامساوات میں اگرچہ ہمیں پہلی تو سین کی قیمت معلوم ہے لیکن مسئلہ ابھی بھی حل نہیں ہوا چونکہ دوسری تو سین کی قیمت ہمیں معلوم نہیں۔ شکل سے ہم دیکھتے ہیں کہ اگرچہ i_c کی قیمت ہم نہیں جانتے لیکن ہم جانتے ہیں کہ

$$\frac{i_c}{v_{be}} = g_m = 0.04$$



شکل۔۳.۹۶: زنجیری ضرب کی ایک اور مثال

کے برابر ہے۔ اس طرح A_v کی مساوات کو یوں لکھا جاتا ہے

$$A_v = \left(\frac{v_o}{i_c} \right) \times \left(\frac{i_c}{v_{be}} \right) \times \left(\frac{v_{be}}{v_s} \right)$$

یہاں پہنچ کر ہم دیکھتے ہیں کہ تمام تو سین کی قیمتیں ہم جانتے ہیں اور یوں A_v کی قیمت حاصل کی جا سکتی ہے۔ اس بات پر بھی توجہ دیں کہ تیسرا قوسین میں کسر میں اپر v_{be} لکھا گیا ہے جو کہ اس سے پہلے قوسین میں بند کر میں نیچے لکھا گیا ہے۔

آپ اس طریقہ کا پر ایک مرتباً دوبارہ نظر ڈالیں۔ ہم دور کے حنا رجی جبانب v_o سے شروع کرتے ہوئے داخلی جبانب v_s کی طرف تدمیر ہوتے ہوئے تو سین شامل کئے جاتے ہیں۔ اس عمل کا مشق کرنے کے بعد آپ دیکھیں گے کہ آپ مساوات ۲۲۶.۳ کے طرز کی مساوات شکل کو دیکھتے ہی لکھ سکیں گے۔ زنجیری ضرب کا یہ طریقہ نہایت اہم ہے جسے ہم عموماً استعمال کریں گے۔

مثال ۳.۲۵: مثال ۳.۲۴ کو زنجیری ضرب کے طریقے سے حل کریں۔ حل: شکل ۳.۹۶ میں درکار ہائے اشاراتی مساوی دور کھایا گیا ہے جس کے لئے ہم مندرجہ ذیل مساوات لکھ سکتے ہیں۔

$$(3.228)$$

$$v_o = -i_c R_C$$

$$i_c = g_m v_{be}$$

$$v_{be} = \frac{r_\pi v_s}{R_B + r_\pi + (\beta + 1) R_E}$$

جن سے مندرجہ ذیل کسر حاصل کئے 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 لکھ سکتے ہیں

$$\begin{aligned}
 A_v &= \left(\frac{v_o}{i_c} \right) \times \left(\frac{i_c}{v_{be}} \right) \times \left(\frac{v_{be}}{v_s} \right) \\
 (3.230) \quad &= (-75000) \times (0.004) \times (0.014778325) \\
 &= -4.433 \text{ VV}^{-1}
 \end{aligned}$$

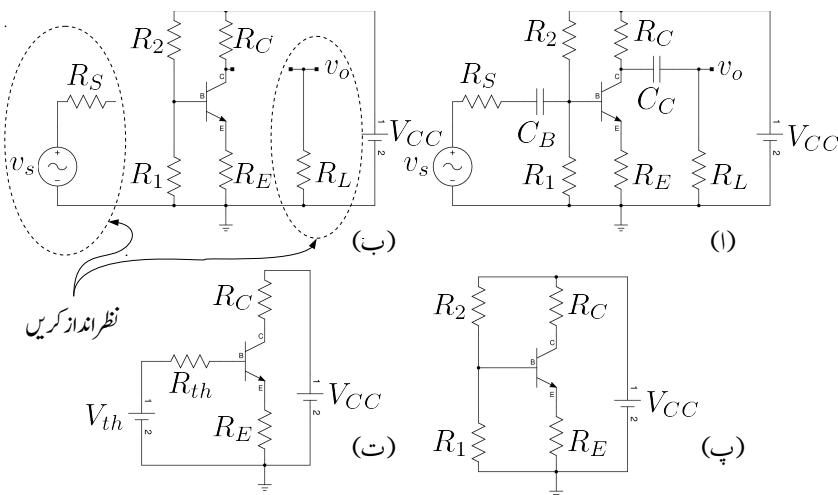
مندرجہ بالامساوات کو یوں لکھا جاسکتا ہے۔ حرارتی سرے سے شروع کرتے ہم دیکھتے ہیں کہ $v_o = -i_c R_C$ ہے اور یوں v_o کو i_c کی مدد سے لکھا جاسکتا ہے۔ اگلے وتدم پر ہم نے یہ دیکھنا ہے کہ i_c کو کیسے لکھا جاسکتا ہے۔ ہم دیکھتے ہیں کہ $i_c = g_m v_{be}$ ہے اور یوں i_c کو v_{be} کی مدد سے لکھا جاسکتا ہے۔ تیسرا وتدم پر ہم دیکھتے ہیں کہ v_s کو v_{be} کی مدد سے لکھا جاسکتا ہے۔

مثال ۳.۲۶: شکل ۳.۷۶ اف کے ایپلیفائر میں

$V_{CC} = 15 \text{ V}$	$\beta = 179$
$R_C = 75 \text{ k}\Omega$	$R_E = 15 \text{ k}\Omega$
$R_1 = 320 \text{ k}\Omega$	$R_2 = 1.7 \text{ M}\Omega$
$R_s = 5 \text{ k}\Omega$	$R_L = 375 \text{ k}\Omega$

ہیں۔ ایپلیفائر کی افنسز ایش برقی دباؤ $A_v = \frac{v_o}{v_s}$ حاصل کریں۔

حل: پہلے یک سمت متغیرات حاصل کرتے ہیں۔ ایپلیفائر میں عموماً کپیسٹر استعمال کئے جاتے ہیں۔ جن کا ایک اہم مقصد یہ ہے کہ اشارات کے تعداد پر ان کپیسٹر کی برقی دباؤ کے محدود ہے کے اندر رکھنا ہوتا ہے۔ عموماً ان کپیسٹر کی قیمت اتنی رکھی جاتی ہے کہ اشارات کے تعداد پر ان کپیسٹر کی برقی دباؤ کا واثق کم ممکن ہو۔ یوں اشارات بغیر گھٹے ان سے کمزور سکتے ہیں۔ چونکہ کپیسٹر یک سمت متغیرات کے لئے کھلے دور کے طور کام کرتا ہے لہذا ابتدئے اشارات کے



شکل ۷.۹: سیکے سمت اور بدلتے متغیرات کے عیندگی کی مثال

ساتھ ملک دوڑ کے حصہ ٹرانزسٹر کے نقطے کارکردگی کو متاثر نہیں کر سکتے چونکہ ان تک یک سمت متغیرات کی رسانی نہیں ہوتی۔ ہم ایپلیکیشن ادوار میں تصور کریں گے کہ بدلتے اشارات کے لئے کمپیٹر قصر دوڑ کے طور کام کرتے ہیں اور یک سمت متغیرات کے لئے یہ کھلے دور کے طور کام کرتے ہیں۔ جہاں ایسا تصور سن کرنا ہو مہاں بتلا ہاجائے گا۔

ماہی یک سمت دور حاصل کرنے کی عندر غیر سے شکل ب میں کمپیٹروں کو کھلے دور کر دیا گیا ہے۔ یوں آپ دیکھ سکتے ہیں کہ دو جگہ دور کے حصے یک سمت دور سے منقطع ہو جاتے ہیں۔ انہیں نقطے دار لکیروں میں گھیرا دکھایا گیا ہے۔ ان حصوں کو نظر انداز کرتے ہوئے شکل پ سے حاصل ہوتا ہے۔

شکل ۷.۹ پ کا صفحہ ۲۰۳ پر شکل ۷.۳ کے ساتھ موزن کرنے سے صاف ظاہر ہوتا ہے کہ دونوں اشکال بالکل یکساں ہیں۔ اس بات کو یہاں اچھی طرح سمجھ کر آگے بڑھیں کہ ٹرانزسٹر ایپلیکیشن میں باریک اشارات کو بذریعہ کمپیٹروں کے یوں منتقل کیا جاتا ہے کہ ٹرانزسٹر کا نقطہ کارکردگی کی متاثر نہ ہو۔

مسئلہ تھون کی مدد سے شکل ت میں اسی یک سمت دور کو دوبارہ دکھایا گیا ہے جہاں

$$V_{th} = \frac{R_1 V_{CC}}{R_1 + R_2} = \frac{320 \times 10^3 \times 15}{320 \times 10^3 + 1.7 \times 10^6} = 2.37624 \text{ V}$$

$$R_{th} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{320 \times 10^3 \times 1.7 \times 10^6}{320 \times 10^3 + 1.7 \times 10^6} = 269.3 \text{ k}\Omega$$

آئیں یک سمت متغیرات حاصل کریں۔

$$\begin{aligned} I_C &= \frac{V_{th} - V_{BE}}{\frac{R_{th}}{\beta+1} + R_E} \\ &= \frac{2.37624 - 0.7}{\frac{269.3 \times 10^3}{179+1} + 15 \times 10^3} \\ &= 0.1016 \text{ mA} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{CE} &\approx V_{CC} - I_C (R_C + R_E) \\ &= 15 - 0.1016 \times 10^{-3} \times (75 \times 10^3 + 15 \times 10^3) \\ &= 5.856 \text{ V} \end{aligned}$$

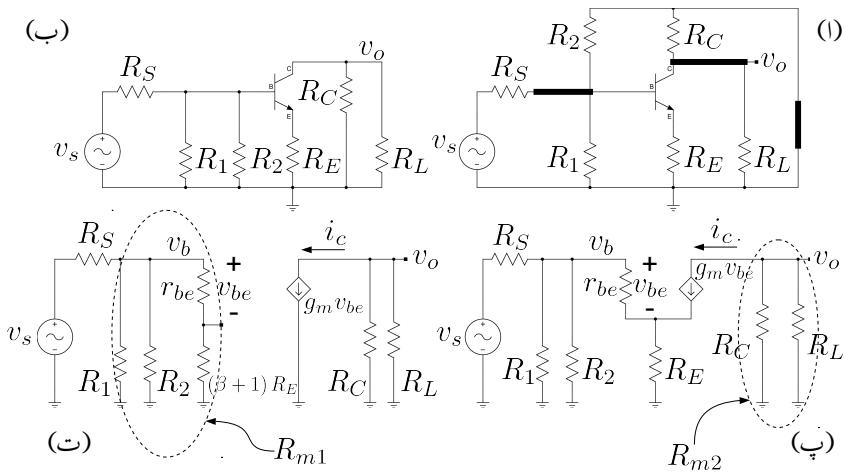
چوکہ حاصل $V_{CE} > 0.2 \text{ V}$ لہذا ٹرانزسٹر منزانتہ ہے۔ ٹرانزسٹر کے π ریاضی نمونے کے جزو حاصل کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned} g_m &= \frac{I_C}{V_T} = \frac{0.1016 \times 10^{-3}}{25 \times 10^{-3}} = 4.046 \text{ mS} \\ r_{be} &= \frac{\beta}{g_m} = \frac{179}{4.064 \times 10^{-3}} = 44.045 \text{ k}\Omega \\ r_e &\approx \frac{1}{g_m} = 246 \Omega \end{aligned}$$

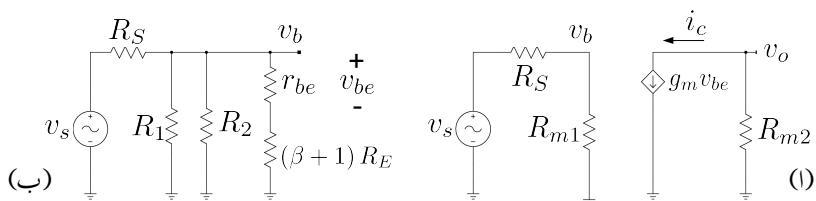
جیسے پہلے ذکر ہوا کہ ایک پیغام میں کمپیٹر کی قیمت اتنی رکھتی ہے کہ باریکے اشارہ کے تعداد پر ان کی برقی رکاوٹ (X_C) فتاہی نظر انداز ہو۔ یوں مساوی بدلاتا دور بنتے وقت تم کمپیٹر کو قصر دو رکھتا ہے۔ شکل ۹۸۳ الف میں یوں منع بر قی دباؤ V_{CC} کے علاوہ کمپیٹر C_B اور C_C کو بھی قصر دو رکھتا ہے۔ ان قصر دو رکھوئی لکسیروں سے واضح کیا گیا ہے۔ ایسا کرنے سے R_C کے علاوہ R_2 کا بھی ایک سرا بر قی زمین سے جا بڑتا ہے۔ اسی کو شکل ب میں صاف سمجھا بنتا کر دکھایا گیا ہے۔ یہاں رک کر تسلی کر لیں کہ آپ کو شکل الف اور شکل ب یکان نظر آتے ہیں جو کہ اس عمل کی بار بار ضرورت پڑے گی۔ اس شکل میں R_C اور R_L صاف متوازن جبڑے نظر آتے ہیں۔ شکل ب میں ٹرانزسٹر کی جگہ π ریاضی نمونے نسب کرنے سے شکل پ حاصل ہوتا ہے۔ یہاں داخلی اور خارجی حصوں کو علیحدہ علیحدہ کرتے ہوئے عسکری $R_E (\beta + 1)$ کے استعمال سے شکل ت حاصل ہوتا ہے۔ شکل ۹۸۳ ت سے زنجیری ضرب کی ذریعہ A_v حاصل کیا جاتا ہے۔ ایسا کرنے سے پہلے ایک چھوٹے سے لکٹے پر غور کر تے ہیں۔ شکل ت میں ٹرانزسٹر کے یہیں سرے پر بر قی دباؤ v_b لکھا گیا ہے۔ شکل ت میں R_1, R_2 اور R_E اور $r_{be} + (\beta + 1) R_E$ میں متوازن جبڑے ہیں۔ ان متوازن جبڑے میں متوatzوں کی کل قیمت کو R_{m1} لکھتے ہیں جس سے

$$(3.231) \quad \frac{1}{R_{m1}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{r_{be} + (\beta + 1) R_E}$$

شکل (ت) سے زنجیری ضرب لکھ کر A_v حاصل کیا جاتا ہے۔ ایسا کرنے سے پہلے v_b پر غور کر تے ہیں۔ شکل ت میں متوازن جبڑے میں متوatzوں R_{m2} اور R_{m1} کو استعمال کرتے ہوئے اسی دور کو بنایا گیا ہے جس سے



شکل ۳.۹۸: یک اثربانی دور

شکل ۳.۹۹: v_{be} و v_b کا حوالہ

اس دور کا سادہ پن اچا گر ہوتا ہے۔ شکل ۹۹.۳ میں دور کا صرف داخلی جبانب دکھایا گیا ہے۔ شکل ۹۹.۳ الف سے ہم لکھ سکتے ہیں۔

$$v_b = \frac{R_{m1} v_s}{R_{m1} + R_S}$$

اس مساوات سے v_b حاصل کرنے کے بعد شکل ب کو دیکھتے ہوئے ہم لکھ سکتے ہیں۔

$$v_{be} = \frac{r_{be} v_b}{r_{be} + (\beta + 1) R_E}$$

مندرجہ بالا دو مساوات سے مندرجہ ذیل تو سین حاصل ہوتے ہیں جنہیں A_v حاصل کرنے میں استعمال کیا جائے گا۔

$$(3.232) \quad \frac{v_b}{v_s} = \frac{R_{m1}}{R_{m1} + R_S}$$

$$(3.233) \quad \frac{v_{be}}{v_b} = \frac{r_{be}}{r_{be} + (\beta + 1) R_E}$$

آنئں اب A_v حاصل کریں۔ شکل ۹۸.۳ کو دیکھتے ہوئے اور شکل ۹۹.۳ کو ہم میں رکھتے ہوئے ہم لکھ سکتے ہیں۔

$$(3.234) \quad A_v = \left(\frac{v_o}{i_c} \right) \left(\frac{i_c}{v_{be}} \right) \left(\frac{v_{be}}{v_b} \right) \left(\frac{v_b}{v_s} \right)$$

اس مساوات پر غور کریں۔ یہ گزشتہ مثابوں سے وتر مختلف ہے جو کہ یہاں ایک تو سین زیادہ ہے۔ آئیں تمام تو سین کی قیمتیں استعمال کرتے ہوئے اس مساوات کو حاصل کریں۔ پہلے درکار قیمتیں حاصل کرتے ہیں یعنی

$$\frac{1}{R_{m1}} = \frac{1}{320 \times 10^3} + \frac{1}{1.7 \times 10^6} + \frac{1}{44045 + (179 + 1) \times 15 \times 10^3}$$

$$R_{m1} = 245.2386 \text{ k}\Omega$$

$$\frac{1}{R_{m2}} = \frac{1}{75000} + \frac{1}{375000}$$

$$R_{m2} = 62.5 \text{ k}\Omega$$

$$\frac{v_o}{i_c} = -R_{m2} = -62.500$$

$$\frac{i_c}{v_{be}} = g_m = 0.004064$$

$$\frac{v_{be}}{v_b} = \frac{r_{be}}{r_{be} + (\beta + 1) R_E} = \frac{44045}{44045 + (179 + 1) \times 15000} = 0.01605$$

$$\frac{v_b}{v_s} = \frac{R_{m1}}{R_{m1} + R_S} = \frac{245238.6}{245238.6 + 5000} = 0.980019$$

$$A_v = -62500 \times 0.004064 \times 0.01605 \times 0.980019 = -3.9952 \text{ V V}^{-1}$$

حاصل ہوتا ہے۔

آنکی ای افڑاٹش کو صفحے ۳۰۳ پر دئے مساوات ۲۱۷.۳ کی مدد سے حاصل کریں۔ ایسا کرنے کی حراطہ پہلے دور کو مخصوص شکل میں لایا جائے گا۔ اس شکل میں ٹرانزسٹر کے بیس جناب بدلتا اشارہ اور مسازمحت سلسلہ وار جبڑے ہونے چاہئے۔ پہلے یہی کرتے ہیں۔

شکل ۹۸.۳ میں ٹرانزسٹر کے داخلی جناب کے حصے کو شکل ۱۰۰.۳ میں دکھایا گیا ہے۔ اس کا تھونن مساوی دور حاصل کرتے ہیں۔ متوالی جبڑے R_1 اور R_2 کی مجموعی مسازمحت کو R_{12} کہتے ہوئے

$$\begin{aligned} R_{12} &= \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \\ &= \frac{320 \times 10^3 \times 1.7 \times 10^6}{320 \times 10^3 + 1.7 \times 10^6} \\ &= 269.3 \text{ k}\Omega \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اس قیمت کو استعمال کرتے ہوئے تھونن مساوی دور میں حاصل مسازمحت کو R'_i اور حاصل بر قی دباؤ کے اشارے کو v'_i لکھتے ہوئے

$$\begin{aligned} R'_i &= \frac{R_S R_{12}}{R_S + R_{12}} \\ &= \frac{5 \times 10^3 \times 269.3 \times 10^3}{5 \times 10^3 + 269.3 \times 10^3} \\ &= 4.91 \text{ k}\Omega \\ v'_i &= \left(\frac{R_{12}}{R_S + R_{12}} \right) v_s \\ &= \left(\frac{269.3 \times 10^3}{5000 + 269.3 \times 10^3} \right) v_s \\ &= 0.98177 v_s \end{aligned}$$

حاصل ہوتے ہیں۔ یوں

$$\begin{aligned}\sum R_C &= \frac{R_C R_L}{R_C + R_L} \\ &= \frac{75 \times 10^3 \times 375 \times 10^3}{75 \times 10^3 + 375 \times 10^3} \\ &= 62.5 \text{ k}\Omega\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sum R_E &= \frac{R'_i}{\beta + 1} + r_e + R_E \\ &= \frac{4910}{179 + 1} + 246 + 15000 \\ &= 15.273 \text{ k}\Omega\end{aligned}$$

حاصل ہوتے ہیں۔ $\alpha = \frac{179}{179+1} = 0.994444$

$$\begin{aligned}\frac{v_o}{v'_i} &= -\alpha \frac{\sum R_C}{\sum R_E} \\ &= -0.994444 \times \frac{62.5 \times 10^3}{15.273 \times 10^3} \\ &= -4.0693 \text{ V V}^{-1}\end{aligned}$$

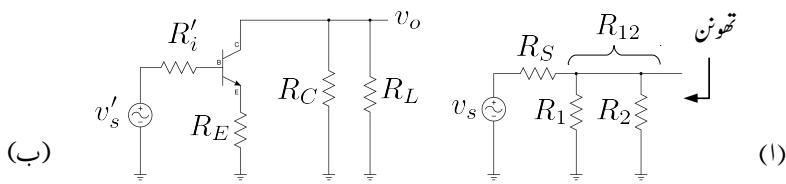
حاصل ہوتا ہے جس سے

$$\begin{aligned}A_v &= \frac{v_o}{v'_i} \times \frac{v'_i}{v_s} \\ &= -4.0693 \times 0.98177 \\ &= -3.995 \text{ V V}^{-1}\end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے۔ آپ مسادت ۲۱۷.۳ کی قوت استعمال سے متاثر ہو سکتے ہیں۔ R_S کو ایکلیفائز کا حصہ تصور نہیں کرتے ہوئے باریکے اشاراتی داخلی مزاحمت r_i شکل ۹۸.۳ تے 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 ٹرانزistor کے بیس سرے پر دیکھتے ہوئے مزاحمت $(R_E + \beta + 1)r_{be} + (R_E + \beta + 1)r_{be}$ ہے۔ ان تمام قیمتوں میں عسوماً r_{be} کی قیمت نبتابم ہوتی ہے۔



شکل ۳.۳.۱۰۰: بیگن ملکسٹر اور بیٹر مزاہستوں کے شرح سے افتراش کا حصول

مثال ۳.۳.۷: شکل ۳.۳.۶ اف میں R_E کے متوازی کپیٹر C_E نسب کریں جہاں C_E کی قیمت اتنی ہے کہ اسے اشارہ کو کم سے کم گھلاتا ہے۔ اس ایک پلیٹر کی داخلی مزاہت r_i اور افتراش A_v حاصل کریں۔

$$\begin{array}{ll} V_{CC} = 15 \text{ V} & \beta = 179 \\ R_C = 75 \text{ k}\Omega & R_E = 15 \text{ k}\Omega \\ R_1 = 320 \text{ k}\Omega & R_2 = 1.7 \text{ M}\Omega \\ R_s = 5 \text{ k}\Omega & R_L = 375 \text{ k}\Omega \end{array}$$

حل: کپیٹر سیستہ دور کو شکل ۳.۳.۶ اف 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 بیان سٹر کے نقطہ کار کردگی پر کسی قسم کا کوئی اثر نہیں پڑا۔ یوں پچھلی مثال کے نتائج یہاں استعمال کے جا سکتے ہیں یعنی

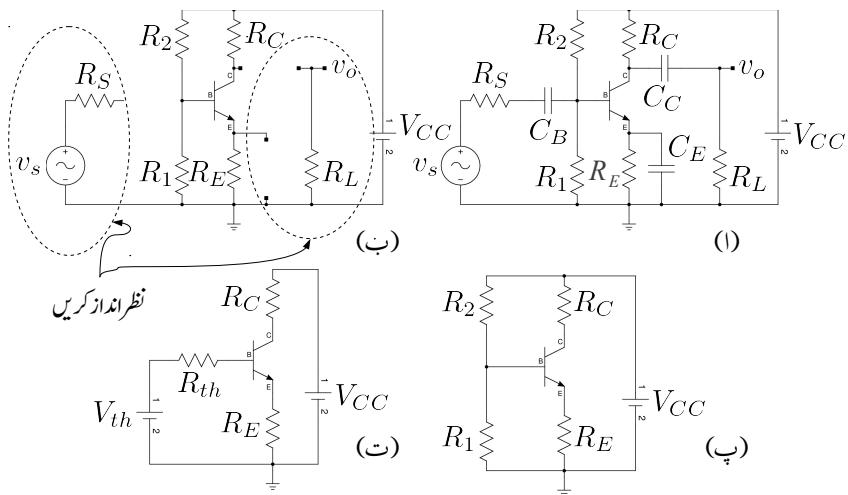
$$\begin{aligned} g_m &= 4.064 \text{ mS} \\ r_{be} &= 44.045 \text{ k}\Omega \\ r_e &\approx 246 \Omega \end{aligned}$$

شکل ۳.۳.۸ میں اس کا مساوی باریکے اشاراتی دور حاصل کرنا دکھایا گیا ہے۔ جیسا کہ شکل ۳.۳.۶ اف میں دکھایا گیا ہے، چونکہ C_E باریکے اشارات 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

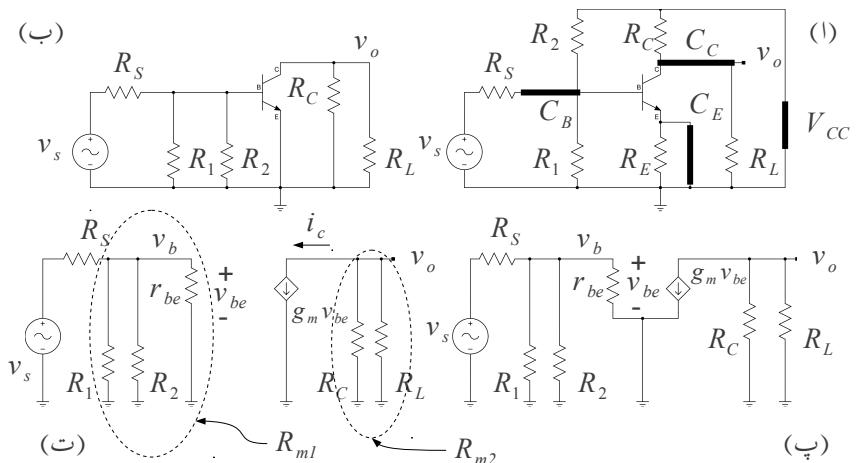
$$\begin{aligned} \frac{1}{R_{m1}} &= \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{r_{be}} \\ \frac{1}{R_{m2}} &= \frac{1}{R_L} + \frac{1}{R_C} \end{aligned}$$

۱۶۔ باریکے اشاراتی ادوار کا پائے ریاضی نمونے کی مدد سے حل

۳۲۵



شکل ۱۶۔ مثال کامساوی یک سمت دور



شکل ۱۷۔ مثال کامساوی باریکے اشاراتی دور

حاصل ہوتا ہے جن سے

$$\frac{1}{R_{m1}} = \frac{1}{320 \times 10^3} + \frac{1}{1.7 \times 10^6} + \frac{1}{44045}$$

$$R_{m1} = 37.854 \text{ k}\Omega$$

اور

$$\frac{1}{R_{m2}} = \frac{1}{75 \times 10^3} + \frac{1}{37.5 \times 10^3}$$

$$R_{m2} = 62.5 \text{ k}\Omega$$

قیمتیں ملتی ہیں۔ شکل سے زنجیری ضرب کرنے ہم دیکھتے ہیں کہ اس مثال میں v_b ہی v_{be} ہے۔ یوں

$$A_v = \left(\frac{v_o}{i_c} \right) \left(\frac{i_c}{v_{be}} \right) \left(\frac{v_{be}}{v_s} \right)$$

لکھا جائے گا

$$\frac{v_o}{i_c} = -R_{m2} = -62500$$

$$\frac{i_c}{v_{be}} = g_m = 0.004064$$

$$\frac{v_{be}}{v_s} = \frac{R_{m1}}{R_{m1} + R_S} = \frac{37.854 \times 10^3}{37.854 \times 10^3 + 5 \times 10^3} = 0.8833$$

جس سے

$$A_v = (-62500) \times (0.004064) \times (0.8833) = 224 \text{ V V}^{-1}$$

حاصل ہوتی ہے۔ گزشتہ مثال کی امنزاش کے ساتھ موازنے کرنے سے معلوم ہوتا ہے کہ C_E نسب کرنے سے امنزاش بہت زیادہ بڑھ گئی ہے۔ اس کو مساوات ۲۱۷.۳ لینی

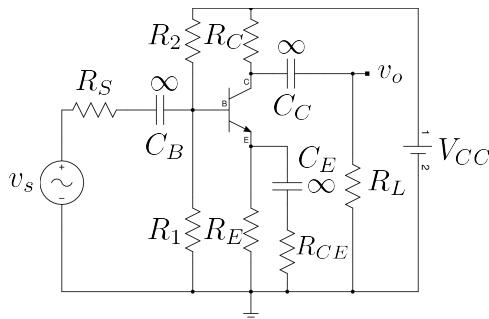
$$A_v = -\alpha \frac{\sum R_C}{\sum R_E}$$

کی مدد سے آسانی سمجھا جا سکتا ہے۔ چونکہ باریک اشارات کے لئے C_E بطور قصر دور کام کرتا ہے اپنے

$$\sum R_E = \frac{R_{th}}{\beta + 1} + r_e$$

رہ جاتا ہے جبکہ

$$\sum R_C = R_{m2}$$



شکل ۱۰۳.۳: یک سست اور باریکے اشارات کے علیحدگی کی ایک اور مثال

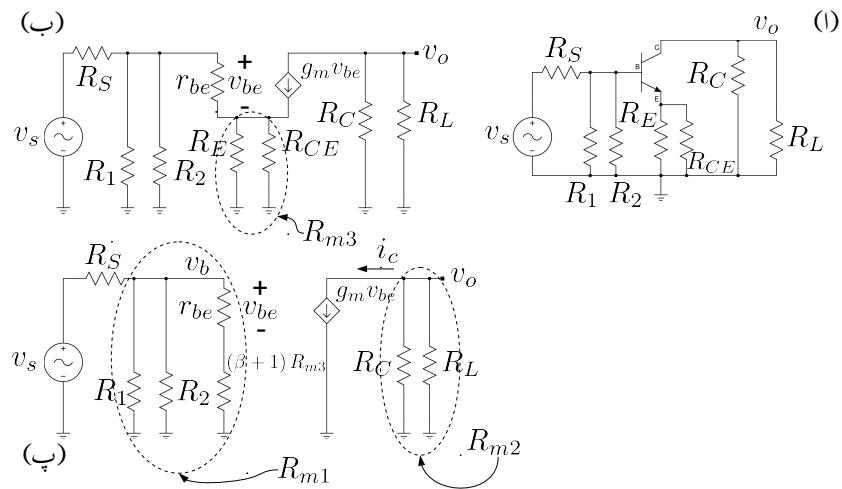
ہے۔ R_E کم ہونے کی وجہ سے انفرماں میں اضافہ پیدا ہوا ہے۔ اس حقیقت کو سمجھ کر یاد رکھیں۔ شکل سے باریکے اشاراتی داخنی مزاحمت حاصل کرتے ہیں۔

$$r_i = R_{m1} = 37.854 \text{ k}\Omega$$

جہاں R_S کو ایپلینائز کا حصہ نہیں تصور کیا گیا ہے۔ گزشتہ ایپلینائز کے ساتھ موازنے کرنے سے ہم دیکھتے ہیں کہ داخنی مزاحمت بہت کم ہو گئی ہے۔ باریکے اشارات کے لئے کپیٹر C_E بطور قصر دور کام کرتا ہے اور یوں ٹرانزسٹر کے یہیں سرے پر دیکھتے ہوئے ہمیں صرف r_{be} نظر آتا ہے۔ داخنی مزاحمت متوازی جبڑے R_1 اور R_2 اور r_{be} کرتے ہیں اور یوں اسکی قیمت کم ہو گئی ہے۔ مندرجہ بالا دو مثالوں سے ہم دیکھتے ہیں کہ R_E اور C_E کے استعمال سے باریکے اشاراتی داخنی مزاحمت r_i اور انفرماں A_v متناہی ہوتے ہیں۔ ان میں ایک بڑھانے سے دوسرے اگھٹتا ہے۔

مثال ۱۰۳.۴: کپیٹر C_E اور مزاحمت R_{CE} سالہ وار جوڑتے ہوئے انہیں شکل ۱۰۳.۴ میں کے متوازی نسب کریں۔ حاصل ایپلینائز کی داخنی مزاحمت r_i اور انفرماں A_v حاصل کریں۔ R_{CE} کی قیمت 100Ω رکھیں۔ حل: شکل ۱۰۳.۳ میں دور دکھایا گیا ہے۔ کپیٹر کی برقی رکاوٹ $Z_C = \frac{1}{j\omega C}$ ہوتی ہے۔ کسی بھی تعدد پر کپیٹر کی قیمت بڑھا کر اس کی برقی رکاوٹ کی قیمت کم کی جا سکتی ہے۔ جیسا پہلے بتلا یا گیا کہ باریکے اشارات کو بغیر گھٹائے مقتول کرنے کی خاطر کپیٹر کی قیمت زیادہ سے زیادہ رکھی جاتی ہے۔ شکل میں کپیٹر پر لامدد کا نشان (∞) اسی حقیقت کو بیان کرتا ہے جہاں اس کا مطلب یوں لیا جاتا ہے کہ باریکے اشارات کے تعداد پر $|Z_C|$ کی قیمت صفری جائے۔

اس دور کا بھی یک سست مساوی دور پہلوی مثابوں کی طرح رہے گا اور یوں دہائے نتائج یہاں فتاہیں اسیں دکھایا گیا ہے۔ باریکے اشاراتی دور کا حصول شکل ۱۰۳.۳ میں دکھایا گیا ہے۔ باریکے اشاراتی دور میں R_{CE} اور R_E متوازی ہیں۔



شکل ۳.۱۰۳: مثال کا باریکے اشاراتی دور

جڑے ہیں جنہیں R_{m3} کہا گیا ہے۔ یوں

$$\begin{aligned}\frac{1}{R_{m1}} &= \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{r_{be} + (\beta + 1) R_{m3}} \\ \frac{1}{R_{m2}} &= \frac{1}{R_C} + \frac{1}{R_L} \\ \frac{1}{R_{m3}} &= \frac{1}{R_E} + \frac{1}{R_{CE}}\end{aligned}$$

لکھا جائے گا جن سے ان تمام کی قیمتیں حاصل کی جائیں گی۔ اور R_{m3} کی قیمتیں پہلے حاصل کی جائیں گی۔ دور میں دی گئی معلومات کو اپنی سہولت کی حنا طریباً دوبارہ لکھتے ہیں۔

$V_{CC} = 15 \text{ V}$	$\beta = 179$
$R_C = 75 \text{ k}\Omega$	$R_E = 15 \text{ k}\Omega$
$R_1 = 320 \text{ k}\Omega$	$R_2 = 1.7 \text{ M}\Omega$
$R_s = 5 \text{ k}\Omega$	$R_L = 375 \text{ k}\Omega$
$R_{CE} = 100 \Omega$	

اسی طرح یک سمت حل کے بعد حاصل کئے گئے ریاضی نمونے کے جزو بھی یہاں دوبارہ لکھتے ہیں۔

$$g_m = 4.064 \text{ S}$$

$$r_{be} = 44.045 \text{ k}\Omega$$

$$r_e \approx 246 \Omega$$

اور انہیں استعمال کرتے ہوئے حاصل کرتے ہیں۔

$$\frac{1}{R_{m2}} = \frac{1}{75000} + \frac{1}{375000}$$

$$R_{m2} = 62.5 \text{ k}\Omega$$

$$\frac{1}{R_{m3}} = \frac{1}{15000} + \frac{1}{100}$$

$$R_{m3} = 99.3377 \Omega$$

اور

$$\frac{1}{R_{m1}} = \frac{1}{320000} + \frac{1}{1700000} + \frac{1}{44045 + (179 + 1) \times 99.3377}$$

$$R_{m1} = 50.348 \text{ k}\Omega$$

شکل ۳.۳ اپنے سے ہم مندرجہ ذیل مساوات لکھ سکتے ہیں۔

$$\frac{v_o}{i_c} = -R_{m2} = -62500$$

$$\frac{i_c}{v_{be}} = g_m = 0.004064$$

$$\frac{v_b}{v_s} = \frac{R_{m1}}{R_{m1} + R_S} = \frac{50348}{50348 + 5000} = 0.9096625$$

$$\frac{v_{be}}{v_b} = \frac{r_{be}}{r_{be} + (\beta + 1)R_{m3}} = \frac{44045}{44045 + (179 + 1) \times 99.3377} = 0.711255$$

ان نتائج کو استعمال کرتے ہوئے شکل پر سے ی A_v حاصل کرتے ہیں۔

$$A_v = \left(\frac{v_o}{i_c} \right) \left(\frac{i_c}{v_{be}} \right) \left(\frac{v_{be}}{v_b} \right) \left(\frac{v_b}{v_s} \right)$$

$$= (-62500) \times (0.004064) \times (0.711255) \times (0.9096625)$$

$$= -164 \text{ V V}^{-1}$$

اسی شکل سے ایمپلیفایر کی باریکے اشاراتی داخلی مزاجت حاصل کرتے ہیں جو کہ R_{m1} کے برابر ہے۔ یوں

$$r_i = R_{m1} = 50.348 \text{ k}\Omega$$

حاصل ہوتا ہے۔ یاد رہے کہ مزاحمت R_S کو یہاں ایک پلینائز کا حصہ تصور نہیں کیا گی۔ اگر اس کو بھی سٹ مسل کی جانبے تب کل داخلی مزاحمت کی قیمت مندرجہ ذیل ہوگی۔

$$r_i = r_i + R_S = 55.348 \text{ k}\Omega$$

اس مثال میں ایک اہم بات سامنے آئی۔ کپیٹر C_E اور مزاحمت R_{CE} کے استعمال سے یہ ممکن ہے کہ ہم نز سٹر ایک پلینائز کی افسزاں اپنے مرضی کے طے کر سکیں۔ اس مثال میں اگر R_{CE} کی قیمت صفر رکھی جائے تو زیادہ سے زیادہ افسزاں حاصل ہوتی ہے اور اگر R_{CE} کی قیمت لامحدود کر دیا جائے تو کم سے کم افسزاں حاصل ہوتی ہے۔ R_{CE} کی قیمت ان حدود کے درمیان رکھتے ہوئے افسزاں بھی دو حدود کے اندر کھیسیں پر بھی رکھی جا سکتی ہے۔ مساوات ۲۱۷.۳ بھی

$$A_v = -\alpha \frac{\sum R_C}{\sum R_E}$$

کی مدد سے اس حقیقت کو با آسانی سمجھا جا سکتا ہے۔ اس مثال میں متوازنی حبڑے مزاحمت R_E اور R_{CE} کے کل مزاحمت کو $\sum R_E$ کہیں گے۔ یہاں چونکہ R_E کو لفظ کارکردگی تحسین کرنے کی حراظر استعمال کیا گیا ہے لہذا اس کو تبدیل کے بغیر A_v میں تبدیلی کی جائے اس کی مدد سے حاصل کی جا سکتی ہے۔

مثال ۳.۴۹: شکل ۱۰۵.۳ میں $R_L = 1 \text{ k}\Omega$ اور $r_i = 5 \text{ k}\Omega$ جبکہ $\beta = 120$ ہیں۔ برقرار روانہ افسزاں حاصل کرنے کی حراظر در کار مزاحمت حاصل کریں۔
حل: مساوی دور سے افسزاں لکھتے ہیں

$$A_i = \frac{i_L}{i_i} = -30 = -120 \left(\frac{R_c}{R_c + R_L} \right) \left(\frac{r_{be}}{r_{be} + r_i \| R_1 \| R_2} \right)$$

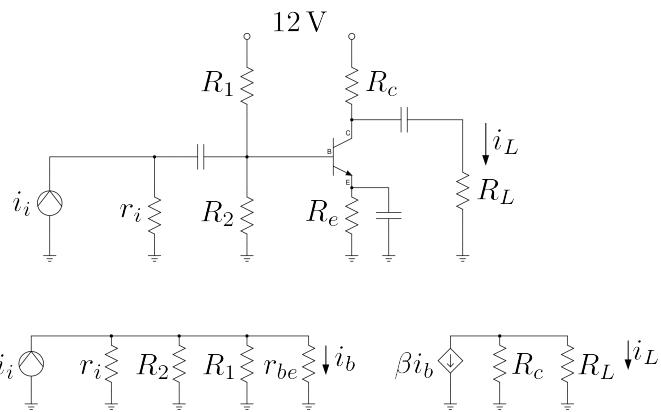
جس سے

$$(3.235) \quad \frac{1}{4} = \left(\frac{R_c}{R_c + 1000} \right) \left(\frac{r_{be}}{r_{be} + 5000 \| R_1 \| R_2} \right)$$

حاصل ہوتا ہے۔ ایسی وہ تمام قیمتیں جو اس مساوات پر پورا اتریں درست جواب ہیں۔ آئیں ہم دونوں قوسین کی قیمتیں برابر کر دیکھیں۔ ایسا کرنے سے عموماً اس مسئلہ کا حل جواب حاصل ہوتے ہیں۔ یوں

$$\frac{1}{2} = \left(\frac{R_c}{R_c + 1000} \right)$$

$$\frac{1}{2} = \left(\frac{r_{be}}{r_{be} + 5000 \| R_1 \| R_2} \right)$$



شکل ۱۰۵: ایک پلینگز کا تحلیل

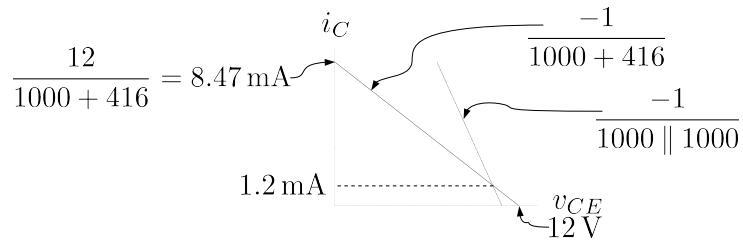
لیتے ہیں۔ یوں پہلی مساوات سے $R_1 \parallel R_2$ حاصل ہوتا ہے۔ دوسرے مساوات میں $R_1 = 1\text{k}\Omega$ حاصل ہوتا ہے۔ اسی طبق میں R_b کو لکھتے ہیں۔

$$\frac{1}{2} = \left(\frac{r_{be}}{r_{be} + 5000 \parallel R_b} \right)$$

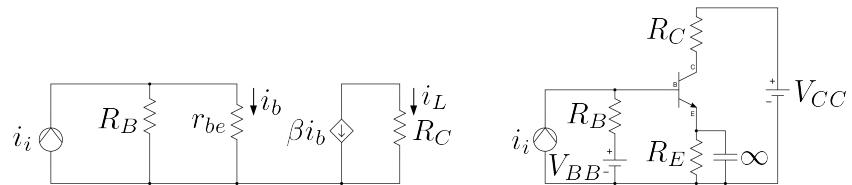
اس مساوات میں دونا معلوم متغیرات ہیں لہذا کسی ایک کی قیمت خود چنی ہو گی۔ اگر $R_b = 5\text{k}\Omega$ رکھی جائے تو $r_{be} = 2.5\text{k}\Omega$ حاصل ہوتا ہے۔ اگر $R_b \rightarrow \infty$ تو $r_{be} = 5\text{k}\Omega$ تصور کی جائے تب r_{be} کی قیمت پر خاص اثر نہیں ہوتا۔ یوں ہم $R_b = 5\text{k}\Omega$ اور $r_{be} = 2.5\text{k}\Omega$ رکھتے ہیں۔ مساوات ۳۲۳ کی مدد سے $R_e = 416\Omega$ حاصل ہوتا ہے۔ چونکہ $r_{be} = \frac{\beta}{g_m}$ لیتے ہیں۔ یوں $I_{CQ} = \frac{\beta V_T}{R_e}$ حاصل ہوتا ہے۔

شکل ۱۰۶.۳ میں یک سمت اور بدلہ اور وظیفہ دکھائے گئے ہیں جہاں سے آپ دیکھ سکتے ہیں کہ i_c کے حیطے کی حد ۱.۲ mA ہے۔ یوں i_L کے حیطے کی حد ۰.۶ mA ہے۔ اگر زیادہ حیطہ درکار ہو تو تحلیل کو اس نقطے نظر سے دوبارہ سر انجام دینا ہو گا کہ I_{CQ} درکار حیطہ فراہم کر سکے۔

$R_2 = 5.58\text{k}\Omega$ اور $V_{BB} = 1.2492\text{V}$ اور $I_{CQ} = 1.2\text{mA}$ اور $\beta = 5000$ اور $R_e = 48\text{k}\Omega$ حاصل ہوتے ہیں۔



شکل ۳.۱۰۶: خطوط بوچه



شکل ۳.۱۰۷: ایپلیگاٹر اور اس کا باریکے اشاراتی مساوی دوڑ

آئین شکل ۷۔۳ پر غور کریں۔ اس کی افسزاںش $A_i = \frac{i_L}{i_i}$ یوں حاصل کی جا سکتی ہے۔

$$A_i = \frac{i_L}{i_i} = \frac{i_L}{i_b} \times \frac{i_b}{i_i} \\ = -\beta \left(\frac{R_B}{R_B + r_{be}} \right)$$

اس کو یوں

$$A_i = \frac{-\beta}{1 + \frac{r_{be}}{R_B}}$$

لکھتے ہوئے سے حقیقت سامنے آتی ہے کہ زیادہ سے زیادہ افسزاںش اس وقت حاصل ہو گی جب

$$(3.239) \quad r_{be} \ll R_B$$

$$(3.237) \quad \frac{\beta V_T}{I_{CQ}} \ll R_B$$

ہوجہاں دوسرے متد پر $r_{be} = \frac{\beta V_T}{I_{CQ}}$ کا استعمال کیا گی۔ ایسا کرتے ہوئے افسزاںش کی حقیقت ٹرانزسٹر کے β کے برابر ہو گی۔ صفحہ ۲۲۱ پر مساوات ۳۲۰ اور مندرجہ بالا شرط کو انکھے لکھتے ہیں۔

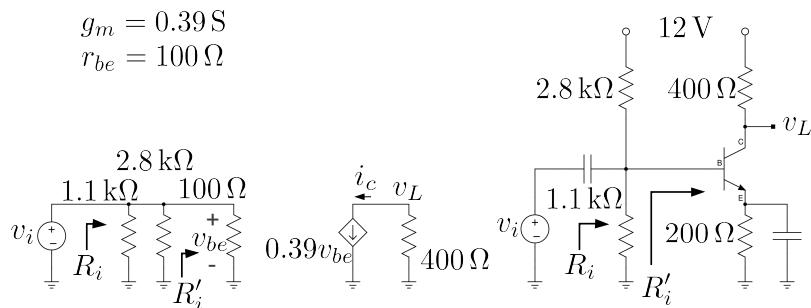
$$(3.238) \quad r_{be} = \frac{\beta V_T}{I_{CQ}} \ll R_B \ll (\beta + 1) R_E$$

مساوات ۳۲۸ کے نتیجے میں ایمپلیفائر کی بنیادی شرط ہے۔ اگر ایمپلیفائر تخلیق دیتے ہوئے اس شرط کو پورا کیا جائے تو تخلیق کردہ ایمپلیفائر کی افسزاںش زیادہ سے زیادہ ہو گی اور ساتھ ہی ساتھ ٹرانزسٹر کا نقطہ کار کر دیگی β کے تبدیلی سے قابل مقبول حد تک متاثر ہو گا۔ اگر اس شرط کو نجھانا ممکن نہ ہوتا یا تو کم افسزاںش اور یا پھر β کے تبدیلی سے نقطہ کار کر دیگی کا اپنی جگہ سے آخر راف کو درداشت کرنا ہو گا۔

۷۔۴۔ برقی بار، دا حنلی مزاحمت اور ایمپلیفائر کی افسزاںش

شکل ۷۔۴ میں ایک ایمپلیفائر اور اس کا مساوی باریکے اشاراتی دور دکھائے گئے جس تمام کمیٹروں کی قیمت لاحدہ دیے گئے ہیں۔ اس کی افسزاںش

$$A_{v1} = \frac{v_L}{v_i} = \frac{v_L}{i_c} \times \frac{i_c}{v_{be}} \times \frac{v_{be}}{v_i} \\ = -400 \times 0.39 \times 1 = -156 \text{ V V}^{-1}$$



شکل ۱۰.۳: سادہ ایکلینیٹر

جبکہ داخلی مزاحمت

$$R'_i = 100 \Omega$$

 R_i اور

$$\frac{1}{R_i} = \frac{1}{2800} + \frac{1}{1100} + \frac{1}{100}$$

$$R_i = 88.76 \Omega$$

حاصل ہوتے ہیں۔ R'_i ٹرانزسٹر کے نیس پر دیکھتے ہوئے مزاحمت ہے جبکہ R_i ٹرانزسٹر کو مائل کرنے والے مزاحمتوں کے اثر کو بھی شامل کرتا ہے۔ شکل ۱۰.۳ میں حناری جتاب برقی بوجہ R_L لادا گیا ہے۔ اگر $R_L = 200 \Omega$ ہوتے تو اس ایکلینیٹر کی امنڑائش

$$(3.239) \quad A_{v2} = \frac{v_L}{v_i} = \frac{v_L}{i_c} \times \frac{i_c}{v_{be}} \times \frac{v_{be}}{v_i}$$

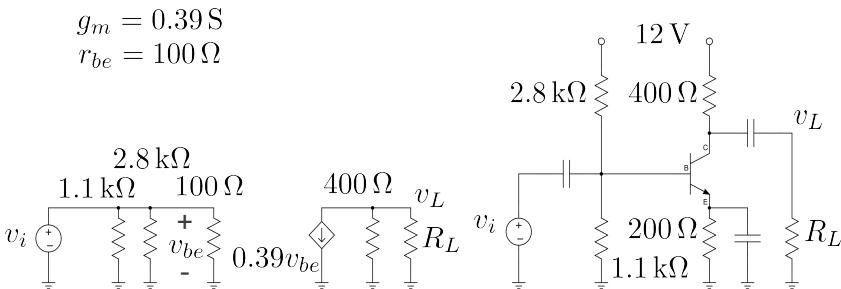
$$= - \left(\frac{400 \times 200}{400 + 200} \right) \times 0.39 \times 1 = -52 \text{ V V}^{-1}$$

حاصل ہوتی ہے جبکہ اگر $R_L = 88.76 \Omega$ ہوتے تو

$$(3.240) \quad A_{v3} = \frac{v_L}{v_i} = \frac{v_L}{i_c} \times \frac{i_c}{v_{be}} \times \frac{v_{be}}{v_i}$$

$$= - \left(\frac{400 \times 88.76}{400 + 88.76} \right) \times 0.39 \times 1 = -28 \text{ V V}^{-1}$$

حاصل ہوتا ہے۔ متدرجہ بالادوں اشکال میں تیسرا



شکل ۷۔۳۔۱۰۹: سادہ بو جھے لد ایکلپلیفائز

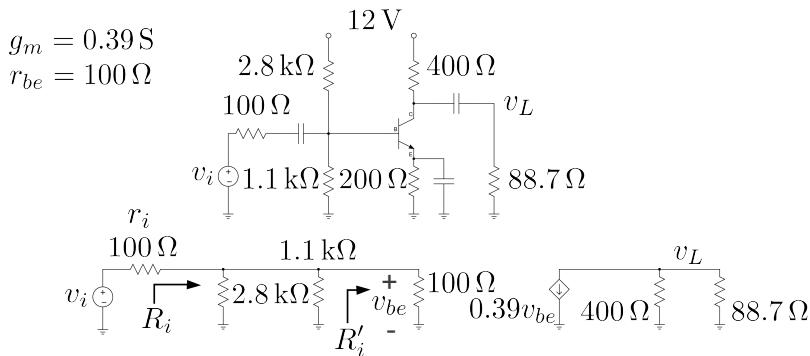
کوئی کردار نہیں۔ آئیں داخلی اشارے کی مساز اسٹر کا اثر دیکھیں۔ شکل ۷۔۳۔۱۰۰ میں اس عذر خر سے داخلی اثر کا مساز اسٹر بھی شامل کیا گیا ہے۔ اس ایکلپلیفائز کے لئے ہم لکھ سکتے ہیں

$$\begin{aligned}
 A_{v4} &= \frac{v_L}{v_i} = \frac{v_L}{i_c} \times \frac{i_c}{v_{be}} \times \frac{v_{be}}{v_i} \\
 &= - \left(\frac{400 \times 88.76}{400 + 88.76} \right) \times 0.39 \times \left(\frac{R_i}{r_i + R_i} \right) \\
 &= - \left(\frac{400 \times 88.76}{400 + 88.76} \right) \times 0.39 \times \left(\frac{88.76}{100 + 88.76} \right) \\
 &= -28 \times 0.47 \\
 &= -13 \text{ V V}^{-1}
 \end{aligned}$$

جہاں r_i اور R_i کے کردار کی وجہ سے افسزائش گزشتہ قیمت کے 0.47 گناہ گئی ہے۔ یاد رہے کہ حقیقت میں r_i اور صورت موجود ہوتا ہے۔ $A_{v4} = 0.47 A_{v'}$ لکھتے ہوئے ہم دیکھتے ہیں کہ ٹرانزسٹر کے بیس تاکلکش کی افسزائش A_v یعنی کوئی تبدیلی رونم نہیں ہوتی۔ کل افسزائش $\frac{v_L}{v_i}$ میں کی اس وجہ سے پیدا ہوئی کہ ٹرانزسٹر کے بیس تک مکمل داخلی اشارہ نہیں پہنچتا یعنی r_i کے موجودگی میں

$$\begin{aligned}
 v_{be} &= \left(\frac{R_i}{r_i + R_i} \right) v_i \\
 &= \left(\frac{88.76}{100 + 88.76} \right) v_i \\
 &= 0.47 v_i
 \end{aligned}$$

ہو جاتا ہے جبکہ اس کے غیر موجودگی میں $v_{be} = 0$ ہوتا ہے۔ ان حقائق کو سمجھنے کے بعد زنجیری ایکلپلیفائز پر غور کرتے ہیں۔



شکل ۱۱.۳: دا خنلي مزاحمت کا اثر

۳.۱۸ زنجيری ایمپلیفیاٹر

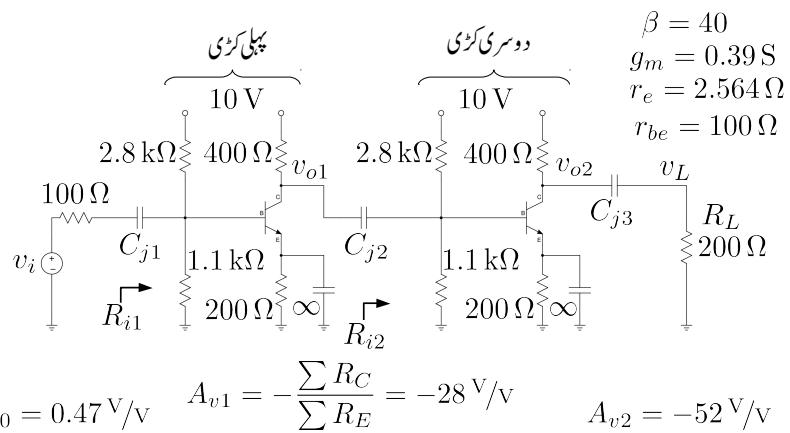
شکل ۱۱.۳ میں دو کڑی زنجیری ایمپلیفیاٹر کھلتے کیپیٹر C_{j2} کی مدد سے آپس میں جوڑا گیا ہے۔ ایسا کرنے سے ٹرانزسٹر کا لفظ کارکردگی متاثر نہیں ہوتا۔ دا خنلي جناب مزاحمت والا خنلي اشارہ v_i جنتی کیپیٹر C_{j1} کی مدد سے ایمپلیفیاٹر کی پہلی کڑی کے ساتھ جوڑا گیا ہے جبکہ حنارجی جناب برقی بوجھ R_L تک C_{j3} کی مدد سے حنارجی اشارہ پہنچایا گیا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ اسی سلسلے میں مزید کڑیاں جوڑتے ہوئے زیادہ کڑیوں والا زنجیری ایمپلیفیاٹر حاصل کی جا سکتا ہے۔ مزید یہ کہ کڑیوں کا یکاں ہونا بالکل ضروری نہیں۔ ہر کڑی مختلف ہو سکتی ہے۔

آئیں جلدیکے 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۔ یعنی $g_m = 0.39 \text{ S}$ اور $r_{be} \approx 100 \Omega$ حاصل ہوتے ہیں۔

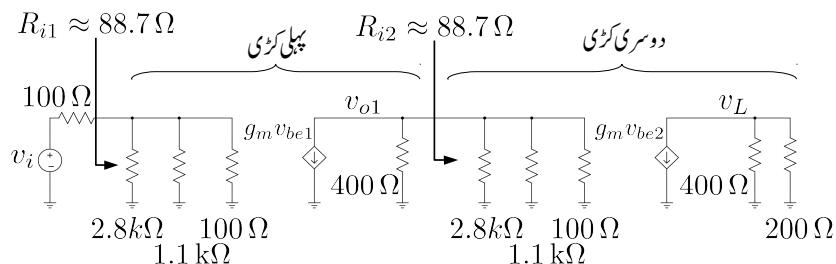
شکل ۱۱.۲ میں شکل ۱۱.۳ کا باریکے اشاراتی مساوی دور دکھایا گیا ہے۔ متوازی مزاحمتوں کا مجموعہ یعنی

$$\begin{aligned}
 2800 &\parallel 1100 & 100 &= 88.7 \Omega \\
 400 &\parallel 2800 &\parallel 1100 &\parallel 100 &= 72.6 \Omega \\
 400 &\parallel 200 && &= 133.33 \Omega
 \end{aligned}$$

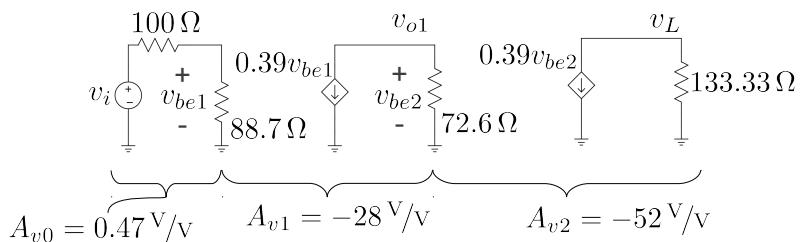
لیتے ہوئے شکل ۱۱.۳ حاصل ہوتا ہے۔



شکل ۱۸.۳: دوکوتی ز خبیری ایمپلیفیگر



شکل ۱۸.۴: دوکوتی ز خبیری ایمپلیفیگر کا باریکے اشاراتی مساوی دور



شکل ۱۸.۵: دوکوتی ز خبیری ایمپلیفیگر کا باریکے اشاراتی ساده مساوی دور

اس شکل میں

$$\frac{v_L}{v_{o1}} = \frac{v_L}{v_{be2}} = A_{v2} = -0.39 \times 133.33 = -52 \text{ V V}^{-1}$$

$$\frac{v_{o1}}{v_{be1}} = \frac{v_{be2}}{v_{be1}} = A_{v1} = -0.39 \times 72.6 = -28 \text{ V V}^{-1}$$

$$\frac{v_{be1}}{v_i} = A_{v0} = \frac{88.7}{100 + 88.7} = 0.47 \text{ V V}^{-1}$$

لکھا جا سکتا ہے۔ یوں زنجیری ایپلیناٹر کی کل افزاش زنجیری ضربے سے

$$\begin{aligned} A_v &= \frac{v_L}{v_i} = \frac{v_L}{v_{o1}} \times \frac{v_{o1}}{v_{be1}} \times \frac{v_{be1}}{v_i} \\ &= A_{v0} A_{v1} A_{v2} \\ &= 0.47 \times (-28) \times (-52) = 684 \text{ V V}^{-1} \end{aligned}$$

حاصل ہوتی ہے۔

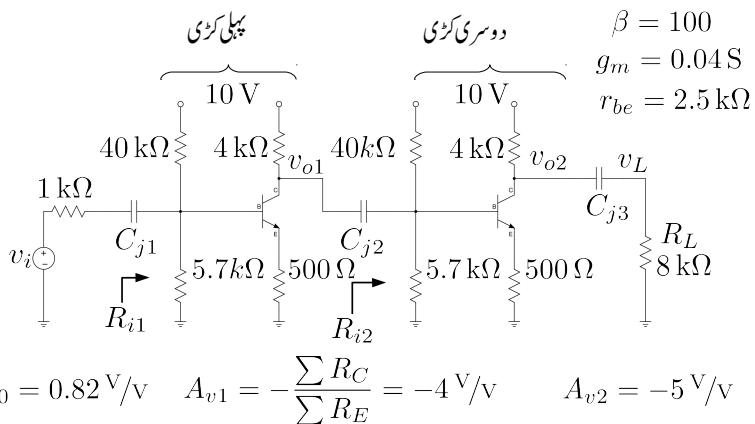
یہاں رک کر دوبارہ غور کریں۔ شکل ۱۱.۲ سے سیدھا شکل ۱۱.۳ حاصل کرتے ہوئے کل افزاش حاصل کی جا سکتی ہے۔ حقیقت میں اس قدم کی بھی کوئی ضرورت نہیں۔ جیسا کہ شکل ۱۱.۳ پر ہی دکھایا گیا ہے، آپ اسی شکل پر ہر کڑی کی افزاش $\frac{\sum R_C}{\sum R_E}$ حاصل کر سکتے ہیں۔ کیلئے لیٹر ۵ کی مدد سے شکل کو دیکھتے ہوئے اور $\sum R_C$ اور $\sum R_E$ حاصل کرتے ہوئے افزاش حاصل کی جا سکتی ہے۔ یوں مشاہدہ سری کڑی میں $\sum R_C = 133 \Omega$ جبکہ $\sum R_E = r_e = 2.56 \Omega$ ہے۔ $A_{v2} = -52 \text{ V V}^{-1}$ حاصل ہوتا ہے۔ شکل ۱۱.۳ میں پہلے کڑی اور دوسری کڑی کے ایپلیناٹروں کے داخلی مزاجمت R_{i1} اور R_{i2} کی وضاحت کی گئی ہے۔ شکل ۱۱.۴ میں ان کی قیمتیں

$$\begin{aligned} \frac{1}{R_{i1}} &= \frac{1}{2800} + \frac{1}{1100} + \frac{1}{100} \\ R_{i1} &= 88.7 \Omega \end{aligned}$$

اور

$$\begin{aligned} \frac{1}{R_{i2}} &= \frac{1}{2800} + \frac{1}{1100} + \frac{1}{100} \\ R_{i2} &= 88.7 \Omega \end{aligned}$$

دھانی گئیں ہیں۔ ایپلیناٹر ٹرانزسٹر کے ہیں سے پر پائے جانے والے اشارے کی افزاش کرتا ہے۔ داخلی مزاجمت میں کہ ٹرانزسٹر کے ہیں پر v_i کی بجائے $\frac{88.7 v_i}{100 + 88.7}$ پیلا جاتا ہے۔ اشارے کے قیمت میں کہ ایپلیناٹر کے داخلی مزاجمت R_{i1} کی بدلتے ہے۔ v_i کے نقطے نظر سے ایپلیناٹر کا مزاجمت ہے۔ اسی طرح پہلی کڑی کے ایپلیناٹر کو دوسری ایپلیناٹر بطور مزاجمت R_{i2} نظر آتا ہے۔



شکل ۱۸.۳: دو کڑی زنجیری ایکلینیک کا باریک اشاراتی سادہ مساوی دور

یہاں ایک مرتبہ دوبارہ مساوات ۱۲۳۹.۳ اور ۰۳۲۰ پر نظر ڈالیں جہاں ایک کڑی کے ایکلینیک پر تجزیے کرتے ہوئے حنارتی جناب برقی بوجھ لادنے کے اثرات پر غور کیا گیا۔ شکل ۱۱۱.۳ کے دوسری کڑی کے اندازائش پر ۲۰۰ برقی بوجھ کا اثر باکل ایسا ہی ہے جیسے شکل ۱۰۹.۳ میں ۲۰۰ کے بوجھ کا ہے۔ اسی طرح شکل ۱۱۱.۳ میں پہلی کڑی پر دوسری کڑی کے داخلی مزاجمت کا اثر شکل ۱۰۹.۳ میں ۸۸.۷۶ Ω کے بوجھ کی طرح ہے۔

جیسا کہ آپ جانتے ہیں کہ $A_v \approx -\frac{\sum R_C}{\sum R_E}$ ہوتا ہے لہذا ازیادہ β کے رفاقت سے استعمال کرنے سے دوسری کڑی کی اندازائش نہیں بڑھتی البتہ ایکرنے سے دوسری کڑی کا داخلی مزاجمت ضرور بڑھتا ہے جس سے پہلی کڑی کی اندازائش بڑھتی ہے۔

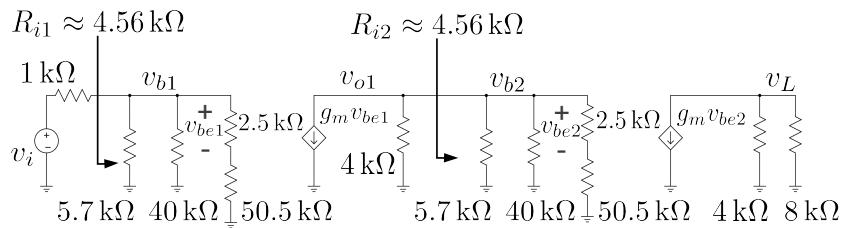
مثال ۱۸.۵: شکل ۱۸.۳ میں $A_v = \frac{v_L}{v_i}$ حاصل کریں۔

حل: شکل ۱۱۵.۳ میں اس کامساوی دور کما یا گیا ہے جہاں سے $R_{i1} = R_{i2} = 4.56 \text{ k}\Omega$ حاصل ہوتے ہیں۔ اسی طرح ان دونوں اشکال میں سے کمی بھی سے مندرجہ ذیل لکھا جاسکتا ہے۔

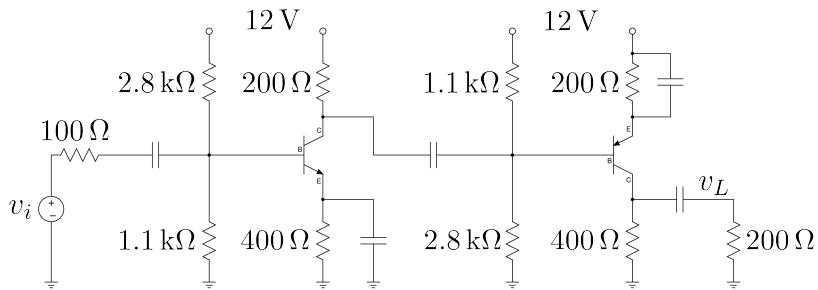
$$A_{v0} = \frac{v_{b1}}{v_i} = \frac{4560}{4560 + 1000} = 0.82 \text{ V V}^{-1}$$

$$A_{v1} = \frac{v_{o1}}{v_{b1}} = -0.04 \times \frac{4000 \times 4560}{4000 + 4560} \times \frac{2500}{2500 + 50500} = -4 \text{ V V}^{-1}$$

$$A_{v2} = \frac{v_L}{v_{b2}} = -0.04 \times \frac{4000 \times 8000}{4000 + 8000} \times \frac{2500}{2500 + 50500} = -5 \text{ V V}^{-1}$$



شکل ۱۱۵: دو کڑی زنجیری ایمپلیناف کا باریکے اشاراتی مساوی دور



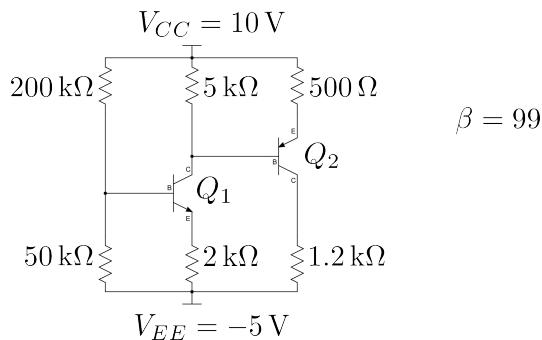
شکل ۱۱۶: دو کڑی زنجیری ایمپلیناف

ہذا

$$A_v = \frac{v_L}{v_i} = \frac{v_L}{v_{b2}} \frac{v_{o1}}{v_{b1}} \frac{v_{b1}}{v_i}$$

$$= (-5) (-4) (0.82) = 16.4 \text{ V V}^{-1}$$

مثال ۳.۵۱: شکل ۱۱۱.۳ میں دو سری کڑی pnp سے بناتے ہوئے شکل ۱۱۶.۳ حاصل ہوتا ہے۔ اس پر اچھی طرح غور کریں۔ شکل ۱۱۱.۳ پر جتنی بجٹت کی گئی اور اس کے تمام مساوات موجودہ دور پر لاگو ہوتے ہیں۔



شکل ۱۸.۳: دو کڑی یک سمت زنجیری ایکلینیاٹر

مثال ۱۸.۵۲: شکل ۱۸.۳ میں دو کڑی زنجیری یک سمت زنجیری ایکلینیاٹر کھایا گیا ہے۔ اس کے تام یک سمت تغیرات ٹیک ٹیک حاصل کریں۔ دونوں ٹرانزستر کا $\beta = 99$ ہے۔ حل: Q₁ کے داخلی جانب مسئلہ تھون 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 جبکہ استعمال کرتے ہوئے شکل ۱۸.۳ اف حاصل ہوتا ہے۔ شکل ۱۸.۳ اف میں Q₁ کے داخلی جانب کرخونے کے وقت ان بر قی بادوں کی مدد سے

$$2 + 40000 \times I_B + 0.7 + 2000 \times I_E - 5 = 0$$

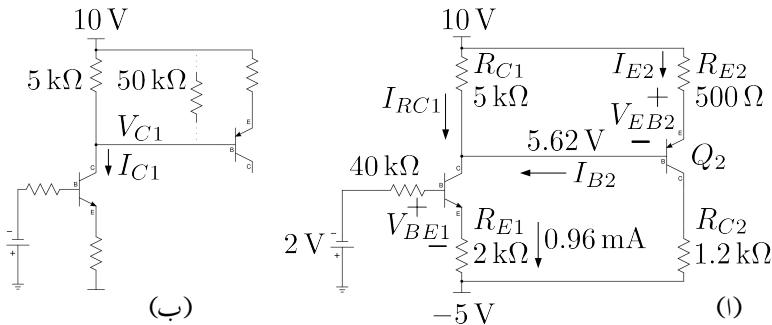
لکھا جاسکتا ہے جس میں $I_B = \frac{I_E}{\beta+1}$ پر کرنے سے

$$I_{E1} = \frac{5 - 2 - 0.7}{\frac{40000}{99+1} + 2000} = 0.95833\text{ mA}$$

$$I_{C1} = \frac{\beta}{\beta+1} I_{E1} = 0.94875\text{ mA}$$

حاصل ہوتے ہیں۔ یہ

$$V_{E1} = I_{E1} R_{E1} - 5 \\ = 0.95833 \times 10^{-3} \times 2000 - 5 \\ = -3.08\text{ V}$$



شکل ۱۸.۳: دو کڑی یک سمت زنجیری ایمپلینیٹر

حاصل ہوتا ہے۔ Q_1 کے گلکھر جناب برقی رو I_{C1} کے دو راستے میں پہلا راستہ R_{C1} کے ذریعے اور دوسرے راستے Q_2 سے ہوتے ہوئے R_{E2} کے ذریعے یوں کر خوف کے فناون برائے برقی رو کے استعمال سے

$$(3.231) \quad I_{C1} = I_{RC1} + I_{B2}$$

$$0.94875 \times 10^{-3} = I_{RC1} + I_{B2}$$

لکھا جاسکتا ہے۔ پہلے راستے پر

$$(3.232) \quad V_{C1} = V_{B2} = 10 - I_{RC1}R_{C1} = 10 - 5000I_{RC1}$$

جبکہ 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 بالائی مساوات کو حل کرتے ہیں۔ مساوات ۳۲۲، ۳۲۳ اور ۳۲۴ کو برایہ لکھتے ہیں۔

$$10 - 5000I_{RC1} = 9.3 - 50000I_{B2}$$

$$5000I_{RC1} - 50000I_{B2} - 0.7 = 0$$

مساوات ۳۲۱ کے I_{RC1} سے 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۔ یوں 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 افزاں ہے اور حاصل کردہ جوابات درست ہوں گے۔
ای مثال کویں حبلي حاصل کیا جاتا ہے۔ $I_E \approx I_C \approx I_{C1}$

$$I_{C1} \approx I_{E1} = 0.95833 \text{ mA}$$

حاصل ہوتے ہے۔ جیسے شکل ۱۸.۳ ب میں دکھایا گیا ہے، R_{E2} کا ٹانک ٹرانزیستر Q_2 کے بیس جانب
اظہر آتا ہے جو R_{C1} کے متوازی جبڑا 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

$$V_{C1} = V_{B2} = V_{CC} - 4545 \times 0.95833 \times 10^{-3} = 5.644 \text{ V}$$

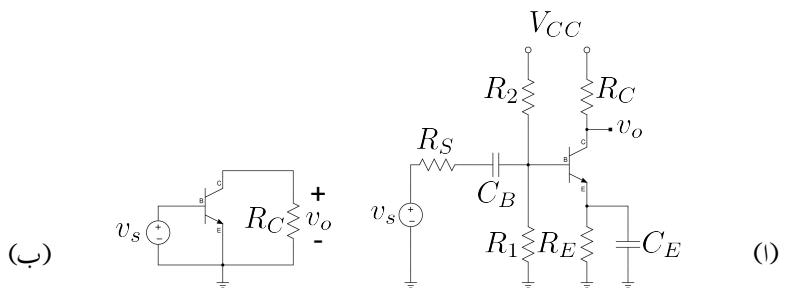
حاصل ہوتا ہے۔ یوں

$$V_{E2} = V_{B2} + V_{EB2} = 5.644 + 0.7 = 6.344 \text{ V}$$

$$I_{E2} = \frac{V_{CC} - V_{E2}}{R_{E2}} = \frac{10 - 6.344}{500} = 7.312 \text{ mA}$$

$$V_{C2} = -5 + I_{E2} R_{C2} = -5 + 7.312 \times 10^{-3} \times 1200 = 3.774 \text{ V}$$

$$V_{EC2} = V_{E2} - V_{C2} = 6.344 - 3.774 = 2.57 \text{ V}$$



شکل ۳.۱۹: یمٹر مشترک ایمپلیفیاٹر

۳.۱۹ یمٹر مشترک، گلکٹر مشترک اور بیس مشترک ایمپلیفیاٹر

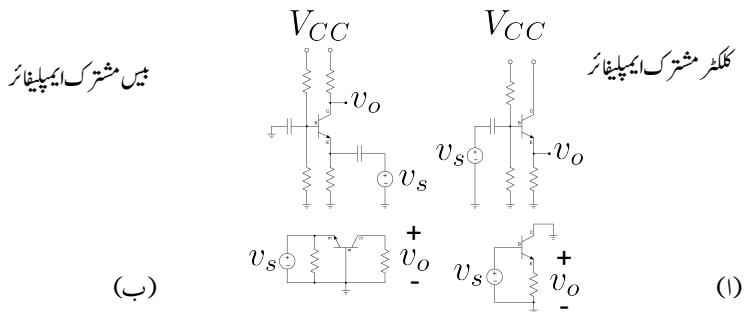
شکل افے میں ایمپلیفیاٹر دکھایا گیا ہے۔ شکل ب میں ٹرانزسٹر مائل کرنے والے رکن سے دکھاتے ہوئے اسی کا بدل تارو شکل دکھایا گیا ہے جہاں کپیٹروں اور یک سمت برقی دباد \$V_{CC}\$ کو قصر در تصور کیا گیا ہے۔ مزید داخلی اشارے کی مسماحت \$R_S\$ کو بھی نظر انداز کیا گیا ہے تاکہ اصل نقطے پر نظر رکھنا زیادہ آسان ہو۔ اس شکل سے صاف ظاہر ہے کہ داخلی اشارے کو ٹرانزسٹر کے بیس \$B\$ اور یمٹر \$E\$ کے مابین مہیا کیا گیا ہے جبکہ خارجی اشارے کو گلکٹر \$C\$ اور یمٹر \$E\$ کے مابین سے حاصل کیا جاتا ہے۔ یوں ٹرانزسٹر کا یمٹر \$E\$ مشترک سرا ہے۔ اس طرز کے ایمپلیفیاٹر کو مشترکہ یمٹر ایمپلیفیاٹر یمٹر مشترکہ ایمپلیفیاٹر^{۵۳} پکارا جاتا ہے۔ اگر شکل افے میں کپیٹر \$C_E\$ استعمال نہ کیا جاتا تب ٹرانزسٹر کا یمٹر 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 یمٹر مشترکہ ایمپلیفیاٹر ہی پکارا جاتا ہے۔ اس باب میں اب تک جتنے ایمپلیفیاٹر دیکھے گے وہ تمام یمٹر مشترکہ ایمپلیفیاٹر تھے۔

شکل ۳.۱۲۰ افے میں گلکٹر مشترکہ^{۵۴} اور اس کے نیچے اس کا مساوی یا برابر اشاراتی دور جبکہ شکل ب میں بیس یمٹر مشترکہ^{۵۵} ایمپلیفیاٹر اور اس کے نیچے اس کا برابر اشاراتی مساوی دور دکھائے گئے ہیں۔ ان ایمپلیفیاٹر میں بھی اگر مشترکہ سرے اور برقی زمین کے مابین مسماحت وغیرہ نسب ہوتا، انہیں تب بھی انہیں ناموں سے پکارا جاتا۔

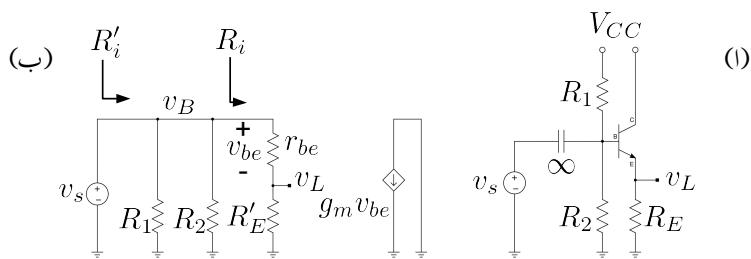
مثال ۳.۵۳: شکل ۳.۱۲۱ میں

$$R_1 = 100 \text{ k}\Omega, \quad R_2 = 10 \text{ k}\Omega, \quad R_E = 1 \text{ k}\Omega \\ r_{be} = 1 \text{ k}\Omega, \quad \beta = 99$$

common emitter^{۵۶}
common collector^{۵۵}
common base^{۵۷}



شکل ۱۹. ۳: بیس مشترک اور گلکھر مشترک ایپلیناٹر

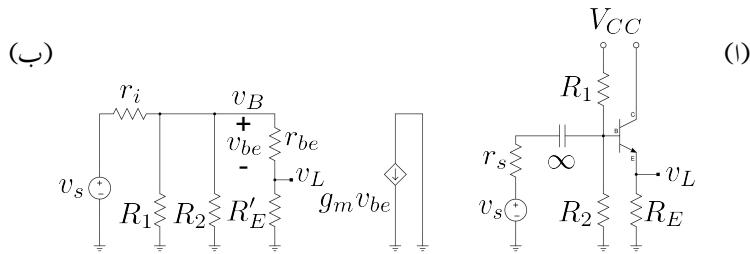


شکل ۱۹. ۳: گلکھر مشترک

$$\text{جی:- } R'_i \text{ اور } R_i, A_v = \frac{v_L}{v_s}$$

حل: شکل ب میں مساوی باریکے اشاراتی دو کھایا گیا ہے جس کے لئے R'_E ٹرانزسٹر کے بیس جناب کا عسیں یعنی $(\beta + 1) R_E$

$$\begin{aligned} A_v &= \frac{v_L}{v_s} = \frac{v_L}{v_B} \times \frac{v_B}{v_s} \\ &= \frac{R'_E}{r_{be} + R'_E} \\ &= \frac{(99+1) \times 1000}{1000 + (99+1) \times 1000} \\ &= 0.99 \text{ V V}^{-1} \approx 1 \text{ V V}^{-1} \end{aligned}$$



شکل ۳.۱۲۲: مکث مرشک کی دوسری مثل

جسک

$$R_i = r_{be} + R'_E = 1000 + 100000 = 101 \text{ k}\Omega$$

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

$$\begin{aligned} \frac{1}{R'_i} &= \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_i} \\ &= \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{r_{be} + (\beta + 1) R_E} \\ R'_i &= 8.34 \text{ k}\Omega \end{aligned}$$

ہیں۔

مشال ۳.۵۲: شکل ۳.۱۲۲ میں $A_v = 5 \text{ k}\Omega$ ہے جبکہ مقایات ام تغیرات مشال ۳.۵۳ کی ہیں۔ حاصل کریں۔

حل: شکل بے

$$\begin{aligned}
 A_v &= \frac{v_L}{v_s} = \frac{v_L}{v_B} \times \frac{v_B}{v_s} \\
 &= \frac{R'_E}{r_{be} + R'_E} \times \frac{R_1 \| R_2 \| (r_i + R'_E)}{r_i + [R_1 \| R_2 \| (r_{be} + R'_E)]} \\
 &= \frac{100000}{1000 + 100000} \times \frac{8367}{5000 + 8367} \\
 &= 0.99 \times 0.6259 \\
 &= 0.619 \text{ V V}^{-1}
 \end{aligned}$$

مثال ۵۳.۳ میں ہم نے دیکھا کہ گلکھر مشترک کے ایمپلیفائر کی انسنزاٹش بر قی دباد تقریب ایکے کے برابر ہے۔ یوں ہم کہہ سکتے ہیں کہ حنارجی اشارہ خوش اسلوبی سے داخلی اشارے کی پسروی کرتا ہے۔ اسی سے اسکے ایمپلیفائر کو پیپر و کار ۵۴^۶ بھی پکارا جاتا ہے۔ ہم نے یہ بھی دیکھا کہ R_1 اور R_2 کی وجہ سے داخلی مزاحمت $101 \text{ k}\Omega$ سے کم ہو کر صرف $8.34 \text{ k}\Omega$ رہ گئی۔ مثال ۵۳.۳ میں اسی کی وجہ سے انسنزاٹش بہت کم ہو گئی۔ آئینہ داخلی مزاحمت بڑھانے کا ایک طریقہ دیکھیں۔

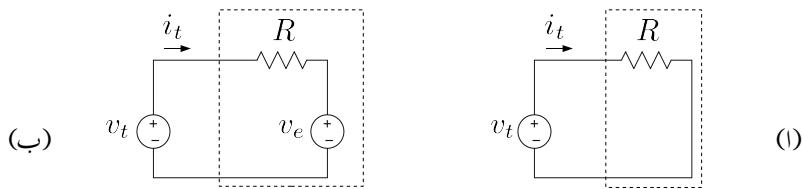
شکل ۱۲۳.۳ الف میں نقطہ دار لکسیر میں بند دور کا داخلی مزاحمت حاصل کرنے کی خطاڑ اس پر v_t بر قی دباد لاگو کی جاتی ہے۔ بر قی رو i_t ناپے کردا داخلی مزاحمت $\frac{v_t}{i_t}$ سے حاصل کی جاتی ہے۔ اس دور میں ہم جانتے ہیں کہ $i_t = \frac{v_t}{R}$ ناپی جائے گی جس سے داخلی مزاحمت کی قیمت R حاصل ہوتی ہے۔ آئینہ بھی طریقہ شکل بے کے دور پر استعمال کرتے ہوئے اس کا داخلی مزاحمت حاصل کریں۔ v_t لاگو کرنے سے $\frac{v_t - v_e}{R}$ بر قی رو ناپا جائے گا۔ تصور کریں کہ کسی طریقے سے $v_e = 0.9v_t$ کے برابر ہوتا ہے۔ یوں

$$i_t = \frac{v_t - 0.9v_t}{R} = \frac{0.1v_t}{R}$$

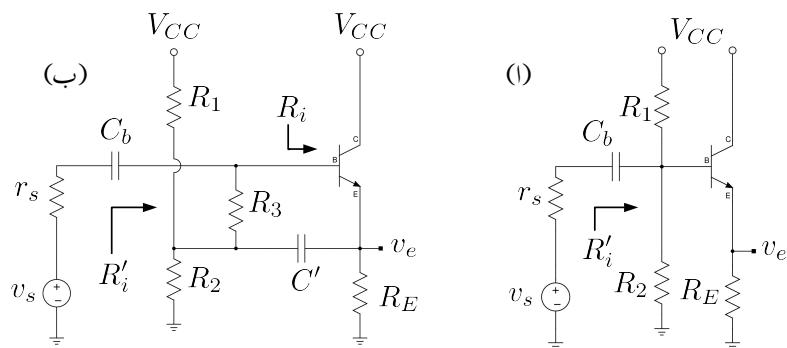
ناپی جائے گی جس سے داخلی مزاحمت

$$\frac{v_t}{i_t} = \frac{R}{0.1} = 10R$$

حاصل ہوتا ہے۔ آپ نے دیکھا کہ نقطہ دار لکسیر میں بند دور میں پائے جانے والے بر قی دباد v_e کی وجہ سے داخلی مزاحمت دس گناہ بڑھ گئی ہے۔ اگر $v_e = 0.99v_t$ ہوتا تب داخلی مزاحمت سو گناہ بڑھ جاتی۔ ہم جانتے ہیں کہ گلکھر مشترک ایمپلیفائر کی انسنزاٹش تقریب ایکے کے برابر ہے یوں اس کے بیٹر پر v_e تقریب اس کے میس پر v_b کے برابر ہوتا ہے۔ اس حقیقت کو استعمال کرتے ہوئے گلکھر مشترک ایمپلیفائر کی داخلی مزاحمت بڑھائی جا سکتی ہے۔ آئینہ مندرجہ ذیل مثال میں ایسا ہوتے دیکھیں۔



شکل ۳.۲۳ دو داخلی مزاحمت بڑھانے کا طریقہ



شکل ۳.۲۴ گلشنہ مشترک کا داخلی مزاحمت بڑھایا گیا ہے

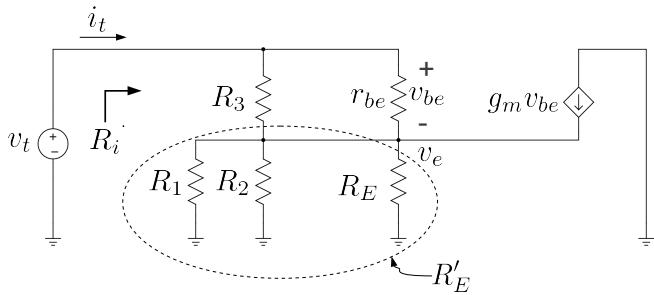
مثال ۳.۵۵: شکل ۳.۲۴ میں گلشنہ مشترک ایپلیفیور دکھایا گیا ہے جس میں کچھ تبدیلی کرتے ہوئے شکل ب حاصل کی گئی ہے۔ ثابت کریں کہ شکل ۳.۲۴ میں دکھائے گئے دورے سے داخلی مزاحمت R'_i بڑھ جاتی ہے۔ دونوں اشکال میں

$$R_1 = 10 \text{ k}\Omega, \quad R_2 = 1 \text{ k}\Omega, \quad R_E = 1 \text{ k}\Omega$$

$$R_3 = 10 \text{ k}\Omega, \quad r_{be} = 1 \text{ k}\Omega, \quad \beta = 99$$

حل: شکل ۳.۲۵ میں مساوی باریک اشاراتی دور دکھایا گیا ہے۔ جوڑ v_e پر کرنون کے فتاون برائے بر قرروں

$$(3.233) \quad \frac{v_e - v_t}{R_3} + \frac{v_e - v_t}{r_{be}} + \frac{v_e}{R_1} + \frac{v_e}{R_2} + \frac{v_e}{R_E} = g_m (v_t - v_e)$$



شکل ۱۲۵: مساوی دور

لکھا جاسکتا ہے۔ شکل میں $R'_E R_1 \parallel R_2 \parallel R_E$ کو کہا گیا ہے۔ اس طرح

$$\frac{1}{R'_E} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_E}$$

لکھتے ہوئے مساوات ۲۷۷.۳ کو یوں

$$\frac{v_e - v_t}{R_3} + \frac{v_e - v_t}{r_{be}} + \frac{v_e}{R'_E} = g_m (v_t - v_e)$$

لیجنی

$$v_e \left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{r_{be}} + \frac{1}{R'_E} + g_m \right) = v_t \left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{r_{be}} + g_m \right)$$

لکھتے ہوئے

$$v_e = \left(\frac{\frac{1}{R_3} + \frac{1}{r_{be}} + g_m}{\frac{1}{R_3} + \frac{1}{r_{be}} + \frac{1}{R'_E} + g_m} \right) v_t$$

حاصل کرتے ہیں۔ مساوات ۱۸۸.۳ 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 باہر ہے۔ v_e کی قیمت پر کرنے سے

$$\begin{aligned} i_t &= \left[v_t - \left(\frac{\frac{1}{R_3} + \frac{\beta+1}{r_{be}}}{\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R'_E} + \frac{\beta+1}{r_{be}}} \right) v_t \right] \left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{r_{be}} \right) \\ &= \left[\frac{\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R'_E} + \frac{\beta+1}{r_{be}} - \frac{1}{R_3} - \frac{\beta+1}{r_{be}}}{\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R'_E} + \frac{\beta+1}{r_{be}}} \right] \left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{r_{be}} \right) v_t \\ &= \left[\frac{\frac{1}{R_3} + \frac{1}{r_{be}}}{R'_E \left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R'_E} + \frac{\beta+1}{r_{be}} \right)} \right] v_t \end{aligned}$$

یعنی

$$\frac{v_t}{i_t} = \frac{\frac{R'_E}{R_3} + 1 + \frac{(\beta+1)R'_E}{r_{be}}}{\frac{1}{R_3} + \frac{1}{r_{be}}}$$

حاصل ہوتا ہے جس سے

$$(3.235) \quad R'_i = \frac{v_t}{i_t} = \frac{\frac{r_{be}R'_E}{R_3} + r_{be} + (\beta+1)R'_E}{\frac{r_{be}}{R_3} + 1}$$

حاصل ہوتا ہے۔ چونکہ $R_3 \gg r_{be}$ کو یہ لکھا جا سکتا ہے۔

$$(3.236) \quad R'_i \approx \frac{r_{be}R'_E}{R_3} + r_{be} + (\beta+1)R'_E$$

اس کے برعکس شکل ۳.۱۲۷ میں دیکھی جاتی ہے۔

$$R_1 \parallel R_2 \parallel [r_{be} + (\beta+1)R_E]$$

حاصل ہوتی ہے جو ہر صورت $r_{be} + (\beta + 1) R_E$ کے کم ہے۔
دی گئی قیمتیں پر کرنے سے شکل ۳.۲۳.۲ کے

$$R_1 \parallel R_2 \parallel [r_{be} + (\beta + 1) R_E] = 900 \Omega$$

جبکہ دی گئی قیتوں سے $R'_E = 476 \Omega$ حاصل کرتے ہوئے شکل ب میں

$$\begin{aligned} R'_i &= \frac{\frac{r_{be} R'_E}{R_3} + r_{be} + (\beta + 1) R'_E}{\frac{r_{be}}{R_3} + 1} \\ &= \frac{\frac{1000 \times 476}{10000} + 1000 + (99 + 1) 476}{\frac{1000}{10000} + 1} \\ &= \frac{47.6 + 1000 + 47600}{0.1 + 1} \\ &= 44.2 \text{k}\Omega \end{aligned}$$

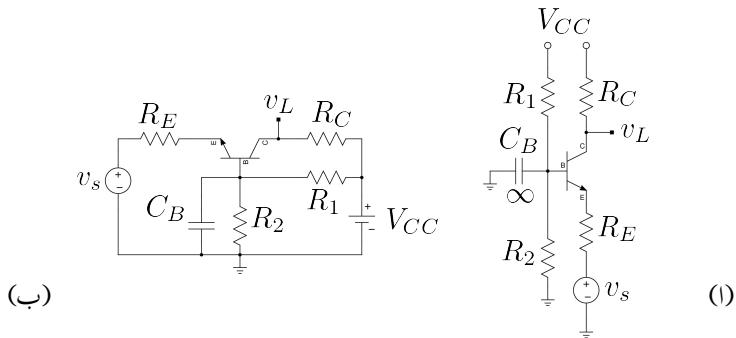
حاصل ہوتا ہے جو کہ سادہ گلکھر مشترک ایپلینیاٹر کی 900Ω کے داخلی مزاجمت سے بہت زیاد ہے۔ اس جواب سے یہ حقیقت بھی سامنے آتی ہے کہ $\frac{r_{be} R'_E}{R_3}$ کو ظفر انداز کیا جاسکتا ہے لہذا مساوات کو

$$(3.227) \quad R'_i \approx r_{be} + (\beta + 1) R'_E$$

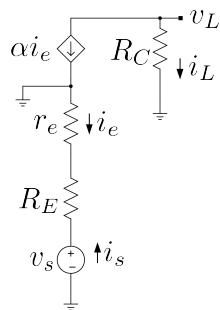
لکھا جاسکتا ہے۔ اس مساوات کو یاد رکھنا نہایت آسان ہے۔ شکل ۳.۲۳.۲ ب کو دیکھتے ہوئے صاف ظاہر ہے کہ R'_i دراصل دو متوازی جبڑے مزاجمتوں کا مجموعہ ہے۔ اس کا ایک حصہ R_3 اور اس کے ساتھ منکلے اجزاء جبکہ اس کا دوسرا حصہ ٹرانزسٹر کے بیس پر داخلی مزاجمت $-R_i$ ۔ چونکہ R_3 کے دونوں سروں پر تقریباً برابر ترقی دباؤ رہتا ہے لہذا اس کی مزاجمت کو لاحقہ دو تصور کرتے ہوئے ظفر انداز کیا جاتا ہے۔ یوں داخلی مزاجمت R'_i اور $-R_i$ برابر ہوں گے۔ C' کو قصر دور تصور کرتے ہوئے ہم دیکھتے ہیں کہ ٹرانزسٹر کے بکھر پر کل R'_E یعنی $R'_E = R_1 \parallel R_2 \parallel R_E$ مزاجمت نسب ہے۔ یوں ٹرانزسٹر کے بیس پر داخلی مزاجمت $-R_i$ ہو گی جو مطلوب جواب ہے۔

مثال ۳.۵۶۔ شکل ۳.۲۳.۳ میں بیس مشترک ایپلینیاٹر کھایا گیا ہے۔ اسے عموماً شکل ب کے طرز پر بنایا جاتا ہے جیساں داخلی جانب کو باقی ہاتھ اور خارجی جانب کو باقی ہاتھ پر کھایا گیا ہے۔ $A_i = \frac{i_L}{i_s}$ اور $A_v = \frac{v_L}{v_s}$ حاصل کریں۔

حل: شکل ۳.۲۳.۳ میں ٹرانزسٹر کا μ -ریاضی نمونہ استعمال کرتے ہوئے اس کا باریکے اشاراتی مساوی دور دکھایا گیا ہے۔ صفحہ ۲۸۷ پر شکل ۳.۲۷.۷ میں μ -ریاضی نمونہ دکھایا گیا ہے۔ بیس مشترک ایپلینیاٹر کا μ -ریاضی نمونہ سے حل کرنا زیادہ آسان ثابت ہوتا ہے۔ اس شکل میں



شکل ۱۲۶: بیس مشترک ایمپلیفائز



شکل ۱۲. بیس مشترک ایمیل‌فایل برپا کردن اشاراتی مساوی دور

$$i_s = \frac{v_s}{R_E + r_e}$$

ہے۔ یوں

$$i_e = -i_s = -\frac{v_s}{R_E + r_e}$$

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

$$i_L = -i_c = -\alpha i_e = \alpha i_s$$

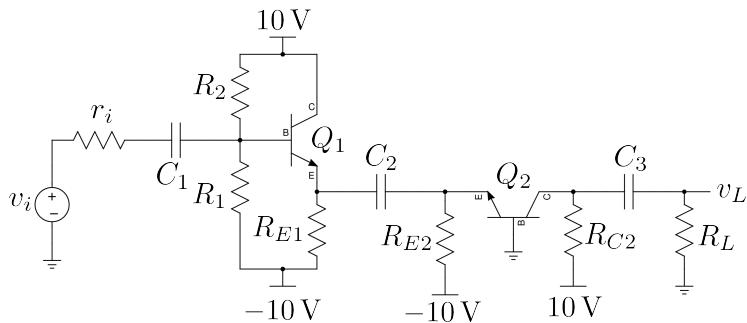
ہے لہذا

$$A_i = \frac{i_L}{i_s} = \alpha$$

حاصل ہوتا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ یس مشترک ایپلیناٹ برقی دباؤ کی افزاش کر پاتا ہے جبکہ اس کی برقی روکی افزاش α کے برادر ہے۔

مثال ۲۸.۳: شکل ۲۸.۳ میں بھر مشترک اور یس مشترک کا نجیری ایپلیناٹ دکھایا گیا ہے جس میں

$$\begin{aligned} R_1 &= 20 \text{ k}\Omega, & R_2 &= 160 \text{ k}\Omega, & R_{E1} &= 1 \text{ k}\Omega \\ R_{E2} &= 9.3 \text{ k}\Omega, & R_{C2} &= 5 \text{ k}\Omega, & R_L &= 5 \text{ k}\Omega \\ r_i &= 1 \text{ k}\Omega \end{aligned}$$



شکل ۳.۱۲۸: بیٹر مشترک اور یس مشترک کا زنجیری ایکلیفائر

بین جبکہ ٹرانزسٹر کا $99 = \beta = \frac{v_L}{v_i}$ ہے۔ $A_v = \frac{v_L}{v_i}$ حاصل کریں۔ تمام کمیٹروں کی قیمت لامحمد و دتصور کریں۔

حل: پہلے یک سمت مقیارہ حاصل کرتے ہیں۔ ایسا کرتے ہوئے تمام کمیٹر کے دور کردار ادا کریں گے۔ یوں دونوں ایکلیفائر کو مکمل طور پر علیحدہ سمجھ کر حل کی جائے گا۔ پہلے Q_1 پر مبنی بیٹر مشترک کو حل کرتے ہیں۔

$$V_{BB1} = \left(\frac{10 + 10}{20000 + 160000} \right) \times 20000 - 10 = -7.777 \text{ V}$$

$$R_{B1} = \frac{20000 \times 160000}{20000 + 160000} = 17.778 \text{ k}\Omega$$

اور یوں

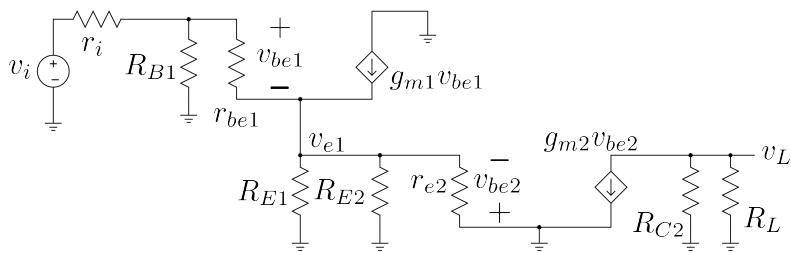
$$I_{C1} \approx I_{E1} = \frac{-7.777 - 0.7 + 10}{\frac{17778}{99+1} + 1000} = 1.29 \text{ mA}$$

$$g_{m1} = \frac{I_C}{V_T} = \frac{1.29 \times 10^{-3}}{25 \times 10^{-3}} = 51.6 \text{ mS}$$

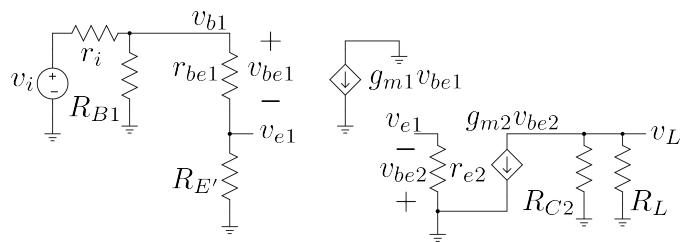
$$r_{be1} = \frac{\beta + 1}{g_m} = \frac{99 + 1}{0.0516} = 1938 \Omega$$

حاصل ہوتے ہیں۔ اب Q_2 پر مبنی یس مشترک کو حل کرتے ہیں۔

$$I_C \approx I_{E2} = \frac{V_B - V_{BE} - V_{EE}}{R_E} = \frac{0 - 0.7 + 10}{9300} = 1 \text{ mA}$$



شکل ۱۹.۳: بھر مشترک اور تیس مشترک کا زنجیری ایمپلینافر کا مساوی باریکے اشاراتی دور



شکل ۱۹.۳۰

اور یوں

$$g_{m2} = \frac{1 \times 10^{-3}}{25 \times 10^{-3}} = 40 \text{ mS}$$

$$r_{e2} \approx \frac{1}{g_{m2}} = \frac{1}{0.04} = 25 \Omega$$

حاصل ہوتے ہیں۔

بھر مشترک کے لئے پائے ریاضی نوٹ جبکہ تیس مشترک کے لئے نظر ریاضی نوٹ کے طرز پر ہناتے ہوئے زنجیری ایمپلینافر کا باریکے اشاراتی مساوی دور شکل ۱۹.۳ میں دکھایا گیا ہے۔ R_{E2}, R_{E1} اور r_{e2} متوالی حصے ہیں جن کا مساوی مزاجمت 24Ω ہے۔ اسکو $(\beta + 1)$ سے ضرب دیتے ہوئے بھر مشترک کے پائے ریاضی نوٹ میں داخلی اور خارجی دائروں کو علیحدہ کیا جاسکتا ہے۔ ایسا کرتے ہوئے شکل ۱۹.۳ میں دکھایا گیا ہے۔ ایسا کرتے ہوئے حاصل ہوتا ہے جہاں $\beta + 1 = 24$ ہے۔ $R'_E = 2.4 \text{ k}\Omega$ ہے۔

$$A_v = \frac{v_L}{v_i} = \frac{v_L}{v_{be2}} \times \frac{v_{be2}}{v_{e2}} \times \frac{v_{e2}}{v_{b1}} \times \frac{v_{b1}}{v_i}$$

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

$$A_v = (-100)(-1) \times 0.553 \times 0.777 = 43 \text{ VV}^{-1}$$

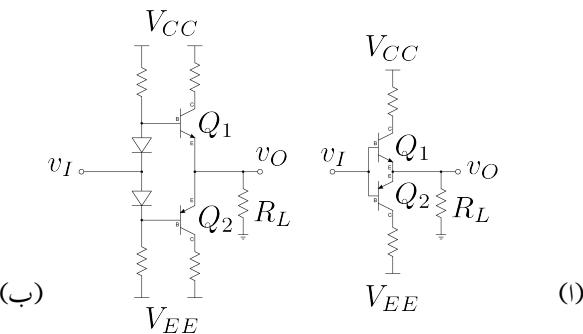
حاصل ہوتا ہے۔

۳.۲۰ خطی لحاظ سے ایمپلینیٹر کی درجہ بندی

اب تک تمام ایمپلینیٹر میں ٹرانزسٹر کے نقطہ کار کر دیگی کو یوں رکھا گیا کہ ٹرانزسٹر تمام اور تاتا۔ خطی خط میں رہے۔ ایسا ایمپلینیٹر جو 360° زاویے کے اشارے کو بڑھانے کی صلاحیت رکھتا ہے درجہ الف ^{۵۸} کا ایمپلینیٹر کہلاتا ہے۔ داخلی اشارے کے عدم موجودگی میں بھی ایسے ایمپلینیٹر میں I_{CQ} بر قی رو گزرتی ہے جس سے ٹرانزسٹر میں طاقت کا مضائقہ پایا جاتا ہے۔ آپ دیکھتے ہیں کہ بیٹری سے چلنے والے آلات کے لئے ایسا قطعات میں قبول نہیں۔ ^{۵۹}

ٹرانزسٹر کے نقطہ کار کر دیگی کو پا اور I_{CQ} سے فتد ریخچر کھنے سے $0 \approx I_{CQ}$ رکھا جا سکتا ہے۔ $n-p-n$ ٹرانزسٹر کی صورت میں، بثت اشارے کی موجودگی میں ٹرانزسٹر چپا لو ہو جاتا ہے اور ایمپلینیٹر کام کرنا شروع کر دیتا ہے جبکہ منفی اشارے کی صورت میں ٹرانزسٹر منقطع رہتا ہے اور یوں ایسا ایمپلینیٹر منفی اشارے بڑھانے کی صلاحیت نہیں رکھتا۔ $p-n-p$ ٹرانزسٹر کی صورت میں ایسا ایمپلینیٹر صرف منفی اشارے کو بڑھانے کی صلاحیت رکھتا ہے۔ ایسا ایمپلینیٹر جو 180° زاویے پر اشارہ بڑھا سکے درجہ ^{۶۰} ایمپلینیٹر کہلاتا ہے۔

^{۵۸} class A ^{۵۹} آپ کبھی نہیں چاہیں گے کہ آپ کے موبائل کی بیسٹری بغیر استعمال کے ختم ہو جائے۔ ^{۶۰} class B.



شکل ۱۳.۳: درجہ بے ایکلینیٹر

شکل ۱۳.۳ الف میں دو عدد درجہ بے ایکلینیٹر جوڑتے ہوئے ایک ایسا ایکلینیٹر تخلیق دیا گیا ہے جو 360° زاویے پر کام کرتا ہے۔ داخلی اشارے کی عدم موجودگی میں $V_{BE} = V_{EB} = 0\text{V}$ ہوتا ہے۔ یوں دونوں ٹرانزسٹر منفی مقی اشارے کی صورت میں طاقت کا ضایع نہیں پایا جاتا۔ بیت اشارے کی صورت میں Q₁ چپا لو ہو جاتا ہے جبکہ ممکنی اشارے کی صورت میں Q₂ چپا لو ہو جاتا ہے۔ یوں $v_O \approx v_I$ حاصل ہوتا ہے۔ اگر داخلی اشارہ کم 0.7V میں ہو تو ٹرانزسٹر چپا لو سنہ ہو گائے 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 بیت جیتے پر ہی Q₁ چپا لو ہو جاتا ہے گا اور اسی طرح معمولی مفہومی جیتے پر Q₂ چپا لو ہو جاتا گا۔

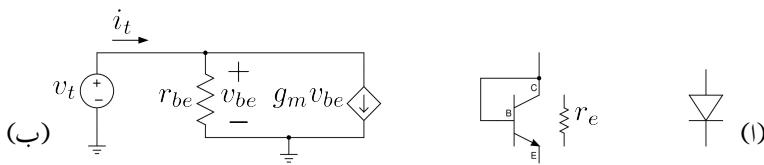
درجہ بے ایکلینیٹر کے خارجی اشارے کی شکل گذشتی ہوتی ہے۔ اس کی شکل درست کرنے کی خاطر درجہ الف اور درجہ بے کی درمیانی صورت اختیار کی جاتی ہے جہاں ایکلینیٹر 180° سے وتر رزیاہ زاویے تک کام کرے۔ ایسے ایکلینیٹر کو درجہ الف-بے "ایکلینیٹر کہا جاتا ہے۔

درجہ چھپے ^{۱۳} ایکلینیٹر سے مراد ایسا ایکلینیٹر ہے جو 180° سے کم زاویے پر کام کرتا ہو۔ ایسے ایکلینیٹر انتہائی بلند تعداد ^۳ پر استعمال کئے جاتے ہیں جہاں ٹرانزسٹر کے خارجی جہابنے LC کی مدد سے درکار ہے جہاں ایکلینیٹر اس تارہ پیدا کیا جاتا ہے۔ درجہ چھپے ^{۱۴} ایکلینیٹر سے مراد ایسا ایکلینیٹر ہے جس میں ٹرانزسٹر بطور سوچ کام کرتا ہو۔ ٹرانزسٹر یا مکمل چپا لو اور یا پھر مکمل منفی رہتا ہے۔

۳.۲۱ ٹرانزسٹر سے ڈائیوڈ کا حصول

مخنلوٹ ادوار میں حقیقت میں ڈائیوڈ اپنے خود نہیں بنایا جاتا بلکہ اس کی جگہ ٹرانزسٹر بنایا جاتا ہے اور اس ٹرانزسٹر کے یہیں کو ملکشتر کے ساتھ جوڑ کر بطور ڈائیوڈ استعمال کیا جاتا ہے۔ شکل ۱۳۲.۳ الف میں npn استعمال

class AB["]
class C["]
RF["]
class D["]



شکل ۳.۳۲: ٹرانزسٹر سے ڈائوڈ کا حصول

کرتے ہوئے ڈائیوڈ حاصل کیا گیا ہے۔ ساتھ ہی ڈائیوڈ کھا کر ٹرانزسٹر سے حاصل ڈائیوڈ کی سمت دکھائی گئی ہے۔ چونکہ ٹرانزسٹر کے بیس اور گلکسٹ آپس میں جبڑے ہیں لہذا $v_{BE} = v_{CE}$ ہو گا اور سیے بالکل ایک ڈائیوڈ کی طرح ہی کردار ادا کرے گا۔ آئین اس ڈائیوڈ کا باریکے اشاراتی داخنی مزاجمت حاصل کرنے کی حراظر ٹرانزسٹر کے گلکسٹ اور بیسٹر کے مابین β بر قی دبادہ ہی کرتے ہوئے i_t کا حساب لگاتے ہیں۔ ڈائیوڈ کی داخنی مزاجمت $\frac{v_t}{i_t}$ ہو گی۔ شکل بے میں ٹرانزسٹر کا پائے ریاضی نمونہ استعمال کرتے ہوئے مساوی باریکے اشاراتی دور دکھایا گیا ہے جس کو دیکھ کر ہم لکھ سکتے ہیں

$$i_t = \frac{v_t}{r_{be}} + g_m v_{be}$$

$$v_{be} = v_t$$

جن سے

$$i_t = \frac{v_t}{r_{be}} + g_m v_t$$

$$= \left(\frac{1 + g_m r_{be}}{r_{be}} \right) v_t$$

$$= \left(\frac{1 + \beta}{r_{be}} \right) v_t$$

حاصل ہوتا ہے جہاں دوسرے وتم پر $g_m r_{be} = \beta$ ہے۔ یوں

$$(3.228) \quad \frac{v_t}{i_t} = \frac{r_{be}}{1 + \beta} = r_e$$

حاصل ہوتا ہے جہاں $r_e = \frac{r_{be}}{\beta + 1}$ کا استعمال کیا گیا۔ اس مساوات سے ڈائیوڈ کا باریکے اشاراتی داخنی مزاجمت r_e حاصل ہوتا ہے۔ شکل ۳.۳۲.۳ الف میں ٹرانزسٹر کے سامنے گلکسٹ اور بیسٹر کے مابین r_e کو مزاجمت اسی کو ظاہر کر رہی ہے۔

مثال ۳.۵۸: ایک ٹرانزسٹر کے ملکہ اور بیس کو آپس میں جوڑ کر ٹرانزسٹر کو بطور ڈائوڈ استعمال کیا جا رہا ہے۔ اس ٹرانزسٹر میں 1 mA کا یک سمت برقی روپا جاتا ہے۔ اس ڈائوڈ کی باریکے اشارتی مزاجمت حاصل کریں۔

حل: پر 1 mA پر

$$g_m = \frac{I_C}{V_T} = \frac{1 \times 10^{-3}}{25 \times 10^{-3}} = 0.04 S$$

$$r_e \approx \frac{1}{g_m} = \frac{1}{0.04} = 25 \Omega$$

حاصل ہوتے ہے لہذا اس ڈائوڈ کا باریکے اشارتی دھنی مزاجمت $\Omega = 25$ ہے۔

۳.۲۲ منع برقی دباؤ

صفہ ۱۶۳ پر مثال ۲۰.۲ میں آپ نے دیکھا کہ زینتر ڈائوڈ میں برقی روکے تبدیلی کی وجہ سے منع کے برقی دباؤ میں تبدیلی پیدا ہوتی ہے۔ اس حصے میں زینتر ڈائوڈ کے برقی رو میں تبدیلی کو کم کرتے ہوئے بہتر منع بنانی جبائے گی۔ شکل ۱۶۳.۳ میں مشرکر لیٹر ایکلینگر ہے جس کے دھنی جانب بیسٹری سے V_B برقی دباؤ مہیا کی گئی ہے۔ یوں حارجی جانب $v_L = V_B - V_{BE}$ ہو گا۔ برقی بوجھ R_L میں برقی دباؤ i_L کی قیمت $\frac{v_L}{R_L}$ ہو گی اور بیسٹری سے برقی دباؤ حاصل کی جائے گی۔

شکل ب میں بیسٹری کی جگہ مزاجمت R_1 اور زینتر ڈائوڈ استعمال کیا گیا ہے۔ زینتر ڈائوڈ کو غیر وفا بوصورت میں تصور کرتے ہوئے ٹرانزسٹر کے یہ سپر $v_L = V_{Z0} - V_{BE}$ ہو $i_B = \frac{i_L}{\beta+1} = 0 A$ اور یوں $i_L \rightarrow \infty$ کی صورت میں $R_L = 0 \Omega$ ہو گا۔ اسی طرح

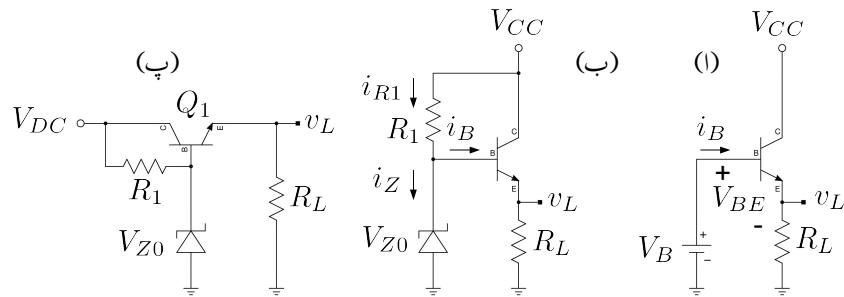
$$(3.239) \quad i_{R1} = \frac{V_{CC} - V_{Z0}}{R_1}$$

ہو گا $i_B = 0 A$ کی صورت میں کر خوف کے فتوں برائے برقی رو $i_Z = i_{R1} < i_R = i_B + i_Z$ کے ساتھ $i_Z > R_L > 0 \Omega$ سے زیادہ ہونے سے اب بھی $i_{R1} > \infty$ ہے۔ اب یوں مندرجہ بالامساوات سے ہی حاصل ہو گی۔ البتہ $i_B = \frac{i_L}{\beta+1}$ اور $i_L = \frac{v_L}{R_L}$ ہوں گے۔ یوں

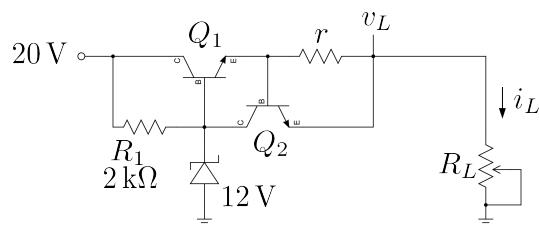
$$i_Z = i_{R1} - i_B$$

$$= \frac{V_{CC} - V_{Z0}}{R_1} - \frac{i_L}{\beta+1}$$

ہو گا آپ دیکھ سکتے ہیں کہ v_L کی قیمت کا درود مارفنے زینتر ڈائوڈ کے برقی دباؤ پر ہے۔ یوں اس دور کو بطور منع برقی دباؤ^{۶۵} استعمال کیا جاسکتا ہے۔ اس دور کو بطور منع برقی دباؤ کرتے ہوئے شکل پ کے طرز پر بنایا جاتا ہے۔



شکل ۳.۳۳: سیستم میکروپرداز کے لیے بطور منع بر قی دباؤ



شکل ۳.۳۴: براز ستر سے حاصل منع بر قی دباؤ

آپ دیکھ سکتے ہیں کہ i_L میں Δi_L تبدیلی سے i_B میں صرف $\frac{\Delta i_L}{\beta+1}$ تبدیلی رونما ہو گی۔ 99 $\beta =$ کی صورت میں i_L کے تبدیلی کو سو گناہ کم کر دیا گیا ہے۔ یوں زیندرڈیوڈ کے برقی رو میں بھی سو گناہ کم تبدیلی پیدا ہو گی جس سے زیندرڈیوڈ پر بائے جانے والے برقی دباؤ میں تبدیلی بھی سو گناہ کم ہو گی۔

شکل ۳.۳.۳ میں اگر R_L کی مسازاحت نہ ہیات کم کر دی جائے یعنی منع کے خارجی جناب کو برقی ز میں کے ساتھ قصر دور کر دیا جائے تو ایسی صورت میں ٹرانزسٹر کے جلنے کا امکان ہو گا۔ ایسی صورت سے پچھے کی خاطر منع کے خارجی برقی رو کی حد مقرر کر دی جائی ہے اس حد سے کم برقی رو کی صورت میں منع بالکل عام حالت کی طرح کام کرتے ہوئے مقصر برقی دباؤ مہیا کرتی ہے البتہ یہی برقی رو اس حد سے تجاوز کرنے کی کوشش کرے، منع ہماری برقی دباؤ کو گھٹا کر برقی رو کو مقصرہ حد کے اندر رکھتی ہے۔ شکل ۳.۳.۳ میں ٹرانزسٹر Q_2 اور مسازاحت ۲ اسی مقصد کی خاطر منع میں نسبت کے لئے گئے ہیں۔

برقی رو i_L مسازاحت ۲ میں گزتے ہوئے اس پر i_{Lr} برقی دباؤ پیدا کرے گا جو در حقیقت Q_2 کا V_{BE} ہے۔ جب تک V_{BE} کی قیمت تقریباً ۰.۵ V سے کم ہے اس وقت تک Q_2 مقطوع رہے گا اور اس کی قسم کا کوئی کردار نہیں ہو گا البتہ اگر i_L بڑھتے ہوئے اتنی ہو جائے کہ $0.5V \geq V_{BE}$ ہو، تو Q_2 چاہو کر i_S میں اضافہ پیدا کرتے ہوئے خارجی برقی دباؤ V_L گھٹائے گا۔

2.5Ω کی صورت میں i_L کی حد $= 200 \text{ mA} = \frac{0.5}{2.5} = 200 \text{ mA}$ ہو گی۔ اتنی برقی رو پر بھی Q_1 کا i_B صرف ۲ mA ہے۔ چاہو Q_2 میں ہی ۴ mA سے زیاد برقی رو گزارے گا اسی وقت زیندرڈیوڈ غیر فتو یو حالت سے نکل آئے گا اور اس پر برقی دباؤ V ۱۲ V سے گھٹ جائیں گے۔ بری ترین صورت اس وقت پیش آئے گی جب $v_L = 0 \text{ V}$ ہوں۔ ایسا خارجی جناب قصر دور ہونے سے ہو سکتا ہے۔ اس وقت غیر مسازاحت $V_{CE,0}$ کو مد نظر رکھتے ہوئے Q_2

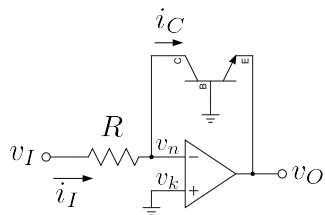
$$\frac{20 - 0.2}{2000} = 9.9 \text{ mA}$$

سیدھا خارجی جناب پہنچائے گا جبکہ Q_1 میں سے ۲۰۰ mA گزرا ہو گا لہذا $i_L = 209.9 \text{ mA}$ پہنچ پائے گا۔ یاد رہے کہ Q_2 کی صورت بھی Q_1 کو ۲۰۰ mA سے کم برقی رو گزارنے پر مجبور نہیں کر سکتا چونکہ ایسا ہوتے ہی $V_{BE} < 0.5 \text{ V}$ ہو جائے گا اور Q_2 چاہو نہیں رہ سکے گا۔ برقی رو کا حد مقرر کرنے کی خاطر استعمال کے لئے مسازاحت ۲ کی وجہ سے خارجی برقی دباؤ V_L پر اثر ہوتا ہے جس سے $v_L = V_{Z0} - V_{BE} - i_{Lr}$ لیکن جیسا آپ نے دیکھا اس مسازاحت کی قیمت نہایت کم ہوتی ہے اور کم برقی رو پر اس کے اثر کو نظر انداز کیا جا سکتا ہے۔ اس مسازاحت کے اثر کو منع میں مسزید پر زے نسب کے حنخم کیا جا سکتا ہے۔

۳.۲۳ ٹرانزسٹر لوگاریتمی ایمپلیفیاٹر

شکل ۳.۳.۴ میں ٹرانزسٹر لوگاریتمی ایمپلیفیاٹر^{۲۶} دکھایا گیا ہے۔ $v_n = 0 \text{ V}$ ہونے کی بدولت

$$i_I = \frac{v_I}{R}$$



شکل ۳.۱۳۵: ٹرانزسٹر لوگاریتمی ایکپلینیفار

لکھا جا سکتا ہے۔ کر خون کے فتنوں برائے برقی رو سے $i_I = i_C$ ہو گا جب مساوات ۵۵.۳ کے تحت

$$i_C \approx I_S e^{\frac{v_{BE}}{V_T}}$$

$$\text{لکھا جا سکتا ہے۔} -v_O = -v_{BE}$$

$$\begin{aligned} \frac{v_I}{R} &= I_S e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} \\ &= I_S e^{-\frac{v_O}{V_T}} \end{aligned}$$

جس سے

$$(3.250) \quad v_O = -V_T \ln \frac{v_I}{I_S R}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اس مساوات کے تحت حدائقی برقی دباؤ v_O داخلی برقی دباؤ کے فتدربنی لوگاریتمم^{۷۴} کے برابر ہے۔ یہاں رک کر شکل ۳.۲ کو بھی ایک نظر دیکھیں۔

۳.۲۲ شاکنی ٹرانزسٹر

غیر افزائندہ ٹرانزسٹر کے BE جوڑ سیدھے مائل ہوتے ہیں۔ جیسے حصہ ۳۰.۲ میں بتایا گیا، سیدھے مائل pn جوڑ کا نفوذی کپیسٹر کافی زیاد ہوتا ہے۔ یوں اگر ٹرانزسٹر کو افزائندہ نظرے میں لانا ہو تو پہلے ان کپیسٹروں میں ذخیرہ برقرار بار^{۷۵} کی نکال کرنی ہوگی۔ زیادہ بڑے کپیسٹر کی نکالی زیادہ دیر میں ہوتی ہے لہذا ایسا ٹرانزسٹر زیادہ تیزی سے غیر-افزائندہ حال سے افزائندہ حال میں نہیں لایا جا سکتا۔ اگر کسی طرح ان کپیسٹروں کی قیمت کم کر دی جائے تو ٹرانزسٹر زیادہ تیز رفتار پر کام کرنے کے مطالب ہو جائے گا۔

^{۷۴} $\ln \frac{v_O}{V_T}$
^{۷۵} charge

شکل ۱۳۶.۳ میں ٹرانزسٹر کے بیس اور گلکسٹر کے درمیان شاگری ڈائیوڈ نسب کیا گیا ہے۔ ایسا کرنے سے شاگری ٹرانزسٹر کی مدد سے دیکھتے ہیں۔ جس کی علامت شکل ب میں دکھائی گئی ہے۔ شاگری ٹرانزسٹر کی کارکردگی شکل ۱۳۷.۳ میں دیے گئے اکپلینگر کی مدد سے دیکھتے ہیں۔ چپ لوٹرانزسٹر کا $V_{BE} = 0.7\text{ V}$ ہوتا ہے۔ اگر ٹرانزسٹر افنسز اسندہ حال میں ہوتے شاگری ڈائیوڈ اس کا کوئی کردار نہیں ہو گا لیکن اگر ٹرانزسٹر افنسز اسندہ ہونے کی کوشش کرے تو بے V_{CE} کم ہو کر شاگری ڈائیوڈ کو سیدھا مائل کر دے گا۔ بھی صورت حال شکل میں دکھائی گئی ہے۔ یہ میں سے ایک اہم حقیقت واضح ہوتی ہے۔ چونکہ سیدھے مائل شاگری ڈائیوڈ پر 0.3 V پائے جاتے ہیں لہذا ٹرانزسٹر کا V_{BC} بھی 0.3 V پر ہو گا۔ آپ ہبنتے ہیں کہ pn جوڑ کو چپ لوکرنے کی حنا طریقہ کم از کم 0.5 V درکار ہوتے ہیں لہذا BC جوڑ چپا لو جاتے میں نہیں ہو گا۔ غیرہ غیرہ چپا لو جوڑ کی برقی روٹ میں نظر انداز ہوتی ہے۔ یوں صفحہ ۱۳۶ پر دئے ہوئے مساوات کے تحت اس جوڑ کی نفوذیت کی پیشہ ہے بھی وہ ایسا ہے کہ ٹرانزسٹر زیادہ رفتار پر کام کر پائے گا۔

کر خون کے فتنوں برائے برقی دباوے ہم دیکھتے ہیں کہ

$$V_{BE} = V_{CE} + V_D$$

کے برابر ہے۔ یوں شاگری ڈائیوڈ کے سیدھے برقی دباو کو 0.3 V لیتے ہوئے ہم دیکھتے ہیں کہ $V_{CE} = 0.4\text{ V}$ حاصل ہوتا ہے۔ یہ اہم حقیقت ہے جس کے مطابق شاگری ٹرانزسٹر کا V_{CE} کی صورت 0.4 V سے کم نہیں ہو سکتا اور یوں یہ کبھی بھی غیر افنسز اسندہ 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۔ مسزید کر خون کے فتنوں برائے برقی روے ہم دیکھتے ہیں کہ

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

$$I_D = I_{RB} - I_B$$

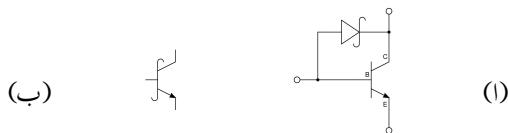
$$\text{ہیں۔ ان دو مساوات کے ساتھ } I_B = \frac{I_C}{\beta} \text{ کو ملا کر}$$

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

$$= I_{RB} - \frac{I_C}{\beta} + I_{RC}$$

لیجنی

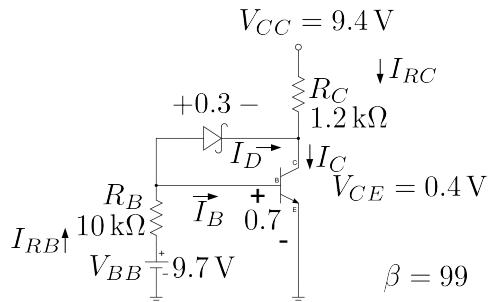
$$I_C = 8.316\text{ mA}$$



شکل ۱۳۶۔۳: شاکی ٹرانزسٹر کی بناوٹ اور علامت

$$\begin{aligned} V_{CE} &= V_{BE} - V_D \\ &= 0.7 - 0.3 \\ &= 0.4 \text{ V} \end{aligned}$$

شاکی ٹرانزسٹر کبھی
بھی غیر افزائندہ نہیں ہوتا



شکل ۱۳۷۔۳: شاکی ایمپلینیٹر

صال ہوتا ہے۔ یوں

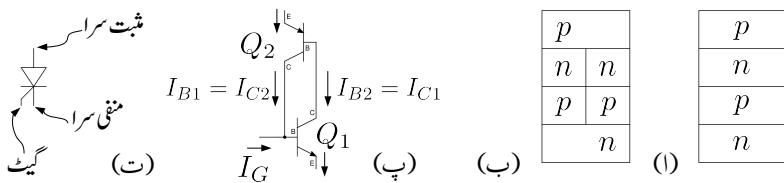
$$I_D = I_C - I_{RC} = 0.816 \text{ mA}$$

ہوں گے۔

۳.۲۵ قوی ٹرانزسٹر

سیکان پستری پر ٹرانزسٹر کا قب بڑھا کر زیادہ طاقت کے ٹرانزسٹر بنائے جاتے ہیں۔ کئی ایمپیٹر اور کئی سو وولٹ تک کام کرنے والے ایسے قوی ٹرانزسٹر مزید زیادہ طاقت فتاہ کرنے میں کام آتے ہیں۔ اس طرح کے متعدد ٹرانزسٹر متوازی جوڑ کر مزید زیادہ برقی روکوٹ ایسا جاتا ہے۔ یہ سمت سے بدلت رو برقی دباؤ بناتے اور ڈیمینڈ میں انہیں عموماً استعمال کیا جاتا ہے۔ قوی ٹرانزسٹر ایک مائیکرو سینکڑے کا گ بھگ دوانیہ میں چپا لوے متعلق یا مختلف سے چپا لوہات میں لائے جا سکتے ہیں۔

برقی طاقت کا ضمیع قوی ٹرانزسٹر کو گرم کرتے ہوئے اس کا درجہ حرارت بڑھاتا ہے۔ ٹرانزسٹر کا درجہ حرارت بڑھنے سے اس کا V_{BE} مخفٹتا ہے۔ یوں متوازی جبڑے ٹرانزسٹر میں اگر کسی وجہ سے ایک ٹرانزسٹر



شکل ۱۳۸. ڈاؤت اور بحثیہ

زیادہ گرم ہو تو اس کا V_{BE} گھٹ جائے گا۔ متوازن جبڑے ٹرانزستروں میں جس ٹرانزستر کا V_{BE} کم ہے کم ہو، اس کا I_B زیادہ سے زیادہ ہو گا لہذا اس کا I_C بھی زیادہ سے زیادہ ہو گا۔ یوں زیادہ گرم ہونے والا ٹرانزستر مسزید زیادہ برقی رو گزارتے ہوئے مسزید زیادہ گرم ہو گا۔ اگر اس میں کو روکا سے جبائے تو یہ ٹرانزستر آندر کار جبل جبائے گا۔ ٹرانزستر کے گلکٹر کو عسموماً موصل نالی دار دھاتی چادر^{۲۲} کے ساتھ جوڑ کر ٹھنڈا رکھا جاتا ہے۔ تمام ٹرانزستر کو فتریب فتریب ایک ہی موصل نالی دار دھاتی چادر کے ساتھ جوڑ کر کوشش کی جاتی ہے کہ تمام ٹرانزستر ایک ہی درجہ حرارت پر رہیں تاکہ ان میں برقی روکی تقسیم متاثر نہ ہو۔

۳.۲۶ فتاویٰ اور بحثیہ

شکل ۱۳۸.۲ میں p اور n کے چپا تہ کا پردہ دکھایا گیا ہے جسے قابو ریکٹیفیاٹر^{۲۳} کہتے ہیں۔ شکل ب کے درمیان لکیر لگا کر اسی کو آپس میں جبڑے npn اور pnp ٹرانزستر دکھایا گیا ہے جس سے شکل پے حاصل ہوتا ہے۔ قابو ریکٹیفیاٹر کے عسموماً تین سرے باہر مہیا کئے جاتے ہیں جنہیں ہم مثبت سرا^{۲۴}، منفی سرا^{۲۵} اور گیٹ^{۲۶} کہیں گے۔ گیٹ عسموماً pnp کا ہے۔ قابو ریکٹیفیاٹر کی علامت شکل تے میں دکھائی گئی ہے۔ قابو ریکٹیفیاٹر کی کارکردگی با آسانی شکل پے کی مدد سے سمجھی جا سکتی ہے۔ تصور کریں کہ دونوں ٹرانزستر مقطوع ہیں۔ بیرونی مداخلت کے بغیر دونوں مقطوع ہی رہیں گے۔ اب تصور کریں کہ گیٹ پر باہر سے برقی رو I_G فراہم کی جاتی ہے۔ یوں Q_1 چاہو کر $I_{G} = \beta_1 I_{C2}$ حسарج کرے گا جو کہ Q_2 کے بیس کی برقی رو ہے اور یوں Q_2 بھی چاہو کر $\beta_2 I_{B2}$ حسارج کرے گا جو کہ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ اگر اب I_G کو صرف بھی کر دیا جبائے تو قابو ریکٹیفیاٹر چاہو ہی رہے گا۔ حقیقت میں دیکھا گیا ہے کہ I_G منی کرنے سے بھی قابو ریکٹیفیاٹر مقطوع نہیں ہوتا۔ فتاویٰ اور بحثیہ کو بغیر I_G کے چاہو کھنکی حنا طاطر ضروری ہے کہ اس میں کم از کم I_L برقی رو گزر رہی ہو۔ اس برقی رو کو ہم برقی رو چاہو رکھنے کا حد^{۲۷} کہیں گے۔

heat sink ^{۲۸}
scr, thyristor ^{۲۹}
anode ^{۳۰}
cathode ^{۳۱}
gate ^{۳۲}
latching current ^{۳۳}

چپا لو گا اور یکنٹھاڑ کو منقطع کرنے کا ایک ہی طریقہ ہے۔ اس سے گزرتے ہوئے بر قی روکو کچھ دورانیے کے لئے تقدیریاً صفر کرنا ہو گا۔ حقیقت میں اگر اس سے گزرتی بر قی روکو ایک مخصوص حد I_h سے کم کر دی جائے تو قابو یکنٹھاڑ منقطع صورت اختیار کر لیتا ہے۔ اس حد کو ہم بتا بولو یکنٹھاڑ کی برقی رو منقطع کرنے کے لئے حد I_h کہیں گے۔

چپا لو ہونے کے بعد قابو یکنٹھاڑ بالکل ایک سادہ ڈائیوڈ کی طرح کام کرتے ہوئے گزرتی بر قی روکو کرنے کی صلاحیت کو دیتا ہے۔

فتا بولو یکنٹھاڑ بیسیر I_G کے بھی کمی طریقوں سے چپا لو کیا جاسکتا ہے۔ اگر اس پر لا گو بر قی دباؤ قابل برداشتھے حد سے تجاوز کر جائے تو یہ چپا لو ہو جاتا ہے۔ اسی طرح درجہ حرارت بڑھانے سے ٹرانزسٹر کی الٹی جانب رستا بر قی روکنے کی وجہ سے یہ چپا لو ہو سکتا ہے۔

جہاں تو یہ ٹرانزسٹر صرف چند ایمپیر بر قی روکنے کی صلاحیت رکھتا ہے وہاں قابو یکنٹھاڑ کی ہزار ایمپیر فوتا بولو کرنے کی صلاحیت رکھتا ہے اور یہ کمی سیکڑوں ولٹ کے بر قی دباؤ کو برداشت کر سکتا ہے۔ اس وقت ٹرانزسٹر پر مبنی انورٹر تقدیریاً 100 kW تک دستیاب ہیں جبکہ قابو یکنٹھاڑ پر مبنی 10 MW طاقت کے انورٹر ہوئے کی بھی ٹھیوں میں عام استعمال ہوتے ہیں۔

اہم نکات

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

$$V_T = \frac{kT}{q} \approx 25 \text{ mV}$$

$$I_C = \alpha I_E$$

$$I_E = I_B + I_C$$

$$i_c = \beta i_b$$

$$i_e = (\beta + 1) i_b$$

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

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

$$V_{BE} = 0.7 \text{ V}$$

$$V_{CE,\text{sat}} = 0.2 \text{ V}$$

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

$$g_m = \left. \frac{\partial i_C}{\partial v_{BE}} \right|_Q = \frac{I_C}{V_T}$$

$$r_{be} = \left. \frac{\partial v_{BE}}{\partial i_B} \right|_Q = \frac{\beta}{g_m}$$

$$r_e = \left. \frac{\partial v_{BE}}{\partial i_E} \right|_Q = \frac{r_{be}}{\beta + 1} = \frac{\alpha}{g_m} \approx \frac{1}{g_m}$$

$$r_o = \left. \frac{\partial v_{CE}}{\partial i_C} \right|_Q = \frac{V_A + V_{CE}}{I_C} \approx \frac{V_A}{I_C}$$

$$R_E = \frac{10R_B}{\beta + 1}$$

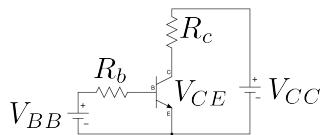
$$r_{be} = \frac{\beta V_T}{I_{CQ}} \ll R_B \ll (\beta + 1) R_E$$

$$S_{V_{BE}} \approx -\frac{1}{R_E}$$

$$S_\beta = \frac{I_{C1}}{\beta_1} \left[\frac{R_B + R_E}{R_B + (\beta_2 + 1) R_E} \right]$$

$$I_{CQ} = \frac{V_{CC}}{R_{کمینت} + R_{پس}}$$

$$A_v = -\alpha \frac{\sum R_C}{\sum R_E} = -\alpha \left(\frac{\frac{\text{کل مزایت}}{\text{کل مزایت}}}{\frac{\text{کل مزایت}}{\text{کل مزایت}}} \right)$$



شکل ۱۳۹.۳: ٹرانزسٹر کا یک سمت دور

سوالات

مندرجہ ذیل سوالات میں $I_C = I_E$ تصور کرتے ہوئے حل کریں۔
سوال ۱: شکل ۱۳۹.۳ 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 $I_B = 12.245\text{ }\mu\text{A}$ ، $I_C = 1.2245\text{ mA}$ ۔

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 $I_B = 12.245\text{ }\mu\text{A}$ ، $I_C = 1.2245\text{ mA}$ ۔

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 $I_B = 12.245\text{ }\mu\text{A}$ ، $I_C = 0.8166\text{ mA}$ ۔

سوال ۴: شکل ۱۳۹.۳ میں

$$V_{CC} = 20\text{ V} \quad \beta = 99 \\ R_b = 100\text{ k}\Omega \quad R_c = 9\text{ k}\Omega$$

بی۔ کی وہ قیمت حاصل کریں جس پر ٹرانزسٹر غیر افزاں نہ صورت اختیار کریتا ہے۔
جواب: $V_{BB} = 2.9\text{ V}$ ، $I_B = 22\text{ }\mu\text{A}$ ، $V_{CE} = 0.2\text{ V}$ ۔

سوال ۵: سوال ۴ میں V_{BB} کی وہ قیمت حاصل کریں جس پر ہو گا۔
جواب: $V_{CE} = \frac{V_{CC}}{2}$ اور $V_{BB} = 1.811\text{ V}$ ۔

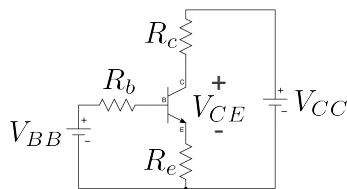
سوال ۶: شکل ۱۳۰.۳ میں

$$V_{CC} = 15\text{ V} \quad V_{BB} = 3.5\text{ V} \quad \beta = 99 \\ R_b = 14.7\text{ k}\Omega \quad R_c = 4\text{ k}\Omega \quad R_e = 1.47\text{ k}\Omega$$

لیتے ہوئے V_{CE} ، I_B اور I_C حاصل کریں۔
جواب: $V_{CE} = 5.528\text{ V}$ اور $I_B = 17.49\text{ }\mu\text{A}$ ، $I_C = 1.73\text{ mA}$ ۔

سوال ۷: سوال ۶ میں $V_{BB} = 6\text{ V}$ کرتے ہوئے اے دوبارہ حل کریں۔
جواب: ٹرانزسٹر غیر افزاں نہ ہے۔

سوال ۸: سوال ۷ میں ٹرانزسٹر غیر افزاں نہ ہے۔ اس صورت میں ٹرانزسٹر کا β کیا ہے۔
جواب: $V_{CE} = 0.2\text{ V}$ اور $I_B = 84.03\text{ }\mu\text{A}$ ، $I_C = 2.681\text{ mA}$ ۔



شکل ۳.۱۳۰

$$\beta = \frac{I_C}{I_B} = 31.9$$

سوال ۳.۹: شکل ۳.۹.۲ میں $V_{CE} = 6\text{V}$ اور $R_C = 3.3\text{k}\Omega$ اور $V_{CC} = 12\text{V}$ رکھنے کی حفاظت درکار R_B اور V_{BB} میں حاصل کریں۔

جوابات: $I_C = 1.8182\text{ mA}$ اور $V_{BB} = V_{BE} + I_B R_B$ اور $R_B = 49.14\text{ }\mu\text{A}$. $I_B = 1.8182\text{ mA}$ کو حاصل کیا جاتا ہے۔ البتہ اس مساوات میں دونا معلوم جزو ہیں۔ دونا معلوم اجزاء حاصل کرنے کی حفاظت دو مساوات درکار ہوتے ہیں۔ اس طرح کے مسائل اسے انجینئر کا ععموماً واسط پڑتا ہے۔ انجینئر کی صلاحیت یہاں کام آتی ہے۔ موجودہ مسئلہ میں اگر V_{BB} اور R_B میں سے کسی ایک کی قیمت چن لی جائے تو دوسرے کی قیمت اس مساوات سے حاصل کی جا سکتی ہے۔ یہاں $V_{BB} = 6\text{V}$ پنے سے $R_B = 107.86\text{ k}\Omega$ حاصل ہوتا ہے۔

سوال ۳.۱۰: شکل ۳.۱۰.۲ میں $\beta = 37$ اور $V_{CC} = 12\text{V}$ اور $R_C = 3.3\text{k}\Omega$ اور $V_{BE} = 6\text{V}$ اور $I_C = 1\text{ mA}$ رکھنے کی حفاظت بقیا 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 ۳.۱۱.۲ میں $\beta = 37$ اور $V_{CC} = 12\text{V}$ اور V_{CEQ} میں حفاظت اشارے کا جیٹ زیادہ سے زیادہ رکھنے کی حفاظت بخط بوجھ کھینچیں اور اس سے V_{CEQ} حاصل کریں۔ بقیاتہ اجزاء حاصل کریں۔ ایسا کرتے ہوئے $I_C = 1\text{ mA}$ اور $R_C = 10R_E$ رکھیں۔

جوابات: خط بوجھ کو شکل ۳.۱۱.۲ میں دکھایا گیا ہے جس سے $V_{CEQ} = 6.1\text{V}$ حاصل ہوتا ہے۔

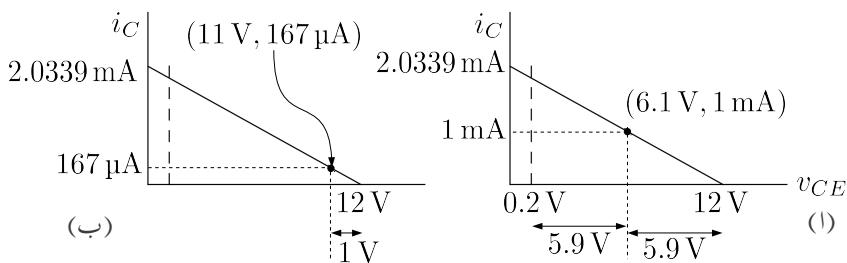
$$V_{BB} = 1.29\text{V}, R_B = 2.04\text{k}\Omega, R_C = 5.36\text{k}\Omega, R_E = 536\Omega$$

سوال ۳.۱۲: شکل ۳.۱۲.۲ میں حفاظت اشارے کا جیٹ $1\text{V} \pm 1\text{V}$ موقع ہے۔ دور کونو دو لٹ کے بیٹری کے V_{CC} میں کیا جاتا ہے۔ بیٹری کو زیادہ دیر کار آمد رکھنے کی حفاظت اس سے حاصل یک سست برقی روٹم سے کمرکھا جاتا ہے۔ سوال ۳.۱۲.۲ میں حاصل کئے گئے R_E اور R_C استعمال کرتے ہوئے خط بوجھ سے V_{CEQ} اور I_{CQ} کا تقسیم کر کے V_{BB} حاصل کریں۔

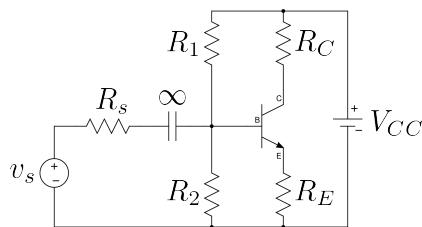
جوابات: خط بوجھ کو شکل ۳.۱۲.۲ میں دکھایا گیا ہے جس سے $V_{CEQ} = 11\text{V}$ اور $I_C = 167\text{ }\mu\text{A}$ حاصل ہوتے ہیں۔ یہاں $V_{BB} = 0.798\text{V}$ حاصل ہوتا ہے۔

سوال ۳.۱۳: سوال ۳.۱۲.۲ 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 کیا مسئلہ پیدا ہوتا ہے۔ سوال ۳.۱۲.۲ کے دور میں اگر حقیقت میں $V_{BE} = 0.7\text{V}$ کے بجائے 0.65V ہوتے تو I_C کیا ہوگی۔

جواب: $I_C = 251\text{ }\mu\text{A}$ ۔ آپ دکھے کتے ہیں کہ V_{BE} میں ذرہ سی تبدیلی سے برقی روچ پا سنس فی صد بڑھ گئی



شکل ۳.۱۳۱



شکل ۳.۱۳۲

بے جبکہ ہم چاہتے ہیں کہ ٹرانزسٹر کے خصوصیات تبدیل ہونے سے برقی رو میں کم سے کم تبدیلی رونما ہو۔

سوال ۳.۱۳۳: شکل ۳.۱۳۰ میں $I_C = 1 \text{ mA}$ ، $V_{CE} = 5 \text{ V}$ اور $V_{CC} = 21 \text{ V}$ حاصل کرنی ہے۔ R_E کو برابر کرتے ہوئے R_B کی وہ قیمت حاصل کریں جس سے β کی قیمت ۴۹ تا ۴۹ تا ۱۴۹ تبدیل ہونے کے باوجود I_C میں کل دس فنی صد سے زیادہ تبدیلی رونما نہ ہو۔ V_{BB} بھی حاصل کریں۔

جوابات: $R_E = 8 \text{ k}\Omega$ ہے، $R_C = 8 \text{ k}\Omega$ ہے، $R_B = 1 \text{ mA}$ ، $\beta = 49$ تا ۴۹ تا ۱۴۹ پر برقی رو ۵% کم یعنی 0.95 mA ہے۔ $R_E = 9.566 \text{ k}\Omega$ ، $R_B = 66.66 \text{ k}\Omega$ ، $R_C = 8 \text{ k}\Omega$ اور $V_{BB} = 9.566 \text{ k}\Omega$ میں $\beta = 149$ پر برقی رو ۵% زیادہ یعنی 1.05 mA تصور کرتے ہوئے۔

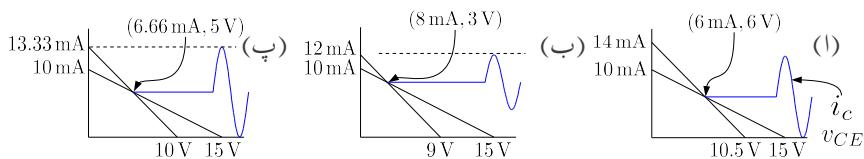
سوال ۳.۱۳۴: سوال ۳.۱۳۳ کے نتائج حاصل کرنے کی حوصلہ شکل ۳.۱۳۲ میں R_1 اور R_2 حاصل کریں۔

جوابات: $R_2 = 328 \text{ k}\Omega$ ، $R_1 = 83 \text{ k}\Omega$ ، $R_E = 100 \text{ }\Omega$ اور $R_C = 500 \text{ }\Omega$ میں $V_{CC} = 10 \text{ V}$

سوال ۳.۱۳۵: 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 فنی صد تک کی تبدیلی مت ہل قبول ہے۔ نئے ٹرانزسٹر کے کم متابل قبول β کی قیمت حاصل کریں۔



شکل ۳.۱۳۳

جوابات: $\beta = 68 \cdot 3.57 \text{ V} \cdot 10.7 \text{ mA}$

سوال ۱۶.۳: سوال ۱۶.۳ کے تمام مزاجت اور نیز سٹر 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 ۱۸.۳: شکل ۳.۱۳۲ میں R_E کے متوازی لامدد و تیمتوں کا پیسٹر 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 کرنے 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 ۱۹.۳: شکل ۳.۱۳۳ میں یک سمت اور بدلتارو، خلط بوجہ کی ممکن ہے۔ بدلتارو، خلط بوجہ کی ممکن ہے اور یہ سمت اور خلط بوجہ کو نقطہ کار کر دیں۔

• شکل سے i_c کا حیط 6 تک ممکن ہے۔ i_c کی تنقیچوں پہلے تراشی جائے گی۔

سوال ۲۰.۳: سوال ۱۸.۳ میں $I_{CQ} = 9 \text{ mA}$ رکھتے ہوئے i_c کا زیادہ جیٹ کی ممکن ہے۔

حل: شکل ۳.۱۳۳ ب میں یک سمت اور بدلتارو، خلط بوجہ کی ممکن ہے۔ i_c کا زیادہ جیٹ 4 mA تک ممکن ہے۔ i_c کی بیشتر پوچھی پہلے تراشی جائے گی۔

سوال ۲۰.۳: سوال ۱۸.۳ میں نقطہ کار کر دی کس معتمام پر رکھنے سے i_c کا حیط زیادہ سے زیادہ حاصل کرنا ممکن ہوگا۔ اس جیٹ کی قیمت حاصل کریں۔

حل: $(I_{CQ} = 6.66 \text{ mA}, 5 \text{ V})$ درکار نقطہ کار کر دی ہے۔ جیسے شکل ۳.۱۳۳ پ 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

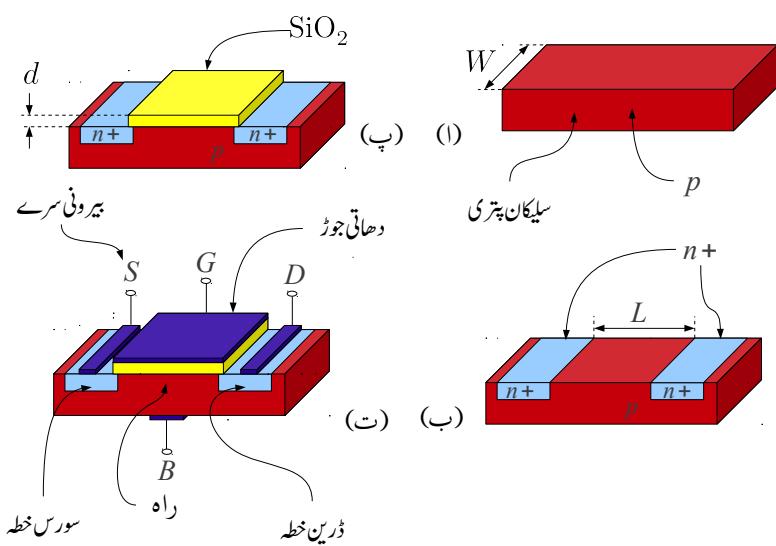
دوجو ٹرانزسٹر کی طرح میدانی ٹرانزسٹر فائیٹ FET بھی اپنے دو سروں کے مابین برقی روکا گزروت اپ کرنے کی صلاحیت رکھتا ہے۔ یوں انہیں بطور ایک پیٹنائزیری برقی سوچ کی استعمال کیا جاسکتا ہے۔ میدانی ٹرانزسٹر کے دو سروں کے مابین برقی میدانی کھل دھلتا اس سیں برقی روکے گزر کو فتو بلو کرتا ہے۔ اسی سے اس کا نام میدانی ٹرانزسٹر نکلا 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 بنتا ممکن ہوتا ہے۔ محض لوط عرصہ دی ادوار صرف ماسفیٹ استعمال کرتے ہوئے تخلیق دیتا ممکن ہے لیکن ایسے ادوار مزاحمت یا ڈاؤن کے استعمال کے بغیر بنتے جاسکتے ہیں۔ انہیں وجوہات کی بنا پر جدید عدالتی مکتوط ادوار مثلاً انیک پوسیم^۱ اور حافظہ ماسفیٹ^۲ میں سے ہی تخلیق دئے جاتے ہیں۔ اس باب میں ماسفیٹ MOSFET پر بالخصوص اور جوڑ دار فائیٹ JFET پر بالعموم غور کیا جائے گا۔

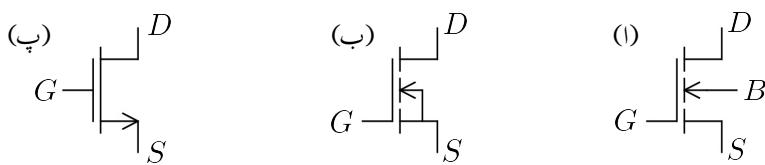
۳.۱ n ماسفیٹ کی ساخت (بڑھاتا n ماسفیٹ)

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 جامات سے کوئی تعلق نہیں۔ اگرچہ شکل میں سیکان کی پتسری کی موٹائی کو کہا گیا ہے حقیقت میں یہ ماسفیٹ کے جامات سے اتنی موٹی ہوتی ہے کہ اس کے موٹائی کو ماسفیٹ کی جامات کے لیے اس سے لامحدود تصور کیا جاتا ہے۔ شکل ۳.۱ الف میں ثبت یعنی

^۱ electric field intensity
^۲ charge
^۳ digital integrated circuits
^۴ microprocessor
^۵ memory



شکل ۲.۷: n ماسیٹ کی ساخت



شکل ۲.۲: n بڑھاتا ماسفیٹ کی مختلف علامتیں

p قم کے سیکان اکی پستری جس کی چوٹائی W ہے سے شروع کیا گیا ہے۔ سیکان پستری کی موٹائی ماسفیٹ 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 دوریہ D کے پانچیں گروہ، یعنی n قم کے اینٹوں کے غفوڈ سے ملاوٹ کر کے $n+$ خطے بنائے گئے ہیں۔ ان خطوں میں n اینٹوں کی عددی تباہت عام حالات سے کمی زیادہ رکھی جاتی 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 اکیا جاتا ہے۔ SiO_2 انتہائی بہتر غیر موصل ہے۔ اگلے گئے SiO_2 کی موٹائی d ہے۔ شکل ت میں $n+$ خطوں کے علاوہ SiO_2 کے اوپر اور سیکان پستری کے خپلے سطح پر بری جوڑ بنانے کی عندریش سے دھمات جوڑا گیا ہے۔ ان چاروں دھماتی سطحوں کے ساتھ برقی تار جوڑ کر انہیں بطور ماسفیٹ کے بیرونی سروں کے استعمال کیا جاتا ہے۔ ان بیرونی برقی سروں کو سورس، گیٹ، ڈریفٹ اور بدلنے کے بھائے گئے ہیں S ، G ، D اور B سے پہچانا جاتا ہے۔ شکل ۲.۲ میں ماسفیٹ کی مختلف علامتیں دکھائی گئی ہیں۔ عسوماً بدلنے کو سورس کے ساتھ جوڑ کر باہر ان دونوں کے لئے ایک ہی سر اکالا جاتا ہے جسے سورس تصور کیا جاتا ہے۔ اسی صورت میں ماسفیٹ کے تین سرے پائے جائیں گے۔ شکل پ میں اسی کی علامت دکھائی گئی ہے جہاں تیر کا نشان ماسفیٹ میں سے گزرتے برقی روکی صحیح سمت دکھاتا ہے۔ اس کتاب میں عسوماً ماسفیٹ کو تین سروں کا یہ تصور کیا گیا ہے۔

بدلنے اور ڈرین pn ڈائیڈ بناتے ہیں۔ اسی طرح بدلنے اور سورس بھی pn ڈائیڈ بناتے ہیں۔ بدلنے اور سورس کو ایک ساتھ جوڑنے سے بدلنے اور سورس کے درمیان ڈائیڈ قصر درہ ہو جاتا ہے اور ساتھ ہی ساتھ بدلنے اور ڈرین کے درمیان ڈائیڈ سورس اور ڈرین کے درمیان جبڑ جاتا ہے۔ شکل ۲.۲ پ میں اگرچہ سورس سے ڈرین ڈائیڈ نہیں دکھایا گیا لیکن یہ یاد رکھنا ضروری ہے کہ ایسا ڈائیڈ بھی جیسے کہ اسی ساتھ بھی کیا جاتا ہے۔ اسے عسوماً استعمال بھی کیا جاتا ہے۔

جیسا کہ آپ دیکھیں گے گیٹ اور سورس سروں کے مابین برقی دباؤ کی شدت "کے ذریعے سیکان کی پستری میں، گیٹ کے پیچے، سورس اور ڈرین خطوں کے مابین برقی روکے لئے راہ "پیدا کی جاتی ہے۔ اس راہ کے معتام کو شکل

silicon^۱
periodic table^۲
gate^۳
۴ ہے۔ وجود کا پستری کی سیکان سورس سے بدن
body^۵
MOSFET^۶ کے نام کے پہلے تین مختلف یعنی MOS اس کی ساخت^۷ Metal Oxide Semiconductor میں حاصل کئے گئے ہیں جبکہ بقیا
مخفف یعنی FET برقی دباؤ کی شدت سے چلنے کے عمل یعنی Field Effect Transistor سے لئے گئے ہیں۔
channel^۸

ت میں دکھایا گیا ہے۔ سورس اور ڈرین سروں کے مابین برقی دباؤ لاؤ 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 μm ۱ تا $10 \mu m$ جبکہ اس کی چوڑائی μm ۲ تا $500 \mu m$ ہوتی ہے۔ دوجو ٹرانزسٹر میں پرلا گو برقی رو کی مدد سے ٹرانزسٹر میں برقی رو I_C کو فتو بکیا جاتا ہے جہاں میں I_C برقی رو درکار 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 تقدیر یاباً ممکن ہوتا ہے۔ حقیقت میں گیٹ میں یک سمت یک مدتدار 10^{-15} ایپیٹر کے لگے بھگے ہوتی ہے جو ایک وسائل نظر انداز مدتدار ہے۔ دوجو ٹرانزسٹر کے بر عکس میدانی ٹرانزسٹروں میں دونوں $n+$ خطے بالکل یکساں ہوتے ہیں اور ان میں کسی ایک کو بطور سورس اور دسرے کو ڈرین خطے استعمال کیا جاتا ہے۔ اگرچہ موجودہ کئی اقسام کے میدانی ٹرانزسٹروں کے ساخت مندرجہ بالاتلائے ساخت سے مختلف ہوتے ہیں (جیسے ان میں عموماً ہست کے بجائے دیگر معنوی اجزاء استعمال کئے جاتے ہیں) ہم پھر بھی انہیں ماسفیٹ پکاریں گے۔

۴.۲ n ماسفیٹ کی بنیادی کارکردگی

۴.۲.۱ گیٹ پر برقی دباؤ کی عدم موجودگی

n ماسفیٹ، جسے ہم اس کتاب میں مخفی ماسفیٹ بھی کہیں گے، کے گیٹ پر برقی دباؤ لاؤ کئے بغیر اسے دو آپس میں لٹھ جبڑے ڈائیڈ تصور کیا جاتا ہے جہاں p سیلیکان پیتری (بدن) اور $n+$ سورس پہلا ڈائیڈ اور اسی طرح p سیلیکان پیتری (بدن) اور $n+$ ڈرین دوسرا ڈائیڈ ہے۔ یہ دو لٹھ جبڑے ڈائیڈ ڈرین اور سورس سروں کے مابین برقی رو کے گزر کو ناممکن ہتاتے ہیں۔ اس صورت میں ان دو سروں کے مابین نہایت زیادہ مسماحت (تقریباً $10^{12} \Omega$) پانی حاصل ہے۔

شکل ۴.۲ الف میں ماسفیٹ کا گیٹ آزاد کھڑک را اس کے سورس اور ڈرین سروں کے مابین برقی دباؤ v_{DS} لاؤ گیا گیا ہے۔ مسزید یہ کہ ان کے بدھن اور ڈرین دونوں سروں کو برقی زمین پر رکھا گیا ہے۔ v_{DS} لاؤ کرنے سے ڈرین-بدن جوڑ پر ویران خطے بڑھ جاتا ہے اور اس برقی دباؤ کو دو کے رکھتا ہے۔

۴.۲.۲ گیٹ کے ذریعہ برقی رو کے لئے راہ کی تیاری

شکل ۴.۲ 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 پیتری میں آزاد حلسوں کو دور دھکیلتا ہے جبکہ یہاں موجود آزاد اقلیتی الیکٹرون کو گیٹ کی جانب کھینچتا ہے۔ مسزید یہ کہ اس برقی دباؤ کی وجہ سے دونوں $n+$ خطوں میں موجود (ضرورت سے زیادہ تعداد) میں آزاد الیکٹرونوں کو بھی گیٹ کے نیچے کھینچ جاتا ہے۔ اگر گیٹ پر ثابت برقی دباؤ بستدرج بڑھا جائے تو گیٹ کے نیچے p سیلیکان میں الیکٹرونوں کی تعداد بڑھتی ہے اور آخوند کار الیکٹرونوں کی تعداد حلسوں کی تعداد سے بھی زیادہ ہو جاتی ہے۔ اس عمل سے p خط الٹا ہو کر خط 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 خلے کو الٹا خلہ 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 گز مرکن ہو جاتا ہے۔ جس برقی دباؤ پر ایسا ہو جائے اس کو دہلیز برقلہ دباؤ^{۱۵} کہتے ہیں۔ شکل ب میں یوں پیدا کیا گیا ہو رہا دکھایا گیا ہے۔ حقیقت میں V_t سے ذریس زیادہ برقی دباؤ پر برقی رو کا گز مرکن ہوتا ہے۔ یوں ہم کہہ سکتے ہیں کہ گیٹ پر V_t یا اس سے کم برقی دباؤ کی صورت میں ٹرانزسٹر پالیا مفتقطع رہتا ہے جبکہ گیٹ پر V_t سے زیادہ برقی دباؤ کی صورت میں ٹرانزسٹر پالیا غیر مفتقطع رہتا ہے لیکن

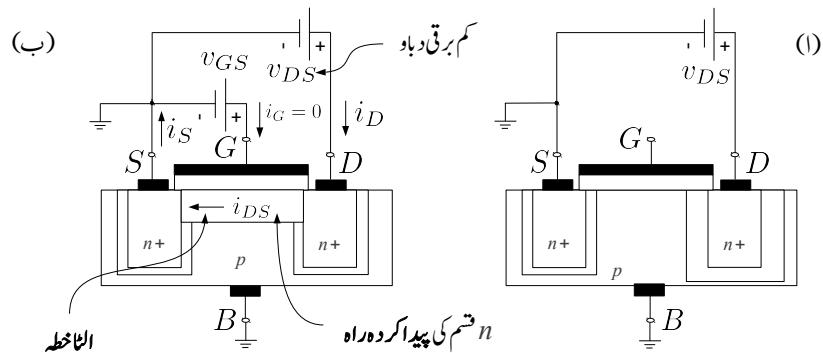
$$(2.1) \quad \begin{array}{ll} v_{GS} \leq V_t & \text{مفتقطع} \\ v_{GS} > V_t & \text{پالو یا غیر مفتقطع} \end{array}$$

یوں $V_t = v_{GS}$ کو دہلیز تصور کیا جاتا ہے جس کی ایک جانب ماسفیٹ چالو جبکہ اس کی دوسری جانب ماسفیٹ مفتقطع رہتا ہے۔ پالو ماسفیٹ کے ذرین اور سورس سروں کے مابین برقی دباؤ v_{DS} لاؤ کرنے سے پیدا کردہ راہ میں برقی رو i_{DS} گزرے 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

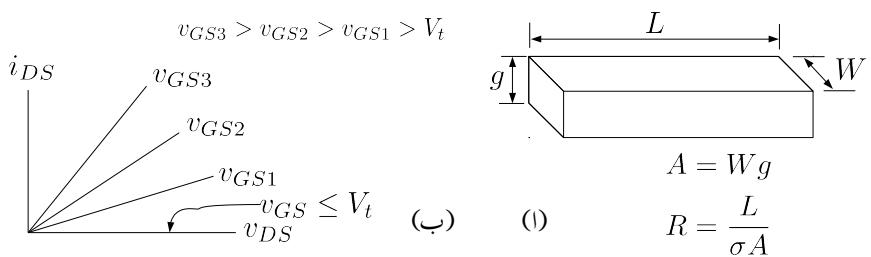
$$(2.2) \quad \begin{array}{l} i_G = 0 \\ i_D = i_S = i_{DS} \end{array}$$

دھیان رہے کہ p قدم کی سیکان پتسری 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 وجود ایکٹرانوں 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 ایکٹران سورس سے راہ میں حنارج ہوتے ہیں اور ذرین پر راہ سے حاصل کئے جاتے ہیں۔ اسی سے ماسفیٹ کے ان دو خطوں کے نام سورس^{۱۶} اور ڈرین^{۱۷} 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_{GS} کو لاؤ کئے بغیر V_t یا اس سے زیادہ برقی دباؤ کرنے سے قدم کا راہ پیدا ہوتا ہے۔ اس پیدا کردہ راہ کو شکل ۲.۲ الف میں دکھایا گیا ہے۔ گیٹ پر لاؤ برقی دباؤ کو V_t سے مزید بڑھانے سے گیٹ کے نیچے ایکٹرانوں کی تعداد مزید بڑھتی ہے اور یوں پیدا کردہ راہ کی گھسراں g بڑھتی ہے۔ یوں اس قدم کے ماسفیٹ کو n بڑھاتا ماسفیٹ^{۱۸} کہتے ہیں۔ شکل الف میں پیدا کردہ راہ اور اس کی مزاحت R دکھائی گئی ہے جہاں n قدم کے راہ کے موصیتیہ کا مستقطع^{۲۰} ہے۔ گیٹ پر V_{GS1} برقی دباؤ (جہاں V_t کی قیمت V_t سے زیادہ ہے) سے پیدا کردہ راہ کو مزاحت R تصور کرتے ہوئے ہم دیکھتے ہیں کہ اس پر لمبائی کی جانب تھوڑا برقی

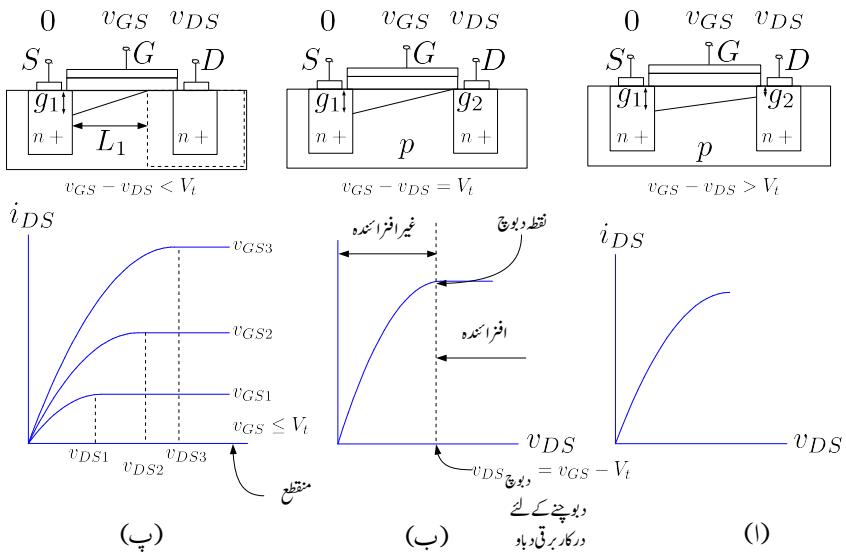
^{۱۵} threshold voltage^{۱۶} source^{۱۷} drain^{۱۸} جس مختام سے کوئی چیز حنارج ہو، اس کو انگریزی میں سورس کہتے ہیں اور جہاں سے نکالی ہو اس کو ذرین کہتے ہیں۔^{۱۹} enhancement nMOSFET^{۲۰} conductivity



شکل ۲.۳: برتی راه کا وجود پیدا ہونا



شکل ۲.۴: پیدا کرده راه کی مسازمت

شکل ۵.۵: پیدا کرده راہ کی گہرائی اور n بڑھاتے ماسنیٹ کے خط

دباؤ v_{DS} لاگو کرنے سے اس میں بر قی رو i_{DS} زگرے گی۔ شکل ۳.۳ ب میں انہیں گراف کیا گیا ہے جہاں خط کے فتیب لکھ کر اس بات کی وادیانی کرائی گئی ہے کہ راہ کو V_{GS1} بر قی دباو سے حاصل کیا گیا ہے۔ گیٹ پر بر قی دباو V_{GS} بڑھانے سے پیدا کرده راہ کی گہرائی g بڑھتی ہے جس سے اس کی مزاحمت R کم ہوتی ہے اور یوں $v_{DS} - i_{DS}$ کے گراف کا ذہلوان بڑھتا ہے۔ اس حقیقت کو شکل ب میں دکھایا گیا ہے جہاں گیٹ پر نسبتاً زیاد بر قی دباو یعنی v_{GS2} دباو کرتے ہوئے $v_{DS} - i_{DS}$ کا خط گراف کیا گیا ہے۔ اسی طرح گیٹ پر بر قی دباو کو مزید بڑھا کر کرتے ہوئے بھی $v_{DS} - i_{DS}$ کا خط گراف کیا گیا ہے۔ سورس خطے کو بر قی زمین پر رکھتے ہوئے گیٹ پر لاگو بر قی دباو جیسے یہ V_t سے تجاوز کر جائے، سورس اور ڈرین خطوں کے درمیان راہ پیدا ہو جاتی ہے۔ یوں پیدا کرده راہ کی گہرائی g گیٹ پر V_t سے اضافی بر قی دباو ($v_{GS} - V_t$) پر مختصر ہوتی ہے۔

یاد رہے کہ گیٹ کے نیچے کسی بھی نقطے پر p قم سیلیکان کی پتسری میں n قم کی راہ پیدا کرنے کی حرطی یہ ضروری ہے کہ اس نقطے پر گیٹ اور سیلیکان کی پتسری کے مابین کم از کم V_t بر قی دباو پیا جائے۔ اگر گیٹ اور سیلیکان پتسری کے مابین V_t بر قی 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 بر قی دباو پر مختصر ہے۔

شکل ۵.۶ الف میں سورس خطے بر قی زمین یعنی صفر ولٹ پر ہے جبکہ گیٹ پر v_{GS} بر قی دباو ہے۔ یوں بیساں گیٹ اور سیلیکان پتسری کے مابین ($v_{GS} - 0 = v_{GS}$) بر قی دباو پیا جاتا ہے اور پیدا کرده راہ کی گہرائی v_{DS} اضافی بر قی دباو یعنی ($v_{GS} - V_t$) پر مختصر ہو گی جسے شکل میں g_1 کہا گیا ہے۔ اسی شکل میں ڈرین خط

ولٹ پر ہے اور یوں یہاں پیدا کردہ راہ کی گہرائی ($V_t - v_{DS}$) کے اضافی برقی 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 کو مراعحت یعنی پالو ماسنیٹ کو مراعحت

$$(2.3) \quad \frac{\text{لسانی}}{\text{رقب} \times \text{موصلیت کا مستقل}} = \frac{L}{\sigma W g}$$

کے برابر ہوتی ہے۔ v_{DS} کی مقدار صفر و لٹ سے بڑھانے سے 82 کم ہوتا ہے اور پیدا کردہ راہ کی مسماحت 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 بہترین کم ہوتی دکھائی گئی ہے۔

آپ دیکھ سکتے ہیں کہ v_{DS} کو بڑھ کر 82 کی مقدار صفر کی حاصلتی ہے جیسے شکل ب میں دکھایا گیا ہے۔ ہم کہتے ہیں کہ پیدا کردہ راہ $\text{دلوچ}^{2.1}$ دی گئی ہے۔

سورس خطے کو برقی زمین اور گیٹ کو v_{GS} برقی دباؤ پر رکھتے ہوئے اگر v_{DS} بڑھایا جائے تو ڈرین خطے کے باکل فتریب گیٹ اور سیکان پتری کے مابین $v_{GS} - v_{DS}$ برقی دباؤ پیا جائے گا اور جب تک یہ برقی دباؤ V_t سے زیادہ رہے یہاں n قسم کی راہ فترار رہے گی۔ اگر $v_{GS} - v_{DS}$ کی قیمت V_t سے کم ہو تو ڈرین کے فتریب راہ کا بننا ممکن نہیں ہو گا۔ جب

$$(2.4) \quad v_{GS} - v_{DS} = V_t$$

ہو جائے تو ہم کہتے ہیں کہ پیدا کردہ راہ $\text{دلوچ}^{2.2}$ دی گئی ہے اور جس v_{DS} پر ایسا ہوا سے پیدا کردہ راہ $\text{دلوچ}^{2.2}$ کے دباؤ V_{DS} کہتے ہیں۔ مساوات

$$(2.5) \quad V_{DS, \text{دلوچ}} = v_{GS} - V_t$$

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

$$(2.6) \quad v_{GD, \text{دلوچ}} = V_t$$

لکھا جاسکتا ہے۔

یہاں ایسا محسوس ہوتا ہے کہ پیدا کردہ راہ کی گہرائی صفر ہوتے ہیں (یعنی راہ $\text{دلوچ}^{2.2}$ کی) راہ کی مسماحت لا محدود ہو جائے گی اور ثرازنسٹر میں برقی روکا گزرنانا ممکن ہو جائے گا۔ حقیقت میں ایسا نہیں ہوتا۔ جب تک v_{DS} کی

قیمت دیوچ v_{DS} سے کم رہے، اسے بڑھانے سے i_{DS} بستدریج بڑھتا ہے مگر چونکہ v_{DS} بڑھانے سے پیدا کردہ راہ کی مساحت بھی بڑھتی ہے لہذا i_{DS} کے بڑھنے کی شرح بستدریج کم ہوتی ہے۔ دیوچ v_{DS} پر ٹرانزسٹر میں گزرتی بر قی رو کی قیمت دیوچ i_{DS} کے کملاً ہے اور اگر v_{DS} کو دیوچ سے بڑھایا جائے تو ٹرانزسٹر میں گزرتی بر قی رو مستقل i_{DS} کے برابر ہوتی 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 ہوڑ ٹرانزسٹر کے نوعیت کے ہی ہیں۔ شکل ۳.۵ پ میں مختلف گیٹ کے بر قی دباؤ پر $i_{DS} - v_{DS}$ کے خط کھینچ گئے ہیں اور ان کے نقطہ دیوچ پر بر قی دباؤ کو v_{DS1} ، v_{DS2} اور v_{DS3} لکھ کر واخی کیا گیا ہے۔ سورس خطے بر قی ز میں پر رکھتے ہوئے اگر گیٹ پر بر قی دباؤ V_t سے کم ہو تو ب راہ و جود 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

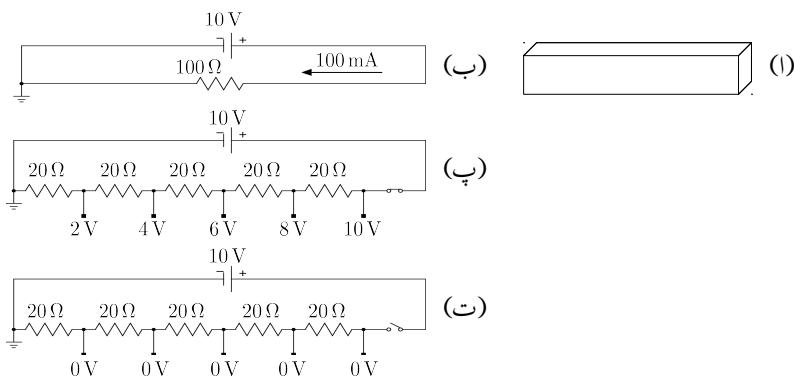
(۳.۹)

$v_{GS} \leq V_t$	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 حساب سے دس ولٹ (10V) برقی دباؤ لگی گیا ہے۔ مسئلہ کو سادہ رکھنے کی خاطر پیدا کردہ راہ کے ترچھا پن 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 صورتِ حال کیا ہو گا۔

۳. اگر $V_t = 3V$ اور $v_{GS} = 11V$ ہوں تب پیدا کردہ راہ کا صورتِ حال کیا ہو گا۔

حل:

۱. موصل سلاخ کو ایک مزاحمت تصور کیا جا سکتا ہے۔ یوں اس مسئلہ کو شکل ب کے طرز پر پیش کیا جا سکتا ہے جس میں 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 پ میں اسے پائیں عدد 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 رو کا گزر ممکن ہو گا۔

۳. چونکہ ڈرین سرے پر

$$v_{GS} - v_{DS} = 11 - 10 = 1 < V_t$$

ہے لہذا پیدا کردہ راہ دلوچا جبائے گا۔ اگر ایسا ہونے کے پیدا کردہ راہ کی مزاجمت لامدد ہو جبائے اور اس میں برقی رو کی مقدار صفر ہو جبائے تو صورت حال شکلت کے مانند ہو گی جہاں ڈرین سرے پر لامدد مزاجمت کو بطور منقطع کئے گئے برقی سوچ دکھایا گیا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ برقی رو کی عدم موجودگی میں پیدا کردہ راہ میں ہر متمام پر برقی دباؤ کی مقدار صفر وولٹ (0V) ہو جبائے گی اور یوں ڈرین سرے پر بھی صفر وولٹ ہوں جس سے

$$v_{GS} - v_{DS} = 11 - 0 = 11 > V_t$$

ہو گا اور یوں برقی رو کا گزر ممکن ہو گا۔

مندرجہ بالادو نتائج تصادم ہیں۔ پہلے نتیجے کے مطابق برقی رو کا گزر ناممکن ہے جبکہ دوسرا نتیجے کے مطابق، اس کے بر عکس، برقی رو کا گزر ممکن ہے۔ حقیقی صورت حال کو شکل ۵.۲ پر میں دکھایا گیا ہے جہاں آپ دیکھ سکتے ہیں کہ پیدا کردہ راہ کے دلوچے کاماتام تبدیل ہو چکائے اور یوں پیدا کردہ راہ کی لمبا فی متد رکم ہو گئی ہے اور ساتھ ہی ساتھ ڈرین سرے پر ویران خطے اتنا بڑھ گئی ہے کہ ایک جناب یہ ڈرین خطے کو اور دوسرا جناب پیدا کردہ راہ کو چھوتا ہے۔ چونکہ نقطہ دبوچ پر گیٹ اور پیدا کردہ راہ کے مابین V_t بر قی دباؤ پیا جاتا ہے لہذا نقطہ دبوچ پر

$$v_{DS} = v_{GS} - V_t$$

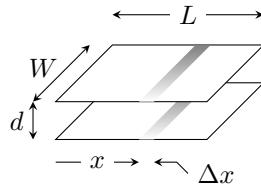
ہو گا اور ڈرین۔ سورس سرے کے مابین اضافی برقی دباؤ ($v_{DS} - v_{GS}$) ویران خطے برداشت کرے گا۔ پیدا کردہ راہ پر لا گو برقی دباؤ (v_{DS}) اس میں برقی رو پیدا کرے گا جو کہ سورس سے ڈرین جناب اسیکٹران کے بیاؤ سے پیدا ہو گا۔ یہ اسیکٹران نقطہ دبوچ پر پہنچتی ویران خطے میں داخل ہوں گے۔ ویران خطے میں آزاد اسیکٹران نہیں ٹھر سکتے اور انہیں ڈرین خطے میں دھکیل دیا جاتا ہے۔ یوں اسیکٹران سورس سرے سے رواں ہو کر ڈرین سرے پہنچ کر i_{DS} پیدا کرتے ہیں۔

شکل پر میں گیٹ پر خلف برقی دباؤ کے لئے ماسیفیٹ کے خط گراف کئے گئے ہیں۔

۲.۳ n ماسیفیٹ کی مساوات

مندرجہ بالاتر کرے کو مد نظر رکھتے ہوئے n ماسیفیٹ کی $i_{DS} = v_{DS} - v_{GS}$ مساوات حاصل کرتے ہیں۔ ایسا کرتے وقت سورس سرے کو برقی زمین (یعنی صفر وولٹ) پر کھا جائے گا جبکہ گیٹ کو v_{GS} اور ڈرین سرے کو v_{DS} پر کھا جائے گا۔ مزید یہ کہ $v_t > v_{GS} - v_{DS}$ رکھا گیا ہے۔

پیدا کردہ راہ میں سورس سے ڈرین خطے کی جناب مصالحے کو x لیتے ہوئے سورس جناب $= x$ اور برقی دباؤ صفر وولٹ ہو گا جبکہ ڈرین جناب $L = x$ اور برقی دباؤ v_{DS} ہو گا۔ ان دو حدود کے درمیان کسی بھی نقطے x پر برقی



شکل ۷۔ گیٹ اور راہ بطور دو چپار کی پیٹر کردار ادا کرتے ہیں۔

دباو کو ہم (x) لکھتے ہیں۔ گیٹ اور پیڈ اکر دہراہ (یعنی n قلم کا موصول) بطور دو چپار کے کپیٹر 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 کپیٹننس ΔC کردار ادا کرے گا جس کا

$$(3.11) \quad \Delta C = \frac{\epsilon \times \text{رقبہ}}{d} = \frac{\epsilon W \Delta x}{\text{فاصلہ}}$$

ہوگا۔ اس کپیٹر کو شکل ۷۔ میں دکھایا گیا ہے۔ آپ کپیٹر کی مساوات $C = C \times V$ سے بخوبی آگاہ ہوں گے۔ اس مساوات کے مطابق کپیٹر کے ثابت چپار پر بار Q کی مقدار کپیٹر کے دو چپاروں کے مابین برقی دباو V پر مختص ہوتا ہے۔ کپیٹر کے منی چپار پر ($-Q$) بار پایا جاتا ہے۔ ماسیفیٹ کے کپیٹر ΔC پر بھی اسی طرح بار پایا جائے گا مگر اس کا تخمینہ لگانے کی حنا طراں مسئلہ کو زیادہ گہرائی سے دیکھنا ہوگا۔ آئیں ایسا ہی کرتے ہیں۔

جیسا کہ آپ جانتے ہیں کہ کسی بھی نقطے x پر تباہ پیدا ہوتا ہے جب اس نقطے پر گیٹ اور سلیکان پستری کے مابین V_t برقی دبا پایا جائے (یعنی $v_{GS} - v(x) = V_t$) اور ایسی صورت میں پیدا کر دہراہ میں وتابل نظر انداز (تقریباً صفر) مقدار میں n قلم کا بار یعنی آزاد الیکٹرون جمع ہوتے ہیں۔ یوں $(v(x) - V_{GS} - V_t) = 0$ ہونے کی صورت میں آزاد الیکٹرونوں کی تعداد بھی (تقریباً) صفر ہوتی ہے۔ جیسے گیٹ اور سلیکان پستری کے مابین برقی دبا مزید بڑھا جائے یہاں آزاد الیکٹرونوں کی تعداد بڑھتی ہے۔ یوں آزاد الیکٹرونوں کی تعداد کا دارو مدار برقی دباو ($v_{GS} - V_t - v(x)$) پر ہوتا ہے اور ہم ماسیفیٹ کے گیٹ کے لئے کپیٹر کی مساوات یوں لکھ سکتے ہیں۔

$$(3.12) \quad \Delta Q = \Delta C \times V \\ = \left[\frac{\epsilon W \Delta x}{d} \right] \times [v_{GS} - V_t - v(x)]$$

پیدا کر دہراہ میں اس نقطے پر بار کی مقدار اتنی ہی مسکنی قلم کی ہوگی۔ اس مساوات کو پیدا کر 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 دھلیتے 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^{۲۳} کے لحاظ میں جبکہ μ_p سیلان پتھری میں غلوکر حرکت پذیری^{۲۴} کے لحاظ میں جبکہ اس حرکت پذیری^{۲۴} سے مراد الٹا نظر میں حرکت پذیری ہے۔ یہاں رکر کر تسلی کر لیں کہ یہ دو مساوات دونوں اقسام کے چارجوں کے رفتار کے صحیح صفت دیتے ہیں۔ یوں رفتار کو $\frac{\Delta x}{\Delta t}$ لکھتے ہوئے الکٹرونوں کے لئے ہم یوں لکھ سکتے ہیں۔

$$(۳.۱۵) \quad \frac{\Delta x}{\Delta t} = -\mu_n E = \mu_n \frac{\Delta v(x)}{\Delta t}$$

مساوات ۳.۳ اور مساوات ۳.۵ کی مدد سے ہم پیدا کردہ راہ میں آزاد الکٹرونوں کے سر کرتے سے پیدا برقی رو یوں حاصل کر سکتے ہیں۔

$$(۳.۱۶) \quad i(x) = \frac{\Delta Q_n}{\Delta t} = \frac{\Delta Q_n}{\Delta x} \times \frac{\Delta x}{\Delta t} \\ = -\left[\frac{eW}{d} \right] [v_{GS} - V_t - v(x)] \times \left[\mu_n \frac{\Delta v(x)}{\Delta x} \right]$$

اس مساوات کو یوں لکھا جا سکتا ہے۔

$$(۳.۱۷) \quad i(x)\Delta x = -\left[\frac{eW}{d} \right] [v_{GS} - V_t - v(x)] \times [\mu_n \Delta v(x)]$$

اس مساوات میں Δ کو باریک سے باریک تر لیتے ہوئے مساوات کا تکملہ لیتے ہیں جہاں پیدا کردہ راہ کے سورس سرے کو ابتدائی نقطے جبکہ اس کے ڈین سرے کو اختتامی نقطہ لیتے ہیں۔ یوں ابتدائی نقطے پر $0 = x$ جبکہ اختتامی نقطے پر $L = x$ ہے۔ اسی طرح ابتدائی برقی دباؤ $v(0) = 0$ جبکہ اختتامی برقی دباؤ $v_{DS} = v(L)$ ہے۔ یوں

$$(۳.۱۸) \quad \int_0^L i(x) dx = \int_0^{v_{DS}} -\left[\frac{e\mu_n W}{d} \right] [v_{GS} - V_t - v(x)] dv(x)$$

باب۔۲۔ میدانی ٹرانزسٹر

چونکہ پیدا کردہ راہ میں از خود بر قی روشن پیدا اور نہیں غائب ہو سکتی ہے لہذا اس میں اس بات کی حساب بر قی رو تبدیل نہ ہوگی۔ اس بر قی رو کو i_{DS} لکھتے ہوئے تکمیل کے باہر نکالا جاسکتا ہے۔

$$\begin{aligned}
 \int_0^L i(x) dx &= i \int_0^L dx = \int_0^{v_{DS}} - \left[\frac{\epsilon \mu_n W}{d} \right] [v_{GS} - V_t - v(x)] dv(x) \\
 ix|_0^L &= - \left[\frac{\epsilon \mu_n W}{d} \right] \left[(v_{GS} - V_t) v(x)|_0^{v_{DS}} - \frac{v(x)^2}{2}|_0^{v_{DS}} \right] \\
 (3.19) \quad iL &= - \left[\frac{\epsilon \mu_n W}{d} \right] \left[(v_{GS} - V_t) v_{DS} - \frac{v_{DS}^2}{2} \right] \\
 i &= - \left[\frac{\epsilon \mu_n}{d} \right] \left[\frac{W}{L} \right] \left[(v_{GS} - V_t) v_{DS} - \frac{v_{DS}^2}{2} \right]
 \end{aligned}$$

منفی بر قی رو کا مطلب ہے کہ یہ بڑھتے x کے الٹے حساب بر قی رو اس ہے یعنی ذریں 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

$$\begin{aligned}
 (3.22) \quad k'_n &= \left(\frac{\epsilon \mu_n}{d} \right) \\
 k_n &= \left(\frac{\epsilon \mu_n}{d} \right) \left(\frac{W}{L} \right) = k'_n \left(\frac{W}{L} \right)
 \end{aligned}$$

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:

$$(۳.۲۳) \quad v_{GS} > V_t \\ v_{GS} - v_{DS} = v_{GD} = \geq V_t$$

$$(۳.۲۴) \quad i_{DS} = k'_n \left[\frac{W}{L} \right] \left[(v_{GS} - V_t) v_{DS} - \frac{v_{DS}^2}{2} \right] \\ = k_n \left[(v_{GS} - V_t) v_{DS} - \frac{v_{DS}^2}{2} \right]$$

نقطہ دیوچ:

$$(۳.۲۵) \quad v_{GS} > V_t \\ v_{GS} - v_{DS} = v_{GD} = V_t$$

$$(۳.۲۶) \quad i_{DS} = \frac{k'_n}{2} \left[\frac{W}{L} \right] [v_{GS} - V_t]^2 \\ = \frac{k_n}{2} [v_{GS} - V_t]^2$$

افسزائندہ:

$$(۳.۲۷) \quad v_{GS} > V_t \\ v_{GS} - v_{DS} = v_{GD} \leq V_t$$

$$(۳.۲۸) \quad i_{DS} = \frac{k'_n}{2} \left[\frac{W}{L} \right] [v_{GS} - V_t]^2 \\ = \frac{k_n}{2} [v_{GS} - V_t]^2$$

منقطع:

$$(۳.۲۹) \quad v_{GS} \leq V_t \\ i_{DS} = 0$$

ماسنیٹ تخلیق ریتی وقت پیدا کرده راہ کے چوڑائی W اور لمبائی L کی تناسب بدل کر مختلف ساصل کے جب تے ہیں۔
 یاد ہانی کی خاطر کچھ ہاتھیں دوبارہ دبرا تے ہیں۔

nMOSFET کو غیر امنزائندہ خطے میں استعمال کرنے کی حد اطراف 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 طرح nMOSFET کو امنزائندہ خطے میں استعمال کرنے کی حد اطراف 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 ہے جسے دونوں کا حصہ تصور کیا جاتا ہے۔ nMOSFET کو منقطع کرنے کی حد اطراف 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 ۲۲.۳ میں v_{DS}^2 کو نظر انداز کرنا ممکن ہوتا ہے اور اس مساوات کو یوں لکھا جاتا ہے۔

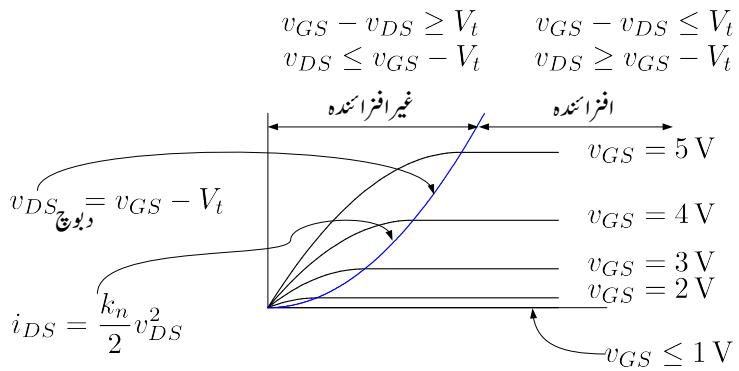
$$i_{DS} = k'_n \left[\frac{W}{L} \right] \left[(v_{GS} - V_t) v_{DS} - \frac{v_{DS}^2}{2} \right] \approx k'_n \left[\frac{W}{L} \right] [(v_{GS} - V_t) v_{DS}]$$

اس مساوات سے باریکے v_{DS} کی صورت میں ماسفیٹ کی مزاجمت حاصل کی جا سکتی ہے لیکن

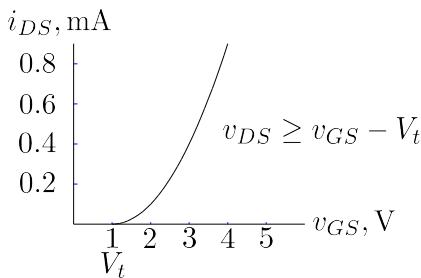
$$(2.33) \quad R = \frac{v_{DS}}{i_{DS}} = \frac{1}{k'_n \left[\frac{W}{L} \right] [v_{GS} - V_t]}$$

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 ۸.۲ 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 $v_{DS} = v_{GS} - V_t = v_{DS}$ یعنی $v_{GS} - v_{DS} = V_t$ ہو لہذا مساوات ۲۸.۳ 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 ۹.۸



شکل ۹.۹: افزائندہ ماسفیٹ کا برقی رو بال مقابل گیٹ کی برقی دباؤ

حاصل ہوتا ہے جسے شکل ۹.۸ میں ماسفیٹ کے خطوط پر کھینچا گیا ہے جبکہ مساوات ۹.۲ کو شکل ۹.۷ میں کھینچا گیا ہے۔ باب ۳ میں دو ٹرانزسٹر کے غیر افزائندہ اور افزائندہ خطے دکھائے گئے ہیں۔ ان کا ماسفیٹ کے خطوں کے ساتھ موازنے کریں۔ ٹرانزسٹر تقسیم ۰.۲ V کے کم v_{CE} پر غیر افزائندہ جبکہ اس کے زیادہ برقی دباؤ پر افزائندہ ہوتا ہے۔ ماسفیٹ دباؤ پر غیر افزائندہ جبکہ اس کے زیادہ برقی دباؤ پر افزائندہ ہوتا ہے جہاں دباؤ v_{DS} کی قیمت مساوات ۹.۳ سے حاصل کی جاتی ہے۔ شکل ۹.۸ اور ۹.۷ میں $V_t = 1\text{ V}$ اور $k_n = 0.2\text{ mA V}^{-2}$ ہیں۔

ٹرانزسٹر کے β کی طرح ایک ہی قسم کے دو عدد ماسفیٹ کے k_n میں فرق پایا جاتا ہے۔ اسی طرح ان کے V_t میں بھی فرق پایا جاتا ہے۔ ان وجہات کی بنا پر کسی بھی دور میں ماسفیٹ تبدیل کرنے سے فقط کارکردگی تبدیل ہونے کا مکان ہوتا ہے۔

۲.۳.۱ فتابل برداشت برقی دباؤ

V_{DS} کو دیوچ DS سے مختنا بڑھایا جائے، نقطہ دیوچ ڈرین خطے سے اتنا ہی دور ہو جاتا ہے۔ اگر اس برقی دباؤ کو بتدریج بڑھایا جائے تو نقطہ دیوچ آخن کار سورس خطے تک پہنچ جاتا ہے اور ان خطوں کے مابین برقی رو تیزی سے بڑھتا ہے۔ یہ عمل تقریباً $V = 20$ پر پیدا ہوتا ہے۔ یہ عمل از خود لفظان دہ نہیں جب تک بے فتا بوجی رو ماسفیٹ کی فتابل برداشت برقی دباؤ کے حد سے تجاوز نہ کر جائے۔ یہ عمل نسبتاً کم لمبائی کے راہ رکھنے والے ماسفیٹ میں پایا جاتا ہے۔

ڈرین اور سیلان پستری کے مابین برقی دباؤ کو دباؤ کے حد سے بڑھتے برداشت کرتا ہے۔ اگر یہ برقی دباؤ دباؤ ان خطے کی برداشت سے تجاوز کر جائے تو دباؤ کے عمل سے بے فتا بوجی رو جس سے ان خطوں کے مابین برقی رو تیزی سے بڑھنے شروع ہو جائے گا۔ یہ عمل عموماً $V = 50$ تا 100 کے درمیان پیدا ہوتا ہے۔

ایک تیرا عمل جو ماسفیٹ کو فوراً تباہ 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 تجاوز 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 تجاوز کر جاتا ہے۔ یہ عمل تقریباً $V = 50$ پر نمودار ہوتا ہے۔ اس عمل سے پہنچ کی حرطہ گیٹ پر ڈالیوڈ بطور شکنہ لکھایا جاتا ہے جو گیٹ پر برقی دباؤ پر اس خطروں کے کم رکھتا ہے۔ یاد رہے کہ عام استعمال میں ماسفیٹ کو فتابل برداشت برقی دباؤ سے کم برقی دباؤ پر استعمال کیا جاتا ہے۔

۲.۳.۲ درجہ حرارت کے اثرات

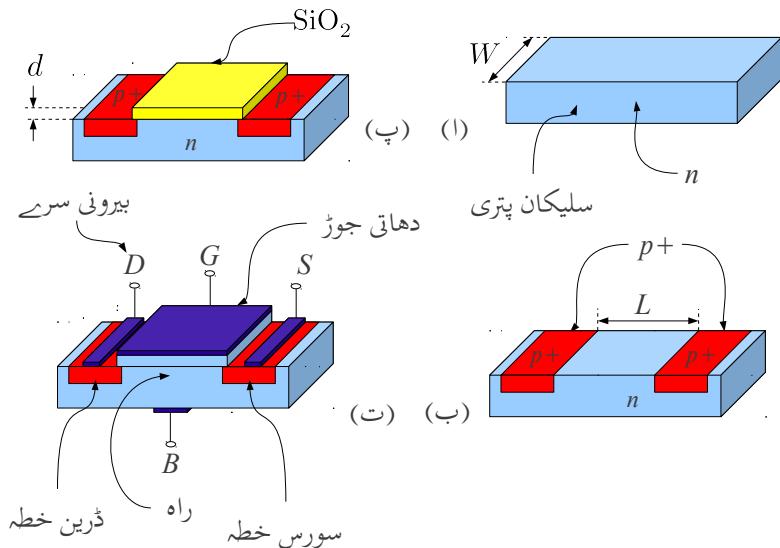
اور k'_n دونوں پر درجہ حرارت کا اثر پایا جاتا ہے۔ دو ٹرانزسٹر کے V_{BE} کی طرح V_t بھی حرارت بڑھنے کے کی ہوتا ہے یعنی

$$(2.35) \quad \frac{dV_t}{dT} = -2 \text{ mV } ^\circ\text{C}^{-1}$$

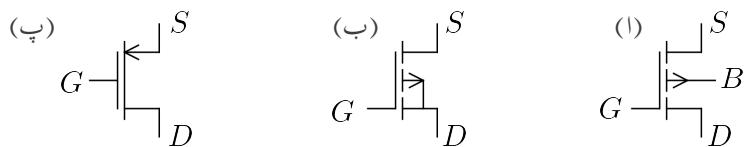
البتہ k'_n کی قیمت درجہ حرارت بڑھنے سے بڑھتی ہے اور k'_p بڑھنے کا اثر V_t گھنٹے کے اثر سے زیادہ ہوتا ہے لہذا ماسفیٹ کی مزاحمت درجہ حرارت بڑھنے سے بڑھتی ہے۔ **وقت ماسفیٹ کو آپس میں متوازی جوڑتے وقت اس حقیقت کو زیر استعمال لایا جاتا ہے۔**

۲.۴ بڑھاتا pMOSFET ماسفیٹ

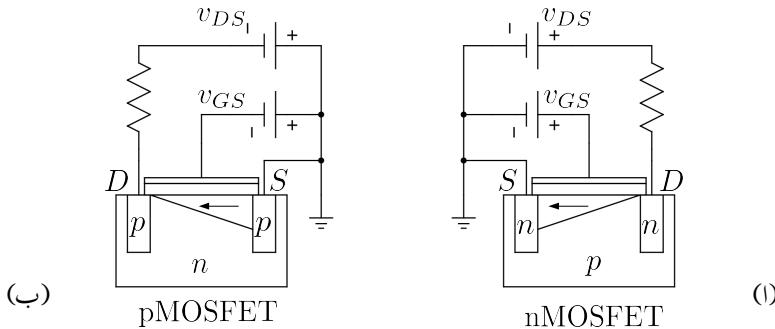
p ماسفیٹ، جسے ہم اس کتاب میں ثابت ماسفیٹ بھی کہیں گے، کو n قسم کی سیلان پستری پر بنایا جاتا ہے جس میں عدد $p + p$ قسم کے خط بنائے جاتے ہیں۔ p MOSFET کی کارکردگی بالکل n MOSFET کی طرح ہے البتہ اس میں V_{DS} اور v_{GS} تینوں کی قیمتیں منفی ہوتی ہیں۔ اسی طرح برقی رو i_{DS} کی سست بھی الٹی ہوتی ہے یعنی ماسفیٹ بنانے کی ترکیب شکل ۱۰.۲ میں دکھائی گئی ہے جبکہ اس کی علامتیں شکل ۱۱.۲ میں دکھائی گئی ہیں۔ p MOSFET کے راہ میں برقی رو غلو کے حسکت کی بدولت ہے۔ سورس سے غلو را میں خارج ہو کر دریافت نہ کر سفر کرنے میں جہاں انہیں راہ سے حاصل کیا جاتا ہے۔ ماسفیٹ میں برقی رو غلو کے اسی حسکت کی بدولت ہے۔



شکل ۱۰.۳: p ماسفیٹ کی ساخت



شکل ۱۱.۳: p بڑھاتا ماسفیٹ کی علامتیں



شکل ۱۲۔ بڑھاتے nMOSFET اور pMOSFET نظرے دیوچ پر

nMOSFET کی جامت کم ہونے کی بدولت سیکان پستری پر انہیں زیادہ تعداد میں بنایا جاتا ہے۔ یہ اگرچہ مختلطف ادوار میں nMOSFET کو pMOSFET پر ترجیح دی جاتی ہے مگر پھر بھی ان کی اپنی اہمیت ہے جس کی وجہ پر انہیں بھی مختلطف ادوار میں استعمال کیا جاتا ہے۔ بالخصوص سبڑو اسٹریٹ (CMOS) ادوار جو کہ اہم ترین ادوار تصویر کئے جاتے ہیں ان دونوں اقسام کو استعمال کرتے ہی بنائے جاتے ہیں۔

شکل ۱۲۔۲ میں مواظنے کے لئے بڑھاتے nMOSFET اور pMOSFET کو نظرے دیوچ پر مائل کر کے دکھائے گے ہیں۔ nMOSFET میں سورس S کو برقی زمین پر رکھا گیا ہے۔ پسیداً کردہ راہ میں برقی روکو تیسرے کے نشان سے دکھایا گیا ہے۔ یہاں اگر راہ کا بیان سر اضفروولٹ پر ہو تو اس کا دلیاں سر اضفیت برقی دباؤ پر ہو گا جیوں گیٹ اور بائیں سرے کے مابین برقی دباؤ زیادہ ہو گا جبکہ گیٹ اور دائیں سرے کے مابین برقی دباؤ نسبتاً کم ہو گا جس سے راہ ترچی شکل کا پسیداً اہو گا جہاں گیٹ اور سیکان کے مابین برقی دباؤ زیادہ ہو وہاں راہ کی گھسراں زیادہ ہو گی۔ pMOSFET میں بھی سورس S کو برقی زمین پر رکھا گیا ہے۔ پسیداً کردہ راہ میں برقی روکو تیسرے کے نشان سے دکھایا گیا ہے۔ یہاں اگر راہ کا بیان سر اضفروولٹ پر ہو تو اس کا دلیاں سر اضفی برقی دباؤ پر ہو گا جیوں گیٹ اور بائیں سرے کے مابین برقی دباؤ زیادہ ہو گا جبکہ گیٹ اور دائیں سرے کے مابین برقی دباؤ نسبتاً کم ہو گا۔ جہاں گیٹ اور سیکان کے مابین برقی دباؤ زیادہ ہو وہاں راہ کی گھسراں ای زیادہ ہو گی۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ دونوں اقسام کے ماسنیٹ میں پسیداً کردہ راہوؤین پر دیوچ پر جاتا ہے۔

pMOSFET کے v_{DS} اور i_{DS} مخفی مختاری یہ لہذا v_{SG} ، v_{SD} اور i_{SD} مثبت مختار ہوں گے۔

۱۲۔۳۔۱ غیر انسانہ

$$(12.3.1)$$

$$\begin{aligned} v_{SG} &> -V_t \\ v_{DG} &\geq -V_t \\ i_{SD} &= k'_p \left[\frac{W}{L} \right] \left[(v_{SG} + V_t) v_{SD} - \frac{v_{SD}^2}{2} \right] \end{aligned}$$

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

$$(3.38) \quad \begin{aligned} v_{SG} &> -V_t \\ v_{DG} &\leq -V_t \\ i_{SD} &= \frac{k'_p}{2} \left[\frac{W}{L} \right] [v_{SG} + V_t]^2 \end{aligned}$$

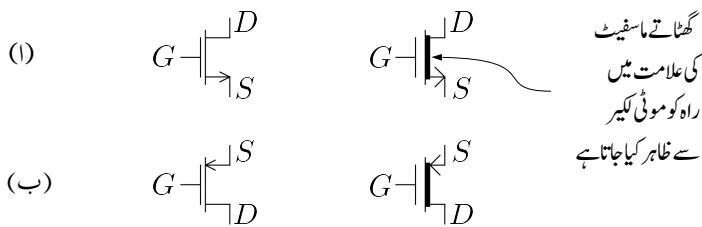
منقطع

$$(3.39) \quad \begin{aligned} v_{SG} &\leq -V_t \\ i_{SD} &= 0 \end{aligned}$$

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 ۳.۷ 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 موازنے کی مناظر n ڈھناتے 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 رو میں اضافہ ہوتا ہے جبکہ i_{DS} گزرنے والے گیٹ پر برقی دباؤ بڑھنے سے راہ کی گہرائی بڑھتی ہے جس سے برقی رو میں اضافہ ہوتا ہے جبکہ گیٹ پر منفی 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 منفی جانب لے جایا جائے تو آخوند کار راہ کی گہرائی صفر ہو



گھناتاما سفیٹ کی علامت میں
راہ کو موٹی لکیر
سے ظاہر کیا جاتا ہے

شکل ۱۳: گھناتے اور بڑھاتے ماسفیٹ کی علامتیں

جبائے گی اور ماسفیٹ میں برقی روکا گزنا مسکن نہیں رہے گا۔ یہ برقی دباؤ اس ماسفیٹ کا V_t ہوتا ہے۔ یوں n قم کے گھناتاما سفیٹ کا V_t منفی قیمت رکھتا ہے۔
گھناتا اور بڑھاتا منفی ماسفیٹ کے مادات میں کوئی فشرق نہیں لہذا اب تک کے تمام بڑھاتاما سفیٹ کے مادات جوں کے توں گھناتاما سفیٹ کے لئے کہیں استعمال کئے جائیں گے۔

۲.۵.۴ م نقطہ صورت

اگر گھناتاما سفیٹ کے v_{GS} پر V_t سے کم (یعنی مزید منفی) برقی دباؤ لاگو کیا جبائے تو راہ کا وجود نہیں رہے گا یعنی پیدا کردہ راہ نہیں رہے گا اور ماسفیٹ م نقطہ صورت^{۲۶} اختیار کر لے گا۔ اس شرط کو یوں بیان کیا جاتا ہے۔

$$(2.30) \quad v_{GS} \leq V_t$$

یوں اگر کسی گھناتاما سفیٹ کا $V_t = -3.5V$ ہو اور اس کے گیٹ پر $v_{GS} = -4V$ م نقطہ ہو جبائے گا اور اگر اس کے گیٹ پر $v_{GS} = -2.2V$ یا $v_{GS} = 1.2V$ اور یا $v_{GS} = 5.3V$ لاگو کیا جبائے تو ماسفیٹ چپا لورہے گا۔

۲.۵.۵ غیر افزاں درہ

v_{GS} سے زیادہ برقی دباؤ لاگو کرنے سے ماسفیٹ چپا لو حالت اختیار کر لیتا ہے۔ جب تک چپا لو ماسفیٹ کے گیٹ پر ڈین خلٹے سے $|V_t|$ وولٹ کم نہ 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 ماسفیٹ غیر افزاں درہ رہے گا۔

۳.۵.۳ دیوچ

جب گیئے 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 $v_{GS} = 5.3\text{V}$ اور $V_t = -3.5\text{V}$ دیوچ پیدا کردہ راہ میں جب $v_{DS} = 8.8\text{V}$ ہوتا ہے۔

۳.۵.۴ انسانہ

جب چالو ما سفیٹ کے ڈرین پر گیئے سے $|V_t|$ ولٹ زیادہ ہوں تب 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 $V_t = -3.5\text{V}$ میں جب $v_{DS} > 8.8\text{V}$ ہوتا ہے انسانہ نظر میں ہو گا۔

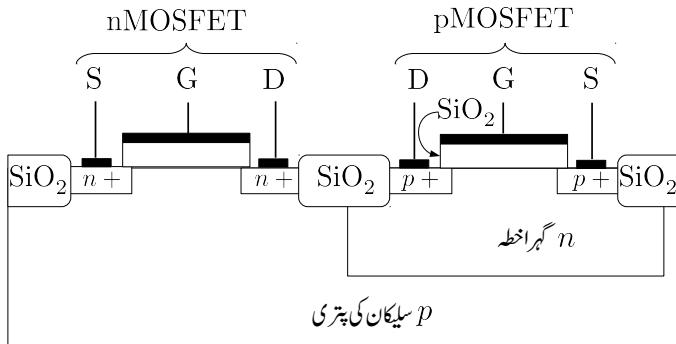
یہاں تسلی کر لیں کہ گھناتا ما سفیٹ کے مختلف خطوں کی مساواتیں بالکل وہی ہیں جو عام ما سفیٹ کی ہیں۔ مندرجہ صرف اتنا ہے کہ گھناتا ما سفیٹ کے V_t کی قیمت منفی ہوتی ہے۔

۳.۶ گھناتا p ماسفیٹ

p قم کا گھناتا ما سفیٹ اسی طرح p ما سفیٹ بناتے وقت سیلان پتھری میں گیئے کے بالکل نیچے p قم کی راہ، سورس سے ڈرین خطے تک بنانے کے پیدا ہوتا ہے۔ p قم کے گھناتا ما سفیٹ اور عام p قم کے ما سفیٹ کے مساوات ایک ہی طرح کے ہیں۔ مندرجہ صرف اتنا ہے کہ p قم کے گھناتا ما سفیٹ کی V_t کی قیمت منفی ہوتی ہے۔ مزید یہ کہ کسی بھی p قم کے ما سفیٹ کی طرح p قم کے گھناتا ما سفیٹ میں بر قی رو ڈرین سرے سے باہر کی جانب ہوتا ہے۔ شکل ۳.۶ ب میں p قم کے گھناتے ما سفیٹ کی علامت دکھائی گئی ہے۔

۷. CMOS

جووا ما سفیٹ nMOSFET اور pMOSFET دونوں استعمال کرتے ہیں جنہیں p سیلان پر بنایا جاتا ہے۔ تو بتاہی 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 ۳.۷ میں جووا ما سفیٹ کی ساخت دکھائی گئی ہے جووا ما سفیٹ کو عام فہم میں یا اپر کہتے ہیں۔ شکل میں ما سفیٹ کے دونوں حبانے SiO_2 کے گہرے حصے دکھائے گئے ہیں جو ساتھ ساتھ دو ما سفیٹ کو مکمل طور پر علیحدہ رکھنے کی حراطر استعمال کئے جاتے ہیں۔ یاد رہے



شکل ۱۲: سیاسی احتجاج و امام اسفیٹ کی ساخت

SiO_2 نہیات عمدہ غیر موصل ہے۔ سیاس کو p سلیکان پر بھی بنایا جا سکتا ہے۔ پس اس میں n -TFT کو گھرے n خطے میں بنانا ہو گا جبکہ p -MOSFET سلیکان پر ہے۔

۲۸ ماسیفیٹ کے پکے سمت ادوار کا حل

اس ہے میں ماسفیٹ کے یک سمت ادوار حل کے جائیں گے۔ جیسے اس کتاب کے شروع میں بتایا گیا ہے، یک سمت مقیدات انگریزی کے بڑے حروف سے ظاہر کے جاتے ہیں۔ یوں گیٹ پر برقی دباؤ کو v_{GS} کی جگہ V_{GS} لکھا جائے گا۔ اسی طرح v_{DS} کو V_{DS} اور i_{DS} کو I_{DS} لکھا جائے گا۔ اس ہے میں دئے گئے مثالوں کو پہلے خود حل کرنے کی کوشش کریں اور بعد میں کتاب میں دئے حل دیکھیں۔

مثال ۲: ایک منقی گھناتما سفینہ جس کا $V_t = -3.2\text{ V}$ اور $v_{DS} = 1\text{ V}$ ہے، $k_n = 0.1 \text{ mA V}^{-2}$ اور میں کا بری رومندر جب زیل پر حاصل کریں۔

$$v_{GS} = -4 \text{ V}$$

$$v_{GS} = -3.2 \text{ V}$$

$$v_{GS} = -2.8 \text{ V}$$

$$v_{GS} = -2.2 \text{ V}$$

$$v_{GS} = 1.5 \text{ V}$$

حل:

۱۔ چونکہ $V_t = -3.2 \text{ V}$ اور $v_{GS} = -4 \text{ V}$ ہے لہذا $v_{GS} < V_t = -3.2 \text{ V}$ ہے اور یوں
گھناتاما سنیٹ مقطوع ہے اور اس میں برقی روکائزر مسکن نہیں ہے لیکن $i_{DS} = 0$ ہے۔

۲۔ $v_{GS} = -3.2 \text{ V}$ اور $V_t = -3.2 \text{ V}$ ہے کی وجہ سے $v_{GS} = V_t$ ہے۔ اس صورت پیدا
کر دہ راہ و جود میں آئے گا مگر اس کی گہرائی تقریباً صفر ہو گی اور اس میں برقی روکائزر مسکن نہیں ہے لیکن
 $i_{DS} = 0$ ہے۔

۳۔ $v_{GS} = -2.8 \text{ V}$ اور $V_t = -3.2 \text{ V}$ پر چونکہ $V_t = -3.2 \text{ V} > v_{GS} = -2.8 \text{ V}$ ہے لہذا $v_{GS} > V_t = -3.2 \text{ V}$ ہے اور یوں
گھناتاما سنیٹ چپا ہے۔ پر گیٹ اور ڈرین کے مابین برقی دباؤ $V_{DS} = 1 \text{ V}$

$$v_{GS} - v_{DS} = (-2.8) - (1) = -3.8 \text{ V}$$

ہے جو کہ V_t سے کم ہے لیکن

$$v_{GS} - v_{DS} < V_t$$

لہذا گھناتاما سنیٹ انسان سندھ ہے اور یوں

$$\begin{aligned} i_{DS} &= \frac{k_n}{2} [v_{GS} - V_t]^2 \\ &= \frac{0.1 \times 10^{-3}}{2} \times [(-2.8) - (-3.2)]^2 \\ &= 8 \mu\text{A} \end{aligned}$$

۴۔ $v_{GS} = -2.2 \text{ V}$ اور $V_t = -3.2 \text{ V}$ پر چونکہ $V_t = -3.2 \text{ V} > v_{GS} = -2.2 \text{ V}$ ہے لہذا $v_{GS} > V_t = -3.2 \text{ V}$ ہے اور یوں
گھناتاما سنیٹ چپا ہے۔ پر گیٹ اور ڈرین کے مابین برقی دباؤ $V_{DS} = +1 \text{ V}$

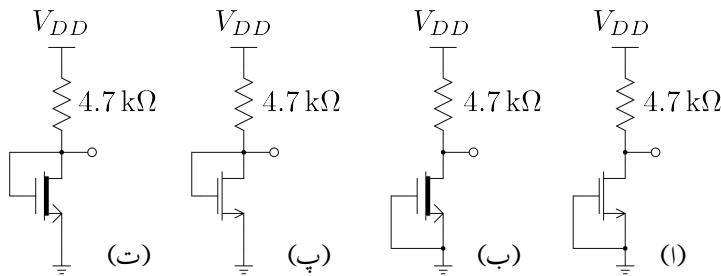
$$v_{GS} - v_{DS} = (-2.2) - (1) = -3.2 \text{ V}$$

ہے جو کہ V_t کے برابر ہے لیکن

$$v_{GS} - v_{DS} = V_t$$

لہذا گھناتاما سنیٹ 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 ۲.۱۵: ماسفیٹ کے یک سمت ادوار

۲.۵ ماسفیٹ پر جو کہ $V_t = -3.2 \text{ V}$ اور $v_{GS} = 1.5 \text{ V}$ ہے اور یوں گھٹاتا ہے اور ڈین کے مابین برقی دباؤ $V_{DS} = 1 \text{ V}$ پر گیٹ اور ڈین کے مابین برقی دباؤ $v_{GS} - v_{DS} = +1.5 - 1 = 0.5 \text{ V}$

$$v_{GS} - v_{DS} > V_t$$

جسکے لئے 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 ۲.۳: شکل ۲.۱۵ 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۔ دباؤ میں $V_{DD} = 10 \text{ V}$ ہے۔ دباؤ میں برقی رہا صل کریں۔

حل: 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 ۳.۲: شکل ۱۵.۲ ب میں منی گھٹاتا ماسفیٹ کے گیٹ کو سورس کے ساتھ جوڑ کر دور بنایا گیا ہے۔ اس ماسفیٹ کا $V_t = -3\text{V}$ اور $k_n = 0.2 \text{ mA}^{-2}$ میں جبکہ دور میں $V_{DD} = 10\text{V}$ ہے۔ دور میں برقی رو حاصل کریں۔

حل: قلم کے گھٹاتا ماسفیٹ کے V_t کی قیمت ہر صورت منفی ہوتی ہے۔ n قلم 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۔

ماسفیٹ 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 حقیقی 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 گھٹاتا ماسفیٹ افسزائندہ خطے میں ہے۔ یوں مساوات ۲۸.۲ 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 استعمال کرتے ہوئے

$$\begin{aligned} V_{DD} &= I_{DS} R_D + V_{DS} \\ 10 &= 0.9 \times 10^{-3} \times 4.7 \times 10^3 + V_{DS} \\ V_{DS} &= 5.77 \text{ V} \end{aligned}$$

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 لہذا $I_{DS} = 0.9 \text{ mA}$ یہ صحیح جواب ہے۔

^{۲۸} میری عادت ہے کہ میں ماسفیٹ کو افسزائندہ تصور کر کے دور حل کرنے کی کوشش پہلے کرتا ہوں۔

آنے ای مشال میں ماسفیٹ کو غیر افناہنده تصور کر کے مشال کو دوبارہ حل کرتے ہیں۔ غیر افناہنده ماسفیٹ کی مساوات حل کرنے کی حالت V_{DS} کا معلوم ہونا ضروری ہے۔ دور کے حنری جواب کر خوف کے قانون برائے برقی دباؤ سے ملتا ہے

$$\begin{aligned} V_{DD} &= I_{DS}R_D + V_{DS} \\ 10 &= I_{DS} \times 4.7 \times 10^3 + V_{DS} \\ V_{DS} &= 10 - 4700I_{DS} \end{aligned}$$

غیر افناہنده ماسفیٹ کے مساوات میں V_{DS} کی جگہ اسے استعمال کرتے حل کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned} I_{DS} &= k_n \left[(V_{GS} - V_t) V_{DS} - \frac{V_{DS}^2}{2} \right] \\ \frac{I_{DS}}{k_n} &= \left[(V_{GS} - V_t) V_{DS} - \frac{V_{DS}^2}{2} \right] \\ \frac{I_{DS}}{0.2 \times 10^{-3}} &= \left[(0 - (-3)) (10 - 4700I_{DS}) - \frac{(10 - 4700I_{DS})^2}{2} \right] \end{aligned}$$

۔

$$I_{DS} = 1.26 \mp j0.46 \text{ mA}$$

حاصل ہوتا ہے۔ یہ مختلط جوابات ہیں۔ غیر حقیقی رومتی نہیں رکھ لہذا ماسفیٹ کے غیر افناہنده ہونے کو رد کیا جاتا ہے۔

مثال ۳.۵: شکل ۱۵.۲ 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 حاصل کریں۔

حل: گیٹ اور ڈرین جوڑنے سے گیٹ اور ڈرین برابری 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 خاطر ہمیں V_{GS} کی قیمت درکار ہو گی۔ شکل پے کے خارجی جانب 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 پوں لکھ 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 ۳.۵ اتے میں منقی 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 خارجی جانب 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 لہنی ہو $V_{GS} = V_{DS}$ ہو گا لہذا اس مساوات کو یوں بھی لکھ سکتے ہیں۔

$$\begin{aligned}V_{DD} &= I_{DS}R_D + V_{GS} \\10 &= I_{DS} \times 4700 + V_{GS} \\V_{GS} &= 10 - 4700I_{DS}\end{aligned}$$

اگر ماسفیٹ متفعل ہوتا ہے بر قریبی مقتدار صفر ہو گی اور اس صورت میں اس مساوات کے تحت $V_{GS} = 10\text{ V}$ حاصل ہوتا ہے۔ گھٹاتا ماسفیٹ کا V_t 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 V_t متفہ مقتدار ہوتا ہے لہذا $V_t > V_{GS} - V_{DS}$ ہو گا اور یوں اگر یہ ماسفیٹ چپا لو ہو تو یہ ہر صورت غیر افزائندہ نظر میں ہو گا اور اس کی مساوات غیر افزائندہ ماسفیٹ کی مساوات سے حاصل کی جا سکتی ہے۔

$$\begin{aligned}I_{DS} &= k_n \left[(V_{GS} - V_t) V_{DS} - \frac{V_{DS}^2}{2} \right] \\ \frac{I_{DS}}{k_n} &= (10 - 4700I_{DS} + 3)(10 - 4700I_{DS}) - \frac{(10 - 4700I_{DS})^2}{2} \\ I_{DS} &= 4.3\text{ mA}, 1.68\text{ mA}\end{aligned}$$

ہم جانتے ہیں کہ اگر یہاں ماسفیٹ چپا لو ہوتا ہے یہ غیر افزائندہ ہو گا لہذا دیکھنا یہ ہے کہ آیا ماسفیٹ چپا لو ہے یا نہیں۔
اگر $I_{DS} = 4.3\text{ mA}$ ہوتا ہے۔

$$\begin{aligned}V_{GS} &= 10 - 4700I_{DS} \\&= 10 - 4700 \times 4.3 \times 10^{-3} \\&= -10.21\text{ V}\end{aligned}$$

اور یوں $V_t < V_{GS}$ ہو گا جو کہ متفعل ماسفیٹ کی نشانی ہے۔ متفعل ماسفیٹ بر قریبی نہیں کلتا لہذا اس جواب کو رد کیا جاتا ہے۔
اگر $I_{DS} = 1.68\text{ mA}$ ہوتا ہے۔

$$\begin{aligned}V_{GS} &= 10 - 4700I_{DS} \\&= 10 - 4700 \times 1.68 \times 10^{-3} \\&= 2.104\text{ V}\end{aligned}$$

اور یوں $V_t > V_{GS}$ ہو گا جو کہ چپا لو ماسفیٹ کی نشانی ہے۔ یوں $I_{DS} = 1.68\text{ mA}$ یہ درست جواب ہے۔

مثال ۷.۳: شکل ۷.۱۵ 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 حافظہ R_D کی قیمت دریافت کریں۔
حل: جیسے مثال ۷.۲ میں ثابت کیا گیا، برصغیر n ماسفینٹ کا گیٹ اور ڈرین جوڑنے سے ماسفینٹ چا 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۔

$$I_{DS} = \frac{k_n}{2} (V_{GS} - V_t)^2$$

$$0.6 \times 10^{-3} = \frac{0.15 \times 10^{-3}}{2} (V_{GS} - 3)^2$$

$$\frac{2 \times 0.6 \times 10^{-3}}{0.15 \times 10^{-3}} = (V_{GS} - 3)^2$$

$$8 = (V_{GS} - 3)^2$$

$$V_{GS} = \pm\sqrt{8} + 3$$

$$V_{GS} = 0.172 \text{ V}, 5.828 \text{ V}$$

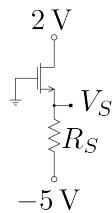
V_{GS} کے جواب کو درکرتے ہیں جو کہ اس طرح $V_t < V_{GS} < 0.172 \text{ V}$ ہو گا اور ماسفینٹ متنقطع ہو گا۔
 $V_{GS} = 5.828 \text{ V}$ کو تسلیم کرتے ہوئے دور کے حناری جبانب کر خوف کے وтанون برائے بر قی دباؤ میں V_{DS} کی
قیمت کو حاصل شدہ V_{GS} کی قیمت کے برابر ہیتے ہوئے

$$V_{DD} = I_{DS} R_D + V_{DS}$$

$$10 = 0.6 \times 10^{-3} \times R_D + 5.828$$

$$R_D = 6.95 \text{ k}\Omega$$

حاصل ہوتا ہے۔



شکل ۳.۱۶

مثال ۳.۸: اگر شکل ۳.۷ میں $V_D = 2\text{ V}$, $I_{DS} = 0.8\text{ mA}$, $V_t = 2.5\text{ V}$, $k_n = 0.4\text{ mAV}^{-2}$ ہوں تو اس دور کے مزاحمت کی قیمت حاصل کریں۔

حل: دور کے داخلی جناب کر خوف کے مت انون 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

$$V_{GS} = 5 - I_{DS}R_S = 5 - 0.8 \times 10^{-3} \times 0.625 \times 10^3 = 4.5 \text{ V}$$

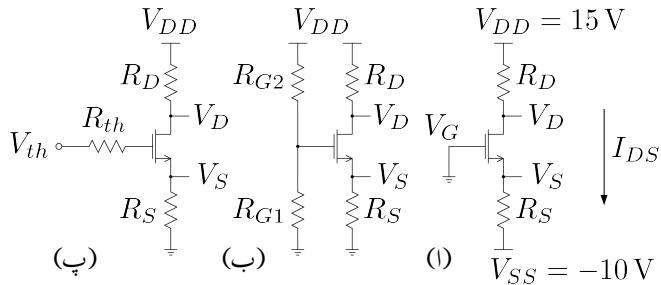
$R_S = V_{GS}$ ہو گا اور یوں V_t ہو گا جیسی ماسفینٹ پا لو ہو گا جو کہ وتابل قبول جواب ہے۔ اس کے برعکس اگر V_t ہو گا اور یوں $V_{GS} > V_t$ ہو تو $R_S = 5.625 \text{ k}\Omega$

$$V_{GS} = 5 - I_{DS}R_S = 5 - 0.8 \times 10^{-3} \times 5.625 \times 10^3 = 0.5 \text{ V}$$

ہو گا اور یوں V_t ہو گا جیسی ماسفینٹ منقطع ہو گا۔ منقطع ماسفینٹ میں برتنی روکا گزرا مسکن نہیں اور یوں یہ ناتابل قبول جواب ہے اور اسے رد کیا جاتا ہے۔

مثال ۳.۹: شکل ۳.۷ ایف میں دئے 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 $V_{DD} = 15 \text{ V}$ ہے۔ جو کہ $V_{GD} < V_t$ اور یوں $V_{GD} = -2 \text{ V}$ ہے لہذا $V_{GD} = -2 \text{ V}$ اور یوں $V_{GS} = 0.718 \text{ V}$ ہے جو کہ افزاں نہیں 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 ۳.۲۷: ماسفین کے مزیدیکے سمت ادوار

اگر $V_{GS} = 0.718\text{ V}$ لیا جائے تو $V_t < V_{GS}$ ہو گا اور ماسفین متفعل 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 ۳.۲۷ ا ب میں دو جزو تراز سر مائل کرنے کے طرز پر گیٹ کے ساتھ دو مزاحمت

مشکل کر کے ماسفینٹ کو مکمل کیا گیا ہے۔ اگر

$$\begin{aligned}V_{DD} &= 12 \text{ V} \\R_D &= 6.8 \text{ k}\Omega \\R_S &= 5.6 \text{ k}\Omega \\R_{G1} = R_{G2} &= 10 \text{ M}\Omega \\V_t &= 2.5 \text{ V} \\k_n &= 0.1 \text{ mA V}^2\end{aligned}$$

ہوں تب اس دور میں تمام برقی دباؤ اور برقی رو حاصل کریں۔
حل: شکل پر میں اس کام ساوی تھونن دور دکھایا گیا ہے جہاں

$$\begin{aligned}V_{th} &= \frac{R_{G1}V_{DD}}{R_{G1} + R_{G2}} = 6 \text{ V} \\R_{th} &= \frac{R_{G1}R_{G2}}{R_{G1} + R_{G2}} = 5 \text{ M}\Omega\end{aligned}$$

چونکہ ماسفینٹ کے گیٹ پر برقی رو کی قیمت صفر ہوتی ہے ($I_G = 0$) لہذا ماسفینٹ کے گیٹ پر برقی دباؤ اسی تھونن برقی دباؤ کے برابر ہو گا لیکن

$$V_G = 6 \text{ V}$$

شکل پر میں گیٹ کو کھلے سے تصور کرتے ہوئے R_1 اور R_2 کے جو زپری یعنی 6 V پائے جائیں گے۔ یوں ماسفینٹ کے ادوار حل کرتے ہوئے تھونن مساوی دور بنتا لازم نہیں اور شکل ب پر ہی گیٹ پر 6 V لکھ کر آگے بڑھ 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۔ یوں

$$I_{DS} = \frac{k_n}{2} (V_{GS} - V_t)^2$$

$$I_{DS} = \frac{0.1 \times 10^{-3}}{2} [(6 - 5600 I_{DS}) - 2.5]^2$$

$$3.136 \times 10^7 I_{DS}^2 - 5.92 \times 10^4 I_{DS} + 12.25 = 0$$

$$I_{DS} = 1.65 \text{ mA}, 0.237 \text{ mA}$$

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 حپا لوماسفینٹ 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۔ یوں 0.237 mA کو درست جواب تایم 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۔۷۔۱ ب میں

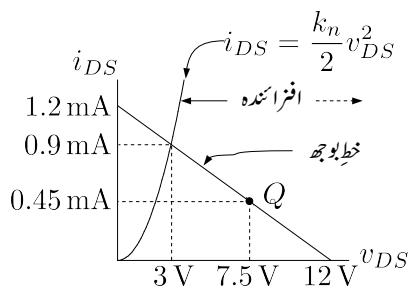
$$V_{DD} = 12 \text{ V}$$

$$R_D = 8 \text{ k}\Omega$$

$$R_S = 2 \text{ k}\Omega$$

$$V_t = 2.5 \text{ V}$$

$$k_n = 0.2 \text{ mA V}^2$$



شکل ۱۸: خطِ بوجھ سے نقطہ کار کر دگی کا حصول

میں۔ اس اپیلینیشن کے گیٹ پر لامدد و کمپیوٹر کے ذریعے دھنی اشارہ مہیا کیا جاتا ہے۔ v_{DS} کی زیادہ میتیشکل چوٹی کے لئے در کار نظر مائل حاصل کریں۔
حُل: خط بولو جو $\frac{1}{\sqrt{3}}$ مساوات

$$12 = v_{DS} + 10000i_{DS}$$

کو شکل ۱۸.۳ میں گراف کیا گیا ہے۔ شکل میں نقطہ دبوچ کے گراف کی مدد سے افسزاں نہ خطے کی نشاندہی بھی کی گئی ہے۔ نقطہ دبوچ کا خط مسافت ۳۲۷.۰ سے حاصل کیا گیا یعنی

$$i_{DS} = \frac{k_n}{2} v_{DS}^2$$

ان دو مہات 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 جی مساوات سے $v_{DS} = 3V$ دوچھنے حاصل ہوتا ہے۔ اس کا دوسرا جواب $i_{DS} = 0.9 \text{ mA}$ دوچھنے حاصل ہوتا ہے۔ یعنی ممکن نہیں۔ حاصل دوچھنے v_{DS} سے $i_{DS} = 0.9 \text{ mA}$ دوچھنے حاصل ہوتا ہے۔

مسنیٹ ایک پیغام نظر بوجھ پر چیل فتدی کرتا ہے۔ جیسے شکل میں دکھایا گیا ہے، ماسنیٹ اس وقت تک انسان سندھ رہتا ہے جب تک v_{DS} کی قیمت v_{DS} کے زیادہ ہو۔ یوں ماسنیٹ کا v_{DS} میں وولٹ کے کم نہیں رکھا جاسکتا لہذا

$$3 \text{ V} \leq v_{DS} < 12 \text{ V}$$

$$0 < i_{DS} < 0.9 \text{ mA}$$

باب۔۳۔ میدانی ٹرانزسٹر

خارجی متغیرات کے حدود پر جن میں ماسفیٹ انسانندہ رہے گا۔ ان تینوں 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 V, 0.45 mA) رکھا جائے گا۔

مثال ۳.۱۲: p بڑھاتا ماسفیٹ استعمال کرتے ہوئے شکل ۱۹.۲ کا دور بنایا گیا ہے۔ ماسفیٹ کو انسانندہ خط میں رکھتے ہوئے حاصل کریں۔
حل: $I_{SD} = 0.2 \text{ mA}$ اور $V_D = 4 \text{ V}$ حاصل کرنے کی خاطر اور ہم کے فتنوں کے تحت $V_D = 4 \text{ V}$ اور $I_{SD} = 0.2 \text{ mA}$

$$V_D = I_{SD} R_D$$

$$4 = 0.2 \times 10^{-3} R_D$$

$$R_D = 20 \text{ k}\Omega$$

حاصل ہوتا ہے۔
انسانندہ ماسفیٹ کی مساواتے سے

$$I_{SD} = \frac{k_p}{2} (V_{SG} + V_t)^2$$

$$0.2 \times 10^{-3} = \frac{0.1 \times 10^{-3}}{2} (V_{SG} - 2)^2$$

$$V_{SG} = 0 \text{ V}, 4 \text{ V}$$

حاصل ہوتے ہیں۔ انسانندہ p بڑھاتا ماسفیٹ کے لئے ضروری ہے کہ $-V_t > -V_{SG}$ رہے۔ چونکہ
 $-V_t = -(-2) = 2 \text{ volt}$

ہے لہذا اس شرط کا مطلب ہے کہ $V_{SG} > 2 \text{ V}$ ہو۔ یوں $V_{SG} = 4 \text{ V}$ کو درست جواب تسلیم کیا جاتا ہے۔ یوں چونکہ لہذا $V_S = 5 \text{ V}$

$$V_{SG} = V_S - V_G$$

$$4 = 5 - V_G$$

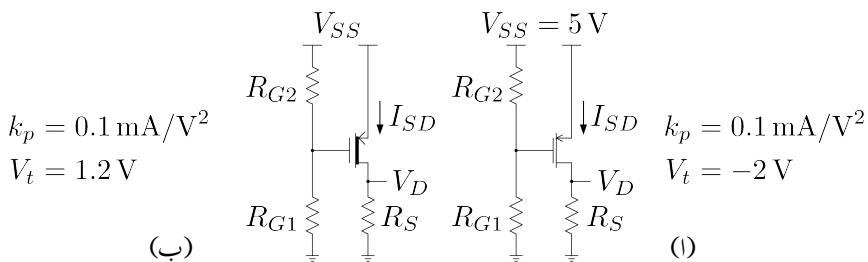
$$V_G = 1 \text{ V}$$

$R_{G1} = 1 \text{ M}\Omega$ اور R_{G2} کے قیمتیں چن کر $V_G = 1 \text{ V}$ حاصل کیا جاتا ہے۔ مثلاً اگر چنانچہ تو $R_{G1} = 1 \text{ M}\Omega$ اور $R_{G2} = 4 \text{ M}\Omega$

$$V_G = \frac{R_{G1} V_{SS}}{R_{G1} + R_{G2}}$$

$$R_{G2} = R_{G1} \left(\frac{V_{SS}}{V_G} - 1 \right)$$

$$R_{G2} = 4 \text{ M}\Omega$$



شکل ۱۹: p ماسیفیٹ کے پک سمت ادوار

حاصل ہوتا ہے۔

مثال ۱۹.۲: شکل ۱۹.۲ میں p قلم کا گھناتا ماسیف اسٹیکل کرتے دور بنایا گیا ہے جس میں ماسیف کوافر زاندہ رکھتے ہوئے $V_D = 1\text{ V}$ اور $I_{SD} = 0.2\text{ mA}$ درکاریں۔ اس دور کو حل کریں۔

$$V_D = I_{SD} R_D$$

$$1 = 0.2 \times 10^{-3} R_D$$

$$R_D = 5 \text{ k}\Omega$$

افزائندہ ماسیف کی مساوات سے

$$I_{SD} = \frac{k_p}{2} (V_{SG} + V_t)^2$$

$$0.2 \times 10^{-3} = \frac{0.1 \times 10^{-3}}{2} (V_{SG} + 1.2)^2$$

$$V_{SG} = -3.2 \text{ V}, 0.8 \text{ V}$$

$V_{SG} = -3.2 \text{ V}$ ضروری ہے۔ یوں $V_{SG} > -1.2 \text{ V}$ یعنی V_t کے لئے p قم کے گھاتاما سفیٹ کے کورڈ کیا جاتا ہے اور $V_{SG} = 0.8 \text{ V}$ کورڈ ست جواب تیم کیا 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 اف میں I_{DS} اور V_{DS} حاصل کریں۔ گھناتاما سفیٹ کے

$$k_n = 0.1 \text{ mA V}^{-2}$$

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

یہ حل: ماسفیٹ 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 ماسفیٹ افزاں نہ ہے۔ اس طرح

$$I_{DS} = \frac{k_n}{2} (V_{GS} - V_t)^2$$

$$I_{DS} = \frac{0.1 \times 10^{-3}}{2} [(-2000 I_{DS}) - (-1)]^2$$

$$I_{DS} = 5.958 \text{ mA}, 0.042 \text{ mA}$$

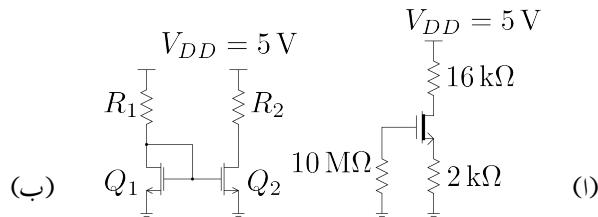
5.958 mA کے برقی روے سے $V_{GS} = -5.958 \times 10^{-3} \times 2000 = -11.9 \text{ V}$ حاصل ہوتا ہے جو کہ مقطوع ماسفیٹ کی نشانی ہے لہذا اس جواب کو رد کیا جاتا ہے۔ 0.042 mA کے برقی روے سے $V_{GS} = -0.042 \text{ V}$ حاصل ہوتا ہے جو کہ حپا اوماسفیٹ کی نشانی ہے۔ یہی صحیح جواب ہے۔ مزید سے کہ

$$V_S = 0.042 \times 10^{-3} \times 2000 = 0.084 \text{ V}$$

$$V_D = 5 - 0.042 \times 10^{-3} \times 16000 = 4.328 \text{ V}$$

$$V_{DS} = V_D - V_S = 4.328 - 0.084 = 4.224 \text{ V}$$

$$V_{GD} = V_G - V_D = 0 - 4.328 = -4.328 \text{ V}$$



شکل ۳.۲۰: ماسفیٹ کے یک سمت ادوار

چونکہ $V_t < V_{GD}$ ہے لہذا ماسفیٹ اندازہ نہیں 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 یہاں تصور کرتے ہوئے اسے حل کریں۔

حل: Q_1 کا گیٹ اس کے ڈین 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 ڈین جبڑے ہونے کی وجہ سے ان دونوں پر برابر قیمی دباؤ لیا جائے گا یعنی $V_{D1} = V_{G1}$ ہو گا۔ یہاں $V_{GS1} - V_{DS1} < V_t$ اور $V_{GS1} = V_{DS1}$ کر خون کے وظائف برائی دہاوے کے تحت

$$V_{DD} = I_{DS1}R_1 + V_{DS1}$$

$$V_{DS1} = V_{DD} - I_{DS1}R_1$$

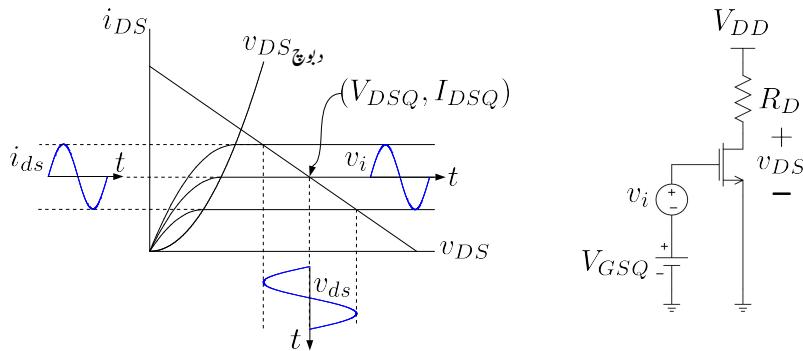
ہے۔ چونکہ V_{GS1} اور V_{DS1} برابر ہیں لہذا

$$V_{GS1} = V_{DS1} = V_{DD} - I_{DS1}R_1$$

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 بر قی روکی دو مفتداریں حاصل ہوں گے جن میں سے صرف ایک مفتدار قابل تجسس ہو گی۔ اس بر قی 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 افسزائندہ 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 دکر رہے گا۔

۲.۹ ماسفیٹ ایمپلیفیاٹر کا ترکیبی تجزیہ

ماسفیٹ کو بطور ایمپلیفیاٹر استعمال کرنے کی حالت اسے افسزائندہ خطے میں مائل کیا جاتا ہے۔ شکل ۲۱.۲ میں ماسفیٹ ایمپلیفیاٹر دکھایا گیا ہے۔ ساتھ ہی ماسفیٹ کے خطوط اور برقی خط بوجھ بھی دکھایا گیا ہے۔ افسزائندہ خطے کے حد کو دوچ v_{DS} کے خطے دکھایا گیا ہے۔ ماسفیٹ ایمپلیفیاٹر اس وقت تک خوش اسلوبی سے داخلی اشارے کو بڑھاتا ہے جب تک ماسفیٹ افسزائندہ خطے 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 ۲۱.۲ میں نقطہ کار کردگی ماسفیٹ کے گیٹ پر برقی دباؤ V_{GSQ} ، بوجھ کی مساحت R_D اور برقی دباؤ کی منبع V_{DD} نہیں کرتے ہیں۔ $v_i = 0$ ہونے کی صورت میں ماسفیٹ نقطہ کار کردگی پر پایا جائے گا جہاں اس کے لیکے سمت برقی دباؤ V_{DSQ} اور یک سمت برقی رو I_{DSQ} ہوں گے۔ اب تصور کریں کہ باریک اشارہ v_i بہت جانب پر 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۔

۲.۱۰ ماسفیٹ ایمپلیفیاٹر کا تخلیلی تجزیہ

شکل ۲۲.۲ میں بڑھاتا ماسفیٹ کو استعمال کرتے ہوئے ایمپلیفیاٹر کا دور بنایا گیا ہے جس میں دو عدد منع بر قی دباؤ V_{GS} اور V_{DD} ماسفیٹ کو مائل کرنے کی حناطر استعمال کئے گئے ہیں۔ جیسا کہ ہم اسی باب میں آگے دیکھیں گے، حقیقت میں عموماً ایس نہیں کیا جاتا۔ یہ حال اس دور کی مدد سے ایمپلیفیاٹر پر غور کرنا نسبتاً آسان ہے۔ اس دور میں داخلی جانب یک سمت منع V_{GS} کے ساتھ سلسلہ وار بدلت اشارہ v_{gs} مملک کیا گیا ہے۔ اس دور کا مقصد داخلی اشارہ v_{gs} کا جیطہ 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۔

۲.۱۰.۱ یک سمت تجزیہ

ماسفیٹ کا نقطہ کار کردگی حاصل کرنے کی حناطر بدلت اشارہ کو قصر دور کیا جاتا ہے یعنی اس کی قیمت صفر کر دی جاتی ہے۔ یوں

$$(2.33) \quad I_{DS} = \frac{k_n}{2} (V_{GS} - V_t)^2$$

حاصل ہوتا ہے۔ حنارجی جانب کر خوف کے وفاون برائے بر قی دباؤ سے

$$(2.35) \quad V_{DS} = V_{DD} - I_{DS}R_D$$

حاصل ہوتا ہے۔ ماسفیٹ امنڑا نہ ہونے کی حناطر

$$V_{GS} - V_{DS} < V_t$$

کا ہونا ضروری ہے۔

۲.۱۰.۲ بدلتارو تجزیہ

بدلتارو تجزیہ کی حناطر دور میں v_{gs} پر نظر رکھی جائے گی۔ شکل ۲۲.۲ میں V_{GS} اور v_{gs} سلسلہ وار جوڑنے سے

$$(2.36) \quad v_{GS} = V_{GS} + v_{gs}$$

حاصل ہوتا ہے جس کو استعمال کرتے ہوئے

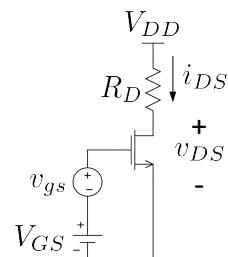
$$(2.37) \quad i_{DS} = \frac{k_n}{2} (v_{GS} - V_t)^2$$

$$i_{DS} = \frac{k_n}{2} (V_{GS} - V_t)^2 = \frac{k_n}{2} (V_{GS} + v_{gs} - V_t)^2$$

$$= \frac{k_n}{2} (V_{GS} - V_t)^2 + k_n (V_{GS} - V_t) v_{gs} + \frac{k_n}{2} v_{gs}^2$$

I_{DS}
 i_{ds}
 $\overset{\text{نگار جزو}}{\text{اشارتی جزو}}$

یک سنتی جزو
اشارتی جزو



$$v_{GS} = V_{GS} + v_{gs}$$

شکل ۳.۲۲: ماسیفٹ اینپلیفیٹر کے برتنی رو کے مختلف اجزاء

$$\begin{aligned}
 i_{DS} &= \frac{k_n}{2} (V_{GS} + v_{gs} - V_t)^2 \\
 &= \frac{k_n}{2} [(V_{GS} - V_t) + v_{gs}]^2 \\
 &= \frac{k_n}{2} [(V_{GS} - V_t)^2 + 2(V_{GS} - V_t)v_{gs} + v_{gs}^2] \\
 &= \frac{k_n}{2} (V_{GS} - V_t)^2 + k_n (V_{GS} - V_t) v_{gs} + \frac{k_n}{2} v_{gs}^2
 \end{aligned} \tag{۳.۳۸}$$

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 گئے کے برابر ہے اور یوں اسے I_{DS} کھا جاتا ہے۔ مساوات کا دوسرا جزو $v_{gs} (V_{GS} - V_t)$ بدلتا رہ جزو ہے۔ یہ جزو داخلي اشارہ کا $(V_{GS} - V_t) k_n$ $\overset{\text{نگار جزو}}{\text{اشارہ کا جزو}} ہے اور یوں اسے i_{ds} کھا جاتا ہے۔ مساوات کا تیسرا جزو v_{gs} کے مرتع کے راست تناسب ہے اور یوں یہ جزو اشارہ کی شکھ بگاتا ہے۔ یہ آجسٹری جزو ہے۔ اشارہ کی اصل شکل برقرار رکھنے کی حاطر اس جزو کی قیمت دوسرے جزو سے بہت کم رکھنی ضروری ہے یعنی$

$$\frac{k_n}{2} v_{gs}^2 \ll k_n (V_{GS} - V_t) v_{gs}$$

اس سے حاصل ہوتا ہے

$$v_{gs} \ll 2 (V_{GS} - V_t) \tag{۳.۳۹}$$

ساوات ۳۹.۳ باریکے اشارہ کی شرط بیان کرتا ہے۔ جو اشارہ اس ساوات پر پورا ترے اسے باریکے اشارہ تصور کیا جاتا ہے۔

اگر داخنی اشارہ باریکے اشارہ کی شرط پر پورا ترے تو ساوات ۳۸.۳ 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 ۳۱.۵ 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-نا افسزاں ہے۔ ساوات ۳۳.۳ کی مدد سے g_m کو یوں بھی لکھا جا سکتا ہے۔

$$(3.53) \quad g_m = \sqrt{2I_{DS}k_n} \\ = \frac{2I_{DS}}{V_{GS} - V_t}$$

g_m کے باضابطہ تعریف کے مطابق یہ ماسفیٹ کے v_{GS} - i_{DS} خط کے نقطے مائل پر ماس کی ڈھالوان ہے یعنی

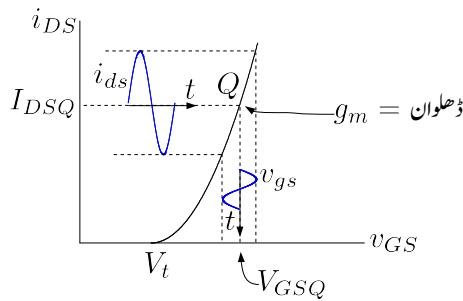
$$(3.55) \quad g_m = \left. \frac{\partial i_{DS}}{\partial v_{GS}} \right|_{v_{GS}=V_{GSQ}}$$

اسکے میں موجود گی میں ساوات ۳۵.۳ مندرجہ ذیل صورت اختیار کر لیتا ہے۔

$$(3.56) \quad v_{DS} = V_{DD} - i_{DS} R_D$$

ساوات ۳۵.۰ کے استعمال سے

$$(3.57) \quad v_{DS} = V_{DD} - (I_{DS} + i_{ds}) R_D \\ = V_{DD} - I_{DS} R_D - i_{ds} R_D$$



شکل ۳.۲۳: ماسفیٹ ایمپلیفیاٹر کا گیٹ پر بر قی دباؤ بال مقابل ماسفیٹ کی بر قی روکا خط

یہ مساوات داخنی اشارہ کے موجودگی میں حنارتی 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

$$(3.59) \quad v_{ds} = -i_{ds} R_D$$

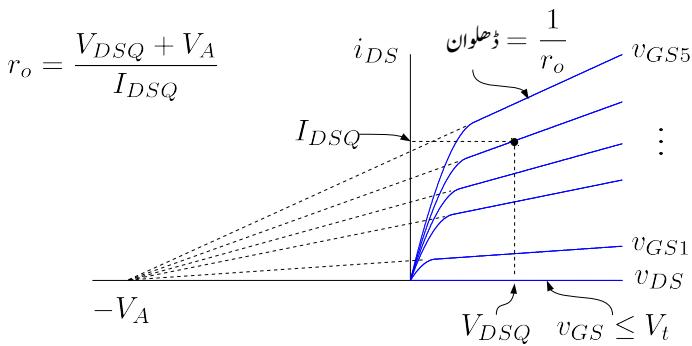
ہے۔ مساوات ۳.۵۲ کی مدد سے

$$(3.60) \quad v_{ds} = -g_m R_D v_{gs}$$

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 حنارتی اشارہ v_{ds} منفی ہو گا (یعنی دو اشارات آپس میں 180° زاویہ پر ہتے ہیں)۔ شکل ۳.۲ میں مساوات ۳.۲۷ کا خط کھینچا گیا ہے۔ نقطہ کار کردگی پر اس خط کی ڈھلوان g_m کہلاتی ہے۔ داخنی اشارہ v_{gs} کے عدم موجودگی میں ماسفیٹ نقطہ کار کردگی 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 حصہ پایا جائے گا جسے کہا جاتا ہے۔



شکل ۱۱.۲۳: اولی بر قی دباؤ

۱۱.۱۱ ماسفیٹ ریاضی نمونہ

اس ہے میں ماسفیٹ کے ریاضی نمونے ۱۱.۳ صل کے جب نئی گے جنہیں استعمال کر کے بدلتے بر قی دباؤ اور بدلتے بر قی رو صل کے جب تے ہیں۔

۱۱.۱۱.۱ حناجی مزاحمت r_0

MASFİİT کو بطور ایک پیغامبر استعمال کرنے کی حراظر اسے افسزاں دھنے میں مائل کیا جاتا ہے۔ مساوات ۲۲.۳ کے مطابق افسزاں دھنے دھنے میں i_{DS} تبدیل کرنے کے v_{DS} پر کوئی اثر نہیں ہوتا۔ صفحہ ۳۷۹ پر شکل ۵.۲ پر میں v_{DS} کو دوچھے سے بڑھانے پر پیدا کردہ راہ کی لمبائی کم ہوتے دکھائی گئی ہے۔ مساوات ۲۲.۳ صل کرتے وقت اس اثر کو نظر انداز کیا گیا۔ پیدا کردہ راہ کی لمبائی کم ہونے سے پیدا کردہ راہ کی مزاحمت کم ہو جاتی ہے اور پس i_{DS} بڑھ جاتا ہے۔ بڑھتے بر قی دباؤ کے ساتھ پیدا کردہ راہ کی لمبائی کم ہونے کے اثر کو ہم مساوات ۲۲.۳ میں الٹے بر قی دباؤ V_A کے طرز کا جزو ثالث صل کرنے سے حاصل کر سکتے ہیں جیسے

$$(۱۱.۲۲) \quad i_{DS} = \frac{k'_n}{2} \left[\frac{W}{L} \right] [v_{GS} - V_t]^2 \left[1 + \frac{v_{DS}}{V_A} \right]$$

$$= \frac{k_n}{2} [v_{GS} - V_t]^2 \left[1 + \frac{v_{DS}}{V_A} \right]$$

الٹے بر قی دباؤ کے اثر کو ثالث صل کرتے ہوئے ماسفیٹ کے خط شکل ۲۲.۳ میں گراف کئے گئے ہیں۔ اس مساوات سے ماسفیٹ کا حناجی مزاحمت حاصل کرنے کی عندرش سے اس کا تفریق فقط مائل پر لیتے

بیں۔

$$\left. \frac{\partial i_{DS}}{\partial v_{DS}} \right|_{V_{GS}} = \frac{k_n}{2} (V_{GS} - V_t)^2 \frac{1}{V_A}$$

اور یوں

$$(۴.۴۳) \quad r_o = \left. \frac{\partial i_{DS}}{\partial v_{DS}} \right|_{v_{GS}}^{-1} = \frac{1}{\frac{k_n}{2} [v_{GS} - V_t]^2 \frac{1}{V_A}}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اگر ارلی برقی دباؤ کے اثر کو نظر انداز کیا جائے تو I_{DS} کو $\frac{k_n}{2} (v_{GS} - V_t)^2$ کے حساب سے اور یوں مندرجہ بالا درجی مزاجمت کی مساوات کو بہتر طریقے سے یوں لکھا جاسکتا ہے اور یوں

$$(۴.۴۴) \quad r_o = \left. \frac{\partial i_{DS}}{\partial v_{DS}} \right|_{v_{GS}}^{-1} \approx \frac{V_A}{I_{DS}}$$

ہم V_A کو ارلی برقی دباؤ کی قیمت پر اکر دہراہ کے لمبائی کے راستے تناسب ہوتا ہے۔

$$(۴.۴۵) \quad V_A \propto L_r$$

یوں r_o بڑھنے کی حرطہ زیادہ لمبائی کی راہ تخلیق دی جاتی ہے۔ ماسفیٹ کے ارلی برقی دباؤ کی عسمی قیمت ۲۰۰ V تا ۳۰۰ V ہوتی ہے۔

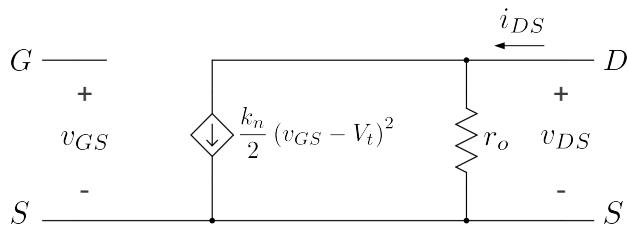
۴.۱۱.۲ و سچ اشاراتی ماسفیٹ ریاضی نمونہ

افزارہ خلی میں ماسفیٹ کا و سچ اشاراتی ریاضی نمونہ ۴۵ شکل ۲۵.۲ میں دکھایا گیا ہے۔ اس ریاضی نمونے کے داخلی جناب مزاجمت لامحدود ہے جبکہ مساوات ۱۶۳.۳ اس کا خارجی مزاجمت 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 ۲۸.۳ کا جزوی تفسیر حاصل کرتے ہیں جس سے افزاں g_m حاصل ہوگی۔ جزوی تفسیر کی قیمت نقطہ مائل V_{GS} پر حاصل کیا جاتا ہے۔ یوں

$$(۴.۴۶) \quad g_m = \left. \frac{\partial i_{DS}}{\partial v_{GS}} \right|_{V_{GS}} = k_n [V_{GS} - V_t]$$



شکل ۲.۲۵: و سچ اشارات ماسفیٹ ریاضی نمونہ

حاصل ہوتا ہے۔ مساوات ۲۸.۳ 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 ۲۶.۳ کو یوں بھی لکھا جاسکتا ہے۔

$$(۲.۲۷) \quad g_m = k_n [V_{GS} - V_t] = k_n \sqrt{\frac{2I_{DS}}{k_n}} = \sqrt{2k_n I_{DS}}$$

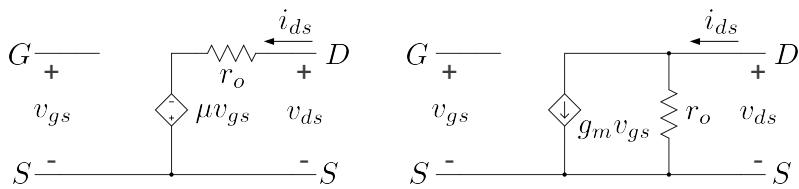
مساوات ۲۳.۳ سے حاصل r_o اور مساوات ۲۷.۳ سے حاصل g_m استعمال کرتے ہوئے ماسفیٹ کا پہتھنہ تعدادی باریکے اشاراتی ماسفیٹ پائے ریاضی نمونہ حاصل ہوتا ہے جسے شکل ۲۲.۳ میں دیکھ دکھایا گیا ہے۔ اس ریاضی نمونے کا عسومی نام π ریاضی نمونے ہے۔ دوجو ٹرانزسٹر کے باریکے اشاراتی ریاضی نمونے کے ساتھ موازنے کرتے ہوئے صاف ظاہر ہے کہ ماسفیٹ کا داخلی مزاجحت لامحہ دو ہونے کی وجہ سے اس کی داخلی برقی رو ضفر ہو گی۔ ماسفیٹ کے g_m کا دوجو ٹرانزسٹر کے g_m کے ساتھ موازنے کرنے سے معین ہوتا ہے کہ ماسفیٹ کی برقی رو چارگنا کرنے سے اس کا g_m دگنا ہوتا ہے جبکہ دوجو ٹرانزسٹر کی برقی رو صرف دگن کرنے سے ہی اس کا g_m دگنا ہو جاتا ہے۔

شکل ۲۶.۲ میں اسی ریاضی نمونے کی دوسری شکل بھی دکھائی گئی ہے جہاں ریاضی نمونے میں حنارجی حساب نارੂن مساوی کی جگہ تھوڑی مساوی استعمال کیا گیا ہے۔ یوں تھوڑی برقی دباء $v_{gs}r_o$ کے برابر لیتے ہوئے

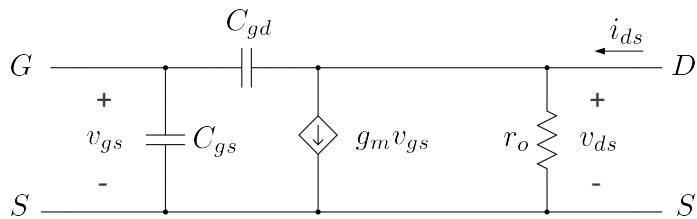
$$\mu = g_m r_o$$

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 تعداد 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 مثل مسل 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 نیچے الٹا خطہ سورس سے ڈرین تک تقریباً یہاں شکل کا ہوتا ہے۔ گیٹ اور الٹا خطہ مسل کر کپیٹر $\frac{\epsilon WL}{d}$ کو جنم دیتے ہیں۔ اس کپیٹر کا آدھا حصہ C_{gd} اور آدھا حصہ C_{gs} ہے لیتی

$$(3.28) \quad C_{gs} \approx C_{gd} \approx \left(\frac{1}{2} \right) \frac{\epsilon WL}{d}$$

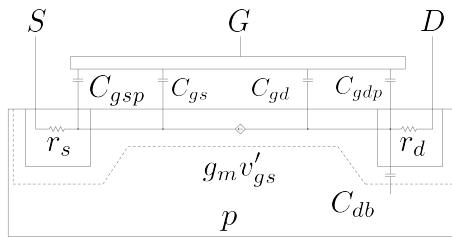
جہاں W گیٹ کی چوڑائی، L گیٹ کی لمبائی، d گیٹ اور سلیکان کے درمیان فاصلہ ہے۔ $\epsilon = \epsilon_r \epsilon_0$ ہے جہاں $\epsilon_r = 3.9$ جبکہ $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ F m}^{-1}$ ہے۔

امنزاںڈڈ ماسفیٹ کے ڈرین حبائب راہ دبوچا گیا ہوتا ہے۔ یوں گیٹ کے نیچے پیدا کردا راہ ہر جگہ یہاں نہیں ہوتا۔ اس صورت میں $C_{gs} \approx 0$ جبکہ $C_{gd} \approx \frac{2\epsilon WL}{3d}$ ہوتا ہے۔

$$(3.29) \quad C_{gd} \approx 0$$

$$C_{gs} \approx \left(\frac{2}{3} \right) \frac{\epsilon WL}{d}$$

ان کے علاوہ گیٹ کا کچھ حصہ سورس کو اور کچھ حصہ ڈرین کو ڈھانپتا ہے جس سے گیٹ اور سورس کے مابین غیر مطلوب کپیٹر C_{gsp} اور اسی طرح گیٹ اور ڈرین کے مابین غیر مطلوب کپیٹر C_{gdp} پیدا ہوتا ہے۔ ڈرین اور



شکل ۱۱.۳.۲۸: ماسفیٹ ریاضی نمونے کے اجزاء

سیکان پتسری کامائین pn جوڑ پایا جاتا ہے جس کے کپیسٹر کو C_{db} سے ظاہر کیا جاتا ہے۔

ماسفیٹ کے ریاضی نمونے میں C_{gs} گیٹ اور سورس کے درمیان دونوں اقسام کے کپیسٹروں کے مجموعے کو کہتے ہیں۔ اسی طرح C_{gd} بھی دونوں اقسام کے کپیسٹروں کے مجموعے کو ظاہر کرتا ہے۔ شکل 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 سرے درمیان r_s مزاحمت پایا جاتا ہے۔ اسی طرح بیرونی ڈرین سرے اور اندروں ڈرین کے درمیان r_d پایا جاتا ہے۔ اس کتاب میں r_s ، r_d اور r_{db} 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۔

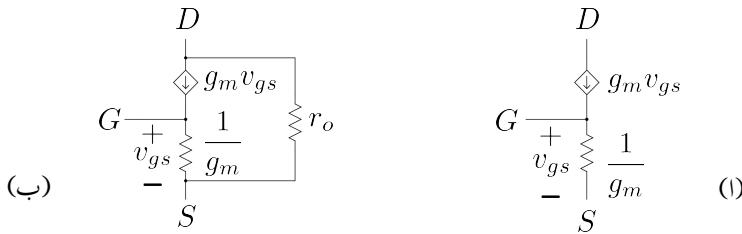
۱۱.۳.۴ باریکے اشاراتی ماسفیٹ ٹی ریاضی نمونہ

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 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 ۲۹: بارپیک اشاراتی ماسیفیٹ ٹری پیاضی نمونہ

ہو گی۔ یہی برقی روسور سس پر ہو گی۔ گیٹ G کے جوڑ پر D کی جانب سے v_{gs} برقی رو آتی ہے۔ اس جوڑ سے اتنی ہی برقی رو مزاحمت سے گزرتے ہوئے S روڈاں ہے۔ یوں کر خوف کے قانون برائے برقی روکی مدد سے گیٹ پر برقی رو = i_g حاصل ہوتی ہے۔ دھنی مزاحمت v_{gs} کی قیمت = 0 ہے اس نے پر لامبے دو حاصل ہوتی ہے۔ ہم دیکھتے ہیں کہ فریاضی نمونے سے بھی بالکل وہی جوابات حاصل ہوتے ہیں جو پائے ریاضی نمونے سے حاصل ہوتے ہیں لہذا امسفینٹ کے ادوار حل کرتے وقت اُن ریاضی نمونے کو بھی استعمال کیا جا سکتا ہے۔ اُن ریاضی نمونے میں ۲۰ کی شمولیت شکل ۲۹.۲ میں دکھایا گیا ہے۔
دو جوڑ ترازوں سڑ کے اُن ریاضی نمونے کی طرح شکل ۲۹.۲ میں دکھائے گئے ماسفینٹ کے اُن ریاضی نمونے دونوں اقسام کے ماسفینٹ یعنی pMOSFET اور nMOSFET کے لئے استعمال ہیں۔

۳.۱۱.۵ کے سمت اور دلتے متغیرات کی علیحدگی

من در جب بالا تذکرہ سے ہم دیکھتے ہیں کہ بر قی دباد اور بر قی رو کے دو حصے (یعنی یک سمت حصہ اور بدلتا حصہ) ہوتے ہے۔ مانگینیٹ کے ادوار حسل کرتے وقت ان دو حصوں کو علیحدہ علیحدہ حسل کیا جاتا ہے۔ پہلے بدلتے مقیدیات کی قیمتیں صفر کرتے ہوئے یک سمت حصہ حسل کر کے فقط مائل حاصل کیا جاتا ہے اور پھر بدلتے حصے کو ریاضی نمونے کی مدد سے حسل کیا جاتا ہے۔

مثال ۳.۱۶: مساوات ۳۸.۳ میں $\frac{k_n v_g^2}{2}$ ناپسندیدہ حصہ ہے۔ اگر داخلي اشارہ $V_p \cos \omega t$ ہو تو بنا پسندیدہ جزو میں $\frac{k_n V_p^2}{4} [1 + \cos(2\omega t)]$ استعمال کرتے ہوئے لکھا جاسکتا ہے جو داخلي اشارے کے دنی تعدد کا جزو ہے۔ یہی اصل اشارے کی شکل بگاتا ہے۔ حماری اشارے میں دنی تعدد اور اصل تعداد کے اجزاء کے جیلوں کی نسبت حاصل کریں۔ اگر $V_{GS} = 4V$ اور $V_t = 1.4V$ ہوں تو داخلي اشارے کی چوٹی کی وحدہ حاصل کریں جس پر حاصل کردہ نسبت ۱% ہو۔

$$\frac{\text{مُبْرَأ حِبْزَو}}{\text{اصل حِبْزَو}} = \frac{V_p}{4(V_{GS} - V_t)}$$

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 ۷.۲ اب 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 لیے پر $V_G = 6 \text{ V}$ جبکہ سورس پر $V_S = 0.81 \text{ V}$ ناپی جاتے ہیں۔ ساتھ ہی ساتھ باریک اشاراتی بر قی دبوکی افسزاں $A_v = -6.8 \text{ V V}^{-1}$ اور 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

$$V_{GS} = V_G - V_S = 6 - 0.81 = 5.19 \text{ V}$$

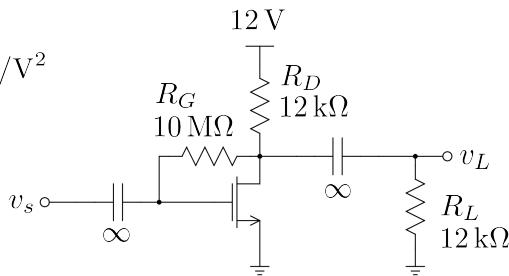
ہے۔ مساوات ۷.۲ کی مدد سے $g_m = 1 \text{ mA/volt}$ میں پر کرتے ملتے ہے۔

$$10^{-3} = k_n (5.19 - V_t)$$

تصور کرتے ہیں کہ ماسفینٹ افسزاں دھنے میں ہے یوں افسزاں دھنے ماسفینٹ کی مساوات سے

$$1.4464 \times 10^{-3} = \frac{k_n}{2} (5.19 - V_t)^2$$

$$\begin{aligned}V_t &= 2 \text{ V} \\k_n &= 0.2 \text{ mA/V}^2 \\V_A &= 60 \text{ V}\end{aligned}$$



شکل ۳.۳۰: ماسفیٹ ایپلیناٹر

حاصل ہوتا ہے۔ مندرجہ بالادوست ان ملک

$$1.4464 \times 10^{-3} = \frac{k_n}{2} \left(\frac{10^{-3}}{k_n} \right)^2$$

$V_t = 2.29 \text{ V}$ کھاچ سکتا ہے جس سے حاصل ہوتا ہے۔ اس قیمت کو استعمال کرتے ہوئے حاصل ہوتا ہے۔ شکل کو دیکھتے ہوئے

$$V_D = V_{DD} - I_{DS}R_D = 12 - 1.4464 \times 10^{-3} \times 6800 = 2.16 \text{ V}$$

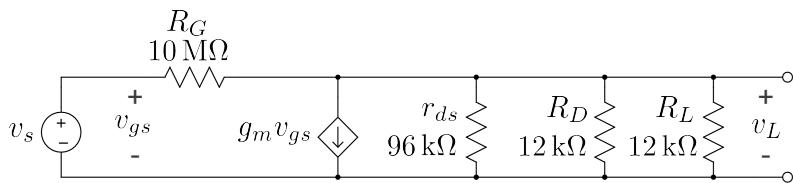
کھاچ سکتا ہے۔ یہ

$$V_{GD} = V_G - V_D = 6 - 5.16 = 0.835 \text{ V}$$

حاصل ہوتا ہے جو V_t سے کم ہے لہذا ماسفیٹ افسزاں ندہ خطے میں ہی ہے۔

مثال ۳.۱۸: شکل ۳.۳۰ میں ماسفیٹ ایپلیناٹر کھایا گیا ہے۔ داخلی اور خارجی جبابر لامدد و جفتی کپیٹر استعمال کئے گئے ہیں۔ داخلی مساز احمد، خارجی مساز احمد اور افسزاں اش $A_v = \frac{v_L}{v_s}$ حاصل کریں۔

حل: چونکہ گیٹ پر بر قی رو ضرور ہے لہذا R_G پر صفر ولٹ کا گھٹاؤ ہو گا۔ اس طرح $V_G = V_D$ ہوں گے، یعنی $V_{GS} = V_{DS} = 0 \text{ V}$ ہو گا۔ یہ $V_{GD} < V_t$ ہے جس سے ثابت ہوتا ہے کہ ماسفیٹ



شکل ۱۱.۳: ماسفیٹ ایک پلینائز کا مساوی باریکے اسٹار آنی دور

افزائندہ خطے میں ہے۔ یوں

$$\begin{aligned} I_{DS} &= \frac{0.2 \times 10^{-3}}{2} (V_{GS} - 2)^2 \\ &= \frac{0.2 \times 10^{-3}}{2} (V_{DS} - 2)^2 \end{aligned}$$

لکھا جاسکتا ہے۔ اونہم کے فتاون سے

$$I_{DS} = \frac{12 - V_{DS}}{R_D} = \frac{12 - V_{DS}}{12000}$$

حاصل ہوتا ہے۔ ان دو مساوات کو ملا کر حل کرنے سے

$$V_{DS} = 4.5 \text{ V}, \quad I_{DS} = 0.625 \text{ mA}$$

حاصل ہوتا ہے۔ دوسری مساوات کے دوسرے جواب کو رد کیا جاتا ہے۔
گیت کی قیمت g_m

$$\begin{aligned} g_m &= k_n (V_{GS} - V_t) \\ &= 0.2 \times 10^{-3} (4.5 - 2) \\ &= 0.5 \text{ mA V}^{-1} \end{aligned}$$

اور حنارجی مزاحمت r_o کی قیمت

$$r_o = \frac{V_A}{I_{DS}} = \frac{60}{0.625 \times 10^{-3}} = 96 \text{ k}\Omega$$

حاصل ہوتے ہیں۔ شکل ۱۱.۳ میں ان قیتوں کو استعمال کرتے ہوئے مساوی پست تعدادی باریکے اسٹار آنی دو دکھایا گیا ہے۔ R_G سے گزرتے برقی روک 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_s برابر میں ہے

$$A_v = \frac{v_L}{v_s} = -2.823 \text{ V V}^{-1}$$

حاصل ہوتا ہے۔ چونکہ R_G میں برقرار رہے

$$\begin{aligned} i_s &= \frac{v_s - v_L}{R_G} \\ &= \frac{v_s}{R_G} \left(1 - \frac{v_L}{v_s} \right) \\ &= \frac{v_s}{R_G} [1 - (-2.823)] \\ &= 3.823 \frac{v_s}{R_G} \end{aligned}$$

کے برابر ہے لہذا حاصل میں مساحت

$$R_i = \frac{v_s}{i_s} = \frac{R_G}{3.823} = 2.6 \text{ M}\Omega$$

حاصل ہوتا ہے۔

مثال ۳.۱۹: شکل ۳۲.۳ میں $k_n = 1.2 \text{ mA V}^{-2}$ اور $V_t = 0.8 \text{ V}$ اور r_o کو نظر انداز کرتے ہوئے حاصل کریں۔ پیغمبر کی قیمت لامحہ دو تصویر کریں۔

حل: یک سمت خوبزی یہ سے حاصل $V_{DS} = 5.38 \text{ V}$ ، $V_{GS} = 1.8 \text{ V}$ ، $I_{DS} = 0.6 \text{ mA}$ اور V_{DS} ہوتے ہیں۔ یوں ماسنیٹ افزاں نہ نظر میں ہے۔ انہیں استعمال کرتے ہوئے

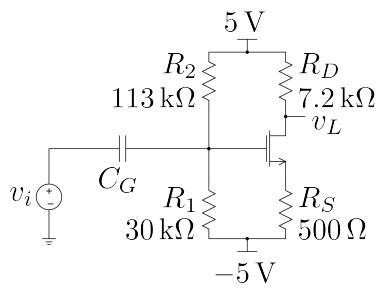
$$g_m = \sqrt{2k_n I_{DS}} = \sqrt{2 \times 1.2 \times 10^{-3} \times 0.6 \times 10^{-3}} = 1.2 \text{ mS}$$

حاصل ہوتا ہے۔ ایک پیغمبر کا باریکے اشاراتی مسادی دور شکل ۳۲.۳ 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-بیس بیس مزاحمت

حاصل ہوتے ہیں۔ چونکہ $v_{gs} = v_g - v_s$ ہے لہذا

$$v_{gs} = v_i - 0.6v_{gs}$$

لکھا سکتا ہے جس سے

$$v_{gs} = \frac{v_i}{1.6} = 0.625v_i$$

حاصل ہوتا ہے۔ اس قیمت کو v_L کی مساوات میں پرکرتے ملتا ہے

$$v_L = -8.64 \times 0.625 \times v_i = -5.4v_i$$

یعنی

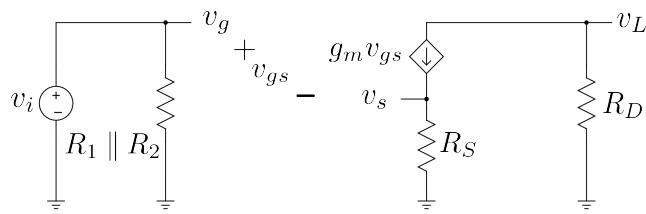
$$A_v = \frac{v_L}{v_i} = -5.4 \text{ V V}^{-1}$$

مثال ۳.۲۰: مثال ۱۹.۳ میں R_S کے متوازی لامدد قیمت کا کپیٹر نسب کرتے ہوئے A_v دوبارہ حاصل کریں۔
حل: کپیٹر نسب کرنے سے نقطہ کار کر دیگر کوئی اثر نہیں پڑتا ہے (انسانی $g_m = 1.2 \text{ mS}$ رہے گا۔ باریکے اشاراتی مساوی دور شکل ۳.۳۲ میں دکھایا گیا ہے جس سے

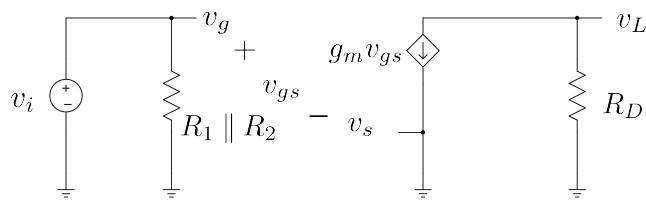
$$v_L = -g_m v_{gs} R_D = -8.64 v_{gs}$$

$$v_g = v_i$$

$$v_s = 0$$



شکل ۳.۳۳: مشترک کے یک پر بھی بھر مساز ہست کا بدیک اشاراتی مساوی دور



شکل ۳.۳۴

یعنی

$$v_{gs} = v_i$$

$$v_L = -8.64v_i$$

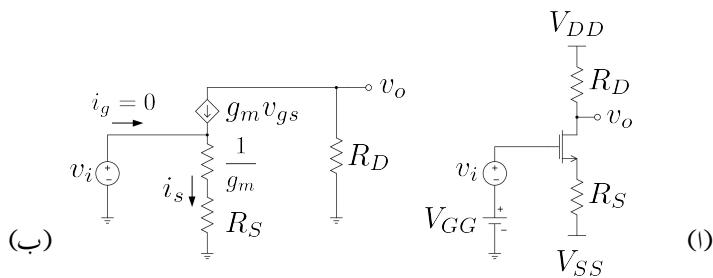
اور

$$A_v = -8.64 \text{ V V}^{-1}$$

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 کپیٹر نسبت کرنے سے A_v پر R_S کے بڑے اثر کو حنث کیا جاتا ہے۔

مثال ۳.۲۱: شکل ۳.۳۵.۳ کے ایک پلینائز کوئی ریاضی نمونے سے حل کریں۔



شکل ۲.۳۵

حل: شکل ب میں اسی ریاضی نمونے استعمال کرتے ہوئے اس کا باریک اشاراتی مساوی دودھ سایا گیا ہے۔
ریاضی نمونے استعمال کرتے وقت اس حقیقت کو بروئے کارلا میں کہ گیٹ پر بر قی رو صفر رہتی ہے۔ شکل میں $i_g = 0$ لکھ کر اس حقیقت کی یاد رہنی کرائی گئی ہے۔ داخلی جانب کر خوف کے قانون برائے بر قی دباؤ کی مدد سے ہم لکھ سکتے ہیں۔

$$i_s = \frac{v_i}{\frac{1}{g_m} + R_S}$$

چونکہ $i_g = 0$ ہے لہذا برقی رو R_D سے بھی گزرے گی۔ اس طرح

$$v_o = - \left(\frac{v_i}{\frac{1}{g_m} + R_S} \right) R_D$$

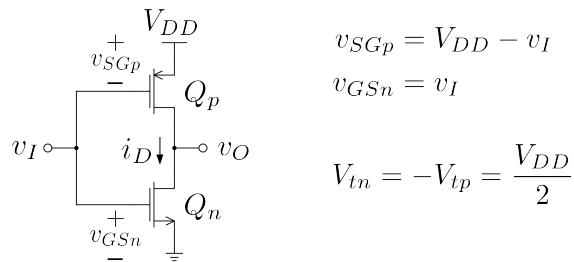
ہو گا جس سے

$$(2.71) \quad A_v = \frac{v_o}{v_i} = - \left(\frac{R_D}{\frac{1}{g_m} + R_S} \right)$$

حاصل ہوتا ہے۔ اس مساوات کو یوں بہتر طرز پر لکھا جاسکتا ہے

$$(2.72) \quad A_v = - \frac{\sum R_{\text{ذین}}}{\sum R_{\text{سر}}} \quad \text{جس کی صورت میں } \frac{1}{g_m} \text{ کو لکھا گیا جبکہ یہاں } R_S \text{ کو } \frac{1}{g_m} \text{ کی لکھیں گے۔}$$

صفحہ ۳۰۳ پر مساوات ۲۱۷، ۲۲۰ میں $A_v = 1$ لیتے ہوئے مساوات ۲۲۲، ۲۲۴ ہی حاصل ہوتا ہے۔ دو جو ٹرانزستر کی صورت میں $\frac{1}{g_m}$ کو لکھا گیا جبکہ یہاں R_S کو $\frac{1}{g_m}$ کی لکھیں گے۔



شکل ۴.۳۹: نفی کار

۴.۱۲ سیاس نفی کار

عدوی ادوار ۳ میں نفی کار کا گلکیڈی کردار ادا کرتا ہے۔ جیسا کہ پہلے بھی ذکر کیا گیا، سیاس ٹیکنالوجی کی بہتر خصوصیات کی بناء پر مختلف ادوار زیادہ تر انہیں کو استعمال کرتے ہوئے بنائے جاتے ہیں۔

شکل ۴.۳۶.۲ میں ایک عد د MOSFET اور ایک عد nMOSFET کا استعمال کرتے ہوئے نفی کار بنایا گیا ہے۔ عد دی اشارات صرف دو یقینتیں ۰V یعنی پست صورت یا ۵V یعنی بلند صورت اختیار کر سکتے ہیں۔ آئین ۷V کو ان قیمتیں پر رکھتے ہوئے حنارتی اشارہ v_O حاصل کریں۔ شکل کو دیکھتے ہوئے

$$(4.43) \quad \begin{aligned} v_{SGp} &= V_{DD} - v_I \\ v_{GSn} &= v_I \end{aligned}$$

لکھا جا سکتا ہے۔ مزید تصور کریں کہ

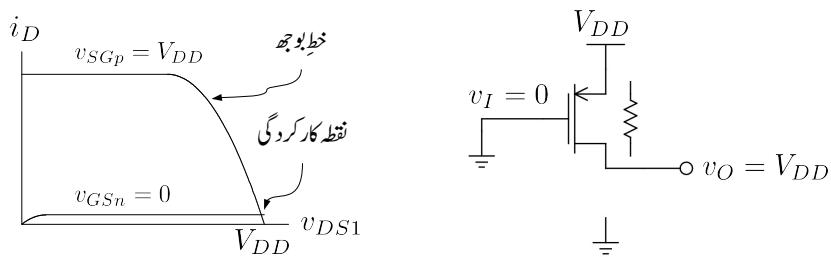
$$(4.44) \quad V_{tn} = -V_{tp} = V_t$$

کے برابر ہے۔

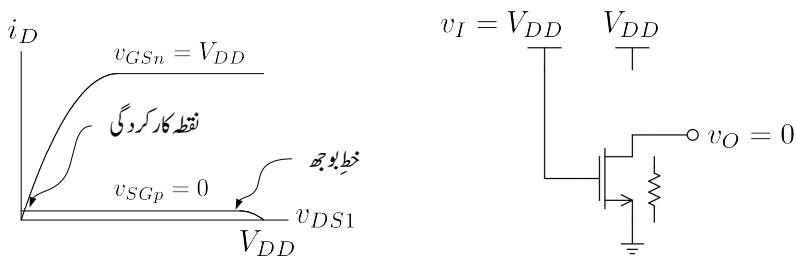
داخلی اشارہ $v_I = 0V$ کی صورت میں مساوات ۴.۳.۷ میں $v_{GSn} = 0V$ حاصل ہوتا ہے۔ چونکہ $V_{tn} = v_{SGp} < V_{tp}$ ہے۔ اس طرح Q_n مفتوح ہو گا اور اس کی برقرار و صفر ہو گی۔ اس کے بر عکس Q_p کے لئے مساوات ۴.۳.۸ کے مطابق $v_{SGp} = V_{DD}$ ہے۔ یہاں $v_{SGp} > -V_{tp}$ ہے لہذا $v_{GSn} < -V_{tp}$ ہے۔ شکل ۴.۳۷ میں مفتوح Q_n کے خط پر چپا لوپ کے خط کو بطور خطی بو جو حد کھایا گیا ہے۔ Q_p کے خط کا عسدوی محور میں عس لینے کے بعد اس عس کو اپنی محور پر دائیں V_{DD} کا یاں منتقل کرنے سے خطی بو جو ۴.۳۹ میں حاصل ہوتا ہے۔ Q_n کے خط کو اپنی محور سے قدر اوپر 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 $v_O = v_I = 0V$ کی صورت میں $v_O = V_{DD}$ کے حاصل ہوتا ہے۔

digital circuits^{۴.۲}
 NOT gate^{۴.۸}

مشن ۴.۳۷ پر حصہ ۱۲.۳ کے شروع میں ٹرانزسٹر خطی بو جو کھیپٹا دکھایا گی۔ اس طریقے پر ایک سرتیب دوبارہ نظر رکھیں۔



شکل ۳.۳۷: داخلي اشاره پست ہونے کي صورت میں خارجي اشاره بلند حاصل ہوتا ہے۔



شکل ۳.۳۸: داخلي اشاره بلند ہونے کي صورت میں خارجي اشاره پست حاصل ہوتا ہے۔

یہی جواب خطوط کھینچے بغیر یوں حاصل کیا جاتا ہے۔ منقطع Q_n کو کھلے دور جبکہ 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۔ داخلي اشاره پست میں مساوات ۳.۳.۷ کی صورت میں $v_{GSn} = V_{DD}$ حاصل ہوتا ہے لہذا $v_I = V_{DD}$ ۔ $v_{GSn} > V_{tn}$ ہے۔ اس طرح Q_n چپا ہو گا۔ اس کے بر عکس Q_p کے مساوات ۳.۳.۷ کے مطابق $v_{SGp} = 0$ حاصل ہوتا ہے۔ یہاں $-v_{tp} < v_{SGp} < v_{DSQ}$ ہے لہذا Q_p کے مطابق شکل ۳.۳۸ میں چپا لو Q_n کے خط پر منقطع Q_p کے خط کو بطور خط بوچھ دکھایا گیا ہے۔ خط بوچھ کو فتحی خورے فتادا پر کر کے دکھایا گیا ہے تاکہ یہ خورے عیحدہ نظر آئے۔ ان دو خطوں سے حاصل نقطہ کارکردگی کے مطابق $0 \approx v_{DSQ}$ کے برابر ہے۔ اس طرح $v_I = V_{DD}$ کی صورت میں $v_O = 0$ حاصل 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 ۳.۳۸.۲ میں دکھایا در حاصل ہوتا ہے جس کو دیکھ کر $v_O = V_{DD}$ لکھا جاتا ہے۔ $v_I = 0$ کی صورت میں $v_{DS} = V_{DD}$ جبکہ $i_D \approx 0$ کے برابر حاصل ہوتا ہے لہذا $v_{DS} \approx V_{SD}$ ہے لہذا Q_n میں بر قی طاقت کا ضمیم اوت ہیں نظر انداز ہو گا۔ چونکہ اس صورت میں $0 \approx v_{SD}$ ہے لہذا Q_p میں طاقت کا ضمیم 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 ضمیم جوں کا توں رہتا ہے۔ حقیقت میں ماسفیٹ سے بنائے نئی کار میں کل طاقت کا

ضیاء ایک مائیکرووائٹ سے بھی کم ہوتا ہے۔ آئین شکل ۲۶.۲ میں دئے گئی کارکارا v_O بال مقابل v_I خط حاصل کریں۔ ایسا کرنے کی حراطر V_I کو بتدریج 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 کے لئے $Q_n = v_O$ اور $v_{GS} = v_I$ لکھا جاتا ہے۔ یوں مساوات ۲۳.۲ اور مساوات ۲۳.۳ کو یوں لکھا جاتا ہے۔

$$(۲۳.۲۵) \quad i_{DS} = k_n \left[(v_I - V_{tn}) v_O - \frac{v_O^2}{2} \right] \quad \text{جب } v_O \leq v_I - V_{tn}$$

اسی طرح مساوات ۲۳.۲ اور مساوات ۲۳.۳ کو

$$(۲۳.۲۶) \quad i_{DS} = \frac{k_n}{2} [v_I - V_{tn}]^2 \quad \text{جب } v_O \geq v_I - V_{tn}$$

لکھا جاتا ہے۔ اسی طرح Q_p کے لئے مساوات ۲۳.۳ کو

$$(۲۳.۲۷) \quad i_{SD} = k_p \left[(V_{DD} - v_I + V_{tp}) (V_{DD} - v_O) - \frac{(V_{DD} - v_O)^2}{2} \right] \quad \text{جب } v_O \geq v_I - V_{tp}$$

اور مساوات ۲۳.۴ کو

$$(۲۳.۲۸) \quad i_{SD} = \frac{k_p}{2} [V_{DD} - v_I + V_{tp}]^2 \quad \text{جب } v_O \leq v_I - V_{tp}$$

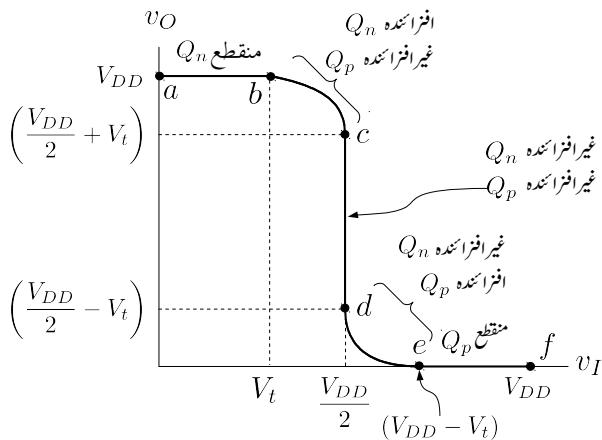
لکھا جاتا ہے۔ ٹنگی کارکو عسمومایوں تخلیق دیا جاتا ہے کہ

$$(۲۳.۲۹) \quad V_{tn} = |V_{tp}| = V_t$$

$$(۲۳.۳۰) \quad k_n = k_p$$

ہوں۔ اس طرح v_O بال مقابل v_I کا خط میثاکل تناسب رکھتا ہے اور حرارتی سرے پر v_O کی پست اور بلند دونوں صور توں میں ٹنگی کارکیں برقی رو کی صلاحیت رکھتا ہے۔ مندرجہ بلاچار مساواتے سے شکل ۲۳.۲ 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 ۲۳.۲ میں a خطے کھائے گئے ہیں۔ تصور کریں کہ $V_{tn} = 1\text{V}$ اور $V_{tp} = -1\text{V}$ اور $V_{DD} = 5\text{V}$ اور $V_t = 1\text{V}$ ہوں گے۔ شکل میں b خطے پر غور کریں۔ یہاں v_I کی قیمت $v_{GS} = Q_n$ ہے۔ چونکہ $Q_n = Q_p$ کی مقطع ہے۔ اس کے بر عکس $v_{SG} = V_{DD} - v_I$ ہے اس کے بر عکس $v_{SG} < V_{tn}$ ہے۔ یہاں $v_{SG} = V_{DD} - v_I$ کی قیمت ہے لہذا $v_{SG} < V_{tn}$ ہے۔ چونکہ $v_{SG} > -V_{tp} = 1\text{V}$ ہوگا اور اس طرح $v_{SG} > -V_{tp} = 4\text{V}$ ہے۔ چونکہ $-V_{tp} = 1\text{V}$ ہے لہذا $v_{SG} > -V_{tp} = 4\text{V}$ ہے۔



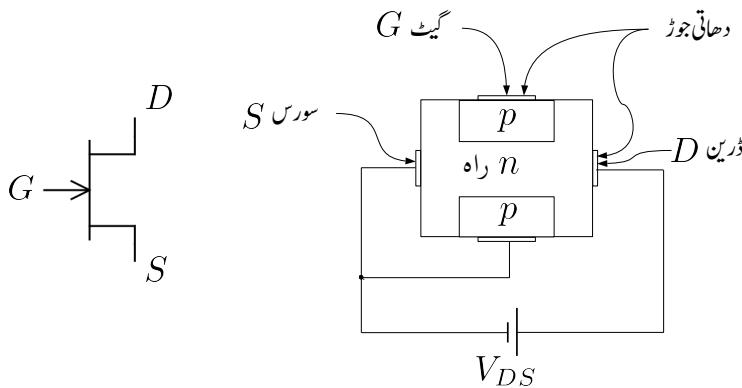
شکل ۲.۳۹: فنی کارکارا

اس طرح Q_p پالو ہے۔ مزید $V_D = 5\text{V}$ سے لہذا اسی ماسفیٹ کے $v_{GD} = 4\text{V}$ تا 5V رہے گی جو V_{tp} سے کم ہے لہذا غیر افزائشی ہو گا۔

شکل ۲.۳۹.۲ سے v_I اور v_O کی قیمتیں پڑھتے ہوئے تسلی کر لیں کہ b تا c مخفی ماسفیٹ افزائشی جبکہ مثبت ماسفیٹ غیر افزائشی ہے۔ بسا یاقطوں کے درمیان بھی صورت حال دیکھیں۔

۲.۱۳ جوڑدار فیٹ (JFET)

جوڑدار فیٹ کے دو اقسام یعنی n اور p پائے جاتے ہیں۔ شکل ۲.۳۰.۷ میں n قائم کے جوڑدار فیٹ یعنی (n JFET) کی ساخت اور عمل اسے دکھائے گئے ہیں۔ مخفی جوڑدار فیٹ بنانے کی حاضر n قائم سیکان ٹکڑے کے دونوں اطراف p قائم کے خط پر بنائے جاتے ہیں جنہیں گیٹ ہے۔ کہتے ہیں۔ ان دونوں خطوں کو سیروں دھانقی تار سے جوڑ کر بطور گیرٹ (G) استعمال کیا جاتا ہے۔ شکل میں اس سیروں دھانقی تار کو نہیں دکھایا گیا ہے۔ دونوں گیرٹ کے درمیان راہ میں آزاد الیکٹران پائے جاتے ہیں۔ اس راہ پر سیروں برقی دباؤ v_{DS} لاگو کرنے سے راہ میں موجود آزاد الیکٹران مخفی برقی دباؤ والے سرے سے مثبت برقی دباؤ والے سرے کی جانب حرکت کریں گے جس سے برقی روپی i_{DS} پیدا ہو گی۔ یوں مخفی برقی دباؤ والے سرے سے خارج الیکٹران، مثبت برقی دباؤ والے سرے پر حاصل ہوتے ہیں۔ اسی سے ان دونوں کو سورس S اور ڈرین D کے نام دئے گئے ہیں۔ روایتی برقی روپ الیکٹران کے حرکت کی الٹ سمت ہوتی ہے۔ یوں (n) میں روایتی برقی روپ کی سمت راہ میں ڈرین سے سورس کی جانب ہو گی۔ اگرچہ راہ میں برقی روپ 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



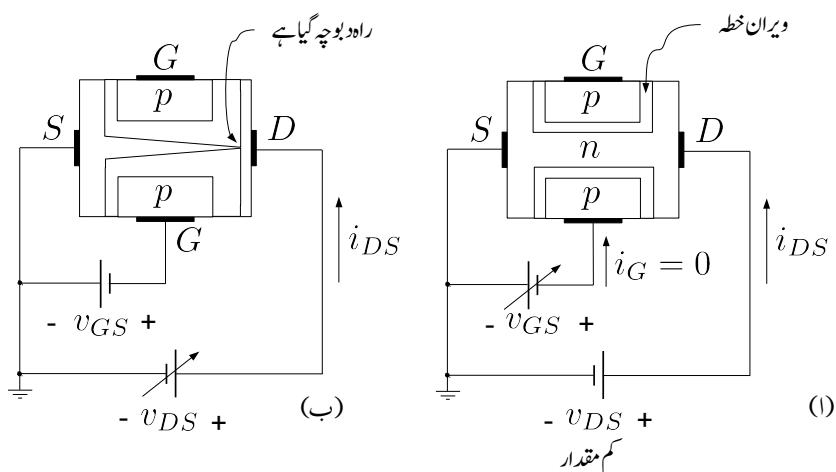
شکل ۲.۳۰: جوڑدار منفی گیٹ کی ساخت

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 رکھ جائے گا۔ میں راہ n قسم کے نیم موصل سے حاصل ہوتا ہے اور اس کے کنام میں n ای کو ظاہر کرتا ہے۔

آنئی شکل ۲۱.۳ کی مدد سے nJFET کی کارکردگی پر غور کریں۔ راہ اور گیٹ آپس میں pn جوڑ یعنی ڈائیوڈ بناتے ہیں۔ nJFET کی علامت میں گیٹ پر تیر کا نشان اسکے ڈائیوڈ کے سیدھے رخ کو دکھاتا ہے۔ اس جوڑ پر بالکل ڈائیوڈ کی طرح ویران خطہ وجود میں آتا ہے اور جیسا کہ آپ 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 منفی برقی دباؤ لگائی گیا ہے۔ گیٹ پر لگائی منفی برقی دباؤ کو چھتازیاہد منفی کیا جائے ویران خطہ اتنا ہی زیادہ چوڑا ہو گا اور n راہ کی چوڑائی اتنی ہی کم ہو گی۔ v_{GS} کو اگر بتدریج منفی جبائے جائے تو ویران خطہ بڑھتے بڑھتے آخر کار تمام n راہ کو گھسیرے گا جس پر v_{GS} کو اس کے دبو پنے کا برقی دباؤ کہتے ہیں اور روایتی طور سے V_p سے ظاہر کیا جاتا ہے۔ یوں V_p کی nJFET کی قیمت منفی ہو گی۔ اس سے معلوم یہ ہوا کہ راہ کی گہرائی 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 مثبت برقی دباؤ دی جائے تو راہ کی گہرائی 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۔ یوں آپ دیکھ سکتے ہیں کہ nJFET میں گیٹ اور راہ کے درمیان برقی دباؤ کو pn جوڑ کے چالو برقی دباؤ 0.5 V سے کم ہی رکھ سکتا ہے۔

D اور S کے مابین راہ بالکل ایک موصل سلاخ کی مانند مسماحت کا کردار ادا کرے گا۔ یوں اگر راہ کی لمبائی L، گہرائی g، چوڑائی W اور اس کے موصلیت کا مستقل σ ہو تو اس کا مسماحت $R = \frac{L}{\sigma W g}$ ہو گا۔

اب تصور کریں کہ ڈرین D پر معمولی مثبت برقی دباؤ v_{DS} لگائی جاتا ہے۔ n میں برقی دباؤ i_{DS} گزرنے کی جس قیمت اور ہم کے فتوں 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 مسماحت کی طرح، برقی دباؤ بالمقابل برقی روکا خط لقتصریباً سیدھا ہو گا۔ اب تصور کریں کہ v_{GS}



شکل ۳.۳: جوڑدار مفہیم فیٹ کی کارکردگی

تبديل کئے بغیر v_{DS} کو بڑھایا جائے۔ یوں 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، یوں سورس سرے کے فتریب pn جوڑ پر ویر ان خٹھ کی چوڑائی کم جبکہ ڈرین سرے کے فتریب ویر ان خٹھ کی چوڑائی زیادہ ہو گی۔ ان دو سروں کے درمیان ویر ان خٹھ کی چوڑائی ترچھی شکل اختیار کرے گی۔ اس ترچھا پن کی وجہ سے n راہ کی مسازامت بڑھے گی جس سے راہ کا مسازامت بھی بڑھے گا۔ یوں اگر چہ کم $v_{DS} - i_{DS}$ پر $v_{DS} - i_{DS}$ کا خط سیدھا ہو گا لیکن جیسے جیسے v_{DS} بڑھایا جائے، راہ کا مسازامت ایسے ایسے بڑھے گا اور یوں $i_{DS} - v_{DS}$ کے خط میں جھکاوپیدا ہو گا۔ اگر v_{DS} کو بہتر بڑھایا جائے تو آہنر کار ڈرین سرے کی جانب ویر ان خٹھ بڑھتے بڑھتے راہ کو دبوچ جائے گا۔ شکل ب میں ایسا ہوتے دکھایا گیا ہے۔ v_{DS} کو مزید بڑھانے سے برقی رو میں تبدلی نہیں پیدا ہوتی اور اس کی قیمت نقطہ دبوچ پر پارے جبانے والے برقی رو کے قیمت پر ہی رہتی ہے۔

مندرجہ بالاتر کے نتائج کے ظاہر ہے کہ JFET بالکل گھٹانا مافیٹ کی مانند کام کرتا ہے۔ البتہ جہاں مافیٹ کے گیٹ پر مشتمل یا منقی برقی دباؤ دینا ممکن ہے، nJFET کے گیٹ پر صرف منقی برقی دباؤ ہی دینا ممکن ہے۔ اگر اس کے گیٹ پر مشتمل برقی دباؤ دی جائے تو گیٹ اور راہ کے مابین pn جوڑ یعنی یہاں کا ڈائیوڈ سیدھا مائل ہو جائے گا اور گیٹ کو قوت اپ کرنے کی صلاحیت کھو دے گا۔ چونکہ JFET کے گیٹ پر ڈائیوڈ کو اسٹا مائل رکھا جاتا ہے لہذا اس کے گیٹ پر نہیاں کم (الئے مائل ڈائیوڈ کے برابر) برقی رو پائی جباتی ہے جسے عموماً صفت ایمپیٹر تصور کیا جاتا ہے۔ یہ برقی رو اگر چہ نہیاں کم ہے لیکن مافیٹ کے گیٹ پر اس سے بھی کئی گستاخ برقی رو پائی جباتی ہے۔

۲.۱۳.۱ برقی رو بالمقابل 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 رو کا گزر مسکن نہیں ہوتا جائی

$$(2.81) \quad v_{GS} \leq V_p \quad i_D = 0$$

۲.۱۳.۱.۲ غیر افزاں نہ خط

غیر افزاں نہ خط میں pn جوڑ کو الٹامائیں رکھتے ہوئے v_{GS} کو V_p سے زیاد رکھا جاتا ہے۔ مزید یہ کہ v_{DS} کو نقطہ دبوچ سے کم رکھا جاتا ہے۔ اس خطے میں ماسفیٹ کی مساوات کو ۲۳.۲ JFET کے لئے یہاں لکھتے ہیں۔ ایسا کرتے ہوئے V_t کی جگہ V_p لکھا جائے گا۔

$$\begin{aligned} i_{DS} &= k_n \left[(v_{GS} - V_p)v_{DS} - \frac{v_{DS}^2}{2} \right] \\ &= \frac{k_n V_p^2}{2} \left[2 \left(\frac{v_{GS}}{V_p} - 1 \right) \frac{v_{DS}}{V_p} - \left(\frac{v_{DS}}{V_p} \right)^2 \right] \end{aligned}$$

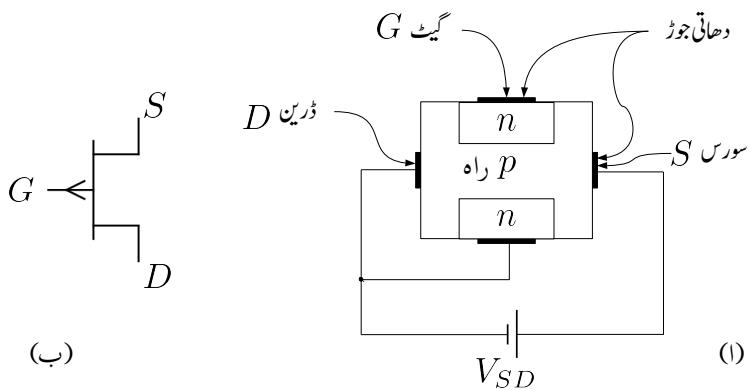
اس مساوات میں I_{DSS} کو $\frac{k_n V_p^2}{2}$ کے لئے JFET کے لکھا جاتا ہے۔ یہ

$$(2.82) \quad \begin{aligned} V_p &\leq v_{GS} \leq 0, & v_{DS} &\leq v_{GS} - V_p \\ i_{DS} &= I_{DSS} \left[2 \left(\frac{v_{GS}}{V_p} - 1 \right) \frac{v_{DS}}{V_p} - \left(\frac{v_{DS}}{V_p} \right)^2 \right] \end{aligned}$$

۲.۱۳.۱.۳ افزاں نہ خط

مسافیٹ کی مساوات 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 ۳.۲۲: جوڑدار مثبت فیٹ کی ساخت

جہاں ارلی برقی دباؤ V_A کے اثر کو بھی شامل کیا 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 $(v_{DS} - v_{GS}) \leq (V_p - V_{GD})$ یا $(V_p \leq V_{GD})$ بھی لکھا جا سکتا ہے۔

۳.۱۳.۲ pJFET

جیسا شکل ۳۲.۲ الف میں دکھایا گیا ہے، مثبت جوڑدار فیٹ بنانے کی مناظر p قم سیکان گھرے کے دونوں اطراف n گیٹ بنائے جاتے ہیں۔ ان دو خطوں کو بیرونی جوڑاتی تارے جوڑ کر بطور گیٹ (G) استعمال کیا جاتا ہے۔ دو گیٹوں کے درمیان راہ میں آزاد حنلوپائے جاتے ہیں۔ اس راہ پر بیرونی برقی دباؤ V_{SD} لاگو کرنے سے راہ میں موجود آزاد حنلوپیت برقی دباؤ والے سرے سے منفی برقی دباؤ والے سرے کی جانب حرکت کریں گے جس سے برقی رو i_{SD} پیدا ہوگی۔ یوں مثبت برقی دباؤ والے سرے سے خارج حنلو، منفی برقی دباؤ والے سرے پر حاصل ہوتے ہیں۔ اسی سے ان دو سروں کو سورس S اور ڈرین D کے نام دے گئے ہیں۔ یوں (p) pJFET میں روایتی برقی رو کی صفت راہ میں سورس سے ڈرین کی جانب ہوگی۔ بیرونی برقی دباؤ کا مثبت سر (pJFET) کے S کی جانب رکھا جائے گا۔ میں p قم کے نیم موصل سے حاصل ہوتا ہے اور اس کے نام میں p اسی کو ظاہر کرتا ہے۔ جیسا شکل ۳۲.۲ ب میں دکھایا گیا ہے، pJFET کی علامت میں گیٹ پر تیسرا نام راہ سے گیٹ کی جانب کو ہوتا ہے۔ pJFET کی محض کارکردگی کے لئے ضروری ہے کہ گیٹ اور راہ پر بننے والے pn جوڑ کو غیرpn اور کھا جائے یعنی اس جوڑ پر ڈالیوں کے سیدھے رخ ۰.۵ V سے برقی دباؤ کو کم رکھا جائے۔

۳.۱۳.۳ باریکے اشاراتی ریاضی نمونہ

چونکہ JFET اور MOSFET کی کارکردگی یہاں ہے لہذا ان کے پست تعدادی اور بلند تعدادی پائے ریاضی نمونے کھی یہاں
بین۔ یہاں

$$(3.83) \quad g_m = \left(\frac{-2I_{DSS}}{V_p} \right) \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_p} \right)$$

$$(3.84) \quad = \left(\frac{-2I_{DSS}}{V_p} \right) \sqrt{\frac{I_D}{I_{DSS}}}$$

کے برابر ہے جہاں I_D نقطہ مائل پر یکی سمت بر قی رہے۔ اسی طرح

$$(3.85) \quad r_o = \frac{V_A}{I_D}$$

کے برابر ہے۔

مثال ۳.۲۲: یکی سمت بر قی رو = $I_{DSS} = 8 \text{ mA}$ اور $V_p = -3 \text{ V}$ کے لہذا nJFET میں اس کی بر قی رو = -1.5 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

$$(-1.5 \text{ V}) - (-3 \text{ V}) = 1.5 \text{ V}$$

دیگر v_{DS} کے قیمت سے کم ہے لہذا مساوات ۳.۲ کے پہلے جزو کے تحت فیٹ انسٹرانڈہ خطے میں ہے اور یہاں 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 ۳.۲ سے g_m کی قیمت حاصل کرتے ہوئے دونوں جوابات کا موازنے کریں۔
حل: اب بھی ($v_{DS} \geq v_{GS} - V_p$) 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

$$\frac{\Delta i_{DS}}{\Delta v_{GS}} = \frac{2.2756 \text{ mA} - 2 \text{ mA}}{(-1.4) - (-1.5)} = 2.756 \text{ mA V}^{-1}$$

حاصل ہوتا ہے۔ مساوات ۸۲.۳ 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: ارلی برقی دباؤ V_A کی قیمت ۷۵ V لیتے ہوئے حنارجی مزاحمت r_o کا تخمینہ ۱ mA اور ۱۰ mA پر لائیں۔ ایسا کرتے ہوئے تصور کریں کہ فیٹ افسزاں نہ خلط میں ہے۔
حل: ایک ملی اینپیکر پر

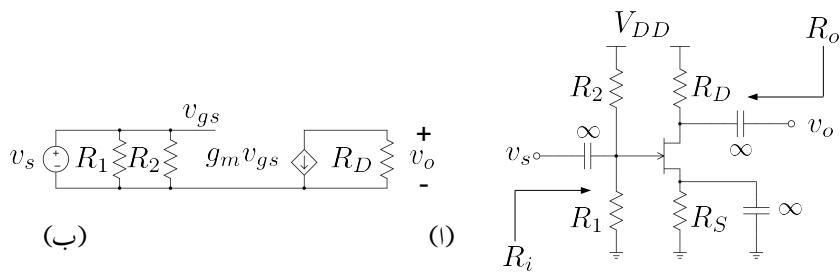
$$r_o = \frac{75}{0.001} = 75 \text{ k}\Omega$$

اور دس ملی اینپیکر پر

$$r_o = \frac{75}{0.01} = 7.5 \text{ k}\Omega$$

حاصل ہوتا ہے۔

مثال ۲.۲۵: شکل ۲.۲۳ میں منقی جوڑدارفیٹ کا ایکلینیٹر دکھلایا گیا ہے جس میں استعمال ہونے والے فیٹ کی $V_G = 4 \text{ V}$, $I_{DS} = 5 \text{ mA}$, $V_p = -3 \text{ V}$ اور $V_{DD} = 15 \text{ V}$ ہیں۔ $I_{DSS} = 8 \text{ mA}$, $V_D = 9 \text{ V}$ جبکہ مزاحمت کی حد اطراف درکار مزاحمت معلوم کریں۔ ایسا کرتے وقت گیٹ پر نسب مزاحمت میں $10 \mu\text{A}$ کی برقی رو تصور کریں۔ تمام کمپیوٹروں کی قیمت لامحدود تصور کرتے ہوئے ایکلینیٹر کی افسزاں حاصل کریں۔ ایکلینیٹر کی داخلی مزاحمت i_R اور حنارجی مزاحمت R_o بھی حاصل کریں۔



شکل ۲.۳۳: جوڑدار منقی فیٹ کی مثال

حسل: گیٹ کے مزاجت میں $10 \mu\text{A}$ برقی روپے۔ یوں

$$\frac{V_{DD}}{R_1 + R_2} = 10 \mu\text{A}$$

$$R_1 + R_2 = \frac{15}{10 \times 10^{-6}} = 1.5 \text{ M}\Omega$$

حصل ہوتا ہے۔ گیٹ پر 4 V حصل کرنے کی حاطر

$$V_G = \left(\frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) V_{DD}$$

$$4 = \left(\frac{R_1}{1.5 \times 10^6} \right) \times 15$$

$$R_1 = 400 \text{ k}\Omega$$

حصل ہوتا ہے۔ یوں

$$R_2 = 1.5 \text{ M}\Omega - 400 \text{ k}\Omega = 1.1 \text{ M}\Omega$$

حصل ہوتا ہے۔ $V_D = 9 \text{ V}$ کی حاطر

$$V_{DD} - V_D = I_{DS} R_D$$

$$R_D = \frac{15 - 9}{5 \times 10^{-3}} = 1.2 \text{ k}\Omega$$

حصل ہوتا ہے۔
چونکہ $(V_G - V_D) = 4 \text{ V} - 9 \text{ V} = -5 \text{ V}$

بے-یوں مساوات ۸۳.۳ کے تحت

$$5 \times 10^{-3} = 8 \times 10^{-3} \left(1 - \frac{V_{GS}}{-3} \right)^2$$

$$V_{GS} = -0.628 \text{ V}, -5.37 \text{ V}$$

حاصل ہوتا ہے۔ مقجواب کو رد کرتے ہوئے

$$V_{GS} = V_G - V_S = -0.628 \text{ V}$$

$$V_S = 4.628 \text{ V}$$

حاصل ہوتا ہے۔ جس سے

$$V_S = I_{DS} R_S$$

$$R_S = \frac{4.628}{5 \times 10^{-3}} = 925.6 \Omega$$

حاصل ہوتا ہے۔
شکل ب میں مساوی باریک اشاراتی دور دکھایا گیا ہے جس سے

$$R_i = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = 293 \text{ k}\Omega$$

$$R_o = R_D = 1.2 \text{ k}\Omega$$

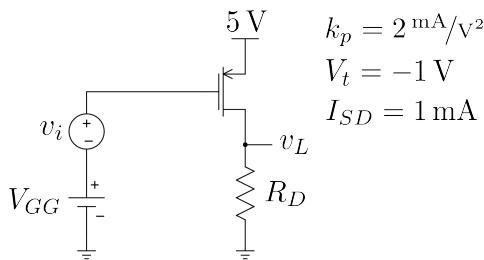
حاصل ہوتے ہیں۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ R_i کا دار و مدار گیٹ پر نسب مسماحتوں پر ہے۔ یوں داخنی مسماحت بڑھانے کی خاطر ان مسماحتوں کو زیادہ سے زیادہ رکھا جاتا ہے جس کا مطلب ہے کہ ان میں گزرتے یک سوت روکم سے کم رکھا جاتا ہے اس مشال میں اس برقی روکم $10 \mu\text{A}$ کی مدد سے مساوات ۸۳.۳ کی مدد سے

$$g_m = \frac{-2 \times 8 \times 10^{-3}}{-3} \sqrt{\frac{5 \times 10^3}{8 \times 10^{-3}}} = 4.216 \text{ mA V}^{-1}$$

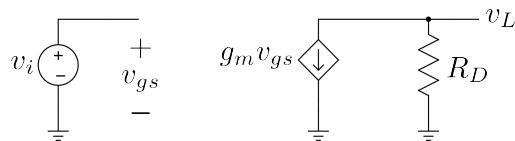
اور یوں

$$A_v = \frac{v_o}{v_s} = -g_m R_D = -4.216 \times 10^{-3} \times 1.2 \times 10^3 = -5.059 \text{ V V}^{-1}$$

حاصل ہوتا ہے۔



شکل ۲.۷۳



شکل ۲.۷۵

مثال ۲.۲۶: شکل ۲.۷۳ میں v_i, V_{GG}, R_D اور $I_{SD} = 1 \text{ mA}$ اور $v_L = 2 + 0.56 \sin \omega t$ میں حاصل کرتے ہوئے $A_v = \frac{v_L}{v_i}$ حاصل کریں۔
حل: یک سمت پر $v_L = 2 \text{ V}$ 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

$$10^{-3} = \frac{2 \times 10^{-3}}{2} (V_{SG} - 1)^2$$

$V_t = -1 \text{ V}$ اور $2 \text{ V} > V_{SG} > 0 \text{ V}$ حاصل ہوتے ہیں۔ $V_t = -1 \text{ V}$ ہے لہذا $V_{SG} = 2 \text{ V}$ کی شرط سے $V_{SG} > -V_t$ ہے۔ یون

$$\begin{aligned} V_{SG} &= V_S - V_G \\ 2 &= 5 - V_G \end{aligned}$$

شاوی دور کھلایا گیا ہے۔ شکل ۲.۷۵ میں باریک اشاراتی مساوی دور کھلایا گیا ہے۔

دیکھ کر $v_L = -g_m v_{gs} R_D$ لکھ جا سکتا ہے جیسا

$$g_m = \sqrt{2k_p I_{SD}} = \sqrt{2 \times 2 \times 10^{-3} \times 10^{-3}} = 2 \text{ mS}$$

$$v_{gs} = v_i$$

کے برابر ہیں۔ v_L میں بدلت احمد $0.56 \sin \omega t$ ہے جسے استعمال کرتے ہوئے

$$0.56 \sin \omega t = -2 \times 10^{-3} v_i \times 2000$$

$$A_v = -4 \text{ VV}^{-1} \text{ اور } v_i = -0.14 \sin \omega t \text{ ہے مصلحت ہوتے ہیں۔}$$

۳.۱۳ مخلوط ادوار میں ماسفیٹ کا نقطہ کارکردگی تعین کرنے کے ادوار

شکل ۳.۷ اور ۲۲.۷ میں مزاجت استعمال کرتے ہوئے انفرادی ماسفیٹ کا نقطہ کارکردگی تعین کیا گی۔ مخلوط ادوار میں ماسفیٹ کا نقطہ کارکردگی مزاجت استعمال کرتے ہوئے تعین نہیں کیا جاتا۔ مخلوط دور بنتے وقت سیکان پتھری کے کم سے کم رقبے پر زیادہ سے زیادہ پر زے بنائے جاتے ہیں۔ یون مخلوط دور میں ان پر زوں کو ترجیح دی جاتی ہے جو کم سے کم رقبے گھیر دیں۔ ماسفیٹ کی نسبت سے مزاجت زیادہ رقبہ گھیرتا ہے لہذا مزاجت کے استعمال سے پچھے کی ہر ممکن کوشش کی جاتی ہے۔ سزیدیہ کہ سیکان پر بالکل درست قیمت کامزاجت بنانے کی خاطر اضافی گرا تیمیت اوتدام کرنے پڑتے ہیں جبکہ در کار خوبیوں کاماسفیٹ آسانی سے بتاتا ہے۔ اس کے علاوہ انفرادی ماسفیٹ ایپلینائز میں جفتہ اور متباول راستہ کمپیٹر استعمال کے جاتے ہیں۔ مخلوط دور میں چند pF سے زیادہ قیمت کا کمپیٹر بنانا ممکن نہیں ہوتا لہذا اپیٹر کا استعمال بھی ممکن نہیں ہوتا۔ آئین دکھیں کہ مخلوط دور میں ماسفیٹ کا نقطہ کارکردگی کیے تعین کیا جاتا ہے۔

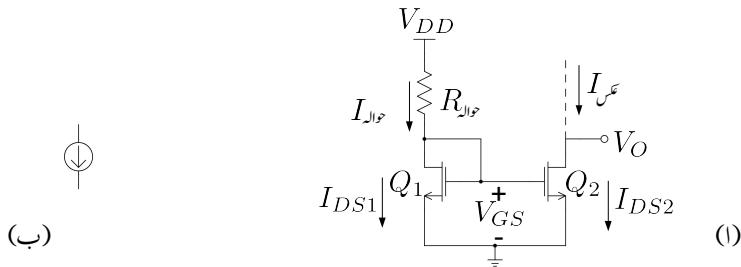
۳.۱۴ منع مستقل بر قی رو

شکل ۳۶.۷ میں منع مستقل بر قی رو کا سادہ دور اور شکل ب میں اس کی علامت دکھائے گئے ہیں۔ مثال ۳.۵ کی طرح Q_1 اور حوالہ R کے دور کو حل کرنے سے بر قی رو $I_{DS1} = V_{GS1} = V_{DS1}$ 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} برابر 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

$$(۳.۸۷) \quad I_{DS1} = \frac{k'_n}{2} \left(\frac{W}{L} \right)_1 (V_{GS} - V_t)^2$$



شكل ٣٦: منع مستقل برقى رو

DS1 اور حوالہ I برابر ہوں گے۔ یوں اُبھم کے فتائون سے ہو گا۔ گیٹ پر برقی روپ صفر ہونے سے

$$(r.\wedge\lambda) \quad I_{DS1} = I_{\omega_g} = \frac{V_{DD} - V_{GS1}}{R_{\omega_g}}$$

لکھا جا سکتا ہے۔ درکار I_{DS1} کے لئے دور میں مزاجمت خواہ R کی قیمت مندرجہ بالا دو مسادت حل کر کے حاصل کی جاتی ہے۔
اگر ہم تصویر کریں گے کہ Q_2 بھی افزاں نہ نظر میں ہے تب اس کے لئے ہم لکھ سکتے ہیں

$$(r.14) \quad I_{DS2} = I_{\text{cur}} = \frac{k'_n}{2} \left(\frac{W}{L} \right)_2 (V_{GS} - V_t)^2$$

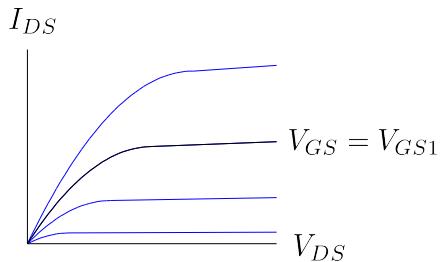
جس کے برابر $I_{DS1} = I_{DS2}$ کو تھیں تو $V_{GS1} = V_{GS2} = V_{GS}$ ملتا ہے

$$(r, q_*) = \frac{I_{DS2}}{I_{DS1}} = \frac{I_{\text{جـ}}}{I_{\text{لـ}}} = \frac{\left(\frac{W}{L}\right)_2}{\left(\frac{W}{L}\right)_1}$$

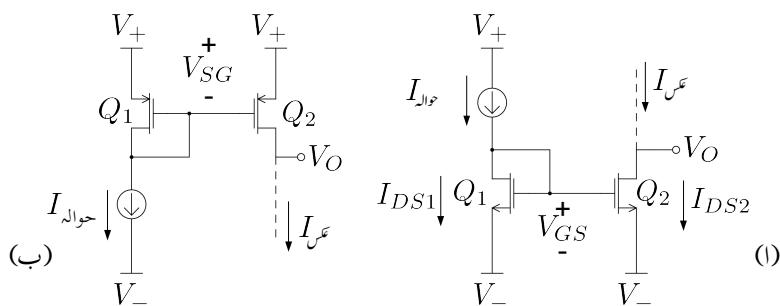
آپ دیکھ سکتے ہیں کہ I_{DS2} کی قیمت کار و مدار I_{DS1} کی قیمت کے حوالے سے ہے۔ اگر دونوں ماسنیٹس بالکل ایک ہی جسامت کے ہوں تو

$$I_{\text{حـالـة}} = I_{\text{عـلـمـيـة}}$$

حاصل ہوتا ہے۔ ایسا معلوم ہوتا ہے جیسے عس I بالکل حوالہ I کا ٹکس ہے۔ اسی سے اس دور کا دوسرے نام آئینہ برقہ رو ۳۷ کلا پڑے۔ دونوں برقی دربارے ہونے کی صورت میں بھی اس دور کو ایسا نام کے پکارا جاتا ہے۔



شکل ۲.۳۷: ماسفیٹ کا خط



شکل ۲.۳۸: آئینہ برقی رو

معنی مسئلہ برقی رو میں مزاجمت V_{DS} کی مدد سے درکار برقی رو حاصل کیا جاتا ہے۔ اس مزاجمت کو تبدیل کرنے سے V_{GS2} اور V_{GS1} تبدیل ہوتے ہیں۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ Q_1 کو Q_1 فتاو کرتا ہے۔ یوں تائیں ماسفیٹ ہے۔ مختلط دور میں دونوں ماسفیٹ کے k'_n اور V_t یکساں ہوتے ہیں۔ یوں $\left(\frac{W}{L}\right)_1$ اور $\left(\frac{W}{L}\right)_2$ کی شرخ سے I_{DS} اور حوالہ I کی شرح تعین ہوتی ہے۔

مندرجہ بالا تبصرے میں الٹے برقی دباؤ کے اثر کو ظراہراً 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 ۲.۳۷ میں ماسفیٹ Q_2 کے خط دکھائے گئے ہیں۔ V_{GS1} کی قیمت V_{GS2} کے برابر ہے جو قطعی مقتدار 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} بڑھتی ہے۔ V_{DS2} کے تبدیلی سے I_{DS} میں تبدیلی کو ماسفیٹ کے حنارتی مزاجمت r_0 کی مدد سے حاصل کیا جاتا ہے۔

شکل ۳۸.۳ میں حوالہ R کی جگہ دو منفی مسئلکہ برقی روکا استعمال کیا گیا ہے۔ Q_1 میں حوالہ I برقرار رہا پائی جاتی ہے۔ انسانندہ ماسیٹ کی مساوات سے Q_1 کی حاصل کی جا سکتی ہے جو Q_2 پر بھی لاگو ہے۔ یہ آپ دیکھ کر میں کہ اس صورت میں بھی

$$I_{\text{حوالہ}} = I_{\text{عمر}}$$

ہو گا۔ اس شکل میں بیشتر برقی منبع کو V_+ اور منفی کو V_- لکھا گیا ہے۔ شکل ب میں p MOSFET کرتے ہوئے آئینہ برقی روکنیا گیا ہے جس کی کارکردگی بالکل n MOSFET سے بنائے گئے آئینہ برقی روکی طرح ہے۔ مندرجہ صرف اتنا ہے کہ n MOSFET میں عمر I کی سمت آئینہ کے جواب ہے جبکہ p MOSFET آئینہ میں عمر I سمت آئینہ سے باہر کو ہے۔

مثال ۳۸.۴: منفی مسئلکہ برقی رو میں

$$V_{DD} = 15 \text{ V}, \quad k_n = 0.12 \text{ mA V}^{-2}, \quad V_t = 2.1 \text{ V}$$

یہ۔ $I_{\text{عمر}} = 2 \text{ mA}$ حاصل کرنے کے لئے درکار حوالہ R حاصل کریں۔
حل: $\text{حوالہ } I_{\text{عمر}} = I_{\text{لیتی ہوئے مساوات}}^{۳۸.۳}$

$$2 \times 10^{-3} = \frac{0.12 \times 10^{-3}}{2} (V_{GS1} - 2.1)^2$$

۔

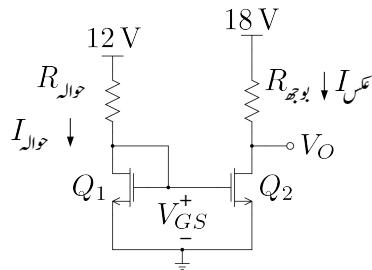
$$V_{GS1} = 7.8735 \text{ V}, \quad -3.67 \text{ V}$$

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۔ بیشتر جواب کو لیتی ہوئے مساوات ۳۸.۳ کو استعمال کرتے ہوئے

$$2 \times 10^{-3} = \frac{15 - 7.8735}{R_{\text{حوالہ}}}$$

$$\text{حوالہ } R_{\text{حاصل ہوتا ہے}} = 5.66 \text{ k}\Omega \quad \text{۔}$$

مثال ۳۹.۳ میں دونوں ماسیٹ کے $k_n = 0.2 \text{ mA V}^{-2}$ اور $V_t = 1.7 \text{ V}$ میں۔ مزید یہ کہ $\text{حوالہ } R$ اور $R_{\text{بورجٹ}} = 4.7 \text{ k}\Omega$ میں۔ $I_{\text{عمر}} = 4.7 \text{ mA}$ اور V_O اور I حاصل کریں۔



شکل ۱۴.۳۹: منع مستقل بر قی روکی مثال

حصہ $V_{DS1} = V_{GS1}$ سے ہے

$$\frac{12 - V_{GS1}}{6800} = \frac{0.2 \times 10^{-3}}{2} (V_{GS1} - 1.7)^2$$

۔

$$V_{GS1} = 4.926 \text{ V}, -2.99 \text{ V}$$

حصہ 2.99 V کو رد کیا جاتا ہے پونکہ اس طرح $V_t < V_{GS1} = 4.926 \text{ V}$ حصہ ہوتا ہے جو منقطع ماسفینٹ کو ظاہر کرتا ہے۔ مساوات ۸۷.۳ اور ۸۸.۳ دونوں استعمال کرتے ہوئے V_{GS1} پر بر قی روکی مثال 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 بقہ رو ہے لہذا

$$I_{\text{مکس}} = I_{\text{حوالہ}} = 1.04 \text{ mA}$$

ہوگا۔ Q_2 کے ڈرین پر

$$V_O = V_{DS2} = 17 - I_{DS2} R_{\text{مکس}}$$

$$= 17 - 1.04 \times 10^{-3} \times 4700$$

$$= 12.1 \text{ V}$$

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 $V_{DS2} = 17 - I_{DS2}R_{DS2}$ ہو۔ چونکہ $I_{DS2} = 4.925 \text{ mA}$

$$\begin{aligned} V_{DS2} &= 17 - I_{DS2}R_{DS2} \\ &= 17 - 1.04 \times 10^{-3} \times R_{DS2} \end{aligned}$$

کے برابر ہے۔ یہاں Q_2 اس وقت امنزائندہ خطے سے باہر نکلے گا جب

$$\begin{aligned} V_{GD2} &= V_{GS2} - V_{DS2} > V_t \\ &= 4.925 - \left(17 - 1.04 \times 10^{-3} \times R_{DS2} \right) > 1.7 \end{aligned}$$

ہو گا۔ یوں تقریباً $R_{DS2} > 13.24 \text{ k}\Omega$ حاصل ہوتا ہے۔ مثال کے طور پر اگر بوجہ کی مسازحت ۱۵ $\text{k}\Omega$ کر دیا جائے تو $V_{GD2} = 3.5 \text{ V}$ اور $V_{DS2} = 1.4 \text{ V}$ سے زیادہ ہے لیکن مانیٹ امنزائندہ خطے میں نہیں ہے۔

مثال ۳.۳۰: مثال ۲۸.۳ میں $I_{DS} = 1.04 \text{ mA}$ اور $V_{DS2} = 12.1 \text{ V}$ ، $V_{DS1} = 4.926 \text{ V}$ کی صورت میں $V_A = 50 \text{ V}$ کے حاصل ہوئے۔ I_{DS2} کی قیمت سے کتنا انحراف کرے گا۔
حل: مانیٹ کا حنارجی مسازحت تقریباً

$$r_o = \frac{50}{1.04 \times 10^{-3}} \approx 48 \text{ k}\Omega$$

ہے۔ اگر V_{DS2} کی قیمت 4.926 V ہوتا تھا تو I_{DS2} بھی 1.04 mA ہوتا۔ البتہ

$$12.1 - 4.926 = 7.175 \text{ V}$$

زیادہ ہے لہذا مانیٹ 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

$$I_{\text{وَار}} = 1.04 \text{ mA} + 149 \mu\text{A} = 1.189 \text{ mA}$$

ہو گا۔

۲.۱۵ مزاحمت کے عکس

دو جو ٹرانزسٹر کے حصے ۸.۳ میں آپ نے دیکھا کہ ٹرانزسٹر کے بینٹ پر پائے جبانے والے بیرونی مزاحمت R_E کا ٹرانزسٹر کے بینٹ جناب عکس $(R + 1)$ 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۔ برقی دباؤ کا عکس یہیں سے بینٹ پر یا بینٹ سے بینٹ جناب تبدیلی کے بغیر جوں کا توں نظر آتا ہے۔

ماسفیٹ میں مزاحمت کے عکس پر گفتگو کرنے کی حر طر شکل ۵۰.۳ اف پر غور کرتے ہیں۔ اس دور میں ماسفیٹ کے تیسونوں پر اشارات فراہم کئے گئے ہیں تاکہ مختلف ممکنات کو دیکھا جاسکے۔ ماسفیٹ مائل کرنے والے 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

$$i_{ds} = \frac{\mu v_{gs} + v_3 - v_2}{R_s + r_o + R_d}$$

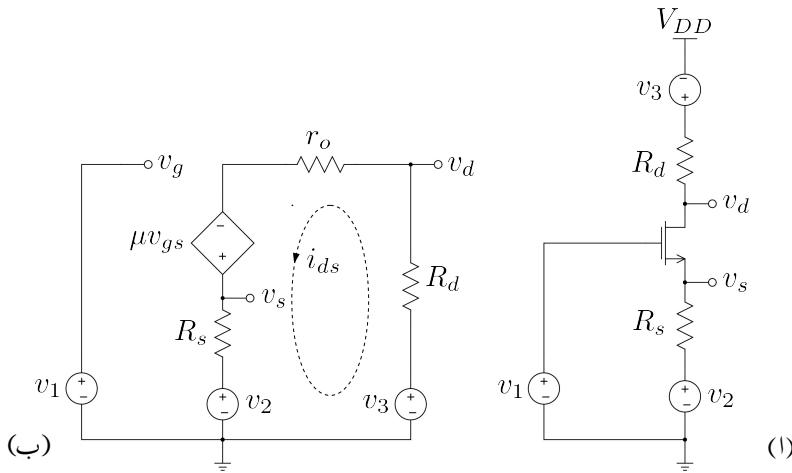
لکھا جاسکتا ہے جس اس

$$v_{gs} = v_1 - i_{ds} R_s - v_2$$

کے برابر ہے۔ ان دو مساوات کو ملائکر 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 ۹۲.۳ سے شکل ۵۰.۳ 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 ونوں $(\mu + 1)$ سے



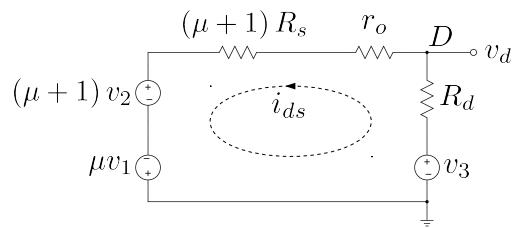
شکل ۳.۵۰: مزاحمت کے عکس

ضرب شدہ میں جبکہ گیٹ پر پائے جبانے والا v_1 صرف μ سے ضرب شدہ ہے۔ ڈرین پر پائے جبانے 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 جبانے 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۔

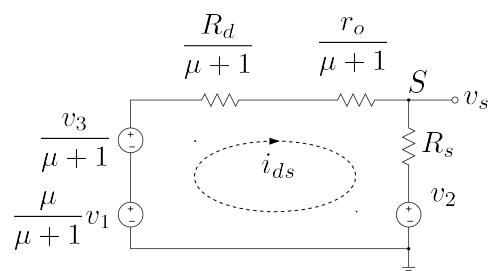
مساوات ۳.۹۲ کے کسر میں اور خپلے دونوں حصوں کو $1 + \mu$ سے تقسیم کرتے ہوئے یوں لکھا جاتا ہے

$$(3.93) \quad i_{ds} = \frac{\frac{\mu v_1}{\mu+1} + \frac{v_3}{\mu+1} - v_2}{R_s + \frac{r_o}{\mu+1} + \frac{R_d}{\mu+1}}$$

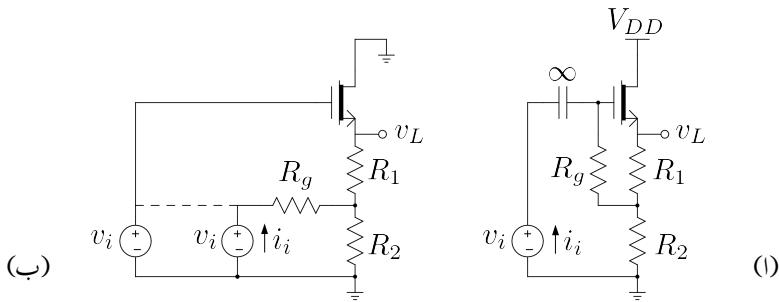
جس سے شکل ۳.۵۲ حاصل ہوتا ہے۔ یہاں آپ دیکھ سکتے ہیں کہ سورس کا مزاحمت R_s اور اشارہ v_2 جوں کے توں میں جبکہ ڈرین اور گیٹ کے اشارات اور مزاحمت کے عکس نظر آتے ہیں۔ اس طرح سورس سے دیکھتے ہوئے ڈرین کے اجزاء ایسی v_3 اور R_d اور r_o تیزیوں $(\mu + 1)$ سے تقسیم ہوتے نظر آتے ہیں۔ جیسے گزشتہ شکل میں دیکھا گیا ہے کہ v_1 کا عکس ڈرین پر μ سے ضرب ہوتا نظر آتا ہے اور ڈرین پر پائے جبانے والے اس عکس کا سورس جانب عکس $(\mu + 1)$ سے تقسیم ہوتا ہے۔



شکل ۱۵.۴: ڈرین جانبی ٹکس



شکل ۱۵.۵: سورس جانبی ٹکس



شکل ۳.۵۳: تابع سورس

۳.۱۶ تابع سورس (ڈرین مشترک ایمپلیفائر)

نقطہ مائل

شکل ۳.۵۳.۲ میں گھانتا ماسفیٹ کا تابع سورس ایمپلیفائر دکھایا گیا ہے۔ یہاں nFET بھی استعمال کیا جاتا ہے۔ ایسا دور مخفی V_{GSQ} مہیا کرنے کی حاضر استعمال کیا جاتا ہے۔ کیونکہ سخت رو 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۔ مزاجت R_g میں صدر یک سمت برقی رو ہونے کی وجہ سے اس کے دونوں سروں پر برابر یک سمت برقی دباؤ پایا جائے گا۔ شکل ۳.۵۳.۲ میں R_g کے نیچے سرے پر $I_{DSQ}R_2$ برقی دباؤ پایا جاتا ہے اور یوں ماسفیٹ کے گیٹ پر بھی بھی برقی دباؤ ہو گا۔ ماسفیٹ کے سورس پر برقی دباؤ ہے۔ یوں ماسفیٹ کے لئے ہم لکھ سکتے ہیں $I_{DSQ} (R_1 + R_2)$

$$(3.95) \quad \begin{aligned} V_{GSQ} &= V_{GQ} - V_{SQ} \\ &= I_{DSQ} (R_2) - I_{DSQ} (R_1 + R_2) \\ &= -I_{DSQ} R_1 \end{aligned}$$

عسموماً V_{GSQ} چند ولٹ کے برابر ہو گا جبکہ V_{DD} تقریباً V_{DSQ} کے نصف کے برابر ہو گا۔ یوں کسی بھی حقیقی ایمپلیفائر میں $R_1 \ll R_2$ ہو گا۔

افزار اش A_v

شکل ۳.۵۳.۲ ب میں پاریک اشاراتی مساوی دور بنا نے کی عنصر سے V_{DD} اور گیٹ کپیٹر کو قصر دو رکیا 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 سروں پر ہر وقت برابر اشارہ v_i پایا جاتا ہے۔ نقطہ دار لکیر کو مٹانے سے گیٹ اور سورس دونوں

جانب کوئی تبدلی نہیں پیدا ہوتی چونکہ دونوں جانب v_i اپنی جگہ پر متراپیا جاتا ہے یوں شکل ۵۲.۳ کے طرز پر باریک اشارتی مساوی دور بنتے ہوئے شکل ۵۲.۳ الف حاصل ہوتا ہے۔ اس شکل میں تمام اجزاء کو سورس مشتعل کیا گیا ہے۔ R_2 اور R_g اور v_i کی جگہ ان کا تھونن مساوی دور استعمال کرتے ہوئے شکل ۵۲.۳ ب 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 ۵۲.۳ ب میں

$$R_s = R_1 + (R_2 \parallel R_g)$$

لکھتے ہوئے

$$(۵.۹۱) \quad i_{ds} = \frac{\left[\frac{\mu}{\mu+1} - \frac{R_2}{R_2+R_g} \right] v_i}{\frac{r_o}{\mu+1} + R_s}$$

$$v_L = i_{ds} R_s + \frac{R_2}{R_2 + R_g} v_i$$

لکھا جاسکتا ہے جس سے

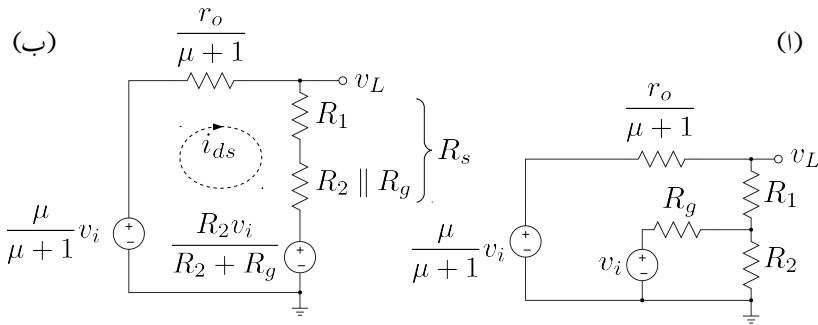
$$v_L = \left[\frac{\frac{\mu}{\mu+1} - \frac{R_2}{R_2+R_g}}{\frac{r_o}{\mu+1} + R_s} \right] R_s v_i + \frac{R_2}{R_2 + R_g} v_i$$

حاصل ہوتا ہے۔ جس سے $A_v = \frac{v_L}{v_i}$

$$(۵.۹۲) \quad A_v = \frac{\left(\frac{\mu}{\mu+1} \right) R_s + \left(\frac{R_2}{R_2+R_g} \right) \left(\frac{r_o}{\mu+1} \right)}{\frac{r_o}{\mu+1} + R_s}$$

چونکہ $\mu = g_m r_o$ کے برابر ہے لہذا $\approx \frac{1}{g_m} \frac{r_o}{\mu+1}$ لکھا جاسکتا ہے جس سے مندرجہ بالامساوات کو یوں بھی لکھ سکتے ہیں۔

$$(۵.۹۸) \quad A_v = \frac{g_m \left(\frac{\mu}{\mu+1} \right) R_s + \left(\frac{R_2}{R_2+R_g} \right)}{1 + g_m R_s}$$



شکل ۳.۵۳: تابع سورس کامساوی باریکے اشاراتی دور

اگر $R_g \gg R_2$ ہو، جیسا کہ عووماً ہوتا ہے، تو $\frac{R_2}{R_2 + R_g}$ کو نظر انداز کرتے ہوئے اس مساوات کو یوں لکھا جا سکتا ہے۔

$$(3.99) \quad A_v \approx \frac{g_m \left(\frac{\mu}{\mu+1} \right) R_s}{1 + g_m R_s}$$

عووماً $R_2 \gg R_g$ اور یوں $R_s \approx R_1 + R_2$ لکھا جا سکتا ہے۔ اگر $1 \gg g_m R_s \gg R_2$ اور $R_g \ll R_1 + R_2$ مساوات کو

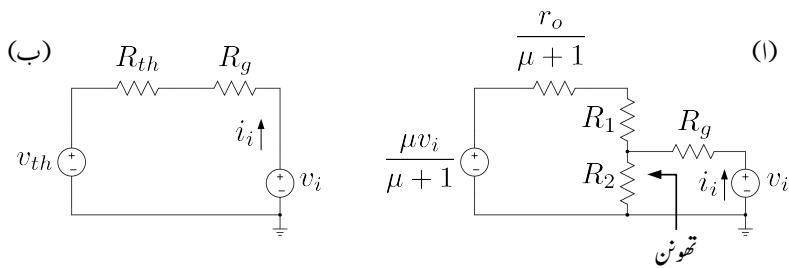
$$(3.100) \quad A_v \approx \frac{\mu}{\mu + 1} \approx 1$$

لکھا جا سکتا ہے۔ اس مساوات سے صاف ظاہر ہے کہ ماسنیٹ کے تابع سورس ایمپلیفائر کا حنارجی اشارہ بھی خوش اسلوبی سے داخلی اشارے کی پسروی کرتا ہے۔ دو جو تراز سر کی طرح ماسنیٹ کے مشتر کہ ڈرین ایمپلیفائر کا A_v بھی تقریباً ایک کے 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 داخلي مزاحمت

اگر $R_s \gg \frac{1}{g_m}$ تو اسے یوں لکھ سकتا ہے۔

$$(3.102) \quad R_o \approx \frac{1}{g_m}$$

داخلي مزاحمت

داخلي مزاحمت شکل ۳.۵۳ اف میں $\frac{v_i}{i_i}$ سے حاصل ہوگی۔ چونکہ گیٹ کی برقی روضہ بھوتی ہے لہذا i_i دیرتی رہے ہے جو مزاحمت R_g سے گزرتی ہے۔ شکل ۳.۵۴ ب میں اس کی نتائجی کی گئی ہے۔ چونکہ اس شکل میں v_i دو جگہ نظر آتا ہے لہذا یہ ضروری ہے کہ R_g کے ساتھ جبڑی i_i پر نظر رکھی جائے۔ شکل ۳.۵۴ ب 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 باعث 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 داخنی مزاجمت i یوں حاصل ہوتا ہے۔

$$(3.104) \quad R_i = \frac{v_i}{i_i} = \frac{R_g + R_2 \parallel \left(\frac{r_o}{\mu+1} + R_1 \right)}{1 - \frac{R_2 \left(\frac{\mu}{\mu+1} \right)}{R_1 + R_2 + \frac{r_o}{\mu+1}}}$$

اس مساوات میں $\frac{r_o}{\mu+1} \approx \frac{1}{g_m}$ پر کرنے سے

$$(3.105) \quad R_i = \frac{R_g + R_2 \parallel \left(\frac{1}{g_m} + R_1 \right)}{1 - \frac{g_m R_2 \left(\frac{\mu}{\mu+1} \right)}{g_m (R_1 + R_2) + 1}}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اگر $R_2 \gg 1$ اور $R_g \gg R_2$ کے عسموں ہوتا ہے، تو اس مساوات کو

$$(3.106) \quad R_i \approx \frac{R_g}{1 - \frac{R_2 \left(\frac{\mu}{\mu+1} \right)}{R_1 + R_2}}$$

لکھا جا سکتا ہے۔ اگر ساتھی مزاجمت R_1 ہو تو $R_2 \gg R_1$ اس سے مزید سادہ مساوات یوں حاصل ہوتی ہے۔

$$(3.107) \quad R_i \approx (\mu + 1) R_g$$

مثال ۵۵.۳ میں تیس سے بیٹھر مزاجمت جوڑنے سے داخنی مزاجمت میں اضافہ ہوتا دکھایا گیا۔ بیان بھی ایسا کرنے سے داخنی مزاجمت کی قیمت R_g سے زیادہ ہو جاتی ہے۔

مثال ۳.۳۱: شکل ۳.۳۱ میں استعمال کے جب نو ولے ماسنیٹ کے $V_t = k_n = 0.2 \text{ mA V}^{-2}$ اور $V_{DSQ} = 10 \text{ V}$ ، $I_{DSQ} = 0.4 \text{ mA}$ اور $r_o = 90 \text{ k}\Omega$ ہیں۔ ۱۵ V کی منبع استعمال کرتے ہوئے $R_i = 200 \text{ k}\Omega$ حاصل کرنے کی تاریخ درکار مزاجمت حاصل کریں۔

$$I_{DSQ} = \frac{k_n}{2} (V_{GS} - V_t)^2$$

$$0.0004 = \frac{0.0002}{2} (V_{GSQ} + 3)^2$$

→

$$V_{GSQ} = -5 \text{ V}, -1 \text{ V}$$

حاصل ہوتے ہیں۔ $V_{GSQ} = -5 \text{ V}$ کو دیا جاتا ہے جو نکلے یہ قیمت V_t کے کم ہے جس سے ماسنیٹ منقطع ہو جاتا ہے۔ یوں مساوات ۹۵.۲ کے تحت $R_1 = 2.5 \text{ k}\Omega$ حاصل ہوتا ہے۔ مساوات ۹۳.۲ 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 ماسنیٹ کو افسزاں نہ خلے میں ٹیک تصور کیا گیا۔ مساوات ۹۷.۲ 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 اور یوں مساوات ۹۹.۳ سے

$$A_v \approx \frac{0.4 \times 10^{-3} \left(\frac{36}{36+1} \right) 12.5 \times 10^3}{1 + 0.4 \times 10^{-3} \times 12.5 \times 10^3} = 0.81 \text{ VV}^{-1}$$

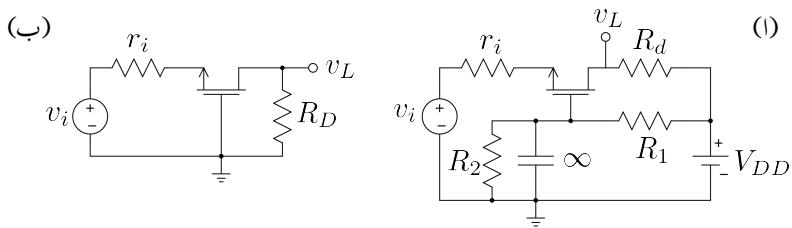
حاصل ہوتا ہے۔ مساوات ۱۰۶.۲ کی مدد سے $R_i = 200 \text{ k}\Omega$ حاصل کرنے کی حرطہ

$$200000 = \frac{R_g}{1 - \frac{10000 \left(\frac{36}{36+1} \right)}{2500 + 10000}}$$

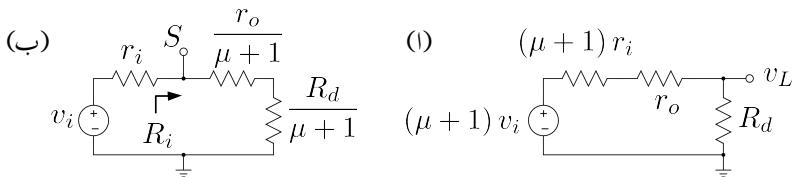
حاصل ہوتا ہے۔ $R_g = 44 \text{ k}\Omega$

۷.۱. گیٹ مشترک ایمپلیفیاٹر

شکل ۵۶.۲ 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 تعداد پر کمیٹر کو قصر دوڑ تصور کیا گیا ہے۔ شکل ب کا شکل ۵۰.۲ کے ساتھ موازنہ کریں۔ یہاں v_1 اور v_3 صفر وولٹ ہیں جبکہ v_2 کو v_o کہا گیا ہے۔ لہذا تمام اجزاء کو ڈرین میں منتقل کرتے ہوئے شکل ۵۱.۲ کے طرز پر شکل ۵۷.۵ اف 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 جنابے عکس

شکل ۳.۵۸ اف کو دیکھتے ہوئے ہم لکھ سکتے ہیں

$$v_L = \frac{R_d}{(\mu + 1) r_i + r_o + R_d} (\mu + 1) v_i$$

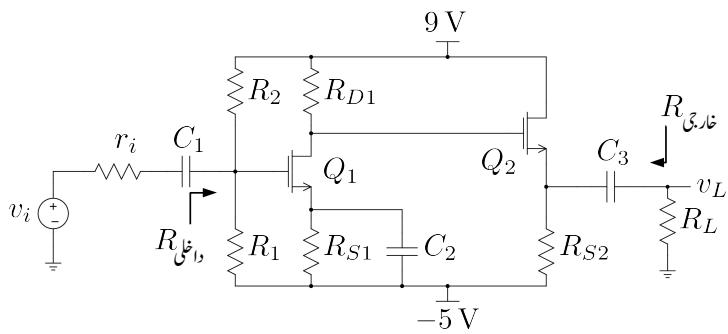
جس سے افزاش $A_v = \frac{v_L}{v_i}$ یعنی جا سکتی ہے

$$A_v = \frac{(\mu + 1) R_d}{(\mu + 1) r_i + r_o + R_d}$$

شکل ۳.۵۹ بے ایپلیناٹر کا داخلی مزاحمت لکھا جاتا ہے یعنی

$$R_i = \frac{r_o + R_d}{\mu + 1}$$

گیٹ مشترک ایپلیناٹر بلند تعداد پر استعمال ہوتا ہے۔ یہ بطور بر قی سوچ بھی استعمال کیا جاتا ہے۔



شکل ۵.۸.۲: دو کری زنجیری ماسفیٹ ایمپلیفیائر

۱۸. زنجیری ایمپلیفیائر

ایک سے زیادہ ایمپلیفیائز کو زنجیری کی شکل میں جوڑ کر زیادہ سے زیادہ افمنز اش حاصل کرنا ممکن ہوتا ہے۔ ایسے زنجیری ایمپلیفیائر میں عموماً داخلی حباب پہلی کڑی، درکار داخلی مسازحت فراہم کرنے کی عذرپر سے تخلیق دیا جاتا ہے جبکہ آخوندی کڑی کو درکار خارجی مسازحت کے لئے تخلیق دیا جاتا ہے۔ درمیانی کڑیاں درکار افمنز اش حاصل کرنے کے لئے تخلیق دیں جاتی ہیں۔

مثال ۵.۸.۲: شکل ۵.۸.۲ میں دو بالکل یکساں ماسفیٹ استعمال کرتے ہوئے، پہلی کڑی سورس مشرک اور دوسری کڑی ڈرین مشرک ایمپلیفیائز سے تخلیق دی گئی ہے۔ $V_t = 1\text{ V}$ اور $k_n = 0.6\text{ mA V}^{-2}$ ہیں۔ $V_{DS1} = V_{DS2} = 5\text{ V}$ اور $I_{DS1} = 0.12\text{ mA}$ ، $I_{DS2} = 1.2\text{ mA}$ ہے۔ $R_1 = 150\text{ k}\Omega$ اور $R_2 = R_{S1} = R_{D1} = R_{S2}$ کے لئے درکار $R_1 = R_2 = 15\text{ k}\Omega$ ہے۔ R_{S2} کے لئے تخلیق دیں جائیں۔

حل: Q_2 کے خارجی حباب کرخونے کے قابل اون برائے برقدار سے

$$\begin{aligned} 9 + 5 &= V_{DS2} + I_{DS2}R_{S2} \\ &= 5 + 1.2 \times 10^{-3}R_{S2} \end{aligned}$$

$R_{S2} = 7.5\text{ k}\Omega$ ہے۔ افمنز اندہ ماسفیٹ کی مساوات سے

$$1.2 \times 10^{-3} = \frac{0.6 \times 10^{-3}}{2} (V_{GS2} - 1)^2$$

حاصل ہوتا ہے۔ Q_2 کے سورس پر قیداً $V_{GS2} = 3\text{V}$

$$V_{S2} = 9 - V_{DS2} = 9 - 5 = 4\text{V}$$

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۔ یہ مسازم کے فتنوں سے

$$9 - V_{D1} = I_{DS1}R_{D1}$$

$$9 - 7 = 0.12 \times 10^{-3}R_{D1}$$

حاصل ہوتا ہے۔ چونکہ $R_{D1} = 16.7\text{k}\Omega$

$$V_{S1} = V_{D1} - V_{DS1} = 7 - 5 = 2\text{V}$$

اور پر اور مسازم کے فتنوں سے R_{S1}

$$V_{S1} - (-5) = I_{DS1}R_{S1}$$

$$7 = 0.12 \times 10^{-3}R_{S1}$$

حاصل ہوئے۔ Q_1 کو امنزاسنڈ تصور کرتے ہوئے امنزاسنڈ ماسنیٹ کی مسافت سے

$$0.12 \times 10^{-3} = \frac{0.6 \times 10^{-3}}{2} (V_{GS1} - 1)^2$$

حاصل ہوتے ہیں لہذا $V_{GS1} = 1.632\text{V}$

$$V_{G1} = V_{S1} + V_{GS1}$$

$$2 + 1.632 = 3.632\text{V}$$

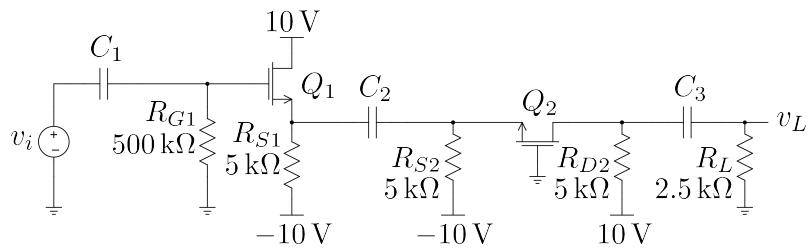
حاصل ہوتا ہے۔ V_{G1} کے لئے ہم لکھ سکتے ہیں

$$V_{G1} = 3.632 = \left[\frac{9 - (-5)}{R_1 + R_2} \right] R_1 - 5$$

چونکہ R_1 کے برابر ہے جس کی قیمت $150\text{k}\Omega$ درکار ہے لہذا

$$150 \times 10^3 = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$$

مندرجہ بالادو مسافت سے $R_1 = 392\text{k}\Omega$ اور $R_2 = 243\text{k}\Omega$ حاصل ہوتے ہیں۔



شکل ۵.۹: دو کڑی زنجیری مشترک ڈرین، مشترک گیٹ ایمپلیکیٹر

مثال ۵.۳۳: شکل ۵.۷ میں لیتے ہوئے $V_{t1} = V_{t2} = 2\text{V}$ اور $k_{n1} = k_{n2} = 3\text{ mA V}^{-2}$ حاصل کریں۔ ان قیتوں کو استعمال کرتے ہوئے کل افزاں $A_v = \frac{v_L}{v_i}$ اور $g_{m1}, g_{m2}, I_{DS1}, I_{DS2}$ حاصل کریں۔ حل: مانسینٹ کو افزائندہ تصور کرتے ہوئے بدلتے متغیرات کی قیمت صفر کرتے ہوئے نقطے مائل حاصل کرنے کی عذرخواہ Q_1 کے لئے لکھا جاسکتا ہے

$$V_{G1} = 0$$

$$V_{S1} = -10 + I_{DS1}R_{S1} = -10 + 5000I_{DS1}$$

حاصل ہے

$$V_{GS1} = V_{G1} - V_{S1} = 10 - 5000I_{DS1}$$

حاصل ہوتا ہے۔ یہ افزائندہ مانسینٹ 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 نمونے استعمال کرتے ہوئے زنجیری ایپلیکیشن کامساوی دور شکل ۲۰.۳ 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۔

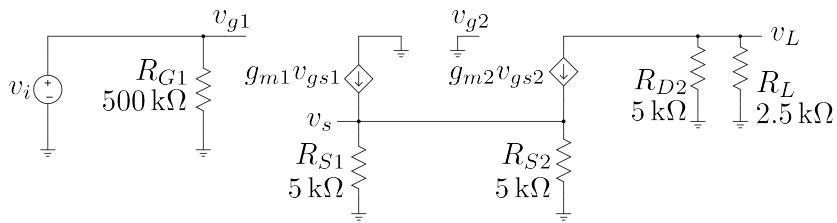
$$\begin{aligned} v_s &= \left(g_{m1}v_{gs1} + g_{m2}v_{gs2} \right) \left(\frac{R_{S1}R_{S2}}{R_{S1} + R_{S2}} \right) \\ &= g_m [(v_i - v_s) + (-v_s)] R_S \end{aligned}$$

جہاں دوسرے متدم 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 ۲۰.۳: دو کڑی زنجیری مشترک گیٹ ایپلیکیشن کا مساوی دور

جہاں v_s کا استعمال کیا گیا ہے۔ اس میں v_s پر کرنے سے

$$v_L = g_m \left(\frac{g_m R_S v_i}{1 + 2g_m R_S} \right) \left(\frac{R_{D2} R_L}{R_{D2} + R_L} \right)$$

حصہ 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

$$A_v = \left(\frac{0.00209^2 \times 2500}{1 + 2 \times 0.00209 \times 2500} \right) \times 1667 = 1.59 \text{ V V}^{-1}$$

حصہ 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 مختلط دوسرے منراہم 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 کھا جاتا ہے۔

امم نکالت

nMOSFET

بڑھاتا منقی ماسفیٹ کے V_t کی قیمت ثابت ہوتی ہے جبکہ گھناتا منقی ماسفیٹ کے V_t کی قیمت منقی ہوتی ہے۔ V_A کی قیمت دونوں کے لئے ثابت ہے۔ دونوں کے مساوات میں کوئی فرق نہیں۔

غیر امنز اسندہ

$$v_{GS} > V_t, \quad v_{GD} \geq V_t$$

$$i_{DS} = k'_n \left(\frac{W}{L} \right) \left[(v_{GS} - V_t) v_{DS} - \frac{v_{DS}^2}{2} \right]$$

$$\frac{1}{k'_n \left(\frac{W}{L} \right) (v_{GS} - V_t)} = \text{مسزاحمت} \quad \text{کم برقی دبادہ پر مسزاحمت}$$

امنزاں اسندہ

$$v_{GS} > V_t, \quad v_{GD} \leq V_t$$

$$i_{DS} = \frac{k'_n}{2} \left(\frac{W}{L} \right) (v_{GS} - V_t)^2 \left(1 + \frac{v_{DS}}{V_A} \right)$$

inverter^{۲۷}
heat sink^{۲۸}

مثبت ماسفینٹ pMOSFET

بڑھاتا مثبت ماسفینٹ کے V_t کی قیمت منفی ہوتی ہے جبکہ گھناتا مثبت ماسفینٹ کے V_t کی قیمت مثبت ہوتی ہے۔ V_A کی قیمت دونوں کے لئے مثبت ہے۔ دونوں کے مساوات میں کوئی منطق نہیں۔

غیر افزائندہ

$$v_{SG} > -V_t, \quad v_{DG} \geq -V_t$$

$$i_{SD} = k'_p \left(\frac{W}{L} \right) \left[(v_{SG} + V_t) v_{SD} - \frac{v_{SD}^2}{2} \right]$$

$$= \frac{1}{k'_p \left(\frac{W}{L} \right) (v_{SG} + V_t)} \quad \text{کم بر قی دبادپر سزاہت}$$

افزائندہ

$$v_{SG} > -V_t, \quad v_{DG} \leq -V_t$$

$$i_{SD} = \frac{k'_p}{2} \left(\frac{W}{L} \right) (v_{SG} + V_t)^2 \left(1 + \frac{v_{SD}}{V_A} \right)$$

nMOSFET کے باریکے اشارائی اجزاء

$$r_o = \left| \frac{V_A}{I_{DS}} \right|$$

$$g_m = k' \left(\frac{W}{L} \right) (V_{GS} - V_t)$$

سوالات

سوال ۱.۳: ایک nMOSFET کا $\epsilon = 3.97\epsilon_0$ اور $d = 0.02 \mu\text{m}$, $\mu_n = 650 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ ہے۔ نہایت کم v_{DS} پر ماٹفیٹ کی مزاحمت کی مساوات کیا ہوگی۔ جبکہ $V_{GS} = 1.8 \text{ V}$, $\frac{W}{L} = 20$ ہے۔ اگر $V_t = 0.8 \text{ V}$ ہوں تو ماٹفیٹ 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 ۱.۴: ایک pMOSFET کا $\mu_p = 0.4\mu_n$ ہوتا ہے۔ سوال ۱.۳ میں تقسیماً معلومات تبدیل کئے بغیر، نہایت کم V_{SD} پر pMOSFET کی مزاحمت حاصل کریں۔
جواب: 1114Ω

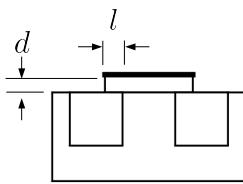
سوال ۱.۵: تقسیماً ساخت کمکل طور پر ایک جیسے رکھتے ہوئے منقی اور مثبت ماٹفیٹ کے چوڑائی W کی ایسی شرح دریافت کریں جن پر دونوں ماٹفیٹ کی مزاحمت برابر ہو۔
جواب: $\frac{W_n}{W_p} = 0.4$

سوال ۱.۶: ایک منقی ماٹفیٹ جس کے جس کے $i_{DS} = 4 \text{ mA}$ اور $v_{GS} = 4 \text{ V}$ اور $V_t = 1 \text{ V}$ اور $k_n = 0.02 \text{ mA V}^{-2}$ ہیں کو حاصل کریں۔
جوابات: $v_{DS} = 6 \text{ V}$ اور $v_{DS} = 1 \text{ V}$, $i_{DS} = 90 \mu\text{A}$, $50 \mu\text{A}$ اور $90 \mu\text{A}$ حاصل کریں۔

سوال ۱.۷: ایک منقی ماٹفیٹ جس کے $k_n = 0.08 \text{ mA V}^{-2}$, $V_t = 1 \text{ V}$ اور $i_{DS} = 4.16 \text{ mA}$ کی صورت میں $v_{GS} = 4.16 \text{ V}$ اور $v_{DS} \geq 3.16 \text{ V}$ جبکہ $V_t = -1 \text{ V}$ کی صورت میں $v_{GS} = 2.16 \text{ V}$ اور $v_{DS} \geq 3.16 \text{ V}$ حاصل ہوتے ہیں۔
جوابات: $V_t = 1 \text{ V}$ کی صورت میں $i_{DS} = 0.4 \text{ mA}$ کے لئے دوبارہ حل کریں۔

سوال ۱.۸: منقی بڑھاتا ماٹفیٹ کے مساوات کے خط کاغذ پر فٹلم سے کھینچیں۔ انہیں کمپیوٹر کی مدد سے کھینچیں۔
سوال ۱.۹: شکل ۱.۲ میں W چوڑائی کا گیٹ سورس کوڈھانپتا ہواد کھایا گیا ہے۔ گیٹ اور سورس کا ذہان پا گیا حصہ مسل کر کپیٹر C_{gsp} کو جسم دیتے ہیں۔ اس کپیٹر کی چوڑائی W اور لمبائی l ہے جبکہ کپیٹر کے دو میانی فناصلہ d ہے۔ اگر $\mu\text{m} \cdot d = 0.02 \mu\text{m}$, $W = 100 \mu\text{m}$ اور $l = 1 \mu\text{m}$ ہوں تو اس کپیٹر کی قیمت کیا ہوگی۔ $\epsilon = 3.97\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ F m}^{-1}$ ہے۔
جوابات: 176 fF , $C_{gsp} = \frac{\epsilon_r \epsilon_0 W l}{d}$

سوال ۱.۱۰: ایک منقی بڑھاتا ماٹفیٹ کے گیٹ اور ڈرین کو آپس میں جوڑ کر اس کے v_{DS} اور i_{DS} ناپے جاتے ہیں۔ $V_t = 4 \text{ V}$ پر 1 mA جبکہ 6 V پر 2.5 mA نیا جاتا ہے۔ اسکے ماتفیٹ کے k_n اور V_t حاصل کریں۔



شکل ۲۱.۲: سورس اور ڈرین کو گیٹ ڈھانپ کر کپیسٹر کو جسم دیتا ہے

جوابات: ۲: $V_t = 0.5575 \text{ V}$, $k_n = 0.169 \text{ mA V}^{-2}$, $v_{GS} > V_t$ کا ہونا ضروری ہے۔

سوال ۲۰: ایک بڑھاتا منفی ماسفینٹ کا 5 V پر رکھتے ہوئے اس کے $v_{DS} = 6 \text{ V}$ اور $i_{DS} = 4 \text{ mA}$ پر $v_{DS} = 3 \text{ V}$ اور $i_{DS} = 2 \text{ mA}$ جبکہ $v_{DS} = 6 \text{ V}$ پر $i_{DS} = 6 \text{ mA}$ ہے۔ ماسفینٹ کے حاصل کریں اور V_t اور k_n کے حاصل کریں۔

جوابات: $V_t = 3.24 \text{ V}$, $k_n = 2.59 \text{ mA V}^{-2}$

سوال ۲۱: کم v_{DS} پر منفی بڑھاتا ماسفینٹ کو بطور متغیر مزاجمت استعمال کیا جا سکتا ہے۔ مزاجمت کی قیمت v_{GS} سے متاثر کی جاتی ہے۔ اگر $v_{GS} = 2 \text{ V}$ اور $V_t = 1.2 \text{ V}$ اور $k'_n = 15 \mu\text{A V}^{-2}$ ہے تو $L = 10 \mu\text{m}$ پر $W = 8 \text{ V}$ کیا ہوگا؟ ماسفینٹ کے لئے درکار $\frac{W}{L}$ حاصل کریں۔ اگر $L = 10 \mu\text{m}$ ہو تو $v_{GS} = 8 \text{ V}$ مزاجمت کی قیمت کیا ہوگی؟

جوابات: 940Ω , $104.2 \mu\text{m}$, $10.42 \mu\text{m}$

سوال ۲۲: ایک ماسفینٹ کو انداختہ خطے میں استعمال کرتے ہوئے اس کا v_{GS} ہوتا رکھا جاتا ہے۔ $v_{DS} = 5 \text{ V}$ پر $i_{DS} = 3.6 \text{ mA}$ اور $v_{DS} = 10 \text{ V}$ پر $i_{DS} = 3.3 \text{ mA}$ ہے۔ ماسفینٹ کی r_0 اور ارلی برقی دباؤ V_A دریافت کریں۔

جوابات: $r_0 = \frac{\Delta v_{DS}}{\Delta i_{DS}} = 33.33 \text{ k}\Omega$, $V_A = 50 \text{ V}$

سوال ۲۳: مندرجہ بالا سوال کے ماسفینٹ کے خارجی مزاجمت r_0 کی قیمت $i_{DS} = 100 \mu\text{A}$ اور $i_{DS} = 10 \text{ mA}$ پر حاصل کریں۔

جوابات: $5 \text{ k}\Omega$, $r_0 = \frac{V_A}{I_{DSQ}} = 500 \text{ k}\Omega$

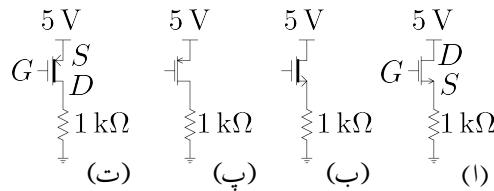
سوال ۲۴: ایک گھناتے منفی ماسفینٹ کے ساتھ جو زاحبے تب $V_t = -3 \text{ V}$ اور $k_n = 0.2 \text{ mA V}^{-2}$ اور $v_{DS} = 5 \text{ V}$ اور $i_{DS} = 5 \text{ V}$ کیا ہوں گے؟ ان دونوں صورتوں میں ماسفینٹ کس خطے میں ہوگا؟

جوابات: ۰.۹ mA, ۰.۸ mA، پہلی صورت میں غیر انداختہ جبکہ دوسری صورت میں انداختہ خطے میں ہے۔

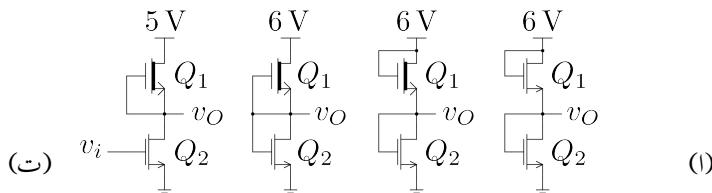
سوال ۲۵: شکل ۲۲.۲ کے ماسفینٹ کا $V_t = 1 \text{ V}$, $k_n = 160 \mu\text{A V}^{-2}$ اور $i_{DS} = 0.56 \text{ mA}$ جبکہ سورس کے ساتھ جو زنے سے 0 mA ہے۔ اگر گیٹ کو ڈرین کے ساتھ جو زنے سے i_{DS} کی قیمت کیا ہوگی؟

جوابات: ڈرین کے ساتھ جو زنے سے i_{DS} کی قیمت کیا ہوگی؟ اگر گیٹ کو ڈرین کے ساتھ جو زنے سے i_{DS} کی قیمت کیا ہوگی؟

سوال ۲۶: شکل ۲۲.۲ ب کے ماسفینٹ کا $V_t = -1 \text{ V}$, $k_n = 160 \mu\text{A V}^{-2}$ اور $i_{DS} = 0.56 \text{ mA}$ جبکہ سورس کے ساتھ جو زنے سے 0 mA ہے۔ اگر گیٹ کو ڈرین کے ساتھ جو زنے سے i_{DS} کی قیمت کیا ہوگی؟



شکل ۲.۲۲



شکل ۲.۲۳

جواب: ڈرین کے ساتھ جوڑنے سے 1.525 mA جبکہ سورس کے ساتھ جوڑنے سے 0.16 mA
سوال ۱۷.۳: شکل ۲.۲۳ پ کے ماسنیٹ کیا ہوگا؟ اگر گیٹ کو ڈرین کے ساتھ جوڑا جائے تو $i_{DS} = -1 \text{ V}$ اور $k_p = 160 \mu\text{A V}^{-2}$

جواب: ڈرین کے ساتھ جوڑنے سے i_{DS} کیا ہوگا؟ اگر گیٹ کو سورس کے ساتھ جوڑا جائے تو i_{DS} کی قیمت کیا ہوگی۔

سوال ۱۸.۳: شکل ۲.۲۳ ت کے ماسنیٹ کیا ہوگا؟ اگر گیٹ کو ڈرین کے ساتھ جوڑا جائے تو $i_{DS} = 0 \text{ A}$ جبکہ سورس کے ساتھ جوڑنے سے 0.04 mA جبکہ سورس کے ساتھ جوڑنے سے 0 A ۔

سوال ۱۹.۳: شکل ۲.۲۳ الف میں $k_{n1} = 50 \mu\text{A V}^{-2}$ جبکہ دونوں ماسنیٹ کے ساتھ جوڑا جائے تو $i_{DS} = 0.08 \text{ mA}$ ۔

سوال ۲۰.۳: شکل ۲.۲۳ ب میں $k_{n1} = 200 \mu\text{A V}^{-2}$ ، $k_{n2} = 50 \mu\text{A V}^{-2}$ جبکہ $V_t = 1 \text{ V}$ ہے۔ v_O حاصل کریں۔

جواب: $v_O = 2.3333 \text{ V}$ ، دونوں ماسنیٹ افیزائندہ خط میں ہیں۔

سوال ۲۱.۳: شکل ۲.۲۳ ب میں $k_{n1} = 50 \mu\text{A V}^{-2}$ ، $k_{n2} = 200 \mu\text{A V}^{-2}$ جبکہ $V_t1 = -0.8 \text{ V}$ ہے۔ v_O حاصل کریں۔

جواب: $v_O = 1.2 \text{ V}$ جبکہ $V_t2 = 3.04 \text{ V}$ افیزائندہ جبکہ Q_1 نہیں افیزائندہ ہے۔

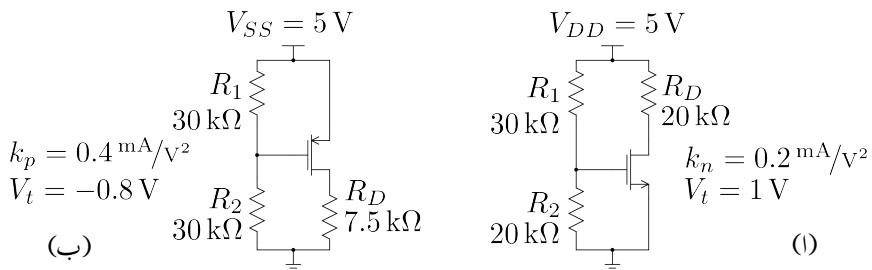
سوال ۲۲.۳: شکل ۲.۲۳ پ میں $k_{n1} = 50 \mu\text{A V}^{-2}$ ، $k_{n2} = 200 \mu\text{A V}^{-2}$ جبکہ $V_t1 = -0.8 \text{ V}$ ہے۔ v_O حاصل کریں۔

جواب: $v_O = 1.2 \text{ V}$ جبکہ $V_t2 = 3.04 \text{ V}$ افیزائندہ جبکہ Q_2 نہیں افیزائندہ ہے۔

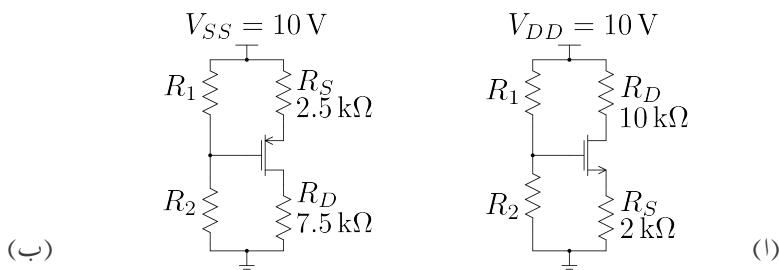
جواب: $v_O = 1.6 \text{ V}$ جبکہ $V_t1 = 3 \text{ V}$ ہے۔ دونوں افیزائندہ خطوں میں ہیں۔

سوال ۲۳.۳: شکل ۲.۲۳ الف میں نقطہ کار کردگی حاصل کریں۔

جواب: 0.1 mA



شکل ۲۳



شکل ۲۵

سوال ۲۳: شکل ۲۳.۲ ب میں نقطے کار کردگی حاصل کریں۔

$$v_{SD} = 1.14 \text{ V}, i_{SD} = 0.515 \text{ mA}$$

سوال ۲۴: شکل ۲۴.۳ میں $I_{DS} = 0.5 \text{ mA}$ ہو اور ان سے زحمت میں $I_{DS} = 0.5 \text{ mA}$ کا 10% برقی روپی جبائے۔

$$R_2 = 95.4 \text{ k}\Omega, R_1 = 104.6 \text{ k}\Omega$$

سوال ۲۵.۳: شکل ۲۵.۳ میں میں $V_t = -1.5 \text{ V}$ اور R_1 اور R_2 کو یوں چھینیں کہ اور ان مزاحمت میں $I_{SD} = 5 \text{ V}$ اور $k_p = 0.22 \text{ mA V}^{-2}$ ہے۔

$$R_2 = 102.36 \text{ k}\Omega, R_1 = 97.64 \text{ k}\Omega$$

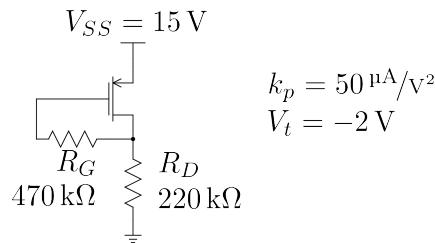
سوال ۳۶۲: شکل ۲۲.۳ میں ماسنیٹ کا نفظ کارکردگی حاصل کرس۔

$$V_{GS} \equiv -3.45 \text{ V}, I_{SD} \equiv 52.5 \mu\text{A}$$

سوال ۲۷: شکل ۲۵.۲ میں $V_{GS} = 5.45 \text{ V}$ ، $i_{SD} = 52.5 \mu\text{A}$ ، $R_D = 5.6 \text{ k}\Omega$ ، $V_{DD} = 12 \text{ V}$ اور $R_S = 1.2 \text{ k}\Omega$ ہیں۔ اگر ماسنیفٹ کا $i_{DS} = 0.8 \text{ mA}$ اور $V_t = 1.8 \text{ V}$ ہو تو $k_n = 0.18 \text{ mA V}^{-2}$

و R_2 حاصل بر R_2 و R_1 که بجزی صد کمتر از R_2 می باشد.

$$R_1 = 156.5 \text{ k}\Omega, R_2 = 143.5 \text{ k}\Omega; \dots$$



شکل ۳.۶۶

سوال ۳.۲۸: عموماً ایک ہی قسم کے دو عدد ماسفیٹ کے خصوصیات میں فرق ہوتا ہے۔ یہ اگر سوال ۳.۲۷ میں ماسفیٹ کے V_t کی قیمت 2 V اور 1.6 V میں ہو جبکہ k_n اب بھی 0.18 mA V^{-2} ہوتے تو i_{DS} کی قیمت کے حدود حاصل کریں۔

جواب: 0.735 mA اور 0.8656 mA دونوں صورتوں میں ماسفیٹ افسزاں ہے۔

سوال ۳.۲۹: شکل ۳.۱۵ اف میں $R_S = 50 \text{ k}\Omega$ اور $R_1 = 100 \text{ k}\Omega$ ہیں۔ $R_2 = 50 \text{ k}\Omega$ پر 0.55 V برقرار رکھا چاہیے۔ R_S کے متوازن $1000 \text{ k}\Omega$ نسب کرنے کے بعد R_S پر 0.507 V ناپابھاتا ہے۔ ماسفیٹ کو دونوں صورتوں میں افسزاں ہے خطے میں تصور کرتے ہوئے g_m حاصل کریں۔

سوال ۳.۳۰: مندرجہ بالا سوال میں ماسفیٹ کا k_n اور V_t بھی حاصل کریں۔

جواب: 0.22 mA V^{-2} اور $V_t = 1.2 \text{ V}$ ، $k_n = 0.22 \text{ mA V}^{-1}$

سوال ۳.۳۱: شکل ۳.۱۶ اف میں $i_{DS} = 0.1 \text{ mA}$ کی توقع ہے۔ یہ $v_{DS} = 3 \text{ V}$ ہونی چاہیے۔ اصل قیمت 2.94 V ناپابھاتی ہے۔ ماسفیٹ کی الٹہ برقرار رکھا چاہیے۔

جواب: 100 V

سوال ۳.۳۲: شکل ۳.۱۷ اف 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 گن رکھیں اور R_1 میں برقرار I_{DS} کے دس فی صد رکھیں۔ ایک پیغام کا $A_v = \frac{v_L}{v_i}$ بھی حاصل کریں۔

جواب: $R_2 = 64 \text{ k}\Omega$ اور $R_1 = 11 \text{ k}\Omega$ ، $R_D = 4.5 \text{ k}\Omega$ ، $R_S = 0.5 \text{ k}\Omega$ ، $A_v = -2.25 \text{ V V}^{-1}$ ، $g_m = 2 \text{ mS}$

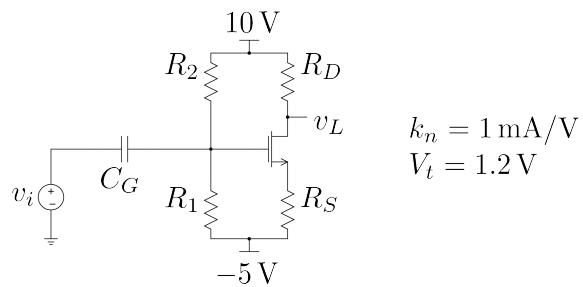
سوال ۳.۳۳: شکل ۳.۱۸ اف میں $V_{SD} = 3 \text{ V}$ اور $A_v = -6 \text{ V V}^{-1}$ حاصل کرنے کی حاضر درکار R_D اور V_{GG} حاصل کریں۔ I_{SD} کی قیمت کیا ہوگی؟

جواب: $I_{SD} = 0.222 \text{ mA}$ ، $V_{GG} = 3.133 \text{ V}$ ، $R_D = 9 \text{ k}\Omega$

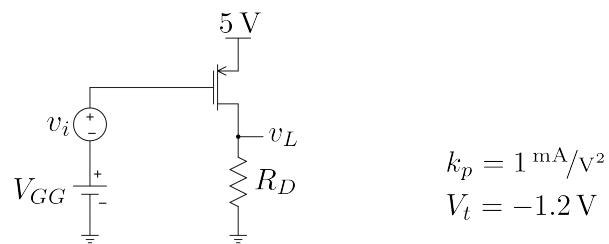
سوال ۳.۳۴: شکل ۳.۱۹ اف میں I_{SD} ، V_{SD} اور $A_v = \frac{v_L}{v_i}$ حاصل کریں۔

جواب: $A_v = 25.5 \text{ k}\Omega$ اور $r_o = 4 \text{ mS}$ ، $V_{SD} = 2 \text{ V}$ ، $I_{SD} = 4 \text{ mA}$ ، -10.73 V V^{-1}

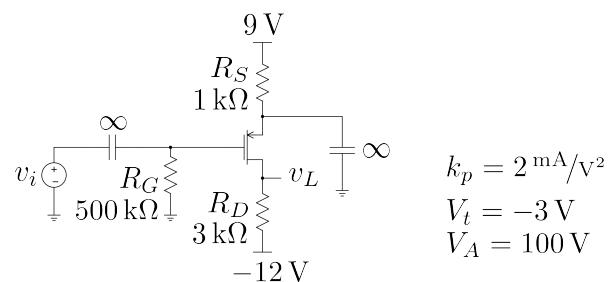
سوال ۳.۳۵: شکل ۳.۲۰ اف میں R_D اور R_S ہیں۔ $V_A = 40 \text{ V}$ اور $k_p = 2 \text{ mA V}^{-2}$ ، $V_t = -1.4 \text{ V}$ اور I_{SD} کی قیمتیں حاصل کریں جن سے $A_v = \frac{v_L}{v_i}$ کی قیمت بھی



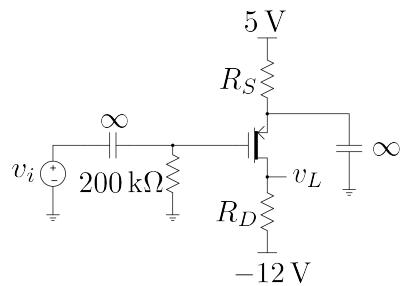
شکل ۷.۲۷



شکل ۷.۲۸



شکل ۷.۲۹



شکل ۲.۷۰

حاصل کریں۔

جوابت: $A_v = -22.7 \text{ V V}^{-1}$ ، $r_o = 128 \text{ k}\Omega$ ، $R_D = 22 \text{ k}\Omega$ ، $R_S = 8.333 \text{ k}\Omega$
حاصل ہوتے ہیں۔سوال ۲.۳۶: صفحہ ۵۸ پر شکل ۲.۷۰ میں، $R_{S1} = R_{D1} = 16.7 \text{ k}\Omega$ ، $R_2 = 243 \text{ k}\Omega$ ، $R_1 = 392 \text{ k}\Omega$ ، $V_t = 1 \text{ V}$ ، $k_n = 0.6 \text{ mA V}^{-2}$ ، $R_{S2} = 7.5 \text{ k}\Omega$ ، $R_{D2} = 58.3 \text{ k}\Omega$ استعمال کرتے ہوئے دونوں ماسفیٹ کے نقطے کا کردگی حاصل کریں۔جوابت: $V_{DS2} = 5 \text{ V}$ ، $I_{DS2} = 1.2 \text{ mA}$ ، $V_{DS1} = 5 \text{ V}$ ، $I_{DS1} = 0.12 \text{ mA}$
سوال ۲.۳۷: صفحہ ۵۹ پر شکل ۲.۷۱ میں

$$\begin{aligned} R_{G1} &= 100 \text{ k}\Omega, & R_L &= 5 \text{ k}\Omega \\ k_{n1} &= 4 \text{ mA V}^{-2}, & k_{n2} &= 6 \text{ mA V}^{-2} \\ V_{t1} &= V_{t2} = 1.5 \text{ V} \end{aligned}$$

یہیں دو کو اس طرح تنیں دین کریں کہ $V_{DS2} = 8 \text{ V}$ ، $I_{DS2} = 6 \text{ mA}$ ، $I_{DS1} = 2 \text{ mA}$ ، $A_v = \frac{v_L}{v_i}$ اور $A_{v2} = g_m 2$ ، g_{m1} اور g_{m2} حاصل جواب استعمال کرتے ہوئے۔جوابت: $A_v = 1.75 \text{ V V}^{-1}$ ، $R_{D2} = 818 \Omega$ ، $R_{S2} = 1.182 \text{ k}\Omega$ ، $R_{S1} = 3.75 \text{ k}\Omega$

باب ۵

تفرقی ایمپلیفیکر

۱.۵ دو جوڑ ٹرانزسٹر کا تفرقی جوڑ

۱.۱.۵ تفرقی اشارہ کی عدم موجودگی

شکل ۱.۵ میں دو جوڑ ٹرانزسٹر کا بینیادی تفرقی جوڑ ادا کھایا گیا ہے۔ تفرقی جوڑے میں دو بالکل یکساں ٹرانزسٹر استعمال کئے جاتے ہیں۔ تفرقی جوڑے کی صیغہ کار کردگی کے لئے یہ ضروری ہے کہ Q_1 اور Q_2 انسنڈنڈ نھیں میں رکھنے کی حاضر تفرقی جوڑے کو R_C کی مدد سے منع ہوتی ہے۔ V_{CC} کے ساتھ جوڑا گیا ہے۔ جیسا کہ اسی بارے میں بعد میں دکھایا 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 عامسوی تفرقی حنارتی اشارہ v_o ہے جسے شکل ۲.۵ میں دکھایا گیا ہے۔ بعض اوقات v_{C2} یا v_{C1} کو ہی بطور حنارتی اشارہ v_o لیا جاتا ہے۔ تفرقی جوڑے کے دونوں ٹرانزسٹر کے بیٹری سے 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۔

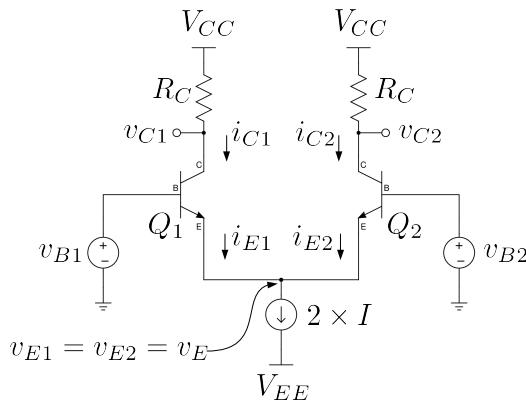
$$(5.1) \quad v_{E1} = v_{E2} = v_E$$

مسزید یہ کہ اس جوڑ پر پیدا کار برقی روکی برقی رو E_1 اور E_2 میں تقسیم ہو گی جس کے لئے کرخونے کے وفاون برائے برقی رو کے تحت لکھا سکتا ہے

$$(5.2) \quad i_{E1} + i_{E2} = 2 \times I$$

تفرقی جوڑے کی کار کردگی پر شکل ۲.۵ کی مدد سے غور کرتے ہیں جہاں تفرقی جوڑے کے دونوں داخلي سروں پر یک سمت برقی دباو V_B بطور داخلي اشارات v_{B2} اور v_{B1} مہیا کیا گیا ہے۔ یوس V_B کو بطور مشکله برقی دباو ہمیا کیا 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 رقبائی جبائے گی (یعنی $i_{E1} = i_{E2}$)۔ ایسی صورت میں مساوات ۲.۵ سے $i_{E1} = i_{E2} = I$ حاصل ہوتا ہے اور یوں $i_{C1} = i_{C2} = \alpha I$ ہو گا۔ لہذا

$$\begin{aligned}v_{C1} &= V_{CC} - i_{C1}R_C = V_{CC} - \alpha IR_C \\v_{C2} &= V_{CC} - i_{C2}R_C = V_{CC} - \alpha IR_C\end{aligned}$$

اس صورت میں

$$(5.3) \quad v_o = v_{C2} - v_{C1} = 0$$

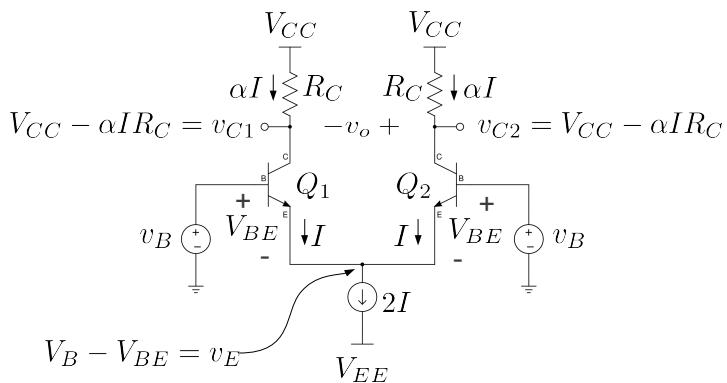
ہو گا۔ یہ ایک اہم اور عسمی نتیجہ ہے جس کے تحت اگر تفسیقی جوڑے کے دونوں مداхنل پر برابر قی دباؤ مہیا کیا جائے تو یہ صفر و بیڈ خارج کرے گا۔ اس حقیقت کو یوں بہتر بیان کیا جاسکتا ہے کہ تفسیقی جوڑا مشترکہ بر قی دباؤ کو رد کرتا ہے۔ تفہق بر قی اشارہ v_d کو یوں بیان کیا جاتا ہے

$$(5.4) \quad v_d = v_{B1} - v_{B2}$$

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 ایپلینیاٹر کا تفہق بر قی دباؤ ہی ہے۔ اسی طرح v_{B1} حسابی ایپلینیاٹر کا مشترکہ مداخنل جبکہ v_{B2} اس کا منفی مداخنل ہے۔



شکل ۱.۵: دو نوں مدار حسل 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 $2 \times I = 4 \text{ mA}$ رپسیدا کرتی ہے۔ چونکہ دو نوں زنر ایز سٹر کے بیس سرے برابری 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

$$i_{C1} = i_{C2} = \alpha \times 2 \text{ mA} = 0.99 \times 2 \text{ mA} = 1.98 \text{ mA}$$

$$v_{C1} = v_{C2} = 15 - 1.98 \times 10^{-3} \times 3.9 \times 10^3 = 7.3 \text{ V}$$

$$v_o = v_{C2} - v_{C1} = 7.3 - 7.3 = 0 \text{ V}$$

یہاں منبع روکے سروں پر 2.3 V اور 15 V ہونے سے اس پر

$$2.3 - (-15) = 17.3 \text{ V}$$

ہوں گے۔ مزید یہ کہ ٹرانزیستروں کے بیس سروں پر 3 V جبکہ ان کے گلکشہ سروں پر 7.3 V ہونے سے ان کے بیس۔ گلکشہ جوڑالٹ مائل ہیں۔ یوں یہ انسان نہ خلے میں ہیں جو کہ ترقی جوڑے کے چھج کار کر دی گی کے لئے ضروری ہے۔

مثال ۵.۲: مثال ۱.۵ میں مشترکہ بر قی دباؤ کی وہ حد معلوم کریں جس پر ٹرانزیستر غیر-انسان نہ خلے میں داخل ہو جائیں گے۔

حل: اس مثال میں ہم نے دیکھا کہ مشترکہ بر قی دباؤ مہیا کرنے سے دونوں ٹرانزیستروں میں برابر بر قی روکا گزر ہوتا ہے اور ان کے گلکشہ سروں پر 7.3 V پایا جاتا ہے۔ اگر بیس۔ گلکشہ جوڑ پر سیدھی ریخچالو کردہ بر قی دباؤ یعنی 0.5 V پایا جائے تو ٹرانزیستر غیر-انسان نہ صورت اختیار کر لیتا ہے۔ یوں ٹرانزیستر اس وقت تک انسان نہ رہیں گے جب تک ان کے بیس سروں پر تقدیماً $(7.3 + 0.5) = 7.8 \text{ V}$ یا اس سے کم مشترکہ بر قی دباؤ پائی جائے یعنی

$$v_{CM} \leq 7.8 \text{ V}$$

۵.۱.۲ ترقی اشارہ موجود

آنیں ترقی بر قی اشارہ کو صفر دو لٹے سے بڑھا کر ترقی 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 ترقی جوڑے کے دو اطراف یکساں صورت نہیں رہتے۔ اگر دونوں مداخل پر صفر دو لٹے دے جاتے تب

$$v_{BE1} = v_{BE2} = 0.7 \text{ V}$$

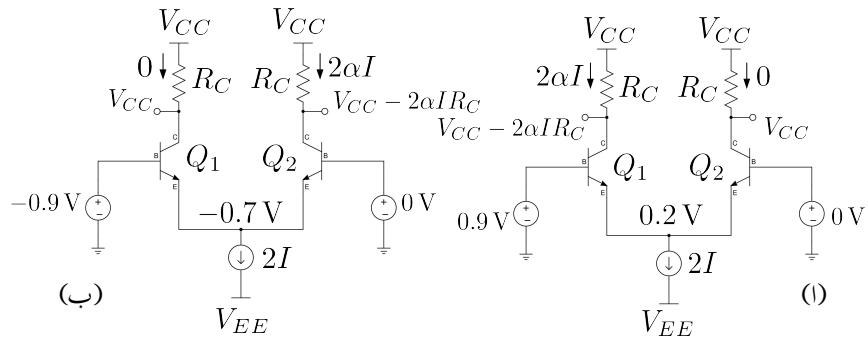
$$v_E = v_B - v_{BE} = 0 - 0.7 = -0.7 \text{ V}$$

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 کامیس۔ گلکشہ جوڑ سیدھے مائل ہو گا اور Q_1

$$v_E = v_{B1} - v_{BE1}$$

رہے گا اس طرح اگر $v_{B1} = 0.9 \text{ V}$ کر دیا جائے تو

$$v_E = 0.9 - 0.7 = 0.2 \text{ V}$$



شکل ۱.۵.۳: تفسیری اشارہ کے موجودگی میں تفسیری جوڑے کی کارکردگی

ہو گا اور یوں Q_2 کے بیس-گلکشن جوڑ پر

$$v_{BE2} = v_{B2} - v_E = 0 - 0.2 = -0.2 \text{ V}$$

برقی دباؤ ہو گا جو اے منقطع رکھ کے گا۔ منقطع رکھ رکھ سیئر میں برقی روکا گز ممکن نہیں بلہذا تم کاتم $I \times 2$ برقی روکنے والے ٹرانزیستر Q_1 کو مقتول ہو جائے گی یعنی

$$\begin{aligned} i_{E1} &= 2I \\ i_{E2} &= 0 \end{aligned}$$

یوں

$$v_{C1} = V_{CC} - 2\alpha I R_C$$

$$v_{C2} = V_{CC}$$

$$v_o = v_{C2} - v_{C1} = +2\alpha I R_C$$

ہوں گے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں تفسیری اشارہ کے موجودگی میں حناجری برقی دباؤ v_0 کی قیمت صفر دوں ہے نہیں رہتی۔ حقیقت میں تفسیری جوڑ انہی یہتے کم داخلی تفسیری برقی دباؤ پر ہی تسام کی تسام برقی روک (یعنی $I \times 2$) کو ایک ٹرانزیستر مقتول کر کے $+2\alpha I R_C$ برقی دباؤ حترج کر دے گا جس کے بعد تفسیری دباؤ مزید بڑھانے سے حناجری برقی دباؤ میں مزید تبدیلی ممکن نہیں۔ تفسیری جوڑے کے دونوں دخول صفر دوں ہونے کی صورت میں v_0 میں مزید تبدیلی ممکن نہیں۔ تفسیری جوڑے کے منقطع رکھ رکھ سیئر میں برقی دباؤ $v_E = -0.7 \text{ V}$ رکھتے ہوئے۔ اب اگر $v_{B1} = -0.9 \text{ V}$ کر دیا جائے تو Q_2 کا بیس-گلکشن جوڑ سیدھا مائل ہو جائے گا بلہذا $v_{B2} = 0 \text{ V}$ رکھتے ہوئے۔ اگر $v_E = -0.7 \text{ V}$ ہو گا۔ یوں Q_1 کے بیس سے پر -0.9 V جبکہ اس کے بیس سے پر -0.7 V ہونے کی وجہ سے یہ منقطع صورت اختیار کر لے گا۔ یہ صورت شکل ۱.۵.۳ ب میں دکھائی

گئی ہے۔ یوں منج روکی 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۔۱۳ میں ہم نے دیکھا کہ $v_d = v_{B1} - v_{B2} = 0.9\text{ V}$ کی صورت میں تفسری جوڑاتام کی تسام برقی رو (یعنی $I \times 2$) کو ایک ٹرانزسٹر میں مقتول کر پکا ہوتا ہے اور یوں یہ $v_o = +2\alpha IR_C$ حداجن کرتا ہے جبکہ شکل ب میں میں $v_d = -0.9\text{ V}$ ہے اور تفسری جوڑاتام کی تسام برقی رو کو دوسرے ٹرانزسٹر میں مقتول کر کے $v_o = -2\alpha IR_C$ حداجن کرتا ہے۔

۵.۲ باریکے والی تفسری اشارہ پر تفسری 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 تفسری جوڑے کو باریکے تفسری اشارہ v_d میں کیا جاتا ہے۔ باریکے تفسری اشارہ سے مسرا و اتنی v_d ہے جس سے تسام کی تسام برقی رو $I \times 2$ کی ایک ٹرانزسٹر میں مقتول نہ ہو۔ جیسا شکل ۵۔۲ میں دکھایا گیا ہے، ہم اس صورت کو یوں بیان کر سکتے ہیں کہ $\frac{v_d}{2} + \text{اشارہ بطور } v_{B1}$ اور $\frac{v_d}{2} - \text{اشارہ بطور } v_{B2}$ میں 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 ولٹ دے جاتے تو $i_{E1} = i_{E2} = I$ ہوتا۔ اب جب v_{B1} کو بکار رکھا یا اور v_{B2} کو گھٹایا گیا ہے تو i_{B1} میں ΔI کا اضافہ ہو گا جبکہ i_{B2} میں اتنی ہم کی واقع ہو گی۔ تاہم اب ہم $i_{E1} + i_{E2} = 2I$

$$i_{E1} = I + \Delta I$$

$$i_{E2} = I - \Delta I$$

ہوں گے۔ لہذا

$$i_{C1} = \alpha I_{E1} = \alpha (I + \Delta I)$$

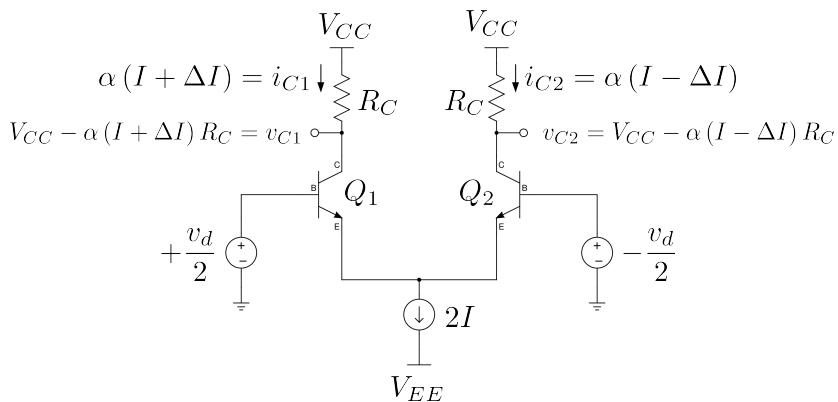
$$i_{C2} = \alpha I_{E2} = \alpha (I - \Delta I)$$

$$v_{C1} = V_{CC} - i_{C1} R_C = V_{CC} - \alpha (I + \Delta I) R_C$$

$$v_{C2} = V_{CC} - i_{C2} R_C = V_{CC} - \alpha (I - \Delta I) R_C$$

$$v_o = v_{C2} - v_{C1} = +2\alpha \Delta I R_C$$

ہوں گے۔ یہاں یہ بات ہے کہ نہیں کرنا ضروری ہے کہ تفسری 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 یہیں سرے پر v_{B1} جبکہ اس کے بیٹھ سرے پر v_{E1} برقی دباؤ پیا رہتا ہے۔ چونکہ دونوں ٹرانزسٹر کے بیٹھ سرے آپس میں جوڑے ہیں لہذا v_{E1} ہو گا جو بیٹھ سرے کے برقی دباؤ کو v_{E1} اور v_{E2} لکھنے کے بعد 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 ای پلینیاٹر

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 حصول درکار ہے۔ آئیں انہیں حاصل کریں۔ پہلے وتم میں مساوات ۵.۱۰.۵ سے تقسیم کر کے v_E سے چھکارا حاصل کیا جاتا ہے۔

$$(5.12) \quad \frac{i_{E2}}{i_{E1}} = \frac{\left(\frac{I_S}{\alpha} e^{\frac{v_{B2}-v_E}{V_T}} \right)}{\left(\frac{I_S}{\alpha} e^{\frac{v_{B1}-v_E}{V_T}} \right)} = e^{\left(\frac{v_{B2}-v_{B1}}{V_T} \right)} = e^{-\frac{v_d}{V_T}}$$

جیسا کہ 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 $I \times 2$ 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

$$(5.16) \quad \begin{aligned} \left(\frac{2 \times I}{i_{E1}} \right)^{-1} &= \left(1 + e^{-\frac{v_d}{V_T}} \right)^{-1} \\ \frac{i_{E1}}{2 \times I} &= \frac{1}{\left(1 + e^{-\frac{v_d}{V_T}} \right)} \end{aligned}$$

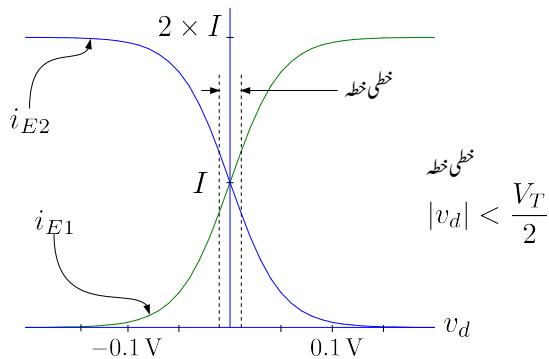
یعنی

$$(5.17) \quad i_{E1} = \frac{2 \times I}{\left(1 + e^{-\frac{v_d}{V_T}} \right)}$$

اگر ہم مساوات ۵.۱۰.۵ کو مساوات ۵.۱۱.۵ 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 ۵.۱۷ اور مساوات ۵.۱۸ میں کھینچ گئے ہیں۔



شکل ۵.۵: تفسیری جوڑے کے خط

مثال ۵.۳: صفر دوں تفسیری اشارہ یعنی $v_d = 0$ اور $i_{E1} = i_{E2}$ حاصل کریں۔
حل: مساوات ۵.۷ اے حاصل ہوتا ہے

$$i_{E1} = \frac{2 \times I}{1 + e^{-\frac{0}{V_T}}} = \frac{2 \times I}{1 + e^0} = \frac{2 \times I}{1 + 1} = I$$

اسی طرح مساوات ۵.۱۸ اے حاصل ہوتا ہے

$$i_{E2} = \frac{2 \times I}{1 + e^{+\frac{0}{V_T}}} = \frac{2 \times I}{1 + e^0} = \frac{2 \times I}{1 + 1} = I$$

مثال ۵.۴: مندرجہ ذیل تفسیری برقی اشارات پر i_{E2} حاصل کریں۔

.۱

$$v_d = -0.15 \text{ V}$$

.۲

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

۱

$$v_d = 0.1 \text{ V}$$

۲

$$v_d = 0.15 \text{ V}$$

حل: مساوات ۱۸.۵ کے تحت

۳

$$i_{E2} = \frac{2 \times I}{1 + e^{\frac{-0.15}{0.025}}} = \frac{2 \times I}{1 + 0.0024788} \approx 2 \times I$$

۴

$$i_{E2} = \frac{2 \times I}{1 + e^{\frac{-0.1}{0.025}}} = \frac{2 \times I}{1 + 0.018316} = 0.982 \times 2 \times I$$

۵

$$i_{E2} = \frac{2 \times I}{1 + e^{\frac{+0.1}{0.025}}} = \frac{2 \times I}{1 + 54.598} = 0.018 \times 2 \times I$$

۶

$$i_{E2} = \frac{2 \times I}{1 + e^{\frac{+0.15}{0.025}}} = \frac{2 \times I}{1 + 403.41} = 0.00247 \times 2 \times I \approx 0$$

مثال ۳.۵ سے صاف ظاہر ہے کہ تفسری اشارہ کے عدم موجودگی میں دونوں ٹرانزسٹر میں برابر برقی روپائی جاتی ہے۔ مزید یہ کہ ان برقی روپ مخفیکہ اشارہ v_{CM} کا کسی قسم کا کوئی اثر نہیں۔

مثال ۳.۵ میں $v_d = -0.1 \text{ V}$ پر $v_d = -98.2 \text{ V}$ فی صد برقی رو Q_2 سے گرتی ہے جبکہ $v_d = 0.1 \text{ V}$ پر صرف ۱.۸ فی صد اس میں سے گرتی ہے۔ اس سے یہ بات واضح ہوتی ہے کہ تفسری اشارہ میں ہر یک تبدیلی سے تفسری جوڑے میں برقی روکی تقسیم بہت زیادہ متاثر ہوتی ہے۔

تفسری جوڑے میں برقی روکو ایک ٹرانزسٹر سے دوسرے ٹرانزسٹر میں مقتل کرنے کی حاضر نہیں۔ کم داخلی تفسری برقی دباؤ 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-امپٹر جوڑ پر اندر ونی کپیسٹر $C_{b'e}$ اور بیس-کلکٹر جوڑ پر اندر ونی کپیسٹر $C_{b'c}$ پائے جاتے ہیں۔ غیر-افزاں نہ ٹرانزسٹر میں ان کپیسٹروں کے مجموعے کی قیمت، افزاں نہ ٹرانزسٹر

کے نسبت، زیادہ ہوتی ہے۔ ان کپسٹروں میں بار بھرنا یا ان سے بار کے نکای کے لئے وقت درکار ہوتا ہے۔ اس درکار وقت کا دار و مدار کل کپسٹ کی قیمت اور ان دو 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 مستریب متربی ہیں لہذا اسے استعمال کرتے ہوئے نہایت تیز رفتار اور تخلیق دینا ممکن ہوتا ہے۔ یہی وجہ ہے کہ تیز ترین عددی برقيات (مثلاً ایمپ چرا مولٹیپل) میں بالخصوص اور دیگر تیز ترین برقيات میں بالعلوم تفرقی جوڑا ہی استعمال ہوتا ہے۔

اس حصہ میں ہم تفرقی جوڑے کو بطور ایپلینائز استعمال کریں گے۔ شکل ۵.۵ کو دیکھتے ہوئے معلوم ہوتا ہے کہ دو نقطے دار لکسیروں کے درمیان داخلی اشارہ v_d اور برقی رو i_{E1} (یا i_{E2}) کے مابین خطی تعلق پایا جاتا ہے یعنی اس خط میں جتنے گن بڑھا لیا گھٹایا جائے i_{E1} (یا i_{E2}) میں اتنے گن کی 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۔

۵.۳. باریکے اشارہ پر تفرقی جوڑے کے کارکردگی پر تفصیلی غور

۵.۳.۱ باریکے اشاراتی مساوات

مساوات ۵.۷ اور مساوات ۵.۸ کی 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 نہایت سادہ اور خطی مساوات سے بھی حاصل کیا جا سکتا ہے۔ اس حصہ میں ان مساوات کو حاصل کرتے ہیں۔

مساوات ۵.۷ 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 مکاران **تسلسل** یوں لکھے جا سکتے 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 مکاران **تسلسل** میں پہلے چند جزو کو چھوڑ کر بقا یا تمام اجزاء کے قیمتیں نہیں کم ہوں گی۔ مساوات ۲۱.۵ میں مکاران **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 وہ سادہ خطی مساوات ہے جس کی تلاش ہے۔ اسکو یوں لکھتے ہیں۔

$$(5.23) \quad i_{E1} = I + \frac{I}{V_T} \frac{v_d}{2}$$

اسی طرح اگر i_{E2} کی سادہ خطی مساوات حاصل کی جائے تو وہ مندرجہ ذیل ہو گی۔

$$(5.24) \quad i_{E2} = I - \frac{I}{V_T} \frac{v_d}{2}$$

ان نتائج سے حاصل ہوتا ہے

$$(5.25) \quad i_{C1} = \alpha i_{E1} = \alpha I + \frac{\alpha I}{V_T} \frac{v_d}{2}$$

$$i_{C2} = \alpha i_{E2} = \alpha I - \frac{\alpha I}{V_T} \frac{v_d}{2}$$

تفسیری اشارہ کے عدم موجودگی، یعنی $v_d = 0$ ، کی صورت میں $i_{E1} = i_{E2} = I$ ہی حاصل ہوتے ہیں جو کہ ان ٹرانزسٹر کے نقطہ کارکردگی پر برقرار رہے اور I_{EQ1} اور I_{EQ2} کی صورت میں مساوات ۲۵.۵ سے کامیاب ہوتا ہے جو نقطہ کارکردگی پر لکشہ بر قی روپ میں جنمیں I_{CQ} یا سرفہرست I_C کامیاب ہے۔ تفسیری اشارہ کے موجودگی میں مساوات ۲۵.۵ میں یک سمت روکے عمل اور بدلتا روکھی پائی جاتی ہے۔ یوں انہیں

$$(5.26) \quad \begin{aligned} i_{C1} &= I_C + \frac{\alpha I}{V_T} \frac{v_d}{2} \\ &= I_C + i_c \\ i_{C2} &= I_C - \frac{\alpha I}{V_T} \frac{v_d}{2} \\ &= I_C - i_c \end{aligned}$$

لکھا جاسکتا ہے جہاں i_c بدلتا بر قی روپ یعنی

$$(5.27) \quad i_c = \frac{\alpha I}{V_T} \frac{v_d}{2} = \left(\frac{I_C}{V_T} \right) \frac{v_d}{2}$$

ہے۔ آپ صفحہ ۲۷۶ پر دئے گئے مساوات ۲۷.۳ اکی مدد سے جانتے ہیں کہ $\frac{I_C}{V_T}$ دراصل g_m ہے لہذا میں مزید اس طرح لکھ سکتے ہیں۔

$$(5.28) \quad i_c = g_m \frac{v_d}{2}$$

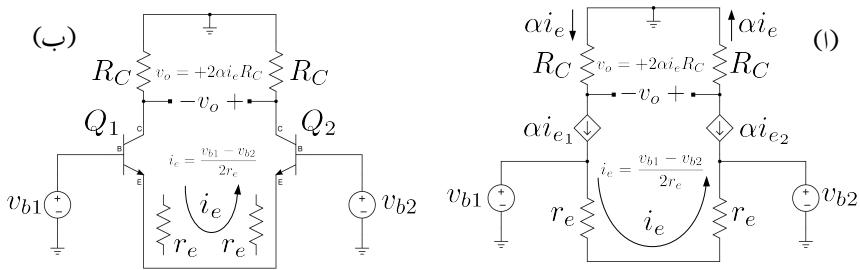
اس طرح مساوات ۲۵.۵ کو یوں لکھ سکتے ہیں۔

$$(5.29) \quad \begin{aligned} i_{C1} &= I_C + g_m \frac{v_d}{2} \\ i_{C2} &= I_C - g_m \frac{v_d}{2} \end{aligned}$$

یہاں رکر شکل ۲.۵ میں دکھائے گئے i_{C1} اور i_{C2} کا مساوات ۲۵.۵ میں حاصل کئے گئے قیمتیں کے ساتھ موازنہ کریں۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ $\alpha \Delta I = \frac{\alpha I}{V_T} \frac{v_d}{2}$ ہے۔ باریکے داخلی اشارے پر مساوات ۲۸.۵ کی مدد سے تفسیری جوڑے میں بر قی روپ حاصل کی جاسکتی ہے۔ یہ ایک اہم تجربہ ہے جس پر اگلے حصے میں تبصرہ کیا جائے گا۔

۵.۲.۲ بر قی روکا حصول بذریعہ ٹرانزسٹر ریاضی نمونہ

گزشتہ حصہ میں مساوات ۲۸.۵ حاصل کی گئی جس کے مدد سے تفسیری جوڑے میں بر قی روپ حاصل کی جاسکتی ہے۔ آئیں اسی مساوات کو انتہائی سادہ طریقہ سے حاصل کریں۔ شکل ۶.۵ بے میں تفسیری جوڑے کا مساوی بدلتا روک شکل دکھایا گیا ہے جہاں تمام یک سمت منبع بر قی دباؤ کو قصر دو اور تمام یک سمت



شکل ۵.۵: ترقی بر قوام حصول بذریعہ ریاضی نمون

منبع برقی روکو کھلے سرے کیا گیا ہے۔ شکل ۵.۵ اف میں ٹرانزسٹر کے ٹی-ریاضی نمون استعمال کر کے اسی کا مساوی دور بنایا گیا ہے جس سے صاف ظاہر ہے کہ

$$(5.30) \quad i_e = \frac{v_{b1} - v_{b2}}{2r_e} = \frac{v_d}{2r_e}$$

ہو گا جس کو v_d کو لکھا گیا ہے۔ یوں $v_{b1} - v_{b2}$ کے برابر ہو گا۔ صفحہ ۲۸۰ میں مساوات ۱۹۲.۳ کے تحت $r_e = \frac{\alpha}{g_m}$ کے تھے۔ یعنی اس مساوات کو اس طرح لکھ سکتے ہیں۔

$$(5.31) \quad i_e = \frac{g_m}{\alpha} \frac{v_d}{2}$$

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 نمون بنانا ضروری ہے۔ شکل ۵.۵ میں یہ سے کے مزاحمت r_e کو ترقی جوڑے کے اندر جانب دکھایا گیا ہے۔ یہ ایک تصوراتی شکن ہے جسے دیکھ کر آپ مساوات لکھ سکتے ہیں۔

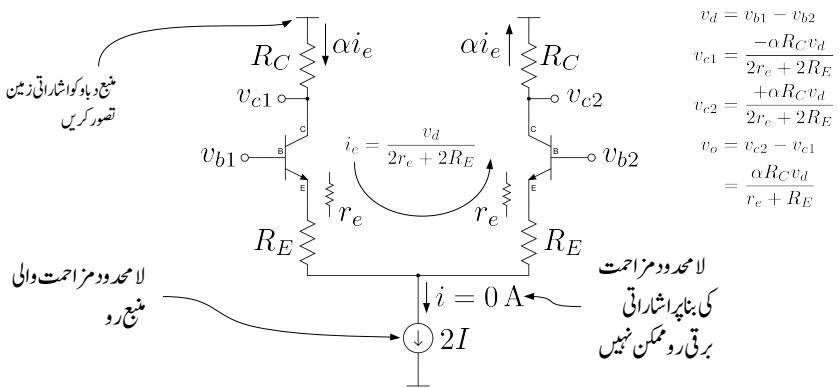
ان دونوں اشکال کو دیکھ کر حنا رجی برقی دبادبے حاصل کیا جاسکتا ہے لیکن

$$(5.33) \quad v_o = +i_c \times 2 \times R_C = +g_m R_C v_d$$

اس مساوات سے ترقی افواٹھ برقی دبادبے $A_d = \frac{v_o}{v_d} = A_d = \frac{v_o}{v_d}$ حاصل کی جاسکتی ہے۔

$$(5.34) \quad A_d = \frac{v_o}{v_d} = +g_m R_C$$

۵.۵. باریک اشارہ پر تفسیقی جوڑے کے کارکردگی پر تفصیلی غور



شکل ۵.۵: اشاراتی برقی رو کے سادہ طریقے کی ایک اور مثال

موجودہ طریقے کی افادیت دیکھنے کی حالت میں دکھائے تفسیقی ایمپلیفیاٹر پر غور کریں جہاں ٹرانزistor کے بندر سرے پر بیرونی مزاحمت R_E نسبت کے گے ہیں۔ اس دور کو دیکھ کر ہم لکھ سکتے ہیں۔

$$i_e = \frac{v_d}{2r_e + 2R_E}$$

اس مساوات سے تفرقہ افراٹر برقی دباؤ حاصل ہوتی ہے۔

$$(5.35) \quad \begin{aligned} i_c &= \alpha i_e = \frac{\alpha v_d}{2r_e + 2R_E} \\ v_o &= +2i_c R_C = +\frac{\alpha v_d R_C}{r_e + R_E} \\ A_d &= \frac{v_o}{v_d} = +\frac{\alpha R_C}{r_e + R_E} \approx +\frac{R_C}{r_e + R_E} \end{aligned}$$

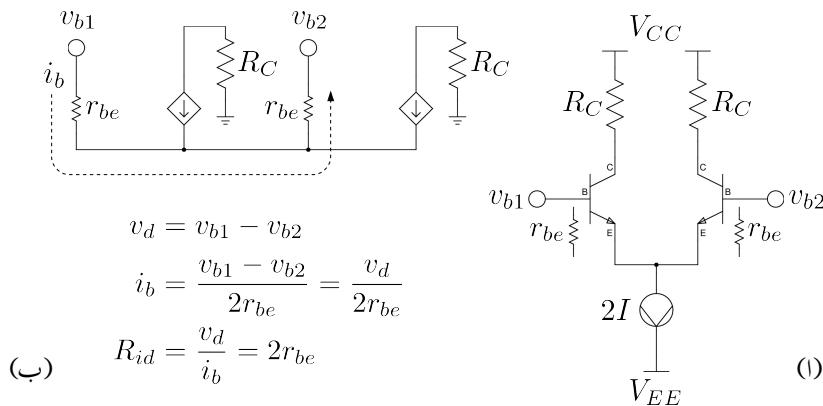
یاد رہے کہ اشاراتی تحبزی کرتے وقت یہ سمت برقی دباؤ کو قصر دور جبکہ یہ سمت برقی رو کو آزاد سرے کر دیا جاتا ہے۔

۵.۵.۳ داخلي تفسیقی مزاحمت

تفسیقی جوڑے میں دونوں ٹرانزistor کے π ریاضی نمونہ استعمال کرتے شکل ۵.۸ ب حاصل ہوتا ہے جس سے اس کی داخلي برقي رو i_b

$$(5.36) \quad i_b = \frac{v_{b1} - v_{b2}}{2r_{be}} = \frac{v_d}{2r_{be}}$$

differential voltage gain⁴



شکل ۵.۸: تفرقی جوڑے کی داخنی تفرقی مزاحمت

اور اس سے تفرقی جوڑے کا داخلی تفرقی مزاحمت^۸ یوں حاصل ہوتا ہے۔

$$(5.28) \quad R_{id} = \frac{v_b}{i_b} = 2r_{be}$$

یہی دو جوابات کل ریاضی نمونہ بنانے کے بغیر بھی حاصل کے جب کہتے ہیں جیسے شکل ۵.۸ میں دکھایا گیا ہے جہاں دونوں ٹرانزیستر کے داخنی مزاحمت^۹ r_{be} کو ان کے داخنی جابن دکھا کر واضح کیا گیا ہے۔ اسی طریقے کو شکل ۵.۷ میں دکھائے تفرقی جوڑے کے لئے استعمال کرتے ہیں۔ چونکہ اس شکل میں

$$(5.29) \quad i_e = \frac{v_d}{2r_e + 2R_E}$$

ہے لہذا

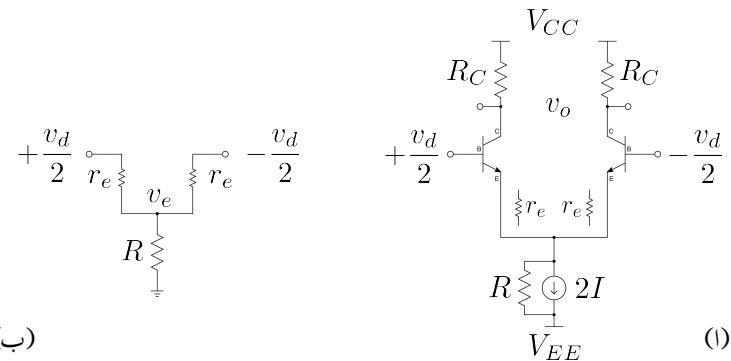
$$(5.30) \quad i_b = \frac{i_e}{\beta + 1} = \frac{1}{\beta + 1} \left(\frac{v_d}{2r_e + 2R_E} \right)$$

ہو گا جس سے داخلی تفرقی مزاحمت^{۱۰} یوں حاصل ہوتا ہے۔

$$(5.31) \quad R_{id} = \frac{v_d}{i_b} = (\beta + 1) (2r_e + 2R_E)$$

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 تفسیری مزاجت

مسگر مدد ہوتی ہے۔ شکل ۵.۹ الف میں یہ سمت منج روکا مساوی نامنٹھ 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 تفسیری جوڑے کے اندر جناب منرضی طور دکھایا گیا ہے۔ شکل ۵.۹ ب میں اس ایپلیفائز کے داخنی جناب کا باریکے اشاراتی ریاضی نمونہ دکھایا گیا ہے۔ ٹرانزسٹروں کے پیٹر سے کابری دباد v_e حاصل کرنے کی حوصلہ اسکے جوڑ پر خوفزدہ کامات انون برائے برقرار روانہ کرتے ہیں۔

$$(5.21) \quad \frac{v_e - \frac{v_d}{2}}{r_e} + \frac{v_e + \frac{v_d}{2}}{r_e} + \frac{v_e}{R} = 0$$

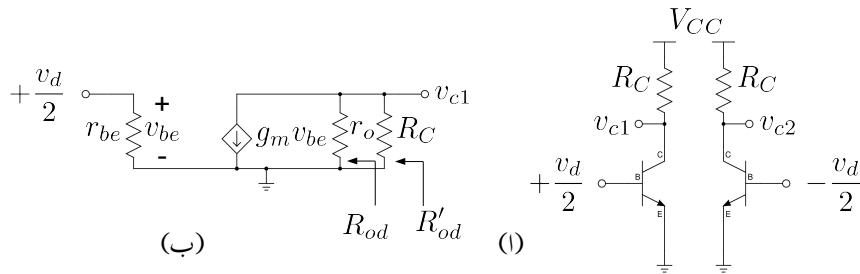
اس مساوات سے حاصل ہوتا ہے۔

$$(5.22) \quad v_e = 0$$

اس نتیجے کے مطابق باریکے تفسیری اشارہ v_e کا v_d 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 الف کا (باریکے تفسیری اشارہ کے لئے) مساوی مادہ دور شکل ۱۰.۱ الف میں دکھایا گیا ہے۔ اس شکل میں تفسیری ایپلیفائز کو دو عدد مشترک ایمپلیفیاٹر تصور کرنا دکھایا گیا ہے جہاں باعث کے ایپلیفائز کا داخنی اشارہ $\frac{v_d}{2}$ اور اس کا حنارتی اشارہ v_{c1} ہے جبکہ دائیں ایپلیفائز کا داخنی اشارہ $\frac{v_d}{2}$ اور اس کا حنارتی اشارہ v_{c2} ہے۔ شکل ب میں باعث کے ایپلیفائز 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 برابر حاصل ہوتا ہے۔ تفسیری ایپلیفائز کا داخنی باریکے اشاراتی مزاجت اس کا دو گنہ ہو گا یعنی

$$(5.23) \quad R_{id} = 2r_{be}$$

Norton equivalent^۹



شکل ۵.۱۰: تفرقی ایکلینیٹر بطور دو عدد ہمیشہ جائز ایکلینیٹر

اگر v_0 کو v_{c1} اور v_{c2} کے مابین ایسا جائے تب تفرقی افزاں برقرار رہے۔

$$(5.33) \quad A_d = \frac{v_o}{v_d} = \frac{v_{c2} - v_{c1}}{v_d} = g_m (R_C \parallel r_o)$$

حاصل ہوتا ہے۔ عموماً r_o کی قیمت R_C کے مقابلے سے بہت زیاد ہوتی ہے اور یوں اس مساوات کو یوں لکھا جاسکتا ہے۔

$$(5.35) \quad A_{d_{پری}} = \frac{v_{c2} - v_{c1}}{v_d} = g_m R_C = \frac{R_C}{r_e}$$

اس کے برعکس اگر v_0 کو v_{c1} (یا v_{c2}) سے حاصل کیا جائے تب تفرقی افزاں برقرار رہے۔

$$(5.36) \quad A_{d_{عکس}} = \frac{v_o}{v_d} = \frac{v_{c1}}{v_d} = -\frac{R_C}{2r_e}$$

شکل ۵.۱۰ ب میں آدھے ایکلینیٹر کے خارجی تفرقی مزاجمت R_{od} اور R'_{od} دکھائے گئے ہیں۔ R_{od} مزاجمت ہے جس میں R_C کے اثر کو شامل نہیں کیا گی یعنی اس میں R_C کو لاحدہ و تصور کرتے دور کام مزاجمت حاصل کیا گیا ہے۔ ہم کہتے ہیں کہ یہ مزاجمت R_C سے پبلک مزاجمت ہے۔ R_{od} کی قیمت r_o ہے۔ آدھے ایکلینیٹر کا ده خارجی تفرقی مزاجمت ہے جو ٹرانزسٹر کے اندر ہونی مزاجمت r_o اور اس کے ساتھ مسلک بیرونی مزاجمت R_C دونوں کے اثر کو شامل کرتا ہے۔ اس کی قیمت $(r_o \parallel R_C)$ ہے۔

۵.۳.۳ داخلي مشترک کہ مزاجمت اور مشترک کہ افزاں

شکل ۱۱.۵ میں تفرقی جوڑے کو مشترک کہ داخلي اشارہ v_{CM} فراہم کیا گیا ہے۔ دونوں ہاتھوں کے ٹرانزسٹروں میں یکساں برقراری i_e گزرے گی اور یوں

$$(5.37) \quad v_e = (i_{e1} + i_{e2}) R = 2i_e R$$

ہو گا۔ اسی کو شکل بے کے طرز پر بھی بنایا جا سکتا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ اب بھی v_e کی قیمت وہی ہے یعنی

$$(5.38) \quad v_e = i_e(2R) = 2i_e R$$

اسی طرح دونوں اشکال میں ٹرانزسٹروں میں یک سوت بر قی رکی قیمت I ہی ہے۔ یوں مشترکہ اشارے کے لئے شکل الف کو دیکھاں۔ ایپلیفائر تصور کیا جا سکتا ہے۔ شکل بے سے

$$(5.39) \quad i_e = \frac{v_{CM}}{r_e + 2R}$$

حاصل ہوتا ہے جس سے ایک بازوں کا مشترکہ ممزاحت یوں حاصل ہوتا ہے

$$(5.40) \quad i_b = \frac{i_e}{\beta + 1} = \frac{v_{CM}}{(\beta + 1)(r_e + 2R)}$$

$$R_{icm} = \frac{v_{CM}}{i_b} = (\beta + 1)(r_e + 2R)$$

تفسیری ایپلیفائر کا مشترکہ داخلی ممزاحت اس کے دست 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 ایجاد کئے تو اس کی قیمت صفر ہو لے گی اور مشترکہ افزائش بر قی دباؤ اضافہ ہو گا۔ البتہ اگر v_0 کو v_{c1} (یا v_{c2}) سے حاصل کیا جائے تو

$$(5.43) \quad v_0 = v_{c1} = -\frac{\alpha R_C v_{CM}}{r_e + 2R}$$

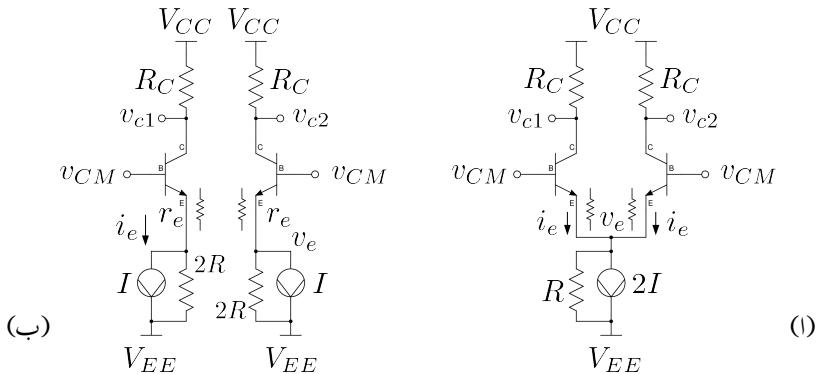
ہو گا اور مشترکہ افزائش بر قی دباؤ

$$(5.44) \quad A_{cm,i} = \frac{v_o}{v_{CM}} = \frac{v_{c1}}{v_{CM}} = -\frac{\alpha R_C}{r_e + 2R}$$

ہو گا۔ R کی قیمت R_C اور r_e کے قیمتوں سے 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 حنارج 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

$$v_o \text{ ہوتا ہے۔ حققت میں تفسیقی ایکلپیغاٹر کے حنارجی اشارہ میں دونوں جبز پائے جاتے ہیں اور یہاں$$

$$v_o = A_d v_d + A_{cm} v_{CM}$$

$$(5.55)$$

ہو گا۔ تفسیقی ایکلپیغاٹر تفسیقی اشارہ کو بڑھاتا ہے جبکہ یہ مشترکہ اشارہ کو کم کرتا ہے۔ مشترکہ اشارہ رد کرنے کے صلاحیت "CMRR" کو A_d اور A_{cm} کے تناوب سے ناچاہتا ہے لیکن

$$(5.56) \quad CMRR = \left| \frac{A_d}{A_{cm}} \right| = \frac{r_e + 2R}{\alpha r_e}$$

جیسا مساوات ۵.۵۳ اور مساوات ۵.۵۴ کی مدد حاصل کی گئی ہے۔ مشترکہ اشارہ رد کرنے کے صلاحیت CMRR کو عموماً مذکور یہ ۱۰^{۱۲} میں ناچاہتا ہے لیکن

$$(5.57) \quad CMRR = 20 \log \left| \frac{A_d}{A_{cm}} \right|$$

مندرجہ بالا بحث، تفسیقی ایکلپیغاٹر کے دونوں بازوں پاکی یکساں ہونے کے صورت میں درست ہو گا۔ حققت میں عموماً ایسا نہیں ہوتا اور ایکلپیغاٹر کے دونوں بازوں میں منفرد کی بنیاد پر مشترکہ حنارجی اشارہ v_{c1} اور v_{c2} کے ماہین لیئے کے صورت میں بھی صفر ووائٹ نہیں ہوتا۔ آئیں اس اثر کو زیادہ غور سے دیکھیں۔

تصور کریں کہ تفسیقی ایکلپیغاٹر کے دونوں میں استعمال کئے گئے متریکس R_C میں منفرد کے علاوہ دونوں بازوں

common mode rejection ratio CMRR^{۱۱}
decibel dB^{۱۲}

بائلکیکاں میں یوں ہونے والے $R_{C2} = R_C - \Delta R_C$ اور $R_{C1} = R_C + \Delta R_C$

$$(5.58) \quad v_{c1} = -\frac{\alpha (R_C + \Delta R_C) v_{CM}}{r_e + 2R}$$

$$v_{c2} = \frac{\alpha (R_C - \Delta R_C) v_{CM}}{r_e + 2R}$$

اور یوں

$$(5.59) \quad v_o = v_{c2} - v_{c1} = -\frac{\alpha \Delta R_C v_{CM}}{r_e + 2R}$$

$$A_{cm} = \frac{v_o}{v_{CM}} = -\frac{\alpha \Delta R_C}{r_e + 2R}$$

یوں تفرقی ایپلیکیشن کے دو بازو غیر یکساں ہونے کی صورت میں مشترک افزاش برقی دباؤ صفر نہیں رہتی۔ حنارتی اشارہ v_{c1} اور v_{c2} کو مایاں لیتے ہوئے تفرقی ایپلیکیشن کا مشترک اشارہ رد کرنے کے صلاحیت CMRR مساوات ۳۶.۵ اور مساوات ۵۹.۵ کی مدد سے یوں حاصل ہوتا ہے

$$(5.60) \quad CMRR = \frac{g_m (r_e + 2R) R_C}{\alpha \Delta R_C}$$

۵.۵ غیر کامل تفرقی جوڑے کا ناقص پن

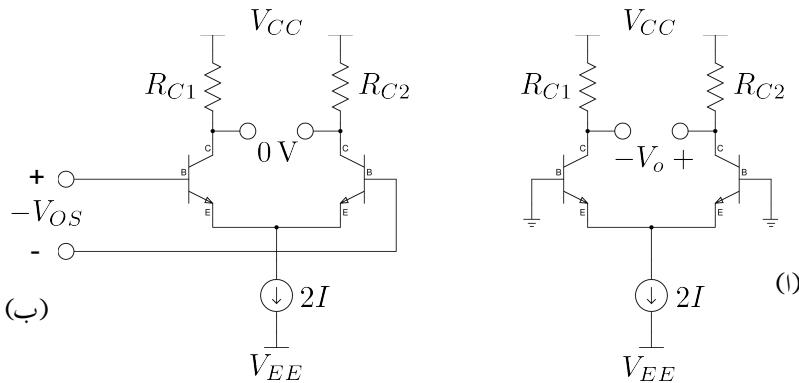
۵.۵.۱ داخنی انحرافی برقی دباؤ

کامل تفرقی جوڑا داخنی 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 میں V_0 کو فارمی A_d کے تفہیم کر کے دالنے انحراف برقی دباؤ^{۱۲} کہتے ہیں۔ حنارتی انحرافی برقی دباؤ کو تفرقی جوڑے کے تفرقی افزاش A_d سے تفہیم کر کے دالنے انحراف برقی دباؤ^{۱۳} V_{OS} حاصل ہوتا ہے یعنی

$$(5.61) \quad V_{OS} = \frac{V_O}{A_d}$$

مانند ظاہر ہے کہ تفرقی جوڑے کے داخنی جانب $-V_{OS}$ مہیا کرنے سے حنارتی جبانب صفر دوبلے حاصل ہو گا۔ شکل ۱۲.۵ 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۔ آئینہ ان پر غور کریں۔

^{۱۲} output offset voltage
^{۱۳} input offset voltage



شکل ۱۲.۵: دو مختلف اخترافی بر قی دباؤ

تفسیری جوڑے کے دو ڈیزائیٹر مکمل طور یکساں ہونے کی صورت میں اگر اس کے دونوں داخلی سرے بر قی ز میں پر کھے جائیں (یعنی $0 = V_{B1} = V_{B2}$) تو بر قی رو $I \times 2$ ان میں برابر تیسیم ہوگی۔ اگر R_{C1} اور R_{C2} کی مقیمتیں بھی بالکل برابر ہوں تو $V_o = 0$ ہو گا۔ لبست اگر R_{C1} اور R_{C2} کی مقیمتیں 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 غالباً انحرافی بر قی دباؤ ہے جس سے داغل انحرافی بر قی دباؤ یوں حاصل ہوتا ہے۔

$$(5.25) \quad V_{OS} = \frac{V_O}{A_d} = \frac{2\alpha I \Delta R_C}{g_m R_C} = \frac{2\alpha I \Delta R_C}{\left(\frac{\alpha I}{V_T}\right) R_C} = 2V_T \frac{\Delta R_C}{R_C}$$

اس مساوات کے حصول میں $g_m = \frac{\alpha I}{V_T}$ اور $A_d = g_m R_C$ کا استعمال کیا گیا ہے۔ دخیل اخترافی بر قی دباؤ کو بطور مشتبہ عد دلکھا جاتا ہے لئنی

$$(5.26) \quad |V_{OS}| = \left| 2V_T \frac{\Delta R_C}{R_C} \right|$$

آنکے اب ٹرانزسٹر کی سانس نے سے پیدا نہ کریں۔ فرض کریں 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 ۱۲.۵ میں ٹرانزسٹر کے بھر سے آپس میں جبکہ ان کے بیچ سے برقی زمین پر ہیں۔ یوں $V_{BE1} = V_{BE2}$ ہے۔ اس صورت ٹرانزسٹر کی برقی رومندر جب دیل 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 مساوات سے حاصل ہوتا ہے۔

$$(5.31) \quad I_{C1} = I \times \alpha \left(\frac{I_S + \Delta I_S}{I_S} \right) = \alpha I \left(1 + \frac{\Delta I_S}{I_S} \right)$$

اسی طرح I_{C2} کے لئے حاصل ہوگا۔

$$(5.32) \quad I_{C2} = I \times \alpha \left(\frac{I_S - \Delta I_S}{I_S} \right) = \alpha I \left(1 - \frac{\Delta I_S}{I_S} \right)$$

اور

$$(5.43) \quad \begin{aligned} V_{C1} &= V_{CC} - \alpha I \left(1 + \frac{\Delta I_S}{I_S} \right) R_C \\ V_{C2} &= V_{CC} - \alpha I \left(1 - \frac{\Delta I_S}{I_S} \right) R_C \\ V_O &= V_{C2} - V_{C1} = 2\alpha I R_C \frac{\Delta I_S}{I_S} \\ |V_{OS}| &= \left| \frac{V_O}{A_d} \right| = \left| \frac{V_O}{g_m R_C} \right| = \left| \frac{2\alpha I R_C \frac{\Delta I_S}{I_S}}{\frac{\alpha I}{V_T} R_C} \right| = \left| 2V_T \frac{\Delta I_S}{I_S} \right| \end{aligned}$$

ان دو وجہات کے علاوہ دیگر دو وجہات (مثلاً β اور r_o میں مندرجہ) کے بناء پر بھی انحرافی برقی دباؤ پیدا ہوتا ہے۔

۵.۵.۲ داخنی میلان برقی روا اور انحرافی داخنی میلان برقی رو

تفسیری جوڑے کے دونوں بازوں کے مکمل یہاں ہونے کی صورت میں دونوں جانب برابر یک سمت میلانہ برقی رو^{۱۵} کا گزرا ہوتا ہے لیکن

$$(5.44) \quad I_{B1} = I_{B2} = \frac{I}{\beta + 1}$$

البتہ دونوں بازووں میں مندرجہ کی داعلہ میلانہ برقی رو مختلف ہو سکتی ہیں۔ ایسی صورت میں دونوں جانب کی داعلہ میلانہ برقی رو میں مندرجہ حصے انحرافی داعلہ برقی رو^{۱۶} I_{OS} کہتے ہیں، کوئی حاصل کرتے ہیں۔

$$(5.45) \quad I_{OS} = |I_{B1} - I_{B2}|$$

ٹرانزسٹر کے β میں اس کے عسمی قیمت سے انحراف کو دیکھتے ہیں۔ تصور کریں کہ

$$(5.46) \quad \begin{aligned} \beta_1 &= \beta + \Delta\beta \\ \beta_2 &= \beta - \Delta\beta \end{aligned}$$

یہ جہاں β اس کی عسمی قیمت ہے اور $\Delta\beta$ اس عسمی قیمت سے انحراف ہے۔ اس طرح

$$(5.47) \quad \begin{aligned} I_{B1} &= \frac{I}{\beta + \Delta\beta + 1} = \frac{I}{(\beta + 1) \left(1 + \frac{\Delta\beta}{\beta + 1} \right)} \approx \frac{I}{\beta + 1} \left(1 - \frac{\Delta\beta}{\beta + 1} \right) \\ I_{B2} &= \frac{I}{\beta - \Delta\beta + 1} = \frac{I}{(\beta + 1) \left(1 - \frac{\Delta\beta}{\beta + 1} \right)} \approx \frac{I}{\beta + 1} \left(1 + \frac{\Delta\beta}{\beta + 1} \right) \end{aligned}$$

input bias current^{۱۵}
input offset current^{۱۶}

$$\frac{1+x+x^2+\cdots}{1-x\sqrt{\frac{1}{1-\frac{x}{x-x^2}}}}$$

$$\frac{x^2-x^3}{\vdots}$$

شکل ۵.۱۳: 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

$$(5.78) \quad I_B = \frac{I_{B1} + I_{B2}}{2} = \frac{I}{\beta+1}$$

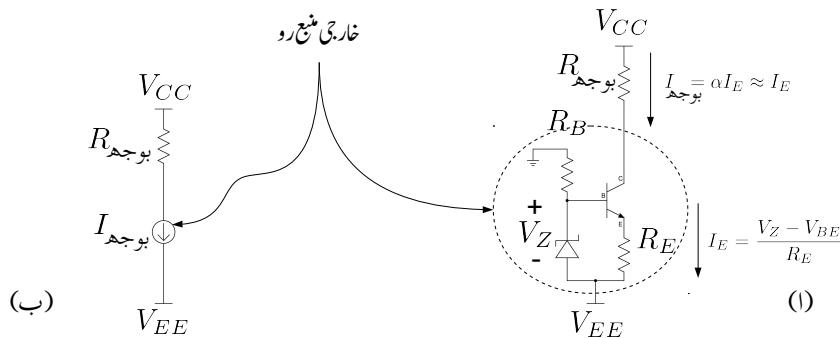
اور

$$(5.79) \quad I_{OS} = \left| \frac{2I}{\beta+1} \left(\frac{\Delta\beta}{\beta+1} \right) \right| = 2I_B \left(\frac{\Delta\beta}{\beta+1} \right)$$

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 مٹھ روا کی مدد سے مائل کیا جاتا ہے۔ اس سے پہلے کہ ہم دیکھیں یہ کیا کیا جاتا ہے یہ ضروری ہے کہ کیکس سخت مٹھ روپر غور کیا جائے۔



شکل ۵.۱۳: حداچ کار منع رو

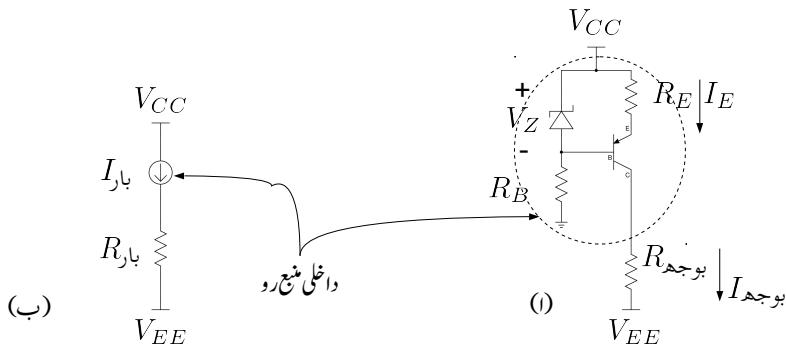
۷.۵ یک سمت منع بر قی رو

شکل ۵.۱۴. الف میں $n-p-n$ 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 ہو رہے، بوجہ I_B کا درودار زیستر ڈائوڈ کے V_Z اور مذہبیت R_E پر ہے یعنی

$$I_E = \frac{V_Z - V_{BE}}{R_E}$$

یوں بوجہ I_B تبدیل کرنے سے اس میں بر قی رو تبدیل نہیں ہوتی۔ اس سے ہم دیکھ سکتے ہیں کہ بوجہ I_E سے ملکے بچایا 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 بر قی رو کی سمت دکھلاتا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ اس طرز کے یک سمت منع رو کو استعمال کرتے ہوئے بوجہ کو ثابت بر قی دباؤ V_{CC} اور یک سمت منع رو کے مابین نسب کیا جاتا ہے اور یک سمت منع رو کی سمت بوجہ سے یک سمت منع رو کی جانب ہوتی ہے۔ یہاں آپ دیکھ سکتے ہیں کہ بوجہ سے بر قی رو حداچ ہو کر یک سمت منع رو میں داخل ہوتی ہے۔ ایسی یک سمت منع رو بوجہ سے بر قی رو زبرد سقی حداچ کرتی ہے۔ اسی لئے اس دور کا زیادہ مقبول نام خارج کار منع رو^{۱۸} ہے۔ شکل ۵.۱۵. الف میں $p-n-p$ 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 بوجہ کو یک سمت منع رو اور منفی بر قی دباؤ V_{EE} کے مابین نسب کیا جاتا ہے اور یک سمت منع رو کی سمت یک سمت منع رو سے بوجہ کی جانب ہوتی ہے۔ ایسی یک سمت منع رو بوجہ میں بر قی رو زبرد سقی داخل کرتی ہے۔ اسی لئے اس دور کو داعل^{۱۹} کار منع رو^{۲۰} بھی کہا جاتا ہے۔

current sink^{۱۸}
current source^{۱۹}



شکل ۵.۵: داخی منع رو

محنلوٹ ادوار میں عموماً متعدد یک سمت منع 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 وجوہات کی بستا پر بھی ادوار کے کارکردگی میں تبدیلی رونما ہوتی ہے۔ محنلوٹ دور میں استعمال ہونے والے تمام یک سمت منع رو میں پائے جانے والے اس طرح کے اثرات کو یکساں بنانے کی کوشش کی جاتی ہے۔ یوں ان سے نپٹانہ بنتا آسان ہوتا ہے۔ آئیں دیکھیں کہ اس طرز کے یک سمت منع رو کیسے بنائے جاتے ہیں۔

۵.۸ آئینہ برقی رو

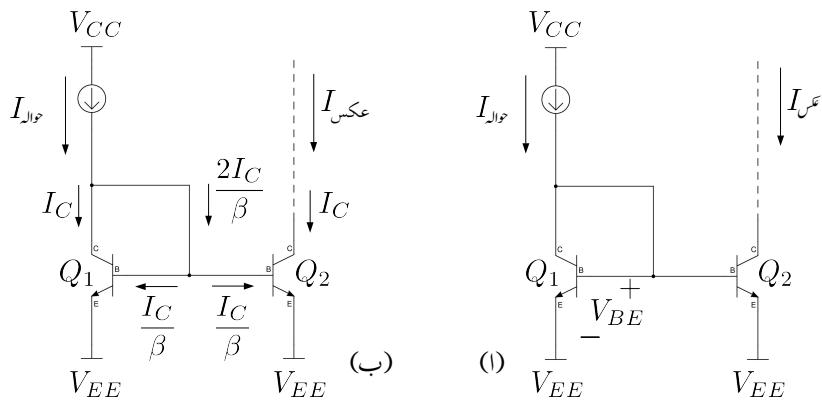
شکل ۱۶.۵ میں آئینہ برقی رو^{۱۶} دکھایا گیا ہے۔ تصور کریں کہ دونوں ٹرانزسٹر کے β کی قیمت لامحدود ہے اور باہمی بازو میں برقی رو حوالہ I گزرو ہے۔ β کی قیمت لامحدود ہو تو ٹرانزسٹر کے بیس سرے پر برقی رو I_B فتابیں نظر انداز ہو گی۔ یوں ٹرانزسٹر Q_1 میں برقی رو حوالہ I اور اس کے بیس-ایمپلیووٹ پر برقی رو باو V_{BE} پیاسا جائے گا جہاں

$$(5.80) \quad I_{\text{حوالہ}} = I_S \left(e^{\frac{V_{BE}}{V_T}} - 1 \right)$$

ٹرانزسٹر Q_1 اور Q_2 کے بیس سرے آپس میں جبڑے ہیں۔ اسی طرح ان کے بیس سرے بھی آپس میں جبڑے ہیں۔ یوں Q_2 کے بیس-ایمپلیووٹ پر بھی برقی رو باو V_{BE} ہی پیاسا جائے گا۔ اس ٹرانزسٹر کے لئے ہم لکھ سکتے ہیں۔

$$(5.81) \quad I_{\text{مس}} = I_S \left(e^{\frac{V_{BE}}{V_T}} - 1 \right)$$

ageing^r
current mirror^r



شکل ۱۶.۵: آئینہ برقی رو

مساویات ۵.۸۰ کو مساوات ۵.۸۰.۵ سے تقسیم کرتے ملتا ہے۔

$$(5.82) \quad \frac{I_{\text{ک}}}{{I}_{\text{حوال}}}= \frac{I_S \left(e^{\frac{V_{BE}}{V_T}} - 1 \right)}{I_S \left(e^{\frac{V_{BE}}{V_T}} - 1 \right)} = 1$$

$$I_{\text{ک}} = {I}_{\text{حوال}}$$

یہ عسکری حالت $I_{\text{ک}}$ کا عکس ہے۔ اس کو یوں بھی بیان کر سکتے ہیں کہ بوجھ میں حالت $I_{\text{ک}}$ کے حوالے سے برقی رو گزرتی ہے۔ جیسا کہ مثال ۵.۵ 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 عسکری حالت $I_{\text{ک}}$ اور حالت $I_{\text{ک}}$ میں معمولی فرق رہتا ہے جس کی شکل بے میں وضاحت کی گئی ہے۔ چونکہ دونوں حبانب ٹرانزیستر کے بیس-پیسٹر جوڑ پر یکساں برقی دباؤ V_{BE} پایا جاتا ہے لہذا ان دونوں کے گلکشہ سروں پر برابر برقی رو I_C پائی جائے گی۔ یعنی

$$(5.83) \quad I_{C1} = I_S \left(e^{\frac{V_{BE}}{V_T}} - 1 \right)$$

$$I_{C2} = I_S \left(e^{\frac{V_{BE}}{V_T}} - 1 \right)$$

$$I_{C1} = I_{C2} = I_C$$

اسی طرح ان کے یہیں سروں پر بھی برابر برقی روپائی جائے گی یعنی

$$(5.83) \quad I_{B1} = \frac{I_{C1}}{\beta} = \frac{I_C}{\beta}$$

$$I_{B2} = \frac{I_{C2}}{\beta} = \frac{I_C}{\beta}$$

بائیں بازو کر خونف کے فتوں برائے برقی رو کے تحت

$$(5.84) \quad I_{جاء} = I_C + \frac{2I_C}{\beta} = I_C \left(1 + \frac{2}{\beta} \right)$$

جبکہ دائیں بازو

$$(5.85) \quad I_{عس} = I_{C2} = I_C$$

یوں

$$(5.86) \quad I_{عس} = \frac{I_{حوالہ}}{1 + \frac{2}{\beta}}$$

ہو گا۔ جیسے آپ دیکھ سکتے ہیں کہ دونوں بازووں کی برقی رو میں ٹرانزسٹر کے یہیں سرے کی برقی رو کی وجہ سے مندرج پایا جاتا ہے۔ شکل ۵.۷ اسیں اس اثر کو مکمل کرنے کی ترکیب دکھائی گئی ہے جہاں سے ظاہر ہے کہ

$$(5.87) \quad I_{عس} \approx \frac{I_{حوالہ}}{1 + \frac{2}{\beta^2}}$$

اس مساوات کو مساوات ۵.۷ کے ساتھ دیکھیں۔ مندرج کے متدار کو β گستاخ کر دیا گیا ہے۔ اگر شکل ۵.۷ اسیں حوالہ I_1 پیدا کرنے کی حالت پر ایک عدد مسماحت R کو V_{CC} اور Q_3 کے گلکش سرے کے درمیان بخوبی جو جائے گا۔

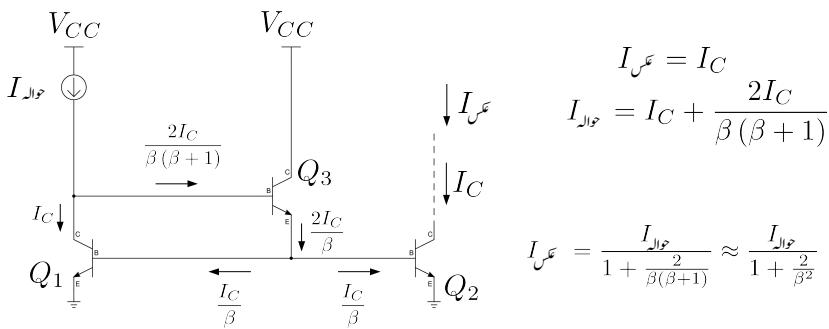
$$(5.88) \quad I_{حوالہ} = \frac{V_{CC} - V_{BE1} - V_{BE3}}{R}$$

مثال ۵.۵: شکل ۱۸.۵ میں، نقطہ دار لکیسر میں بند، ایک سادہ خارج کار مستقل برقی رو دکھایا گیا ہے جسے استعمال کرتے ہوئے برقی بوجھ بوجھ R میں برقی رو عس I گزاری جا رہی ہے۔ شکل ب میں خارج کار مستقل برقی رو کی علامت استعمال کرتے ہوئے اسی دور کو دوبارہ پیش کیا گیا ہے۔ اگر

$$R = 11.3 \text{ k}\Omega$$

$$R_{بوجھ} = 5 \text{ k}\Omega$$

ہوں تو



شکل ۱.۵: بسٹریک سے منج رو

۱. برقی بوجہ R میں برقی رو I حاصل کریں۔
 ۲. برقی دباؤ V_0 حاصل کریں۔
 ۳. اگر بوجہ R کی مسازحت دنی کر دی جائے تو V_0 کی قیمت کیا ہوگی۔
 ۴. بوجہ R کی مسازحت $20\text{ k}\Omega$ ہونے کی صورت میں V_0 کی قیمت حاصل کریں۔
 ۵. برقی بوجہ R کی وہ مسازحت دریافت کریں جس پر ثرازسٹر Q_2 غیر امنزانتہ حال ہو جاتا ہے۔
 ۶. برقی بوجہ کی مسازحت $40\text{ k}\Omega$ کرنے سے کیانتاچ مرتباً ہوں گے۔
- حل:**

۱. ثرازسٹر Q_1 کا نہ سر 12 V - پر ہے جبکہ اس کے بیس-ایمپلیٹر جوڑ پر 0.7 V پائے جاتے ہیں۔ یہ اس کا نہ سر -11.3 V - پر ہو گا۔ چونکہ نیس اور گلکسٹر جبڑے میں لبڑا گلکسٹر بھی -11.3 V - پر ہو گا۔ یہ مسازحت R کے ایک سرے پر -11.3 V - ہیں۔ مسازحت کا دوسرا سر ابرقی زمین پر ہے اور یہ اس پر 0 V ہے۔ مسازحت R میں برقی رو

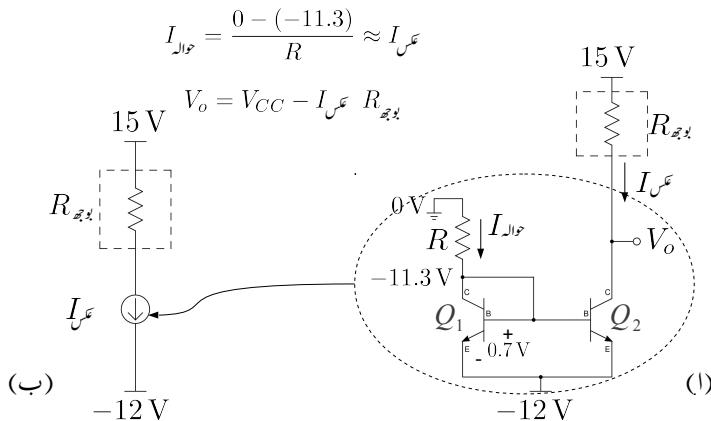
$$I_{وں} = \frac{0 - (-11.3)}{11300} = 1\text{ mA}$$

پائی جائے گی۔ برقی بوجہ R سے بھی ایک ملی ایمپلیٹر کی برقی رو گرے گی۔

۲. ثرازسٹر Q_2 کے گلکسٹر سرے پر برقی دباؤ

$$\begin{aligned} V_0 &= V_{CC} - I_{وں} R_{بوجہ} \\ &= 15 - 10^{-3} \times 5 \times 10^3 = 10\text{ V} \end{aligned}$$

لیا جاتا ہے۔



شکل ۱۸.۵: خارج کار مستقل برقی رو اور اس کی علامت

۳. برقی بوجھ کی مسازحت دگنی یعنی $10\text{k}\Omega$ کرنے سے

$$\begin{aligned} V_o &= V_{CC} - I_{\text{out}} R_o \\ &= 15 - 10^{-3} \times 2 \times 5 \times 10^3 = 5\text{V} \end{aligned}$$

۴. برقی بوجھ کی مسازحت $20\text{k}\Omega$ کرنے سے

$$\begin{aligned} V_o &= V_{CC} - I_{\text{out}} R_o \\ &= 15 - 10^{-3} \times 20 \times 10^3 = -5\text{V} \end{aligned}$$

ہو گا۔

۵. اس مثال کے حبزوں پ، پ اور سے میں ہم دیکھتے ہیں کہ جب برقی بوجھ بوجھ R_o کی مسازحت بڑھائی جائے تو خارج کار مستقل برقی رو برقی دہاو V_o گھا کر برقی بوجھ میں برقی رو کی قیمت بروتار رکھتا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ اگر برقی بوجھ کی مسازحت اسی طرح بتدریج بڑھائی جائے تو آنہر کار Q_2 غیر افزاں نہ خلے میں داخل ہو جائے گا اور اس کے لئے V_o کا مزید گھٹانا ممکن نہ ہو گا۔ ٹرانزسٹر Q_2 غیر افزاں نہ خلے ہونے کے بعد اگر برقی بوجھ کی مسازحت مزید بڑھائی جائے تو اس میں برقی رو گھٹنا شروع ہو جائے گی۔

ٹرانزسٹر Q_2 اس صورت غیر افزاں نہ ہو گا جب اس کے ٹلکٹر-ایمپر سروں کے مابین 0.2V پائے جائیں۔ اس صورت میں اگر گز شستہ حبزوں کے مادات کو بوجھ R_o کے لئے حل کریں تو حاصل ہوتا

۷

$$15 = I_{\text{امپلینیٹر}} R_{\text{بوجہ}} + V_{\text{CE}} \quad 12$$

$$15 = 10^{-3} \times R_{\text{بوجہ}} + 0.2 - 12$$

$$R_{\text{بوجہ}} = \frac{15 + 12 - 0.2}{10^{-3}} = 26.8 \text{ k}\Omega$$

۶۔ ہم نے دیکھا کہ حنارج کار مستقل برقی رو $26.8 \text{ k}\Omega$ کے برقی بوجہ تک کے مزاجت میں مستقل برقی رو برقرار رکھ سکتا ہے۔ برقی بوجہ کے مزاجت کو مزید بڑھانے سے برقی بوجہ میں رووال 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 ۱۹.۵ 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 کامساڈی $p-n-p$ 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۔

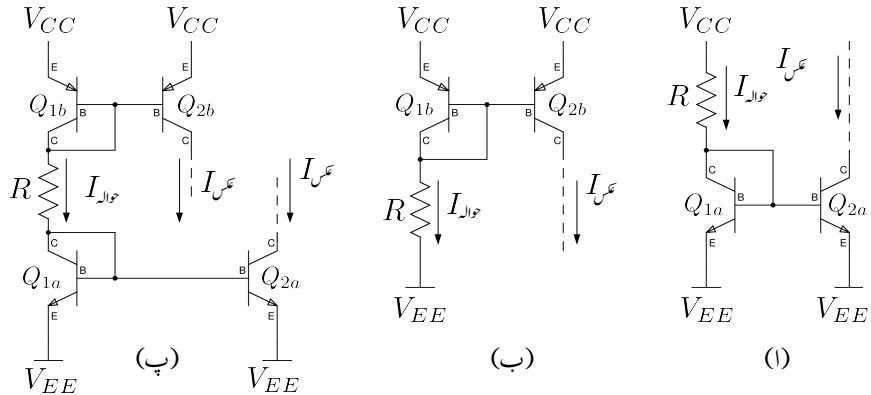
شکل پ میں ان دونوں ادوار کو یوں جوڑا گیا ہے کہ ایک ہی مزاجت دونوں یک سمت منع رو کے عس I کا تعین کرتا ہے۔ اس دور کے لئے ہم لکھ سکتے ہیں۔

$$V_{CC} = V_{EB} + I_{\text{حوالہ}} R + V_{BE} + V_{EE}$$

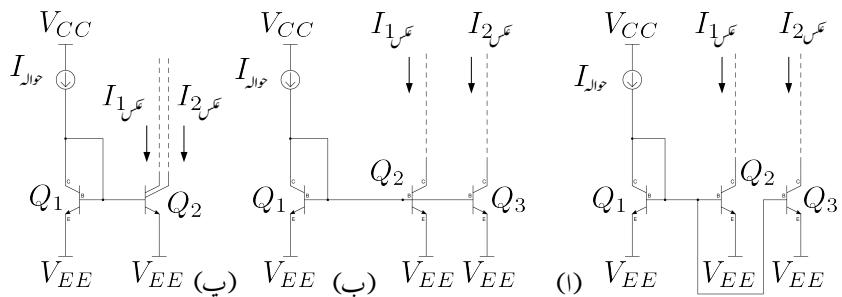
$$I_{\text{حوالہ}} = \frac{V_{CC} - 0.7 - 0.7 - V_{EE}}{R} = I_{\text{منع رو}}$$

۵.۸.۱ متعدد یک سمت منع رو

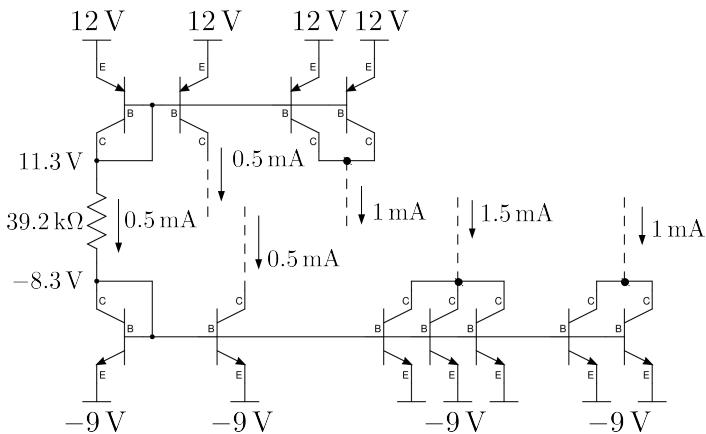
شکل ۱۶.۵ میں تیسرا ٹرانزسٹر یعنی Q_3 کے شمولیت سے شکل ۲۰.۵ الف حاصل ہوتا ہے۔ چونکہ Q_3 کے بیس-یمپلینیٹر پر بھی Q_1 اور Q_2 کے برابر V_{BE} پیلا جاتا ہے لہذا اس میں بھی بالکل انہیں کے برابر I_C برقی رو پانی جائے گی۔ آئیں دیکھتے ہیں کہ اس دور میں محدود β کی صورت میں ہم لکھ سکتے ہیں کہ



شکل ۵.۱۹: یک سست منج رو کے مختلف ادوار



شکل ۵.۲۰: دو عس کا حصول



شکل ۵.۲۱: متعدد یک سمت منبع رو

$$(5.90) \quad I_{\text{س}} = I_{\text{س}_1} = I_{\text{س}_2} = I_{\text{س}} = I_C$$

$$(5.91) \quad I_{\text{حوالہ}} = I_C + \frac{3I_C}{\beta}$$

اور یوں

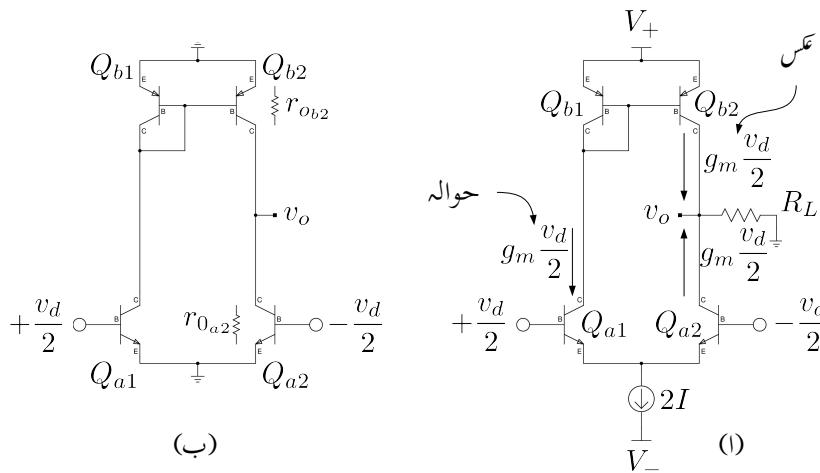
$$(5.92) \quad I_{\text{س}} = \frac{I_{\text{حوالہ}}}{1 + \frac{3}{\beta}}$$

اس دور کو عموماً شکل ۲۰.۵ ب یا شکل ۲۰.۵ 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 بتاتا ہو کے لئے مساوات ۵۹۲ کی صورت یوں ہوگی۔

$$(5.93) \quad I_{\text{س}} = \frac{I_{\text{حوالہ}}}{1 + \frac{n+1}{\beta}}$$

شکل ۵.۲۱ میں دو یادو سے زیادہ ٹرانزسٹر جوڑ کر حاصل عکس کو دیکھنا یا اس سے بھی بڑھانا دکھایا گیا ہے۔



شکل ۵.۲۲: ترانزسٹر بوجھ سے لد اور جوڑ ترانزسٹر والے تفسیری ایکلیفائز

۵.۹ ترانزسٹر بوجھ سے لد اور جوڑ ترانزسٹر کا تفسیری ایکلیفائز

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 ۵.۲۲.۵ الف میں دکھایا گیا ہے، مختلط ادوار میں استعمال ہونے والے تفسیری ایکلیفائز کے خارجی جانب مزاحمت R_C کی جگہ آئینہ برقی رو استعمال کیا جاتا ہے۔

یک سمت منفی روکل $I \times 2$ برقی رو جبڑہ ترانزسٹروں سے گزرتا ہے۔ یوں داخنی تفسیری برقی اشارہ کے عدم موجودگی میں ایکلیفائز کے ترانزسٹر Q_{a1} اور Q_{a2} میں یک سمت برقی رو I گزرا رہا ہے۔ اور Q_{b1} اور Q_{b2} جو کہ آئینہ برقی رو میں، بطور برقی بوجھ استعمال کے لگے ہیں۔ Q_{b1} کی برقی رو کو کچھ کر Q_{b2} اس کا عکس برقی رو پیدا کرتا ہے۔ چونکہ Q_{b1} سے وہی برقی رو گزرتی ہے جو Q_{a1} سے گزرتی ہے لہذا I بطور حوالہ استعمال ہو گا اور Q_{b2} اس کے برابر (یعنی I) عکس پیدا کرے گا۔ چونکہ Q_{a2} میں بھی I برقی رو گزرتی ہے لہذا Q_{b2} کی پیدا کردہ تسام کی تسام برقی رو Q_{a2} سے ہی گزرتے گی اور یوں بیرونی برقی مزاحمت R_L میں صفر برقی رو گزرتے گی۔ یوں v_0 صفر ولٹ ہو گا۔ اب تصور کریں کہ تفسیری برقی اشارہ v_d ہمیا کیا جاتا ہے۔ Q_{a2} اور Q_{a1} میں بدلت برقی رو $\frac{v_d}{2}$ پیدا ہو گی جن کی سمتیں شکل میں دکھائی گی ہیں۔ Q_{a1} کا برقی رو (یعنی $\frac{v_d}{2}$) ترانزسٹر Q_{b1} سے بھی گزرتا ہے اور یوں Q_{b2} اس کا عکس پیدا کرے گا جیسا کہ شکل میں دکھایا گیا ہے۔ جوڑ v_0 میں دو اطراف سے $\frac{v_d}{2}$ کی برقی رو دا خصل ہوتی ہے۔ یوں اس جوڑ پر کل داخنی 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 $g_m v_d$ برقی رو میں کی جانب گزرتے گی اور یوں

$$(5.93) \quad v_o = \left(g_m \frac{v_d}{2} + g_m \frac{v_d}{2} \right) R_L = g_m R_L v_d$$

ہو گا اور تفسری افناش بر قی دباؤ

$$(5.95) \quad A_d = \frac{v_o}{v_d} = g_m R_L$$

ہو گا۔

مدادات ۹۳.۵ پر دوبارہ غور کریں۔ اس میں $g_m \frac{v_d}{2}$ 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 ایکلینیاٹر کی افناش بر قی دباؤ دیکھی ہو جاتی ہے۔

شکل ۲۲.۵ میں R_L نے استعمال کرتے ہوئے اس کی افناش حاصل کرنے کی مناظر اس کا باریک اشارتی دور شکل ب میں دکھایا گیا ہے جہاں ٹرانزسٹر Q_{a2} اور Q_{b2} کے اندر ونی خناری مزاحمت r_o کو ان کے باہر دکھایا گیا ہے۔ شکل ب میں ٹرانزسٹر Q_{a2} اور Q_{a1} کے لیے ٹرانزستوری ز میں پر دکھایا گیا ہے۔ تفسری اشارے کے لئے ایسا کرنا ممکن ہے۔ اس حقیقت کو مدادات ۹۲.۵ میں صحیا گیا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ R_L کی جگہ دونوں ٹرانزسٹروں کے خناری مزاحمت متوازنی حبڑے ہیں اور یوں مدادات ۹۵.۵ 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 $r_0 = r_{o_{b2}} = r_{o_{a2}}$ تب اس مدادات کو مزید سادہ صورت دی جا سکتی ہے یعنی

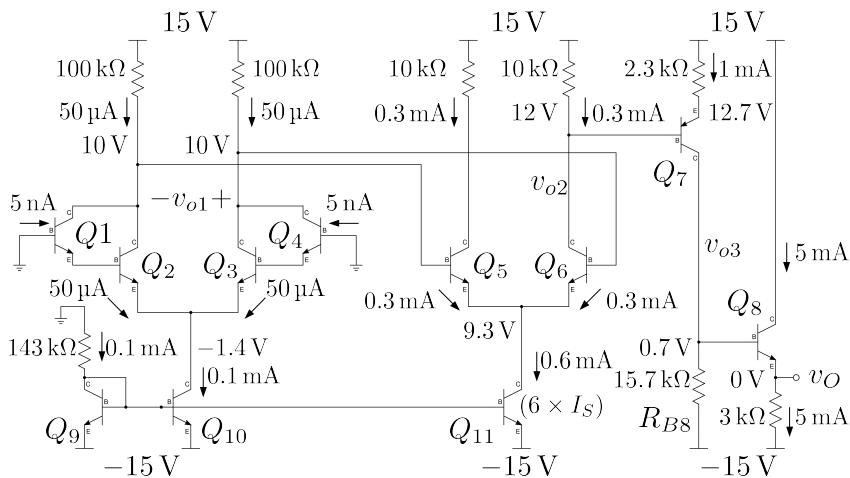
$$(5.97) \quad A_d = \frac{g_m r_0}{2} = \frac{1}{2} \left(\frac{I_C}{V_T} \right) \left(\frac{V_A}{I_C} \right) = \frac{V_A}{2V_T}$$

جہاں g_m کو $\frac{I_C}{V_T}$ اور r_0 کو $\frac{V_A}{I_C}$ لکھا گیا ہے۔ $V_A = 50 \text{ V}$

$$A_d = \frac{50}{25 \times 10^{-3}} = 2000 \text{ VV}^{-1}$$

حاصل ہو گا۔ مدادات ۹۶.۵ کے مطابق $r_{o_{a2}}$ اور $r_{o_{b2}}$ کی قیمت بڑھ کر تفسری ایکلینیاٹر کی افناش مزید بڑھائی جا سکتی ہے۔

مثال ۲.۵: شکل ۲۲.۵ میں حابی ایکلینیاٹر کا بیانی دی دو دکھایا گیا ہے جہاں ٹرانزسٹر کا $\beta = 100$ ہے۔ Q_1 کا بیس اور Q_4 کا بیس حابی ایکلینیاٹر کے دو داخلی سرے ہیں جنہیں بر قی ز میں پر دکھایا گیا ہے جبکہ Q_8 کا بیٹھ حابی ایکلینیاٹر کا خارجی سر ہے۔



شکل ۵.۲۳: حسابی ایمپلینیٹر کا بنیادی دور

۰ تمام یک سمت متغیرات حاصل کریں۔

۰ داخلی میلان بر قی I_B حاصل کریں۔

حل: پہلے حسابی ایمپلینیٹر کے مختلف حصے پہچانے کی کوشش کرتے ہیں۔ Q_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 ایمپلینیٹر بنتا ہے۔ اسی طرح Q_6 اور Q_7 دوسرا تفسیری ایمپلینیٹر ہے۔ Q_7 اور Q_8 کا مزاجت $15.7 \text{ k}\Omega$ اور $2.3 \text{ k}\Omega$ مسل کر کے سمت بر قی دباؤ کی قیمت 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

$$\frac{0 - (-14.3)}{143000} = 0.1 \text{ mA}$$

۔ Q_{11} کے گلکش پر بھی بھی بر قی رو پیا جائے گا جبکہ Q_11 کے گلکش پر چھ گنا زیادہ بر قی رو یعنی 0.6 mA پیا جائے گا۔ پہلی تفسیری جوڑی میں 0.1 mA بر ابر تقسم ہو گا جیسے Q_3 اور Q_2 دونوں کا $A_{\mu} I_C \approx 50$ ہو گا جبکہ ان کے عس پر $\frac{50 \mu A}{\beta}$ یعنی $0.5 \mu \text{A}$ پیا جائے گا۔ اگر پہلی تفسیری جوڑی میں ڈار لسنگن استعمال نہ کیا جاتا تو

باب ۵. تفرقی ایمپلیفائز

حابی ایک پلیگان اک دا خنی میلان برقی 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_4 کا یس برقی رو $\frac{0.5 \mu A}{\beta}$ یعنی $5 nA$ ہے۔ یوں ڈار لینگن کے استعمال سے حابی ایک پلیگان کے دا خنی میلان برقی رو کے $0.5 \mu A$ سے کم کرتے ہوئے $5 nA$ کر دیا گی۔ Q_2 کے گلشپر

$$V_{C2} = 15 - I_{C2}R_{C2} = 15 - 50 \times 10^{-6} \times 100 \times 10^3 = 10 \text{ V}$$

V_{B1} = 0 V نہیں پڑے بلکہ Q_3 کا میس بر قیمت 10V کا چونکہ Q_1 کا میس بر قیمت 0.7V پر ہے اسکے مقابلے میں Q_3 کا میس بر قیمت 1.4V پر ہے جبکہ اس کا میس بر قیمت 0.6mA پر ہے اسکے مقابلے میں Q_6 کا میس بر قیمت 0.6mA پر ہے اور Q_5 کا میس بر قیمت 0.6mA پر ہے اور Q_4 کا میس بر قیمت 0.6mA پر ہے۔

$$I_{E5} = I_{E6} = \frac{0.6 \times 10^{-3}}{2} = 0.3 \text{ mA}$$

لیا جائے گا۔ یوں ان کے میں پر $\frac{0.3\text{mA}}{\beta}$ یعنی $A_{\mu}\text{A}_{\mu}^3$ کیا جائے گا۔ حقیقت میں A_{μ}^3 اور $50\text{k}\Omega$ مسل کر $100\text{k}\Omega$ سے مگر آتے ہیں۔ ہم نے پہلی تفریقی جوڑی میں A_{μ}^3 کو نظر انداز کیا تھا۔ اگر اس کو بھی شامل کیا جائے تو پہلی جوڑی کے مکمل پر 9.7V پیدا ہے گا۔ فرم $V_o = V_s - \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_s$ کا غذہ جلد حساب کرتے وقت $V_s = 10\text{V}$ کے جواب کوئی صحیح تسلیم کرنے والے برقرار کو نظر انداز کیا جاتا ہے۔ ہم اسی لئے اس کو نظر انداز کرتے ہوئے 10V کے جواب کوئی صحیح

$$V_E = V_B - V_{BE} = 10 - 0.7 = 9.3 \text{ V}$$

یا ای احبابے گا جب کہ ان کے گلکھڑ پر

$$V_C = 15 - 0.3 \times 10^{-3} \times 10000 = 12 \text{ V}$$

پیلاجاتے یوں $V_{CE5} = V_{CE6} = 2.7V$ ہے اور دونوں ٹرانزستروں کا فائزہ استندا ہے۔
چونکہ حبابی ایک پلیٹائز کے دونوں داخلی سرے برقی زمین پر میں لہذا ہم توقع کرتے ہیں کہ یہ صرف وولٹ خارج کرنے کا گیئرساں ہم دیکھ سکتے ہیں کہ دو سر اتفاقی ایک پلیٹائز $12V$ خارج کر رہا ہے۔ یہ ضروری ہے کہ کسی طرح اس برقرار بادوں کے چکارہ حاصل کیا جائے۔ Q_7 کے $15.7k\Omega$ اور $5.3k\Omega$ یہی حاصل کرنے میں مدد کرتے ہیں۔ Q_7 کے یہیں پر $12V$ بونے کی وجہ سے اس کے ایمپیری

$$V_{E7} = V_{B7} + V_{EB7} = 12 + 0.7 = 12.7 \text{ V}$$

ہوں گے۔ یوں ادھم کے فتاون کی مدد سے $2.3 \text{ k}\Omega$ میں

$$\frac{15 - 12.7}{2300} = 1 \text{ mA}$$

15.7 k Ω سے گزرتے ہوئے اس پر ہو گا جو

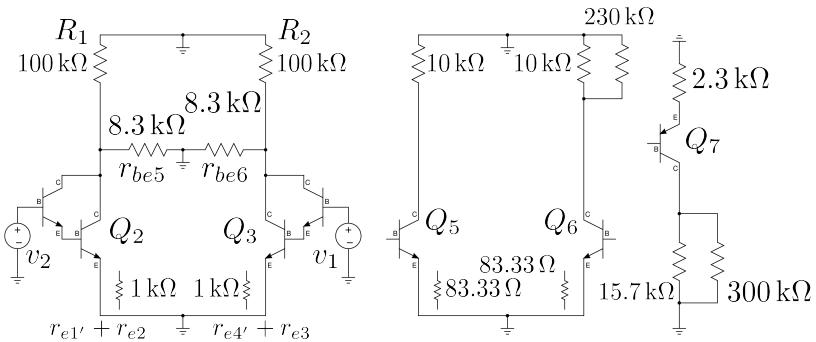
$$10^{-3} \times 15700 = 15.7 \text{ V}$$

$$A_{d1} = \frac{\sum R_C}{\sum R_E} = 7.66 \text{ V/V}$$

$$A_{d2} = -\frac{1}{2} \frac{\sum R_C}{\sum R_E} = -60 \text{ V/V}$$

$$A_{d3} = -6.826 \text{ V/V}$$

$$A_{d4} \approx 1 \text{ V/V}$$



شکل ۵.۲۸

کابر قی دا پیدا کرے گا جس کی وجہ سے Q_8 کے بیس پر

$$V_{B8} = -15 + 15.7 = 0.7 \text{ V}$$

پیا جائے گا اس طرح Q_8 کے بیس پر

$$V_{E8} = V_{B8} - V_{BE} = 0.7 - 0.7 = 0 \text{ V}$$

پیا جائے گا آپ دیکھ سکتے ہیں کہ $15.7 \text{ k}\Omega$ اور $2.3 \text{ k}\Omega$ کی تیتوں سے $v_O = 0 \text{ V}$ حاصل کیا گی۔ Q_7 اور اس کے ساتھ ملک دو مزاحمت یک سمت بر قی دباؤ کی سطح تبدیل کرنے کی صلاحیت رکھتے ہیں۔ اسی وجہ سے اس دور کو ہم سطح تبدیل کار ۲۲ کہیں گے۔

مثال ۵.۷: شکل ۵.۲۸ کے حابی ایپلینافائز کو داخنی اشارہ v_d مہیا کیا جاتا ہے۔ ایپلینافائز کا باریکے اشاراتی افرازش $A_d = \frac{v_O}{v_d}$ ، داخنی مزاحمت اور حرارتی مزاحمت حاصل کریں۔

باب ۵۔ تفسیری ایمپلینیٹر

حل: شکل ۲۳.۵ میں بدلتا رو مساوی دو رکھا یا گیا ہے جہاں

$$v_2 = +\frac{v_d}{2}$$

$$v_1 = -\frac{v_d}{2}$$

جیسے- Q_2 اور Q_3 میں $50 \mu A$ بر قی رو پایا جاتا ہے لہذا ان کے

$$g_{m2} = g_{m3} = \frac{I_C}{V_T} = \frac{50 \times 10^{-6}}{25 \times 10^{-3}} = 2 \text{ mS}$$

$$r_{e2} = r_{e3} = \frac{1}{g_m} = \frac{1}{0.002} = 500 \Omega$$

جیسے- Q_1 اور Q_4 میں $0.5 \mu A$ بر قی رو پائی جاتی ہے لہذا ان کے

$$g_{m1} = g_{m4} = \frac{0.5 \times 10^{-6}}{25 \times 10^{-3}} = 20 \mu S$$

$$r_{e1} = r_{e4} = \frac{1}{20 \mu S} = 50 \text{ k}\Omega$$

جیسے- Q_1 کا r_{e1} کو Q_2 کے یہ س پر پایا جاتا ہے لہذا اس کو بھی Q_2 کے یہ س پر منتقل کرنا ضروری ہے۔ $50 \text{ k}\Omega$ منتقل کرنے کے لئے $\frac{50 \text{ k}\Omega}{\beta} = 500 \Omega$ حاصل ہوتا ہے۔ جیسے- Q_2 کا r_{e1} کو Q_1 کا r_{e1} کا حاصل ہوتا ہے۔ اس طرح Q_2 کے یہ س پر کل مزاجمت $r_{e1'}$ یعنی $1 \text{ k}\Omega + r_{e2}$ اسی طرح Q_4 کا Q_3 کے یہ س پر پایا جاتا ہے لہذا اس کو بھی Q_3 کے یہ س پر منتقل کرنا ضروری ہے۔ $50 \text{ k}\Omega$ حاصل ہوتا ہے۔ اس طرح Q_3 کے یہ س پر کل مزاجمت $r_{e4'}$ یعنی $1 \text{ k}\Omega + r_{e3}$ اس معلومات کو شکل ۲۳.۵ پر پیش کیا گیا ہے۔ دوسری تفسیری جوڑی کے Q_5 میں 0.3 mA اور Q_6 میں 0.3 mA پایا 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 مزاجمت $2r_{be}$ ہے جو پہلی تفسیری جوڑی کا بوجھ بنتا ہے۔ شکل میں Q_2 اور Q_3 کے گلکشہ کے مابین $8.3 \text{ k}\Omega$ کے سلسلہ دار مزاجمت اسی داخلی مزاجمت کو ظاہر کرتا ہے۔ تفسیری اشارے کی صورت میں دوسری تفسیری جوڑی کا یہ سطر بر قی زمین 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 تفسیری جوڑی کی افزاش

$$(5.98) \quad A_{d1} = \frac{v_{o1}}{v_d} = \frac{\sum R_C}{\sum R_E}$$

$$= \frac{15328}{2000}$$

$$= 7.66 \text{ VV}^{-1}$$

حاصل ہوتی ہے جب $\sum R_C$ ۲۰۰ kΩ پر متوازی جبڑے کے لگانے پر متوازی جبڑے ۲۰۰ kΩ اور $16.6 \text{ k}\Omega$ کا مجموعی مزاحمت ہے جبکہ $\sum R_E$ ان کے لیکھ کے درمیان گل مزاحمت یعنی $2r_e$ ہے۔ مثبت افزاش کا مطلب ہے کہ مثبت v_d کی صورت میں v_{o1} بھی مثبت ہوگا۔

تیسرا ایپلیکیشن کا داخلی مزاحمت R_{C6} پر جو $\beta R_{E7} = 230 \text{ k}\Omega$ کے متوازی جبڑے چونکہ $10 \text{ k}\Omega \gg 230 \text{ k}\Omega$ ہوتا ہے لہذا ان کے گل مزاحمت کو ۱0 kΩ کی لے سکتے ہیں۔ اس کا مطلب ہے کہ تیسرا ایپلیکیشن کا داخلی مزاحمت اتنا زیادہ ہے کہ اس کے اثر کو نظر انداز کیا جا سکتا ہے۔ یوں دوسرے ایپلیکیشن کی تفسیری افزاش

$$A_d = \frac{\sum R_C}{\sum R_E}$$

$$= -\frac{10000}{83.33}$$

$$= -120 \text{ VV}^{-1}$$

ہوگی۔ البتہ دوسرے تفسیری جوڑی سے تفسیری اشارہ حاصل نہیں کیا جاتا بلکہ اس کے صرف ایک بارے خارجی اشارہ حاصل کیا گیا ہے۔ یوں کارآمد افزاش اس قیمت کے آدمی ہوگی یعنی

$$(5.99) \quad A_{d2} = -\frac{1}{2} \frac{\sum R_C}{\sum R_E}$$

$$= -\frac{1}{2} \frac{10000}{83.33}$$

$$= -60 \text{ VV}^{-1}$$

افزاش میں منفی کا نشان یہ دکھلاتا ہے کہ مثبت v_2 اور منفی v_1 کی صورت میں اس حصے کا خارجی اشارہ منفی ہو گا۔

Q_7 اور اس کے ساتھ ملکے $2.3 \text{ k}\Omega$ اور $15.7 \text{ k}\Omega$ مسل کر مشترک لیکھ ایپلیکیشن ہیں۔ Q_7 اور Q_8 کے داخلی مزاحمت کو نظر انداز کرتے ہوئے اس ایپلیکیشن کی افزاش

$$A_{d3} = -\frac{15700}{2300} = -6.826 \text{ VV}^{-1}$$

حاصل ہوتی ہے۔

Q_8 اور اس کے ساتھ مسلک $3\text{k}\Omega$ مسل کر مشترک گلکٹر ایپلیناٹر بناتے ہیں۔ مشترک گلکٹر کی اندازش تقریباً ایک کے برابر ہوتی ہے یوں

$$A_{d4} \approx 1\text{VV}^{-1}$$

جوگا۔

ان چاروں اندازش کو استعمال کرتے ہوئے حابی ایپلیناٹر کی کل اندازش

$$\begin{aligned} A_d &= \frac{v_o}{v_d} = A_{d1} \times A_{d2} \times A_{d3} \times A_{d4} \\ &= 7.66 \times (-60) \times (-6.826) \times 1 \\ &= 3137\text{VV}^{-1} \end{aligned}$$

حاصل ہوتی ہے۔
شکل ۲۳.۵ کو دیکھتے ہوئے اور Q_2 کے پیٹر پر مزاحمت Q_1 اور Q_4 کے یہیں جانب

$$\begin{aligned} R_i &\approx (1000 + 1000) \times \beta^2 \\ &= 2000 \times 10000 \\ &= 20\text{M}\Omega \end{aligned}$$

نظر آئے گا۔ یہی حابی ایپلیناٹر کا داخنی مزاحمت ہے۔
حدارجی جانب Q_8 کے r_e کو نظر انداز کرتے ہیں۔ $15.7\text{k}\Omega$ اس ٹرانزیٹر کے پیٹر جانب

$$\frac{15700}{100} = 157\Omega$$

نظر آتا ہے۔ یہ $3\text{k}\Omega$ کے متوالی حبڑا ہے لہذا حابی ایپلیناٹر کا داخنی مزاحمت

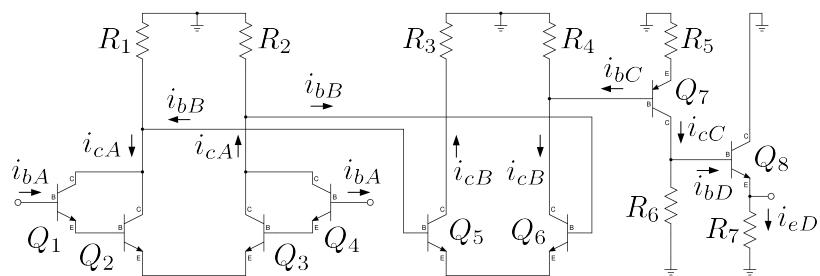
$$R_o = \frac{157 \times 3000}{157 + 3000} = 149\Omega$$

حاصل ہوتا ہے۔

مثال ۸: شکل ۲۳.۵ کے حابی ایپلیناٹر کی اندازش $\frac{i_L}{i_b} = A_i$ کی مساوات حاصل کریں۔ A_i کو استعمال کرتے ہوئے $A_d = \frac{v_o}{v_d}$ کی مساوات بھی حاصل کریں۔

حل: شکل ۲۳.۵ میں مساوی باریک اشاراتی دور دھمایا گیا ہے جہاں داخنی جانب سے پہلے ایپلیناٹر کو دوسرے کو تحریر، تیسرا کو C_D اور دوسرے کو D سے ظہر کرتے ہوئے زنجیری ضربے سے ہم لگھ سکتے ہیں

$$(5.100) \quad A_i = \frac{i_L}{i_b} = \frac{i_{eD}}{i_{bA}} = \frac{i_{eD}}{i_{bD}} \times \frac{i_{bD}}{i_{cC}} \times \frac{i_{cC}}{i_{bC}} \times \frac{i_{bC}}{i_{cB}} \times \frac{i_{cB}}{i_{bB}} \times \frac{i_{bB}}{i_{cA}} \times \frac{i_{cA}}{i_{bA}}$$

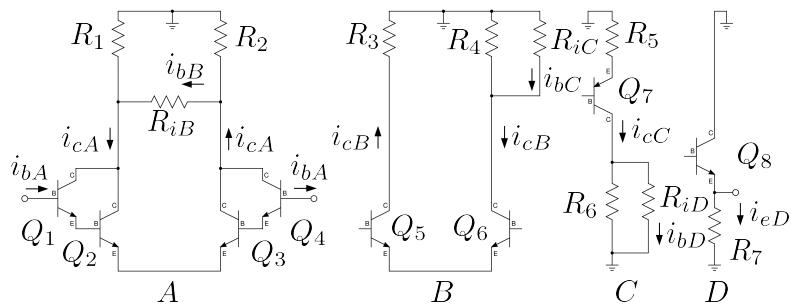


شکل ۵.۲۵: برقی روکی افسزائش

شکل ۲۶.۵ میں چاروں ایکپلینیٹروں کو علیحدہ علیحدہ کیا گیا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ پہلے ایکپلینیٹر کے خارجی جناب ”سرے“ ایکپلینیٹر کا داخلی مزاحمت R_{iB} نسبت ہے۔ i_{cA} - کا دو حصہ جو سے گزرے درحقیقت دوسرے ایکپلینیٹر کا داخلی برقی روکی i_{bB} ہے۔ شکل پر اس بات کی وضاحت کی گئی ہے۔ یوں اس شکل سے ہم لکھ سکتے ہیں۔

$$\begin{aligned}
 \frac{i_{eD}}{i_{bD}} &= \beta_8 + 1 \\
 \frac{i_{bD}}{i_{cC}} &= \frac{R_6}{R_6 + R_{iD}} \\
 \frac{i_{cC}}{i_{bC}} &= \beta_7 \\
 (5.101) \quad \frac{i_{bC}}{i_{cB}} &= \frac{R_4}{R_4 + R_{iC}} \\
 \frac{i_{cB}}{i_{bB}} &= \beta_6 \\
 \frac{i_{bB}}{i_{cA}} &= \frac{R_1 + R_2}{R_1 + R_2 + R_{iB}} \\
 \frac{i_{cA}}{i_{bA}} &= \beta_1 \beta_2
 \end{aligned}$$

تم ترانزستر کے β برابر ہیتے 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 بالاتام مساوات شکل ۲۳.۵ 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 اے

$$R_{iA} = 4 \times 100^2 \times 500 = 20 \text{ M}\Omega$$

$$R_{iB} = 2 \times 100 \times 83.333 = 1667 \Omega$$

$$R_{iC} = 2300 \times 100 = 230 \text{ k}\Omega$$

$$R_{iD} = 3000 \times 100 = 300 \text{ k}\Omega$$

اور مسافت ۱۰۰.۵ 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 مسافت ۱۰۰.۵ سے

$$\begin{aligned}A_i &= \frac{i_{eD}}{i_{bA}} = 100 \times 0.04973 \times 100 \times 0.04167 \times 100 \times 0.99173 \times 10000 \\ &= 20.55 \text{ MA A}^{-1}\end{aligned}$$

اور مسافت ۱۰۳.۵ سے

$$\begin{aligned}A_d &= \frac{v_L}{v_d} = 20.55 \times 10^6 \times \frac{3000}{20 \times 10^6} \\ &= 3082 \text{ V V}^{-1}\end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے۔ مثال ۵.۷ میں $A_d = 3137 \text{ V V}^{-1}$ حاصل کی گئی۔ دونوں جوابات میں فرق $1 \approx 0.01$ اور اس طرح کے دیگر استعمال کے لئے قیتوں میں معمولی فرق کی وجہ سے ہے۔ ان دونوں جوابات میں صرف

$$\left| \frac{3137 - 3082}{3137} \right| \times 100 = 1.75 \%$$

کافی ہے۔

شکل ۲۲.۵ میں دو سرے ایکلینیک کا دھنی مزاجمت بنتا ہے جو پہلی ایکلینیک کا بوجھ متوالی جبڑے نظر آتے ہیں۔ چونکہ $r_{be5} + r_{be6} \ll R_1 + R_2$ لہذا ان متوالی جبڑے مزاجمت کے مجموعی مزاجمت کو تقسیم کی جاتا ہے۔ اس کے

بر عکس تیسرے ایک پلینائٹ کا داخنی مزاحمت بہت بڑا ہے لہذا دوسرے ایک پلینائٹ پر اس کے بوچھ کو نظر انداز کیا جاتا ہے۔ ایسا کرنے سے پہلے اور دوسرا سے ایک پلینائٹ کے افنسائز بیوں لکھے جا سکتے ہیں۔

$$A_{d1} = \frac{\sum R_C}{\sum R_E} = \frac{r_{be5} + r_{be6}}{4r_{e2}}$$

$$A_{d2} \approx -\frac{1}{2} \frac{\sum R_C}{\sum R_E} = -\frac{1}{2} \left(\frac{R_{C6}}{r_{e5} + r_{e6}} \right)$$

اس طرح ان دونوں کی گل افنسائز

$$(5.105) \quad A_d = A_{d1}A_{d2} = -\frac{1}{2} \times \left(\frac{r_{be5} + r_{be6}}{4r_{e2}} \right) \times \left(\frac{R_{C6}}{r_{e5} + r_{e6}} \right)$$

$$= -\frac{1}{2} \times \frac{(\beta + 1)(r_{e5} + r_{e6})}{4r_{e2}} \times \left(\frac{R_{C6}}{r_{e5} + r_{e6}} \right)$$

$$= -\frac{1}{2} \times \frac{(\beta + 1) R_{C6}}{4r_{e2}}$$

حاصل ہوتی ہے۔ اس مساوات کے تحت β بڑھانے اور r_{e2} گھٹانے سے افنسائز بڑھتی ہے۔ چونکہ r_e ہوتا ہے لہذا I_C بڑھانے سے r_{e2} گھٹے گا۔ اس کے علاوہ اگر پہلے ایک پلینائٹ میں ڈار لستن جوڑی استعمال نہ کی جائے تو اس کی داخنی مزاحمت آدمی اور افنسائز دگنی ہو جائے گی۔ صفحہ ۳۰ پر مساوات ۳۲۳ پر تصریح کرتے وقت یہ حقیقت بتالائی گئی تھی کہ اگر افنسائز بڑھائی جائے تو داخنی مزاحمت گھشتی ہے۔ تفسیرتی ایک پلینائٹ میں بھی داخنی مزاحمت گھلتے ہوئے افنسائز بڑھانا ممکن ہے۔

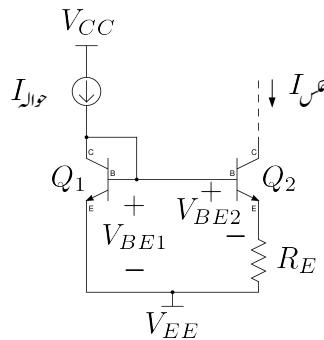
۵.۱۰ واکنڈر منبع برقی رو

شکل ۱۶.۵ میں Q_2 کے بیٹری پر R_E نسب کرنے سے واکنڈر منبع برقی رو ۳۲ میں ۲۷ میں ۳۳ میں دکھایا گیا ہے۔ ٹرانزسٹر کے برقی رو کے مساوات کو استعمال کرتے ہوئے

$$V_{BE1} = V_T \ln \left(\frac{I_{BE1}}{I_S} \right)$$

$$V_{BE2} = V_T \ln \left(\frac{I_{BE2}}{I_S} \right)$$

Widlar current source^{۳۳}
۳۳۔ باب واکنڈر نے اس دور کو دریافت کیا۔



شکل ۵.۲۷: دانڈار منع برقی رو

لکھا جا سکتے ہے۔ ان دو مساوات کو آپس میں منفی کرنے سے

$$V_{BE1} - V_{BE2} = V_T \ln \left(\frac{I_{\text{حوالہ}}}{I_{\text{معس}}} \right)$$

حاصل ہوتا ہے۔ شکل کو دیکھتے ہوئے ہم

$$V_{BE1} = V_{BE2} + I_{\text{معس}} R_E$$

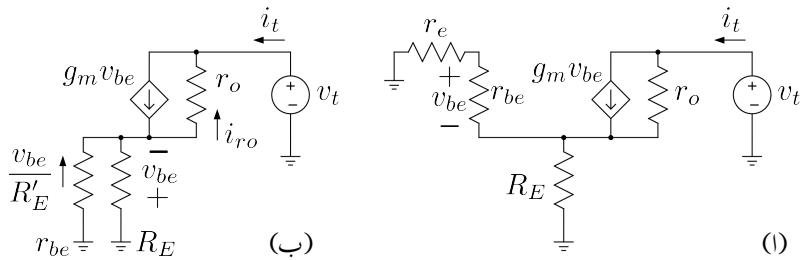
لکھ سکتے ہیں۔ یوں

$$(5.104) \quad I_{\text{معس}} R_E = V_T \ln \left(\frac{I_{\text{حوالہ}}}{I_{\text{معس}}} \right)$$

لکھا جا سکتے 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 ۳۲۸.۳ 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 باریکے اشاراتی مساوی مزاحمت r_{be} نسب کرتے ہیں۔ ایسا کرتے ہوئے شکل ۳۲۸.۵ الف حاصل ہوتا ہے۔ آپ جانتے ہیں کہ $r_{be} = r_e (\beta + 1)$ اور $r_{be} \gg r_e$ ہوتا ہے۔ یوں r_{be} کے لہذا سلسہ وار جبڑے اور r_e میں r_{be} کو نظر انداز کیا جا سکتا ہے۔ ایسا کرنے سے شکل ب حاصل ہوتا ہے جس کے مابین r_{be} اور r_e میں متوالی جبڑے ہیں۔ ایسا کرنے سے شکل ب کو $r'_E R_E$ || 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

$$(5.107) \quad v_t = -v_{be} - \left(g_m + \frac{1}{R'_E} \right) v_{be} r_o$$

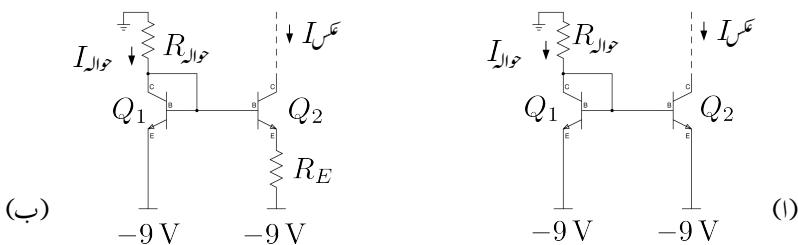
اور کرخوف کے فتاون برائے برقی رو کی مدد سے

$$(5.108) \quad i_t = g_m v_{be} - \left(g_m + \frac{1}{R'_E} \right) v_{be}$$

لکھ سا جاتا ہے۔ مساوات ۷.۵ کو مساوات ۱۰۸.۵ سے تقسیم کرتے ہوئے واپلر منج کی حنارتی مسازاہت R_o
یوں حاصل ہوتی ہے۔

$$\begin{aligned} R_o &= \frac{v_t}{i_t} = R'_E \left[1 + r_o \left(g_m + \frac{1}{R'_E} \right) \right] \\ &= R'_E + r_o \left(1 + g_m R'_E \right) \end{aligned}$$

باب ۵. تفسیری ایمپلینیٹر



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 جیسا

$$(5.110) \quad R'_E = \frac{r_{be} R_E}{r_{be} + R_E}$$

کے برابر ہے۔ اس طرح حنارجی مزاہت r_o کے برابر $r_o (1 + g_m R'_E)$ ہو گئی ہے۔ یہ ایک عمومی تجربہ ہے اور یوں کسی بھی دو جوڑٹا نز سڑ جس کے یکٹر پر R_E مزاہت نسب ہو اور جس کا یہیں سراہی زمین پر ہو کی حنارجی مزاہت مساوات ۵.۱۰۹ کے حاصل ہو گی۔

مثال ۵.۱۰: شکل ۵.۲۹ میں سادہ آئینہ اور وائلر آئینے دکھائے گے ہیں۔ $I_O = 15 \mu A$ حاصل کرنے کی حنطہ درکار ہے۔

حل: شکل الف میں $15 \mu A$ حاصل کرنے کی حنطہ

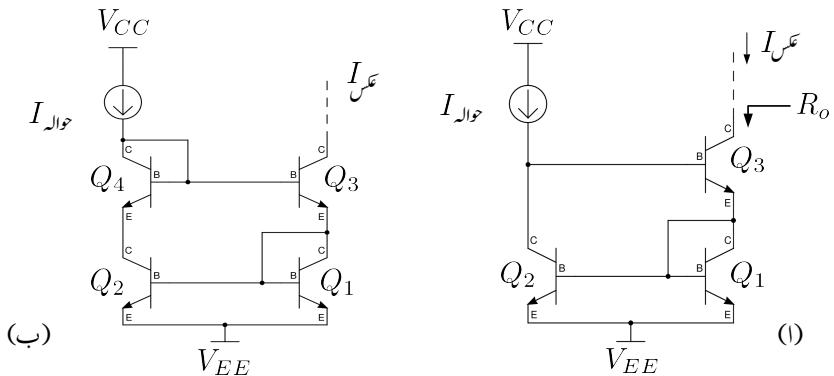
$$R_o = \frac{9 - 0.7}{15 \times 10^{-6}} = 553 \text{ k}\Omega$$

درکار ہے۔ شکل ب میں $1 \text{ mA} = 15 \mu A$ رکھتے ہوئے $I_O = 1 \text{ mA}$ حاصل کرتے ہیں۔ $I_O = 1 \text{ mA}$ حاصل کرنے کی حنطہ

$$R_o = \frac{9 - 0.7}{1 \times 10^{-3}} = 8.3 \text{ k}\Omega$$

اور مساوات ۵.۱۰۶ سے

$$R_E = \frac{25 \times 10^{-3}}{15 \times 10^{-6}} \ln \left(\frac{10^{-3}}{15 \times 10^{-6}} \right) = 7 \text{ k}\Omega$$



شکل ۱۱.۵: ولسن آئینہ

حاصل ہوتے ہیں۔ آپ نے دیکھا کہ کم برقی روپیہ اکرنے کی حاضر سادہ منفی روکو $553 \text{ k}\Omega$ جبکہ وائلر منفی روکو $8.3 \text{ k}\Omega$ اور $7 \text{ k}\Omega$ کے مسازamt درکار ہیں۔ جیسا کہ آپ چانتے ہیں کہ مختلط دور میں زیادہ قیمت کامسازamt زیادہ جگہ گھیرتا ہے جو کہ مہنگا پڑتا ہے۔ اسی لئے مختلط دور میں وائلر منفی روواستعمال کیا جاتے گا۔

۱۱.۵۔ ولسن آئینہ

شکل ۱۱.۵ میں سادہ آئینہ برقی روکہایا گی۔ $V_{CE1} = 0.7 \text{ V}$ ہیتے ہوئے $V_{BE} = 0.7 \text{ V}$ ہے جبکہ $V_{CE2} \neq V_{CE1}$ ہوتا ہے۔ اب تک آئینہ برقی روپ تصریون میں ہم اولی برقی دباؤ کے اثرات کو نظر انداز کیا۔ حققت میں اگرچہ شکل ۱۱.۵ میں $V_{BE1} = V_{BE2}$ ہے لیکن $V_{CE1} \neq V_{CE2}$ کی ہے اولی برقی دباؤ Q_1 اور Q_2 کے برقی رو میں منفرد پیدا کرتا ہے۔ اور $V_{CE2} > V_{CE1}$ میں منرق کو کرنے سے اولی برقی دباؤ کے اثر کو کم کیا جاسکتا ہے۔ اسی عذر ض سے شکل ۱۱.۵ میں تیسرا اثر انداز شر شامل کرتے ہوئے شکل ۱۱.۵ اف حاصل ہوتا ہے جس کو لوٹھ آئینہ کہتے ہیں۔ ولسن آئینے میں

$$V_{CE1} = V_{BE1} = 0.7 \text{ V}$$

$$V_{CE2} = V_{BE1} + V_{BE3} = 1.4 \text{ V}$$

ہیں۔ دونوں اثر انداز شر کے V_{CE} میں منرق صرف 0.7 V رہ گیا ہے۔ اس دور کو حل کرتے ہوئے تمام اثر انداز شر کو بالکل یکساں تصور کیا جائے گا۔ چونکہ I_{C3} ہے لہذا i_{C3} اور i_{C1} کا تسلیق حاصل کریں گے۔ Q_1 اور Q_2 کے

Wilson mirror^{۱۵}
۱۵۔ جبارن آرڈن نے اس آئینہ کو دریافت کیا۔

لے 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 جا سکتا ہے۔ کر خوف کے فتنوں برائے بر قی 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 جا سکتا ہے۔ من درجہ بالا دو مساوات میں i_{E3} کو بر لکھتے ہوئے

$$\left(\frac{\beta+1}{\beta} \right) i_{C3} = \left(\frac{\beta+2}{\beta} \right) i_C$$

i_C کی مساوات حاصل ہوتی ہے۔

$$(5.113) \quad i_C = \left(\frac{\beta+1}{\beta+2} \right) i_{C3}$$

کر خوف کے فتنوں برائے بر قی روکی مدد دے

$$\begin{aligned} I_{J_2} &= i_{C2} + i_{B3} \\ &= i_C + \frac{i_{C3}}{\beta} \end{aligned}$$

لکھا جا 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

$$(5.113) \quad I_{\text{و}} \approx \left[\frac{1}{1 + \frac{2}{\beta^2}} \right] I_{\text{و}}$$

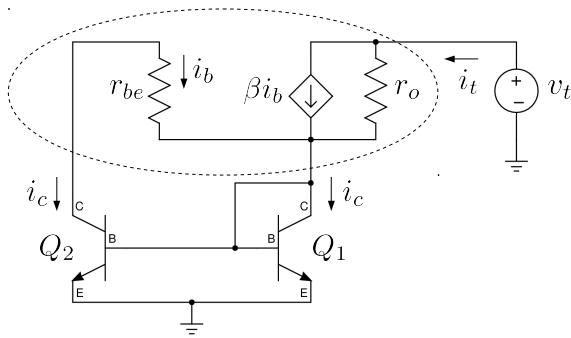
لکھا جا سکتا ہے۔ اس مساوات کا صفحہ ۵۰۳ پر مساوات ۸۸.۵ کے ساتھ موازنہ کریں۔ دونوں مساوات بالکل ایک چیز ہیں۔

آئین آئینے کی حنارجی مسراحت حاصل کریں۔ ایسا کرنے کی خاطر Q_3 کے گلکشہ پر i_t لاگو کرتے ہوئے i_t کا حساب لگاتے ہیں۔ $\frac{v_t}{i_t}$ حنارجی مسراحت R_0 ہے۔ Q_3 کا پائی ریاضی نمونہ استعمال کرتے ہوئے ولسن آئینے کو شکل ۳۱.۵ میں دکھایا گیا ہے۔ نقطہ دار دائرے سے دو جگہ i_c بر قی رو حنارج اور ایک جگہ i_t داخنی ہو رہی ہے۔ یوں کر خوف کے فناون برائے بر قی رو کی مدد سے ہم لکھ سکتے ہیں

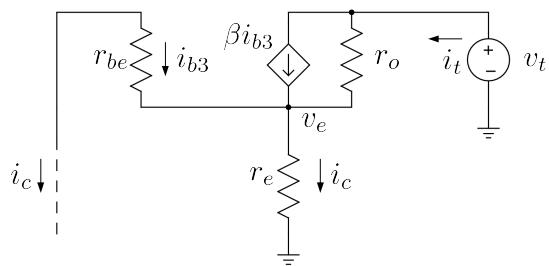
$$(5.115) \quad i_t = 2i_c$$

شکل ۳۱.۵ میں Q_1 کا یہی اس کے گلکشہ کے ساتھ جبڑا ہے جس کی وجہ سے یہ بطور ڈائوڈ کردار ادا کرتا ہے اور اس کو مسراحت 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 مسراحت تقریباً r_e کے برابر ہو گا۔ شکل ۳۲.۵ میں اس حقیقت کو مدد لظیر کرتے ہوئے دور کو دوبارہ دکھائی ہے۔ Q_1 اور Q_2 کے گلکشہ پر برقرار i_n بر قی رو گزرے گی جسے شکل میں دکھایا گیا ہے۔ شکل کو دیکھتے ہوئے

$$\begin{aligned} v_e &= i_c r_e \\ i_{b3} &= -i_c \end{aligned}$$



شکل ۵.۳۱: ولسن آئینے کی خارجی مسازاہت



شکل ۵.۳۲: ولسن آئینے کی خارجی مسازاہت

لکھا جا سکتا ہے۔ ساتھ ہی ساتھ کر خوف کے قوت انون برائے برقی روکی مدد سے

$$\begin{aligned} i_t &= \beta i_{b3} + \frac{v_t - v_e}{r_{o3}} \\ &= -\beta i_c + \frac{v_t}{r_{o3}} - \frac{v_e}{r_{o3}} \\ &= -\beta i_c + \frac{v_t}{r_{o3}} - \left(\frac{r_e}{r_{o3}} \right) i_c \end{aligned}$$

لکھا جا سکتا ہے جہاں دوسرے متد میں $i_c = -i_{b3}$ کا استعمال کیا گیا۔ چونکہ $r_o \ll r_e$ ہوتا ہے لہذا مندرجہ بالا مساوات میں آخری جزو کو نظر انداز کیا جا سکتا ہے۔ یوں مساوات ۵.۵ کے استعمال سے

$$2i_c = -\beta i_c + \frac{v_t}{r_{o3}}$$

حاصل ہوتا ہے جس کو

$$i_c (\beta + 2) r_{o3} = v_t$$

لکھا جا سکتا ہے۔ ولن آئینے کا حنارجی مزاحمت $R_o = \frac{v_t}{i_t}$ کے برابر ہے جہاں $i_t = 2i_c$ ہے۔ یوں

$$(5.114) \quad R_o = \frac{v_t}{i_t} = \frac{v_t}{2i_c} = \frac{(\beta + 2) r_{o3}}{2}$$

حاصل ہوتا ہے جس کو

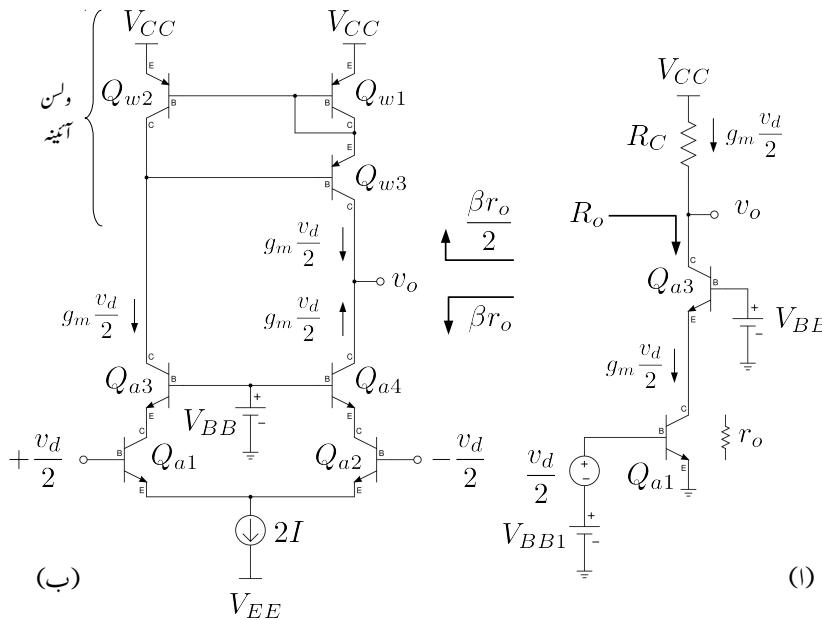
$$(5.114) \quad R_o \approx \frac{\beta r_o}{2}$$

لکھا جا سکتا ہے جہاں r_{o3} کو r_o کو لکھا گیا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ ولن آئینے کی حنارجی مزاحمت r_o سے $\frac{\beta}{2}$ گن زیادہ ہے۔

اس حصے کے شروع میں ذکر کیا گیا کہ ارلی برقی دباؤ کے انداز کو کرنے کی حاضر ولن آئینے میں V_{CE2} اور V_{CE1} میں مندرجہ کو کم کرتے ہوئے 0.7V کر دیا گی۔ اس مندرجہ کو مکمل طور ختم بھی کیا جا سکتا ہے۔ شکل ۳۰.۵ ب 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

۵۱۲ کیسکوڑا یمپلیفائز

مشترک ایمپلیکیٹر کے میں ایمپلیکیٹر کو آپس میں جوڑ کر تجھیری ایمپلیکیٹر بنایا جاسکتا ہے۔ شکل ۱۳۳.۵ اف
میں ایسے ایمپلیکیٹر کو دکھایا گیا ہے۔ اس ایمپلیکیٹر کو لکھ کر ایمپلیکیٹر ۲ کہتے ہیں۔
Q3a اور Q1a کو بر قی مسائل 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 اسہار 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۔

۲۸ کیکوڈ کام فنڈر کے ورنن بنت نے پہلی مرتبے تجویز کیا۔ cascode amplifier

آئین کلیکوڈ ایپلیناٹر کا باریکے اشاراتی حنارجی مزاحمت R_o حاصل کریں۔ باریکے اشاراتی تجزیے کرتے ہوئے ہم دیکھتے ہیں کہ Q_{3a} کے لیے طریقہ زمین کے مابین r_{1a} کا نسبت میں برقی زمین پر ہے۔ ایسی صورت میں مساوات ۱۰۹.۵ اور مساوات ۱۱۰.۵ کی مدد سے R_o حاصل کی جاتا ہے۔ موجودہ مسئلے میں R_E کی جگہ r_o نسبت میں مساوات ۱۱۰.۵ کا کویون لکھا جائے گا۔

$$R'_E = \frac{r_{be} r_o}{r_{be} + r_o}$$

$$r_o \gg R'_E \text{ مساوات سے } r_{be} \text{ مساول ہوتا ہے اور یوں مساوات ۱۱۰.۵ سے}$$

$$\begin{aligned} R_o &= r_o (1 + g_m r_{be}) \\ (5.118) \quad &= r_o (1 + \beta) \\ &\approx \beta r_o \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے۔ کلیکوڈ ایپلیناٹر میں R_C کی جگہ ٹرانزستر بوجہ بھی استعمال کیا جاتا ہے۔ دو کلیکوڈ ایپلیناٹر کو ملا کر تفرقی کلیکوڈ حاصل ہوتا ہے۔ شکل ۳۳.۵ میں ایسا ہی تفرقی ایپلیناٹر دکھایا گیا ہے جسال و لحن آئینے کو بطور برقی بوجہ استعمال کیا گیا ہے۔ اس شکل میں Q_{a1} , Q_{a3} ایک کلیکوڈ جسکے اور Q_{a2} دوسرا کلیکوڈ ہے۔ انہیں ملا کر کلیکوڈ تفرقی جوڑی حاصل کی گئی ہے۔ و لحن آئینے ہے جسے بطور برقی بوجہ استعمال کیا گیا ہے۔

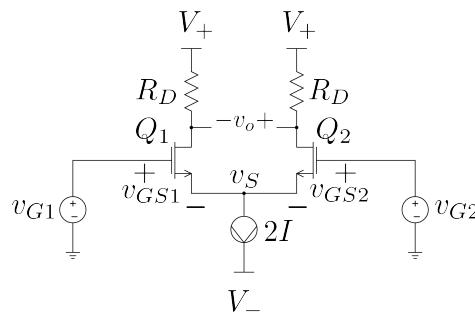
$\alpha = 1$ لیتے ہوئے تفرقی کلیکوڈ کا باریکے اشاراتی حل حاصل کرتے ہیں۔ Q_{1a} کو $\frac{v_d}{2}$ ، احتی اشارہ مہیا کیا ہے۔ یوں اس کا حنارجی برقی رو $\frac{v_d}{2}$ ہوگا۔ یعنی برقی رو Q_{a3} سے گزرتے ہوئے و لحن آئینے کو بطور داحتی برقی رو مہیا ہوتا ہے۔ یوں و لحن آئینے Q_{w3} سے برط عکس خارج کرے گا۔ کلیکوڈ کے دوسرا حباب نے Q_{2a} کو $-\frac{v_d}{2}$ ، احتی اشارہ مہیا کیا جاتا ہے۔ یوں $i_{c2} = -g_m \frac{v_d}{2}$ ہوگا۔ یعنی برقی رو Q_{4a} سے بھی گزرنے لگا۔ و لحن آئینے کی حنارجی مزاحمت مساوات ۱۱۰.۵ کے تحت $\frac{\beta r_o}{2}$ ہے جسکے کلیکوڈ کی حنارجی مزاحمت مساوات ۱۱۸.۵ کے تحت βr_o ہے۔ ان دونوں متوازی حصے حنارجی مزاحمت کی نشاندہ شکل ۳۳.۵ 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 ۵۱۰ پر مساوات ۱۱۷.۹ مساوی تفرقی جوڑے کی افسزاں دیتا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ کلیکوڈ تفرقی ایپلیناٹر کی افسزاں اس سے $\frac{2\beta}{3}$ کثنا زیادہ ہے۔



شکل ۵.۳۲: ماسفیٹ کا بنیادی 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 سے

$$(5.121) \quad i_{DS1} + i_{DS2} = 2I$$

لکھا جا سکتا ہے۔ یوں بدلتے اشارے کے عدم موجودگی (0) $v_d = 0$ میں اس مساوات سے $i_{DS1} = I$ حاصل ہوتا ہے۔ یوں ہم لکھ سکتے ہیں

$$(5.122) \quad I_{DS1} = I_{DS2} = I = \frac{k_n}{2} (V_{GS} - V_t)^2$$

بدلتے اشارے کے موجودگی میں

$$i_{DS1} = \frac{k_n}{2} (v_{GS1} - V_t)^2$$

$$i_{DS2} = \frac{k_n}{2} (v_{GS2} - V_t)^2$$

ہوں گے۔ آئین i_{DS1} اور i_{DS2} کے ایسے مساوات حاصل کریں جن کا آزاد تنقیہ صرف v_d ہو۔ ایسا کرنے کی خاطر مندرجہ بالا دو مساوات کا حجز رکھتے ہیں۔

$$\sqrt{i_{DS1}} = \sqrt{\frac{k_n}{2}} (v_{GS1} - V_t)$$

$$\sqrt{i_{DS2}} = \sqrt{\frac{k_n}{2}} (v_{GS2} - V_t)$$

$\sqrt{i_{DS2}} < \sqrt{i_{DS1}}$ کو منقی کرتے ہیں

$$\sqrt{i_{DS1}} - \sqrt{i_{DS2}} = \sqrt{\frac{k_n}{2}} (v_{GS1} - v_{GS2})$$

$$= \sqrt{\frac{k_n}{2}} v_d$$

جبکہ مساوات ۱۲۰.۵ کو استعمال کیا گی مساوات ۱۲۱.۵ 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 ۵.۳۳ کو دیکھ کر ہم کہ سکتے ہیں کہ بیشتر 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 ۱۲۱.۵ 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 ۱۲۲.۵ 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 ۳۹.۳ باریکے اشارے کی تعریف (۲) $V_{GS} - V_t \ll v_d$ دیتا ہے۔ اگر دھنی اشارہ اس شرط پر پورا نہ تھا تو مساوات ۱۲۵.۵ میں حبزہ کے اندر ایک سے منفی ہونے والے حصے کو ظہر انداز کیا جا سکتا ہے اور ان مساوات کو یوں لکھا جا سکتا ہے۔

$$(5.126) \quad i_{DS1} \approx I + \left(\frac{v_d}{2} \right) \frac{2I}{V_{GS} - V_t}$$

$$i_{DS2} \approx I - \left(\frac{v_d}{2} \right) \frac{2I}{V_{GS} - V_t}$$

صفحہ ۳۱۷ پر مساوات ۵۳.۳ کے تحت

$$g_m = \frac{2I_{DS}}{V_{GS} - V_t}$$

کے برابر ہے جہاں I_{DS} ماسفیٹ سے گزرتی یک سمت بر قی رو ہے۔ مساوات ۱۲۶.۵ میں یک سمت بر قی رو کو کہا گیا ہے۔ یوں مساوات ۱۲۶.۵ کو

$$(5.127) \quad i_{DS1} \approx I + g_m \left(\frac{v_d}{2} \right)$$

$$i_{DS2} \approx I - g_m \left(\frac{v_d}{2} \right)$$

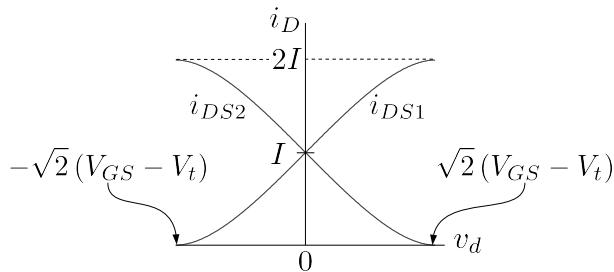
لکھا جا سکتا ہے۔ مساوات ۱۲۷.۵ کا اجتنبی سادہ مطلب ہے بہت بدلتے بر قی اشارے کے موجودگی میں i_{DS1} کی قیمت میں $\frac{v_d}{2} g_m$ کا اضافہ ہوتا ہے جبکہ i_{DS2} کی قیمت میں اتنی کمی رونما ہوتی ہے۔ i_{DS1} جب i_{DS2} کے برابر ہے۔ اس بدلتے بر قی رو کو i_d لکھا جا سکتا ہے لیکن اب بھی $2I$ کے برابر ہے۔ i_{DS1} اور i_{DS2} میں اس بدلتے بر قی رو کو i_d لکھا جا سکتا ہے

$$(5.128) \quad i_d = g_m \left(\frac{v_d}{2} \right)$$

یوں

$$(5.129) \quad i_{DS1} = I + i_d$$

$$i_{DS2} = I - i_d$$



شکل ۵.۳۵: ماسیف تفسیہ بجڑے کے داخلی تفسیہ برقی بباو بالمقابل 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 ۱۲۵.۵ کی مدد سے حاصل کیا جاتا ہے۔ ثابت v_d کی صورت میں برقی رو Q_1 کو منتقل ہو گی۔ یہنے جبکہ $i_{DS2} = 0$ میں مساوات ۱۲۵.۵ 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 یہنے $i_{DS1} = 0$ جبکہ $i_{DS2} = 2I$ ہوں گے۔ شکل ۵.۳۵ میں مساوات ۱۲۵.۵ کے خط کھنچنے کے ہیں۔ 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 ۱۲۹.۷ میں بیان کئے ہوئے اشارے کی حد میں کم ہے۔

شکل ۳۷.۵

$$v_{D1} = V_+ - i_{DS1} R_D$$

$$v_{D2} = V_+ - i_{DS2} R_D$$

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 ۱۲۷.۵ 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 ترقی امنڈاش

$$(5.131) \quad A_d = \frac{v_o}{v_d} = g_m R_D$$

حاصل ہوتی ہے۔

مثال ۱۳۔۵: شکل ۱۳۔۵ میں دکھائے گئے ماسفیٹ کے ترقی جوڑے میں $2I = 200 \mu\text{A}$ ہے جبکہ $V_{GS} = 0.1 \text{ mA V}^{-2}$ اور $k_n = 0.1 \text{ mA V}^{-2}$ ہیں اور $V_t = 1.2 \text{ V}$ اور v_d حاصل کرتے ہوئے v_d کی وہ قیمت حاصل کریں جس پر تسام کی تمام برقی روایکے ماسفیٹ کو مقتول ہو جاتی ہے۔

حل: $0 = v_d$ پر دونوں ماسفیٹ اپنے نقطے کار کر دی گی پر ہوتے ہیں اور دونوں میں برابر $100 \mu\text{A}$ برقی روپا یا جاتا ہے۔ امنڈاش ماسفیٹ کی مساوات سے یوں

$$100 \times 10^{-6} = \frac{0.1 \times 10^{-3}}{2} (V_{GS} - 1.2)^2$$

لکھتے ہوئے $V = 2.614 \text{ V}$ حاصل ہوتا ہے۔ صفحہ ۱۳۔۲ 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 ۱۳۔۵ سے

$$|v_d| = \sqrt{2} (2.614 - 1.2) = 2 \text{ V}$$

حاصل ہوتا ہے۔ یوں $v_d = -2 \text{ V}$ پر تسام برقی روی Q_1 سے گزرے گا جبکہ $v_d = 2 \text{ V}$ پر تسام برقی روی Q_2 سے گزرے گا۔

مثال ۱۳۔۵: مثال ۱۳۔۵ میں $R_D = 50 \text{ k}\Omega$ جبکہ $V_+ = 18 \text{ V}$ کی صورت میں ترقی جوڑے کی ترقی امنڈاش حاصل کریں۔

حل: مساوات ۱۳۔۵ کی مدد سے

$$A_d = 0.1414 \times 10^{-3} \times 50000 = 7.07 \text{ V V}^{-1}$$

حاصل ہوتا ہے۔

مثال ۱۳۔۵: شکل ۱۳۔۵ میں دکھائے گئے ماسفیٹ کے ترقی جوڑے میں $2I = 200 \mu\text{A}$ ہے جبکہ $V_{GS1} = 0.1 \text{ mA V}^{-2}$ اور $k_n = 0.1 \text{ mA V}^{-2}$ ہیں۔ Q_2 کو برقرار رکھتے ہوئے v_{GS2} ، v_{GS1} اور v_{G1} کی قیمتیں مندرجہ ذیل صورتوں میں حاصل کریں۔

$$\text{۱۔ } i_{DS1} = 100 \mu\text{A}$$

$$\text{۲۔ } i_{DS1} = 150 \mu\text{A}$$

$$\text{۳۔ } i_{DS1} = 200 \mu\text{A}$$

حل:

۱. i_{DS1} کی صورت میں مساوات ۱۲۱.۵ کے تحت $i_{DS2} = 100 \mu\text{A}$ ہوگی۔ اس صورت میں دونوں ماسفیٹ میں برابر برقی رو ہوگا۔ افزائندہ ماسفیٹ کی مساوات سے

$$100 \times 10^{-6} = \frac{0.1 \times 10^{-3}}{2} (v_{GS1} - 1.2)^2$$

$$\text{سے } v_{GS1} = 2.614 \text{ V حاصل ہوتے ہیں۔ } v_{GS2} \text{ بھی اتنا ہی ہوگا۔}$$

یہاں غور کریں۔ ہمیں v_{GS1} معلوم ہے لیکن ہمیں v_{G1} معلوم نہیں ہے۔ اس کے بر 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 $v_{G2} = 0 \text{ V}$ پڑھئے۔

$v_{GS1} = v_{G1} - v_S = -2.614 \text{ V}$ لکھتے ہوئے اور $v_S = v_{GS2} - v_{G2} = v_{GS1} + v_{G2}$ اور $v_{GS1} = 0 \text{ V}$ حاصل ہوتا ہے۔

۲. $i_{DS1} = 150 \mu\text{A}$ کی صورت میں مساوات ۱۲۱.۵ کے تحت $i_{DS2} = 50 \mu\text{A}$ ہوگی۔ افزائندہ ماسفیٹ کے مساوات سے دونوں ماسفیٹ کے 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 معلومات سے

$$v_{GS2} = v_{G2} - v_S = 0 - v_S$$

$$v_S \text{ اور یوں } v_S = -2.2 \text{ V} \leftarrow$$

$$v_{GS1} = v_{G1} - v_S$$

$$2.932 = v_{G1} - (-2.2)$$

$$v_{G1} = 0.732 \text{ V}$$

حاصل ہوتا ہے۔

مائفینٹ کے گھر میں مساوات ۱۲.۵ کے تحت $i_{DS1} = 200 \mu\text{A}$ اور $i_{DS2} = 0 \mu\text{A}$ مساوات سے

$$200 \times 10^{-6} = \frac{0.1 \times 10^{-3}}{2} (v_{GS1} - 1.2)^2$$

$$v_{GS1} = 3.2 \text{ V}$$

اور Q_2 کے مساوات سے

$$0 = \frac{0.1 \times 10^{-3}}{2} (v_{GS2} - 1.2)^2$$

$$v_{GS2} = 1.2 \text{ V}$$

حاصل ہوتے ہیں۔ یوں

$$v_{GS2} = v_{G2} - v_S$$

$$1.2 = 0 - v_S$$

اور $v_S = -1.2 \text{ V}$

$$v_{GS1} = v_{G1} - v_S$$

$$3.2 = v_{G1} - (-1.2)$$

$$v_{G1} = 2 \text{ V}$$

حاصل ہوتے ہیں۔

مثال ۱۳.۵: مثال ۱۳.۵ میں $v_{G1} = 4 \text{ V}$ کی صورت میں $v_{G1}, v_{GS1}, v_{GS2}, v_S$ اور v_{G1} کی قیمتیں حاصل کریں۔

حل: مثال ۱۳.۵ میں دیکھا گیا کہ $v_{GS1} = 3.2 \text{ V}$ کرنے سے تمام کی تباہ برقرار رکھنے کے لئے Q_1 کو متقتل ہو جاتی ہے۔ Q_1 کے گھر پر برقرار رکھنے کے لئے i_{DS1} پر کوئی اثر نہیں پڑتا اور یہ $200 \mu\text{A}$ یعنی $v_{GS1} = 3.2 \text{ V}$ ہے۔

$$v_{GS1} = v_{G1} - v_S$$

$$3.2 = 4 - v_S$$

حاصل ہوتا ہے اور یوں $v_S = 0.8 \text{ V}$

$$v_{GS2} = v_{G2} - v_S$$

$$= 0 - 0.8$$

$$= -0.8 \text{ V}$$

ہوگا۔ اس صورت میں چونکہ $V_t < V_{GS2}$ ہے لہذا Q_2 منقطع ہوگا۔

۵.۱۲ داخنی انحرافی برقی دباؤ

ماسیٹ کے تصریق جوڑے میں بھی ناچیں پایا جاتا ہے۔ شکل ۵.۳۶ میں داخلہ انحرافی برقی دباؤ تین وجوہات سے پیدا ہو سکتا ہے۔ ڈرین پر نسب مزاج متلوں 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 باری باری دیکھیں۔

$$(5.132) \quad R_{D1} = R_D + \Delta R_D$$

$$R_{D2} = R_D - \Delta R_D$$

کی صورت میں دونوں ماسیٹ میں برابر قدر I تصور کرتے ہوئے

$$V_{D1} = V_+ - I (R_D + \Delta R_D)$$

$$V_{D2} = V_+ - I (R_D - \Delta R_D)$$

$$V_O = V_{DS2} - V_{DS1} = 2I\Delta R_D$$

حاصل ہوتا ہے جس کو A_d کے تقسیم کرنے سے داخنی انحرافی برقی دباؤ حاصل ہوتا ہے۔ A_d کو مساوات ۵.۳۱۔۵ پر اپیش کرتا ہے۔ صفحے ۳۱ پر مساوات کے تحت $g_m = \frac{2I_{DS}}{V_{GS} - V_t}$ کے برابر ہے۔ یہاں I_{DS} کو I کہا 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۔

input offset voltage^{r9}

آئین اب k_n میں فنر قے اثرات کو دیکھیں۔ تصور کریں کہ

$$(5.132) \quad \begin{aligned} \left(\frac{W}{L}\right)_1 &= \frac{W}{L} + \Delta \left(\frac{W}{L}\right) \\ \left(\frac{W}{L}\right)_2 &= \frac{W}{L} - \Delta \left(\frac{W}{L}\right) \end{aligned}$$

بیں۔ ایسی صورت میں

$$\begin{aligned} i_{DS1} &= \frac{k_{n1}}{2} (V_{GS} - V_t)^2 \\ i_{DS2} &= \frac{k_{n2}}{2} (V_{GS} - V_t)^2 \end{aligned}$$

ہوں گے۔ i_{DS1} کی 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 جمع کرتے ہوئے

$$\begin{aligned} \frac{i_{DS2}}{i_{DS1}} + 1 &= \frac{k_{n2}}{k_{n1}} + 1 \\ \frac{i_{DS2} + i_{DS1}}{i_{DS1}} &= \frac{k_{n2} + k_{n1}}{k_{n1}} \\ \frac{2I}{i_{DS1}} &= \frac{k_{n2} + k_{n1}}{k_{n1}} \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے جہاں تیسرا مقدم پر مساوات ۱۴.۵ کے تحت ۲I کما گیا۔ مندرجہ بالا مساوات کو ادا کرتے 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 جب سکتا 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۔ مادت ۵.۱۲۱ کو استعمال کرتے ہوئے

$$i_{DS2} = 2I - i_{DS1}$$

$$= 2I - I \left[1 + \frac{\Delta \left(\frac{W}{L} \right)}{\frac{W}{L}} \right]$$

←

$$(5.136) \quad i_{DS2} = I \left[1 - \frac{\Delta \left(\frac{W}{L} \right)}{\frac{W}{L}} \right]$$

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 مانیٹ کے V_t میں فرق کے اثرات کو دیکھتے ہیں۔ مندرج کریں کہ

$$(5.138) \quad V_{t1} = V_t + \Delta V_t$$

$$V_{t2} = V_t - \Delta V_t$$

یہ۔ اس صورت میں

$$i_{DS1} = \frac{k_n}{2} (V_{GS} - V_t - \Delta V_t)^2$$

$$= \frac{k_n}{2} (V_{GS} - V_t)^2 \left(1 - \frac{\Delta V_t}{V_{GS} - V_t} \right)^2$$

$$i_{DS2} = \frac{k_n}{2} (V_{GS} - V_t + \Delta V_t)^2$$

$$= \frac{k_n}{2} (V_{GS} - V_t)^2 \left(1 + \frac{\Delta V_t}{V_{GS} - V_t} \right)^2$$

کہا ج سکتا ہے جہاں $(V_{GS} - V_t)$ کو توصین کے باہر لایا گی۔ دونوں مساوات میں دائیں جوابات توصین کھولتے ہیں۔

$$i_{DS1} = \frac{k_n}{2} (V_{GS} - V_t)^2 \left[1 - \frac{2\Delta V_t}{V_{GS} - V_t} + \left(\frac{\Delta V_t}{V_{GS} - V_t} \right)^2 \right]$$

$$i_{DS2} = \frac{k_n}{2} (V_{GS} - V_t)^2 \left[1 + \frac{2\Delta V_t}{V_{GS} - V_t} + \left(\frac{\Delta V_t}{V_{GS} - V_t} \right)^2 \right]$$

کو نظر راندہ کیا جا سکتا ہے۔ یوں

$$i_{DS1} = \frac{k_n}{2} (V_{GS} - V_t)^2 \left[1 - \frac{2\Delta V_t}{V_{GS} - V_t} \right]$$

$$i_{DS2} = \frac{k_n}{2} (V_{GS} - V_t)^2 \left[1 + \frac{2\Delta V_t}{V_{GS} - V_t} \right]$$

ح صل ہوتے ہیں۔ ان مساوات میں

$$I = \frac{k_n}{2} (V_{GS} - V_t)^2$$

پر کرنے سے اہمیں

$$i_{DS1} = I \left[1 - \frac{2\Delta V_t}{V_{GS} - V_t} \right]$$

$$i_{DS2} = I \left[1 + \frac{2\Delta V_t}{V_{GS} - V_t} \right]$$

کہا ج سکتا ہے۔ یوں

$$v_{D1} = V_+ - i_{DS1} R_D$$

$$v_{D2} = V_+ - i_{DS2} R_D$$

←

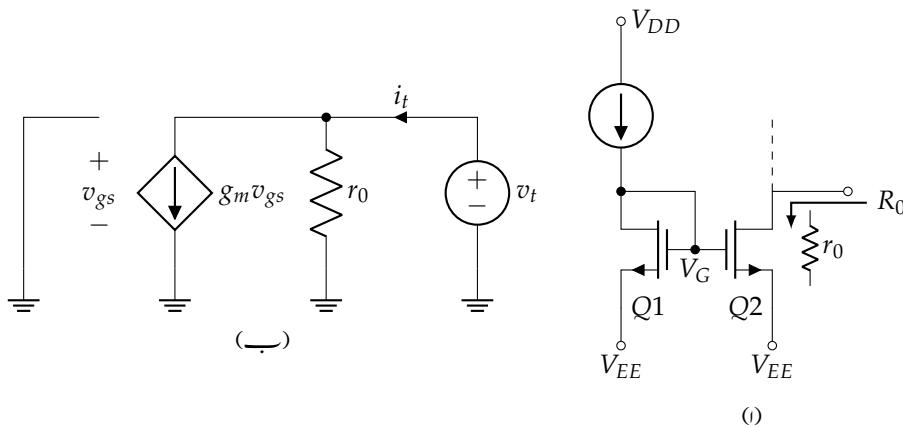
$$V_O = (i_{DS1} - i_{DS2}) R_D$$

$$= -4IR_D \left(\frac{\Delta V_t}{V_{GS} - V_t} \right)$$

او

(۵.۱۳۹)

$$V_{OS} = \frac{V_O}{A_d} = -2\Delta V_t$$



شکل ۵.۲۶: سادہ آئینے کی حنارجی مزاحمت

صالح ہوتا ہے۔ Δ کی وجہ سے پیدا $V_{OS} = \frac{W}{L} \Delta R_S$ کو کم رکھنے کی حنارجی ماسفیٹ کو کم سے کم (۵.۳۶.۴) میں بنا جاتا ہے۔ دو جوڑ ٹرانزسٹر کے تفاضلی جوڑے میں داخلی اخسرانی برقی دباؤ دونوں بازوں کے R_C میں فنرق اور دونوں ٹرانزسٹروں کے I_S میں فنرق کی بنا پر پیدا ہوتا ہے۔ ماسفیٹ کے تفاضلی جوڑے میں داخلی اخسرانی برقی دباؤ پیدا کرنے کی تیسری وجہ V_t بھی پائی جاتی ہے۔

۵.۱۵ ماسفیٹ آئینے برقی رو

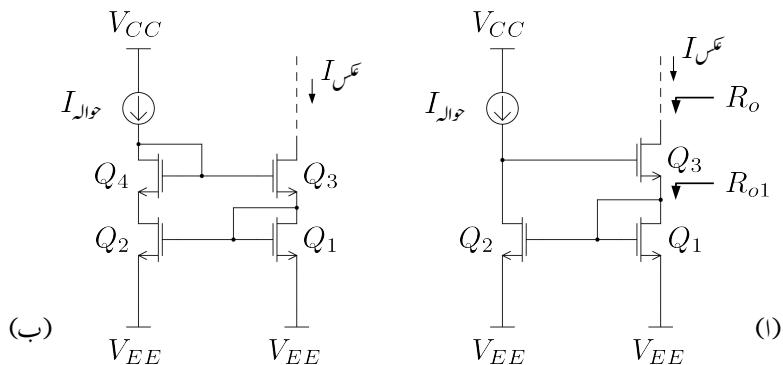
شکل ۵.۳۶.۵ میں ماسفیٹ کا سادہ آئینے برقی رو دکھایا گیا ہے جس کو دیکھتے ہیں کہ $r_0 = R_0$ کے برابر ہے۔ آئینے بھی تیجہ ماسفیٹ ریاضی نمونے استعمال کرتے ہوئے صالح کریں۔ حنارجی مزاحمت صالح کرنے کی حنارجی Q_2 کے ڈرین پر باریک اشاراتی v_t لالا گو کرتے ہوئے i_t کا تخمینہ لے کر $\frac{v_t}{i_t}$ سے حنارجی مزاحمت R_0 صالح کیا جاتا ہے۔ شکل ۵.۳۶.۵-۱ میں V_G یک سمت رو دباؤ ہے لہذا اور کاریاضی نمونے بناتے ہوئے ہم Q_2 کا پائے نمونے استعمال کرتے ہوئے اس کے گیٹ کو باریک اشاراتی استعمال کے لئے برقی زمین پر تصور کرتے ہیں (شکل ۵.۳۶.۵-۲)۔ یہاں $g_m v_{GS} = 0$ ہو گا لہذا $v_t = i_t r_0 = \frac{v_t}{i_t} r_0 = r_0$ ہو گا۔

جیسے آپ جانتے ہیں کہ آئینے کی حنارجی مزاحمت جتنی زیادہ ہو اتنا بہتر ہے۔ آئینے کے ولن آئینے پر غور کریں اور دیکھیں کہ اس کی حنارجی مزاحمت کتنی صالح ہوتی ہے۔

شکل ۵.۳۷.۵ الف میں ولن آئینے برقی رو دکھایا گیا ہے۔ دو جوڑ ٹرانزسٹر سے بنائے گے ولن آئینے میں ماسفیٹ استعمال کرنے سے یہ دور صالح کیا گیا ہے۔ شکل ۵.۳۷.۵ ب میں Q_4 کا اضافہ کرتے ہوئے Q_1 اور Q_2 کے V_{DS} برابر کر دئے گئے ہیں۔ ایسا کرنے سے ولن آئینے میں ارالی برقی دباؤ کا اثر ختم ہو جاتا ہے۔

حنارجی مزاحمت صالح کرنے کی حنارجی مزاحمت شکل ۵.۳۷.۵ الف میں Q_3 کے ڈرین پر v_t لالا گو کرتے ہوئے i_t کا تخمینہ لگاتے ہیں۔ حنارجی مزاحمت ان دونوں کی شرح کو کہتے ہیں۔ آئینے پہلے Q_1 پر غور کریں۔

صفہ ۵.۳۷.۲ پر شکل ۵.۳۷.۲ میں دو جوڑ ٹرانزسٹر کے گلکش اور یہ میں کو آپس میں جوڑ کر ڈالو ڈھانچہ صالح کیا گیا



شکل ۷.۵: ولسن آئینے کی حصارجی مزاحمت

بے شکل ۵.۲۷۔۳۸ میں Q_1 کو ای طریقہ جوڑا گیا ہے۔ آئین شکل ۵.۲۷۔۴۱ میں Q_1 کا حفاری مزاجت R_{01} حاصل کرنے کی حفاظت Q_1 کے ڈرین پر v_{t1} لاگو کرتے ہوئے ان کا تخفیف لگاتے ہیں۔ شکل ۵.۳۸۔۵ میں ایسا کرتے ہوئے Q_1 کا باریک اشارتی مساوی دور بنا یا گیا ہے۔ چونکہ ڈرین اور گیٹ آپس میں جبکے ہیں لہذا $v_{gs1} = v_{t1}$ ہے۔ یوں

$$i_{t1} = g_{m1}v_{gs1} + \frac{v_{t1}}{r_{o1}}$$

$$= g_{m1}v_{t1} + \frac{v_{t1}}{r_{o1}}$$

لکھتے ہوئے

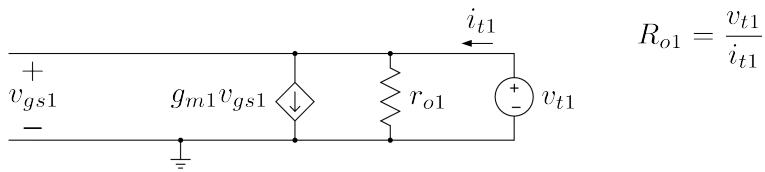
$$R_{o1} = \frac{v_{t1}}{i_{t1}} = \frac{r_{o1}}{1 + g_{m1}r_{o1}}$$

حاصل ہوتا ہے۔ g_{mr_0} کی بنیار اس مساوات کو

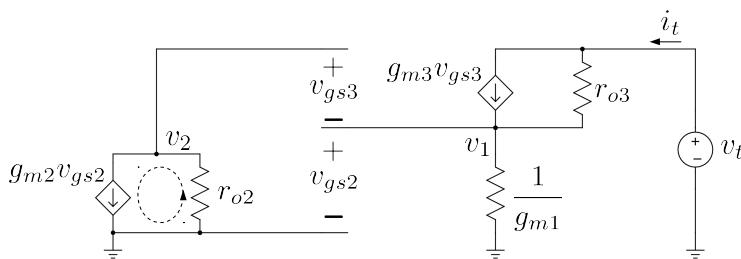
$$R_{o1} \approx \frac{1}{g_{m1}}$$

لکھا جا سکا ہے۔ اس مساوات کے تحت ڈائیوڈ کے طرز پر جب تے ماسنیٹ کو مزاحمت $\frac{1}{g_m}$ تصور کیا جا سکتا ہے۔ یہ ایک اہم اور عمومی نتیجہ ہے۔

شکل ۵۔۳۷۔۱ میں Q_1 کی جگہ مزاجت $\frac{1}{g_{m1}}$ جبکہ یا یا زنسرود کے ریاضی نمونے استعمال کرتے ہوئے شکل ۵۔۳۹۔۱ میں Q_1 کے ذریں پر بر قی دباؤ کو v_1 کہا گیا ہے۔ تابع کی تابع مزاجت $\frac{1}{g_{m1}}$ سے گورنی ہے لہذا



شکل ۵.۳۸: ماسیفیٹ ہطورڈائیوڈ



شکل ۵.۳۹: ماسیفیٹ و سن آئینے کا باریکے اشاراتی مساوی دور

کے برابر ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ $v_1 = v_{gs2}$ میں v_{gs2} کے برابر ہے۔

$$(5.132) \quad v_{gs2} = v_1 = \frac{i_t}{g_{m1}}$$

لکھا جا سکتا ہے۔ یوں Q_2 کے ریاضی نوٹس میں

$$g_{m2} v_{gs2} = \frac{g_{m2} i_t}{g_{m1}}$$

کے برابر ہو گا۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ یہی بر قی $r_{o2} = g_{m2}^{-1}$ میں بر قی ز میں سے جو r_{o2} کی حساب نہ رہا ہے۔ یوں

$$v_2 = -\frac{g_{m2} r_{o2} i_t}{g_{m1}}$$

کے برابر ہے۔ چونکہ $v_{gs3} = v_2$ ہے لہذا

$$(5.133) \quad v_{gs3} = -\frac{g_{m2} r_{o2} i_t}{g_{m1}}$$

کے برابر ہے۔ یوں کر خوف کے فتاون براۓ برقی رو کی مدد سے

$$\begin{aligned} i_t &= g_{m3}v_{gs3} + \frac{v_t - v_1}{r_{o3}} \\ &= -\frac{g_{m2}g_{m3}r_{o2}i_t}{g_{m1}} + \frac{v_t - g_{m1}i_t}{r_{o3}} \end{aligned}$$

لکھا جا سکتا ہے جہاں دو سری قدم پر مساوات ۱۳۲.۵ اور مساوات ۱۳۳.۵ 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

$$(5.133) \quad R_o = \frac{v_t}{i_t} = r_{o3} + \frac{g_{m2}g_{m3}r_{o2}r_{o3}}{g_{m1}}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اگر تمام ماسیفیٹ بالکل یکساں ہوں تو $r_o = r_{o3}$ اور $g_{m1} = g_{m2} = g_{m3} = g_m$ ہے۔ مندرجہ بالامساوات میں درمیانی جزو بقیابدا جبzae سے بہت بڑی ہے لہذا پہلی اور آخری اجنباء کو نظر انداز کرتے ہوئے

$$(5.134) \quad R_o \approx g_m r_o^2$$

حاصل ہوتا ہے۔

۵.۱۵. منبع دباؤ کے اثرات سے آزاد منبع رو

مختلف آئینہ برقی رو پر تبصرے کے دوران یہ تصور کیا گیا کہ حوالہ I_E ایک مستقل متدار ہے جس پر منبع دباؤ V_{CC} اور V_{EE} کا کوئی اثر نہیں۔ آئینے ایسے منبع رو پر غور کریں جس کی پسیدا کردہ برقی رو پر V_+ ، V_- و نشیروہ کا کوئی اثر نہیں ہوتا۔ ایسے منبع رو کو شکل ۵.۳۰ میں دکھایا گیا ہے۔

تمام ماسیفیٹ کو افسزاں نہ تصور کریں۔ Q_3 اور Q_4 مسل کر منبع برقی رو بنتا ہے جسے اب تک ہم دیکھتے آ رہے ہیں۔ اور Q_4 اور Q_3 بالکل یکساں ہیں۔ یوں $I_{D1} = I_{D2}$ ہو گا۔ آئینے اب Q_1 اور Q_2 پر غور کریں۔ Q_1 کا برقی رو I_{D1} ہی ہے۔ اسی طرح Q_2 کا برقی رو I_{D2} ہے۔ یوں

$$\begin{aligned} I_{D1} &= \frac{k'_n}{2} \left(\frac{W}{L} \right)_1 (V_{GS1} - V_t)^2 \\ I_{D2} &= \frac{k'_n}{2} \left(\frac{W}{L} \right)_2 (V_{GS2} - V_t)^2 \end{aligned}$$

ان دونوں بر قی روکوبرا بکھتے ہوئے

$$(5.131) \quad \frac{k'_n}{2} \left(\frac{W}{L} \right)_1 (V_{GS1} - V_t)^2 = \frac{k'_n}{2} \left(\frac{W}{L} \right)_2 (V_{GS2} - V_t)^2$$

حاصل ہوتا ہے۔ ساتھ ہی ساتھ شکل کو دیکھتے ہوئے ہم لکھ سکتے ہیں

$$(5.132) \quad V_{GS1} = V_{GS2} + I_{D2}R$$

مساویات ۵.۱۳۲ کو مساویات ۵.۱۳۱ میں پر کرتے ہوئے R کے لئے حل کرتے ہیں۔

$$\frac{k'_n}{2} \left(\frac{W}{L} \right)_1 (V_{GS2} + I_{D2}R - V_t)^2 = \frac{k'_n}{2} \left(\frac{W}{L} \right)_2 (V_{GS2} - V_t)^2$$

دونوں اطراف کا جائز ہے

$$\sqrt{\left(\frac{W}{L} \right)_1} (V_{GS2} + I_{D2}R - V_t) = \sqrt{\left(\frac{W}{L} \right)_2} (V_{GS2} - V_t)$$

۔

$$R = \frac{V_{GS2} - V_t}{I_{D2}} \left[\sqrt{\frac{\left(\frac{W}{L} \right)_2}{\left(\frac{W}{L} \right)_1}} - 1 \right]$$

حاصل ہوتا ہے۔ I_{D2} کی مساویات سے

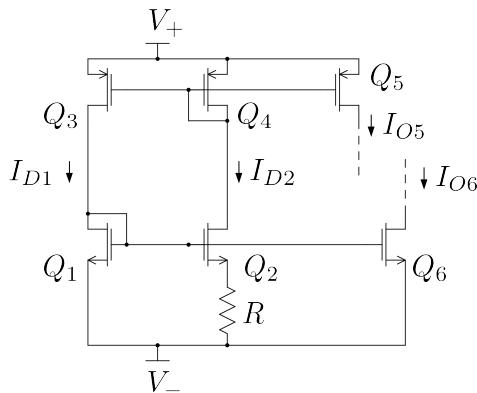
$$V_{GS2} - V_t = \sqrt{\frac{I_{D2}}{\frac{k_{n2}}{2}}}$$

لکھا جاسکتا ہے۔ یہ

$$(5.133) \quad R = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{k_{n2} I_{D2}}} \left[\sqrt{\frac{\left(\frac{W}{L} \right)_2}{\left(\frac{W}{L} \right)_1}} - 1 \right]$$

حاصل ہوتا ہے۔ اس قیمت کی مسماحت اس بات کو یقینی بنائے گی کہ $I_{D1} = I_{D2}$ ہے۔ چونکہ $0 < k_{n2} < 1$

$$\left(\frac{W}{L} \right)_2 \geq \left(\frac{W}{L} \right)_1$$



شکل ۵.۲۰: منبع دباؤ کے اثرات سے پاک منبع دباؤ

ہو گا۔ Q_1 کے برقی روکے عکس لینے کی حناظر V_{GS1} برقی دباؤ مزید ماسفیٹ کو دیا جاتا ہے۔ شکل میں یوں سے عس I حاصل کیا گیا ہے جسے I_{O6} سے ظاہر کیا گیا ہے۔ اسی طرح Q_4 کے برقی روکے عکس لینے کی حناظر برقی دباؤ مزید ماسفیٹ کو دیا جاتا ہے۔ شکل میں یوں Q_5 سے عس I حاصل کیا گیا ہے جسے I_{O5} سے ظاہر کیا گیا ہے۔

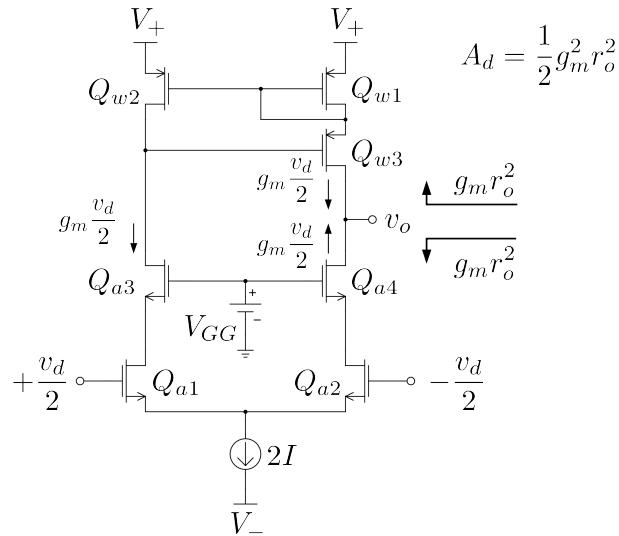
I_{D1} اور I_{D2} اس وقت تک V_+ اور V_- کے اثرات سے آزاد رہتے ہیں جب تک Q_2 اور Q_3 انسزاں دہ رہیں یاد رہے کہ Q_1 کا گیٹ اور اس کا ذرین آپس میں صبڑے ہیں لہذا یہ ہر صورت انسزاں دہ ہی رہتا ہے۔ اسی طرح Q_4 کا گیٹ اور ذرین بھی آپس میں صبڑے ہیں لہذا اسے ہر صورت ہمیشہ انسزاں دہ ہی رہتا ہے۔ اور V_{SG4} کا Q_4

۵.۱۶ ماسفیٹ کیکوڈ تفرقی ایمپلیفیاٹر

شکل ۵.۲۱ میں ماسفیٹ سے بنایا گیا کیکوڈ تفرقی ایمپلیفیاٹر کھایا گیا ہے جس میں ورن آئینے کو بطور برقی بوجھ استعمال کیا گیا ہے۔ ورن آئینے کی خارجی مزاحمت گزشتہ ہے میں حاصل کی گئی۔ آئین کیکوڈ کی خارجی مزاحمت بھی حاصل کریں۔ ایس کرنے کی حناظر Q_{a4} کے ذرین پر v_t پر مہیا کرتے ہوئے i_t کا تغییر لگائیں گے۔

وگا۔

شکل ۵.۲۲ میں کیکوڈ ایمپلیفیاٹر کا مطلوبہ حصہ دکھایا گیا ہے۔ ساتھ ہی دونوں ماسفیٹ کے باریکے اشاراتی ریاضی نوون استعمال کرتے ہوئے مساوی دور بھی بنایا گیا ہے جہاں تفرقی داخلي اشارہ $0 = v_d = v_{gs2} - v_{gs1}$ ہے۔ چونکہ Q_{a2} کا سورس اور گیٹ دونوں برقی زمین پر ہیں لہذا $0 = v_{gs2} - v_{gs1} = 0$ ہے۔ یوں $0 = g_{m2}v_{gs2} - g_{m1}v_{gs1}$ اسی طرح Q_{a2} کی جگہ صرف i_{o2} نسب کیا جا سکتا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ i_{o2} کی تمام کی تمام کے گزنتی ہے لہذا



شکل ۵.۳: ماسفیٹ کیمکٹو ٹفسیقی ایمپلینیٹر

لکھا جا سکتا ہے۔ شکل سے صاف ڈاہر ہے کہ $v_1 = i_t r_{o2}$

$$(5.139) \quad v_1 = i_t r_{o2}$$

$$v_{gs4} = -i_t r_{o2}$$

لکھا جا سکتا ہے۔ کہ خوف کے قانون برائے بر قی روکی مدد سے

$$i_t = g_{m4} v_{gs4} + \frac{v_t - v_1}{r_{o4}}$$

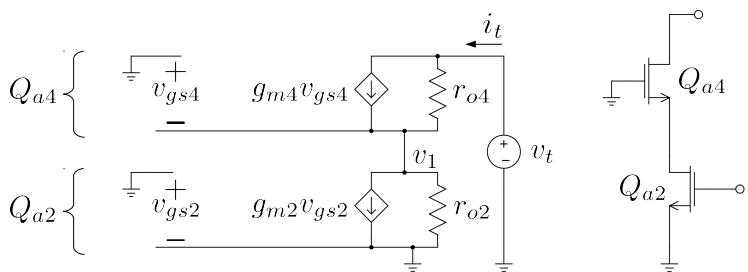
$$= -i_t g_{m4} r_{o2} + \frac{v_t - i_t r_{o2}}{r_{o4}}$$

لکھا جا سکتا ہے جس اس دوسری قدم پر مساوات 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

$$(5.140) \quad R_o = \frac{v_t}{i_t} = r_{o4} + g_{m4} r_{o2} r_{o4} + r_{o2}$$



شکل ۵.۳۲: ماسیفیٹ کیکوڈ کا حناری مزاحمت

حاصل ہوتا ہے جہاں درمیانی جبزو بقایا دو اجزاء سے بہت بڑی ہے لہذا پہلی اور تیسرا جبزو کو نظر انداز کیا جاتا ہے۔ ساتھ ہی ساتھ اگر تمام ماسیفیٹ بالکل یکساں ہوں تو $v_t = g_m r_o$ اور $r_o2 = r_o4 = r_o$

$$(5.151) \quad R_o = g_m r_o^2$$

حاصل ہوتا ہے۔ شکل ۵.۳۱ میں اس حناری مزاحمت کو دکھایا گیا ہے۔ کیکوڈ تفسیری جوڑے کی حناری مزاحمت اور واسن آئینے کی حناری مزاحمت اپس میں متوازی جبڑے ہیں لہذا ان کا مجموع $\frac{g_m r_o^2}{2}$ ہو گا۔ یوں کیکوڈ تفسیری ایپلیناٹر کا حناری 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۔

سوالات

سوال ۱.۵: شکل ۵.۱ 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_o حاصل کریں۔ مشترکہ اشارے کی بند تریتیت حاصل کریں۔

جواب: $V_{CM} \leq 3.15 \text{ V}$, 0 V

سوال ۲.۵: شکل ۵.۱ 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۔ $v_{B2} = -3.1 \text{ V}$ کی صورت میں v_o حاصل کریں۔

جواب: 7.35 V

سوال ۳.۵: مساوات ۱۸.۵ حاصل کریں۔

سوال ۴.۵: سوال ۲.۵ میں $v_{B1} = -2.101 \text{ V}$ اور $v_{B2} = -2.1 \text{ V}$ کی صورت میں v_o حاصل کریں۔

سوال ۵.۵: مساوات ۲۲.۵ حاصل کریں۔

سوال ۶.۵: i_{DS1} کو i_{DS2} پر تقسیم کرتے ہوئے مساوات ۱۳۶.۵ حاصل کریں۔

سوال ۷.۵: مساوات ۱۳۷.۵ حاصل کریں۔

سوال ۸.۵: اگر شکل ۵.۵ میں Q_{11} کا لبیری یونیورسیٹی روتے $I_S = 4 \text{ mA}$ ہو تو $v_O = 0 \text{ V}$ حاصل کرنے کے لئے درکار R_{B8} حاصل کریں۔

جواب: $25.2 \text{ k}\Omega$

سوال ۹.۵: شکل ۲۲.۵ میں $V_{EE} = 15 \text{ V}$, $V_{CC} = 15 \text{ V}$ ہے۔ تمام ٹرانزستروں کا $\beta = 100$ ہے۔ $I_{C9} = 1 \text{ mA}$ حوالہ I درکار ہے۔ R_{C5} کا شامل کرتے ہوئے R_{C9} حاصل کریں۔ $I_{C7} = 0.5 \text{ mA}$ کی حد تک R_{C5} حاصل کریں۔ $I_{E8} = 6 \text{ mA}$ اور $v_O = 0 \text{ V}$ کے لئے R_{E7} درکار ہے۔ R_{B8} اور R_{E8} حاصل کریں۔

جوابات: $R_{B8} = R_{E7} = 8.6 \text{ k}\Omega$, $R_{C5} = 3.33 \text{ k}\Omega$, $R_{C2} = 4.2857 \text{ k}\Omega$, $R_{C9} = 28.6 \text{ k}\Omega$, $R_{E8} = 2.5 \text{ k}\Omega$ اور $31.4 \text{ k}\Omega$

سوال ۱۰.۵: سوال ۹.۵ میں R_{C5} کی کس قیمت پر Q_5 غیر افزاں نہ ہو جائے گا۔ یاد رہے کہ ٹرانزستروں کا وقت غیر افزاں نہ ہوتا ہے جبکہ اس کا $V_{CB} \leq 0.5 \text{ V}$ ہو۔

جواب: $5.333 \text{ k}\Omega$

سوال ۱۱.۵: سوال ۹.۵ میں چاروں ایکلینیاٹر کے داخلي مزاحمت حاصل کریں۔

جوابات: $250 \text{ k}\Omega$, $3.33 \text{ k}\Omega$, $2 \text{ M}\Omega$, $860 \text{ k}\Omega$ اور $2.33 \text{ k}\Omega$

سوال ۱۲.۵: سوال ۹.۵ میں تمام تفسیقی ایکلینیاٹر کی افزاں حاصل کرتے ہوئے ٹل افزاں A_d حاصل کریں۔

جوابات: $A_d = 4380 \text{ V V}^{-1}$, 12 V V^{-1} , 1 V V^{-1} , -3.65 V V^{-1} , -100 V V^{-1} , $0.876 \text{ V} \cdot 0.876 \text{ V} \cdot 0.24 \text{ mV}$

سوال ۱۳.۵: سوال ۹.۵ میں $v_d = 200 \mu\text{V}$ ہے۔ پہلے، دوسرے، تیسرا اور پوتھے تفسیقی ایکلینیاٹر کے حد تک اشارے دریافت کریں۔

جواب: $0.876 \text{ V} \cdot 0.876 \text{ V} \cdot 0.24 \text{ mV}$

سوال ۱۴.۵: سوال ۹.۵ میں A_d حاصل کرتے ہوئے A_d کی قیمت حاصل کریں۔

سوال ۱۵.۵: صفحہ ۵۲۳ پر شکل ۵.۲۹ ب میں $R_E = 12 \text{ k}\Omega$ جبکہ $I = 10 \text{ k}\Omega$ ہے۔ I حاصل کریں۔

جواب: $I = 0.83 \text{ mA}$ اور $I = 9.3 \mu\text{A}$ ہوتے ہیں۔ اس جواب کو گراف کی مدد سے با آسانی حاصل کی جاسکتا ہے۔ اس کے علاوہ بار بار حل کرتے ہوئے بہتر سے بہتر جواب حاصل کرتے

ہوئے بھی جواب حاصل کیا جاتا ہے۔

سوال ۱۶: صفحہ ۵۲۵ پر شکل ۳۰.۵ میں ورن آئینے دکھایا گیا ہے۔ ٹرانزسٹر کا $\beta = 100$ جبکہ ارلی بر قی دباؤ $V_A = 150$ ہے۔ I_A کی صورت میں حرارتی مزاحمت R_0 حاصل کریں۔

$$\text{جواب: } R_0 = 5 \text{ M}\Omega, r_0 = 100 \text{ k}\Omega$$

سوال ۱۷: صفحہ ۵۲۷ پر شکل ۳۲.۵ میں ماسفینٹ ورن آئینے دکھایا گیا ہے۔ $k_n = 50 \text{ V}$ اور $V_A = 0.4 \text{ mA}^2 \text{ V}^{-1}$ لیتے ہوئے $I_{DS} = 1.5 \text{ mA}$ پر آئینے کی حرارتی مزاحمت R_0 اور افنذاش A_d حاصل کریں۔

$$\text{جواب: } A_d = 666 \text{ V V}^{-1}, R_0 = 1.22 \text{ M}\Omega$$

سوال ۱۸: صفحہ ۵۳۰ پر شکل ۳۳.۵ میں تسرقی کیکوڈ ایپلیناٹر دکھایا گیا ہے۔ اگر $V_A = 200 \text{ V}$ اور $\beta = 100$ ہوں تو A_d کی قیمت کیا ہوگی؟ اگر $v_d = 0.00002 \sin \omega t$ ہو تو v_o کیا ہوگا؟

$$\text{جوابات: } v_o = 5.34 \sin \omega t, A_d = 267 \text{ kV V}^{-1}$$

باب ۶

ایمپلیفائر کا تعدادی رد عمل اور فلٹر

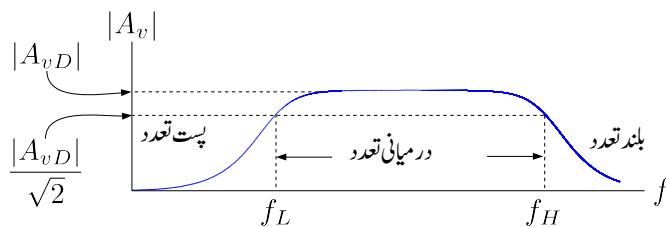
۶.۱ پست تعدادی رد عمل

ٹرانزسٹر باب کے حصہ ۲۰.۳ 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 کارپ تھیلاجٹ کی جبائے گی اور اس کی قیمت تین کرنا کھایا جائے گا۔

اس باب میں انفرائز کی جتنی قیمت $|A|$ کو افراٹھ ہی پکارا جائے گا۔ جہاں وضاحت کی ضرورت ہو وہاں اسے انفرائز کی جتنی قیمت کہہ کر پکارا جائے گا۔ ٹرانزسٹر ایمپلیفائر کی انفرائز A_v (یا A_i) کے جتنی قیمت کی تعدادی رد عمل عموماً مشکل ۶.۱ کے طرز پر ہوتی ہے۔ ایسا خط عسمونا لوگاریتم احمد پر کھینچ جاتا ہے۔ ایمپلیفائر کی زیادہ انفرائز A_{vD} (یا A_{iD}) درمیانی تعداد پر رونما ہوتی ہے جبکہ بہت کم اور بہت زیادہ تعداد پر اس کی قیمت گھٹ جاتی ہے۔ مشکل میں f_H اور f_L دو ایسے تعداد کی وضاحت کی ہے جس پر انفرائز کم ہوتے ہوئے (یا $\frac{|A_{iD}|}{\sqrt{2}}$) ہو جاتی ہے۔ f_L کو پست افلاطی تعداد جبکہ f_H کو بلند افلاطی تعداد کہتے ہیں۔ ایمپلیفائر کی تعدادی رد عمل کی بات کرتے ہوئے تعداد کی تین نظرے یا حدود کا عسموناڈ کر ہوتا ہے جنہیں پست تعداد، درمیانی تعداد اور بلند تعداد کے محدود کہتے ہیں۔ A_{vD} لکھتے ہوئے زیرِ نوشت میں D اس حقیقت کو ظاہر کرتا ہے کہ انفرائز کی یہ قیمت درمیانی تعداد پر پائی جاتی ہے۔ اگرچہ f_L سے کم تعداد دیا f_H سے زیادہ تعداد پر کمی ایمپلیفائر کا استعمال کیا جاتا 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 میان کے بے حرفت ”د“ کی آوازے D مascal کی گئی ہے



شکل ۱: عسوی تعدادی رد عمل

البتہ ان خطوں میں ایپلیغاڑ کی افسزاش کم ہوتی ہے۔ اسی لئے f_L تا f_H کو ایپلیغاڑ کا داڑھ کارکرڈگہ^۹ B کہتے ہیں یعنی

$$(2.1) \quad B = f_H - f_L$$

اگر f_L ہوتے $f_H \approx f_L$ کے حاب سکتا ہے یعنی

$$(2.2) \quad B \approx f_H$$

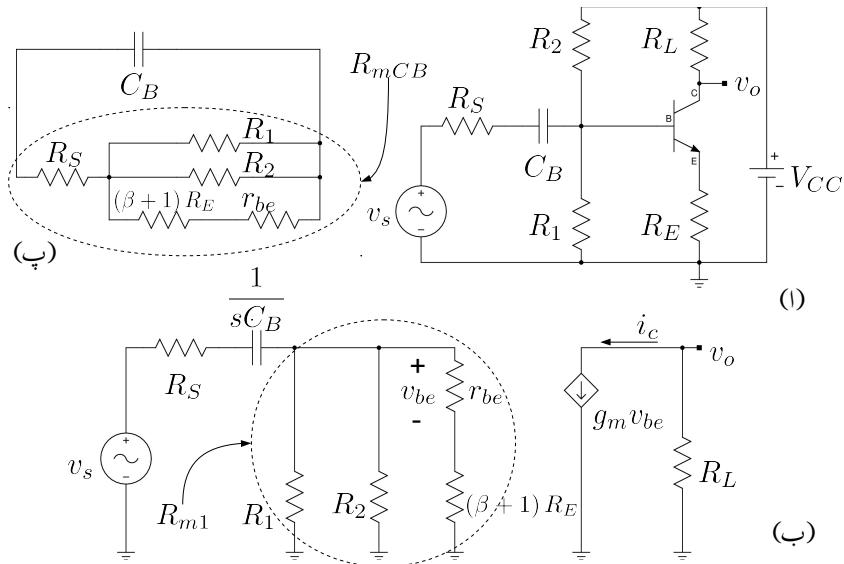
مشترک کے بیٹھ ٹرانزستر ایپلیغاڑ تک داخنی اشارے کی رسانی عموماً بذریعہ جنتی کپیسٹر C_B ^{۱۰} کی جاتی ہے جبکہ اس سے خارجی اشارے کی حصوی عسوی بذریعہ جنتی کپیسٹر C_C کی جاتی ہے۔ مزید یہ کہ قصری کپیسٹر C_E اشارے کو مزاحمت R_E کے مقابل راستہ فراہم کرتے ہوئے افسزاش بڑھاتا ہے۔ اس باب کے پہلے چند حصوں میں ان کپیسٹروں کا پست افظاعی تعداد کے ساتھ تعلق پر غور کیا جائے گا۔ کم تعدد پر ان کپیسٹروں کی برقی رکاوٹ بڑھ جاتی ہے جس کی وجہ سے A_v (A_i) کی قیمت گھٹتی ہے۔ یوں یہی بیرونی "کپیسٹر پست افظاعی تعداد" f_L کی قیمت تعین کرتے ہیں۔ حقیقت میں پست افظاعی تعداد f_L کا درود مرکزی کپیسٹر C_E پر ہوتا ہے۔ بلند تعداد 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 بلند افظاعی بکتہ دکھایا گیا ہے۔

ٹرانزستر کے $B - C$ اور $B - E$ جوڑ پر اندروی کپیسٹروں کی برقی رکاوٹ اتنی زیاد ہوتی ہے کہ انہیں کھلے دور تصور کیا جاتا ہے۔ بلند تعداد پر ان کی برقی رکاوٹ کم ہو جاتی ہے اور انہیں نظر انداز کرنا ممکن نہیں رہت۔ انہیں اندروی کپیسٹروں کی وجہ سے بلند تعداد پر A_v (A_i) کی قیمت گھٹتی ہے۔ یوں اندروی کپیسٹر بلند افظاعی تعداد f_H کی قیمت تعین کرتے ہیں۔

کم تعداد پر ٹرانزستر ایپلیغاڑ کی افسزاش حاصل کرتے وقت صرف بیرونی کپیسٹروں کو مد نظر رکھا جاتا ہے جبکہ اندروی کپیسٹروں کو کھلے دور تصور کیا جاتا ہے۔ اسی طرح بلند تعداد پر صرف اندروی کپیسٹروں کو مد نظر رکھا

band^a
coupling capacitor^b
bypass capacitor^c
 C_C, C_E, C_B ^d

، بیرونی کپیسٹر میں جنمیں ٹرانزستر کے ساتھ جوڑا جاتا ہے

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 اندروں کی 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_j لکھتے ہوئے جوابت حاصل کئے جاتے ہیں۔

۶.۲ بیس سرے پر کپیٹر C_B

ایپیٹنیا کے وقت اس کے داخلی اور خارجی جنبے مختلف چیزیں جزوی جا سکتی ہیں مثلاً لاڈ سپلائر یا دوسرا ایپیٹنیا۔ ایسی بیسروں اشیاء جوڑتے وقت یہ ضروری ہے کہ ٹرانزسٹر کا فقط کارکردگی اپنی جگہ برقرار رہے۔ کپیٹر یک سمت برق روکے لئے گھلے سرے کردار ادا کرتا ہے لہذا کپیٹر کے ذریعہ ایپیٹنیا کو داخلی جنبے اشارہ فناہم کرنے یا ایپیٹنیا کے خارجی جنبے کے کپیٹر کے ذریعہ اشارہ حاصل کرنے سے ٹرانزسٹر کا فقط کارکردگی پر کوئی اثر نہیں ہوتا۔ شکل ۶.۲ الف میں ایسا ہی کرتے ہوئے کپیٹر C_B کے ذریعہ داخلی اشارے کو ایپیٹنیا تک پہنچایا گیا ہے۔ C_B پر توبہ رکھنے کی خاطر شکل میں C_E اور C_C نہیں استعمال کئے گئے۔ شکل ۶.۲ ب میں اسی کا مساوی باریک اشاراتی دور دکھایا گیا ہے جس ان نقطے دار دائرے میں بند کل مزاجت کو

^{۱۳} ٹرانزسٹر ریاضی نمونے میں پائے جانے والے کپیٹر مشاً'e C_B ، غیرہ ٹرانزسٹر کے اندروں کی 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 کسر کے اوپر $R_{m1} C_B$ اور اس کے خپلے حصے سے $(R_S + R_{m1}) C_B$ لکھتے 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 ۲.۱ پ میں وضاحت کی گئی ہے کہ v_s کو قصر دو رہ تصور کرتے ہوئے، C_B کے متوازنی کل مزاجت کی قیمت $(R_S + R_{m1}) C_B$ 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 جباتی 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 مساود متواری مراجحت جبکہ CB سے مساود پسند ہے۔

ح صل ہوتا ہے جبے درمیانی تعداد کو افراٹھ A_{vD} کہتے ہیں۔

$$(۱.۷) \quad A_{vD} = A_v \Bigg|_{\omega \rightarrow \infty} = -R_L g_m \left(\frac{r_{be}}{r_{be} + (\beta + 1) R_E} \right) \left(\frac{R_{m1}}{R_S + R_{m1}} \right)$$

کوئی محدود کے طرز پر یوں لکھا جاتا ہے۔ A_{vD}

$$(۱.۸) \quad A_{vD} = |A_{vD}| \angle \theta_D$$

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 $|A_{vD}|$ افراٹھ کی حقیقت یقین کے جبکہ θ_D افراٹھ 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 کوئی محدود کے طرز پر یوں لکھا جاتا ہے

$$(۱.۱۲) \quad A_v = |A_v| \angle \theta$$

جہاں

$$(۱.۱۳) \quad |A_v| = |A_{vD}| \frac{\omega}{\sqrt{\omega^2 + \left(\frac{1}{R_{mCB} C_B} \right)^2}}$$

$$\theta = -\frac{\pi}{2} - \tan^{-1} (\omega R_{mCB} C_B)$$

ہیں۔ اگرچہ مساوات ۱.۳ حقیقی طور پر صرف لامحدود 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 لیٹار کی درمیانی تعداد کو افراٹھ کہتے ہیں۔

مثال ۲.۱: شکل ۲.۲ افے میں گزشتہ کئی مشالوں کی طرح

$$\begin{array}{ll} V_{CC} = 15 \text{ V} & \beta = 179 \\ R_L = 75 \text{ k}\Omega & R_E = 15 \text{ k}\Omega \\ R_1 = 320 \text{ k}\Omega & R_2 = 1.7 \text{ M}\Omega \\ R_s = 5 \text{ k}\Omega & C_B = 0.1 \text{ nF} \end{array}$$

لیتے ہوئے مندرجہ ذیل تعداد پر افزائش A_v حاصل کریں۔

۱. لامددو

$$f = 1 \text{ MHz}$$

$$f = 100 \text{ kHz}$$

$$f = 10 \text{ kHz}$$

$$f = 1 \text{ kHz}$$

حل: یک سمت خوبزی سے مندرجہ ذیل r_e اور r_{be} حاصل ہوتے ہیں۔

$$g_m = 4.064 \text{ mS}$$

$$r_{be} = 44.045 \text{ k}\Omega$$

$$r_e \approx 246 \Omega$$

۱. لامددو تعداد یعنی $f = \infty$ پر مساوات ۲.۲ کی مدد سے A_{vD} کی قیمت

$$\begin{aligned} A_{vD} &= (-75000) (0.004064) \left(\frac{44045}{44045 + 180 \times 15000} \right) \left(\frac{245238}{5000 + 245238} \right) \\ &= -4.79463 \\ &= 4.79463/\pi \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے جہاں آئندہ فتم پر افزائش کو تکمیلی مدد کے طرز پر لکھا گیا ہے۔ اس جواب کے مطابق دھنی اشارے کا جیٹ 4.79463 گن بڑھ گا اور اس کے زاویے میں π ریڈین یعنی 180° کی تبدیلی رونما ہو گی۔

۲. ۱ MHz پر مساوات ۲.۸ کی مدد سے

$$\begin{aligned} A_v &= \frac{-4.79463}{1 + \frac{1}{j \times 2 \times \pi \times 10^6 \times (5000 + 245238) \times 0.1 \times 10^{-9}}} \\ &= -4.79443 - j0.03049 \\ &= 4.7945/-3.13523 \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ افسزاں کی قیمت لامدد تعداد پر 4.79463 ہے جبکہ اس کی قیمت 4.7945 ہو گئی ہے۔ ان دونوں میں فرق کو نظر انداز کیا جاتا ہے۔ زاویہ یعنی بینی تقریباً 180.36° ہے۔

$$\text{پر } f = 100 \text{ kHz} \quad .3$$

$$\begin{aligned} A_v &= \frac{-4.79463}{1 + \frac{1}{j \times 2 \times \pi \times 100 \times 10^3 \times (5000 + 245238) \times 0.1 \times 10^{-9}}} \\ &= -4.7753 - j0.30372 \\ &= 4.78495/-3.0781 \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اب بھی افسزاں تقریباً A_{vD} کے برابر ہے۔

$$\text{پر } f = 10 \text{ kHz} \quad .4$$

$$\begin{aligned} A_v &= \frac{-4.79463}{1 + \frac{1}{j \times 2 \times \pi \times 10 \times 10^3 \times (5000 + 245238) \times 0.1 \times 10^{-9}}} \\ &= -3.4137 - j2.1712 \\ &= 4.04567/-2.5751 \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے۔ ہم دیکھتے ہیں کہ 10 kHz پر افسزاں کی قیمت مدد کم ہو گئی ہے یعنی اس کی موجودہ قیمت کے لئے 84% ہے۔

$$\frac{4.04567}{4.79463} \times 100 = 84\%$$

جبکہ زاویہ -147° ہے۔

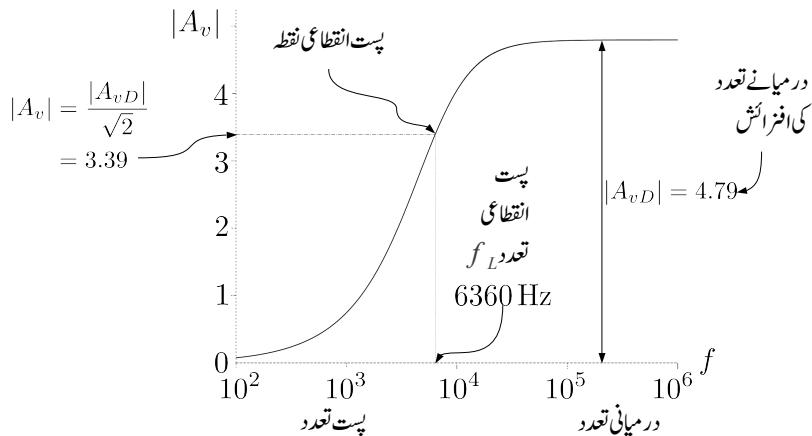
$$\text{پر } f = 1 \text{ kHz} \quad .5$$

$$\begin{aligned} A_v &= \frac{-4.79463}{1 + \frac{1}{j \times 2 \times \pi \times 1 \times 10^3 \times (5000 + 245238) \times 0.1 \times 10^{-9}}} \\ &= -0.1157 - j0.7357 \\ &= 0.7447/-1.7268 \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے جو کہ نہایت کم افسزاں ہے۔ ایک کلوہرٹ کے تعداد پر حاصل کی گئی افسزاں کے صرف 15% ہے۔

$$\frac{0.7447}{4.79463} \times 100 = 15\%$$

ایک کلوہرٹ کے کم تعداد پر افسزاں کا نہایت کم ہو جاتا صاف ظاہر ہے۔



شکل ۶.۳: پست انقطعی تعداد

مندرجہ بالامثال میں ہم نے دیکھا کہ ایک حساس حد سے زیادہ تعداد پر افسزائش کی قیمت کو تقسیماً A_{vD} کے برابر تصور کیا جاتا ہے۔ البتہ اس حد سے کم تعداد پر افسزائش کی قیمت کم ہو جاتی ہے۔ لیکن اس قسم کے معلومات کو ظاہر کرنے کا ایک نہایت عمده طریقہ ہے۔ موجودہ مسئلے میں افسزائش بالمقابل تعداد کو لیوڈا خط کے طرز پر شکل ۶.۳ میں کھینچا گیا ہے جہاں تعداد کو لوگاریتمی ایسا نام پر دکھایا گیا ہے۔ اس شکل میں زیادہ تعداد پر افسزائش تبدیل نہیں ہوتی اور $|A_{vD}|$ ہی رہتی ہے۔ حقیقت میں بلند تعداد پر بھی افسزائش کم ہو جاتی ہے۔ موجودہ حصے میں صرف پہتھنے تعداد پر افسزائش کے کم ہونے پر غور کیا جائے گا۔ زیادہ تعداد پر افسزائش کے کم ہونے پر آگے جا کر غور کیا جائے گا۔ شکل کو دیکھتے ہوئے ہم کہہ سکتے ہیں کہ کم تعداد پر سے ایپلیگاٹر داخلی اشارہ کو نہیں بڑھائے گا۔ تعداد بتدریج کم کرتے ہوئے، جس تعداد پر افسزائش کی قیمت کم ہوتے ہوئے $\frac{1}{\sqrt{2}} |A_{vD}|$ کے گناہ جائے اسی کو انقطعی نقطہ تصور کیا جاتا ہے۔ شکل ۶.۳ میں $f = 6360 \text{ Hz}$ پر $|A_v| = \frac{|A_{vD}|}{\sqrt{2}}$ ہو جاتا ہے۔ یوں ہم کہیں گے کہ یہ ایپلیگاٹر $f = 6360 \text{ Hz}$ سے کم تعداد کے اشارات کو نہیں بڑھاتا۔ جیسا کہ پہلے ذکر کیا گیا، زیادہ تعداد پر بھی ایپلیگاٹر کی افسزائش کم ہو جاتی ہے یوں موجودہ نقطے کا پورا نام پست انقطعی نقطہ ہے جبکہ اس نقطے پر تعداد f_L کو پست انقطعی تعداد پر کارا جاتا ہے۔

Bode plot^{۱۴}
 \log
 high frequency^{۱۵}
 low frequency^{۱۶}
 low cut-off frequency^{۱۷}

ساوات ۲.۱۰ کے ہم پست نقطی تعدد حاصل کر سکتے ہیں۔ ایسا کرنے کی حرکت اس تعداد کو ω_L لکھتے ہوئے مساوات کو $|A_v| = \frac{|A_{vD}|}{\sqrt{2}}$ (یعنی درمیانی تعداد پر افزائش سے ۳ 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 لیتے ہوئے

$$\frac{1}{2} = \frac{\omega_L^2}{\omega_L^2 + \left(\frac{1}{R_{mCB}C_B}\right)^2}$$

۔

$$(2.11) \quad \omega_L = \frac{1}{R_{mCB}C_B}$$

$$f_L = \frac{1}{2\pi R_{mCB}C_B}$$

ہو۔ اس طرح مساوات ۲.۸ کھٹے کا ہست انداز یوں ہے۔

$$(2.12) \quad A_v = A_{vD} \left(\frac{s}{s + \omega_L} \right)$$

مندرجہ بالا مساوات اور شکل ۲.۶ کو ایک ساتھ دیکھتے ہوئے معلوم ہوتا ہے کہ f_L کی قیمت داخلي کپيٹر C_B اور اس کے ساتھ متوازي کل مسازمت R_{mCB} پر منحصر ہے۔ مثال ۲.۱ میں یوں

$$f_L = \frac{1}{2\pi (5000 + 245238) \times 0.1 \times 10^{-9}} = 6360 \text{ Hz}$$

حاصل ہوتا ہے۔

مثال ۲.۲: مندرجہ بالا مثال ۲.۱ میں صرف C_B کی قیمت تبدیل کرتے ہوئے ایمپلینیٹر کو انسانی آواز کا جیطہ بڑھانے کے قابل بنائیں۔

حل: انسان 20 kHz کی آواز سن سکتا ہے۔ اگر C_B کو 20 Hz گزارنے کی عندر غیرے تجربے 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۔ اگر حپے f_L کو 20 Hz پر رکھتے ہوئے بھی C_B حاصل کیا جاتا ہے لیکن ہم جانتے ہیں کہ

پر افسزاں کم ہو جاتی ہے لہذا f_L کو درکار تعداد سے دس گن کم یعنی 2 Hz پر رکھتے ہوئے مساوات ۲.۱ کی مدد سے C_B حاصل کرتے ہیں۔

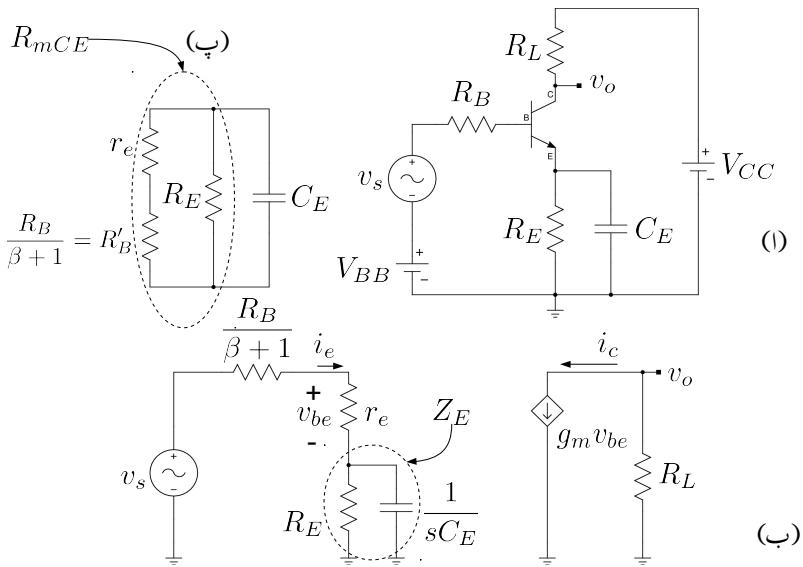
$$\begin{aligned} C_B &= \frac{1}{2\pi f_L (R_{mCB})} \\ &= \frac{1}{2\pi \times 2 \times 250238} \\ &= 0.318 \times 10^{-6} = 0.318 \mu\text{F} \end{aligned}$$

۲.۳ بیٹر سرے پر کپیسٹر C_E

ٹرانزسٹر کا نقطہ کارکردگی تحسین کرنے کے علاوہ β میں تبدیلی سے نقطہ کارکردگی میں تبدیلی روپ ہونے کو R_E کے استعمال سے کم کیا جاتا ہے۔ البتہ ایپلیفار کی افسزاں بڑھانے کے لئے ضروری ہے کہ ٹرانزسٹر کے بیٹر سرے پر کم سے کم مزاجحت ہو۔ ان دو متضاد شرائط پر پورا ارتقا دور شکل ۲.۳.۲ اف میں دکھایا گیا ہے۔ چونکہ کپیسٹر C_E یک سمت بر قی روکے لئے کھلے دور کارکدار 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 بر قی رکاوٹ R_E سے کم ہو۔ چونکہ C_E مزاجحت R_E کے متوالی جبڑا ہے لہذا ابتداء روکے نقطہ نظر سے ٹرانزسٹر کے بیٹر پر کل رکاوٹ R_E سے کم ہو جاتا ہے اور یوں افسزاں بڑھتی ہے۔ اس حصے میں C_E پر توجہ رکھنے کی خاطر C_B اور C_C کا استعمال نہیں کیا گیا۔

شکل ۲.۳.۲ ب میں شکل ۲.۳.۲ اف کا اس ای باریکے اشاراتی دور دکھایا گیا ہے جس سے ہم افسزاں کی مساوات لکھ سکتے ہیں۔ باریکے اشاراتی دور میں یہیں جواب کے مزاجحت کے عس بیٹر جواب کی مساوات لکھ سکتے ہیں۔ جیسا کہ آپ جانتے ہیں کہ بیٹر جواب کے مزاجحت کا عس، یہیں جواب $(\beta + 1) \cdot (\beta)$ گناہ زیادہ نظر آتا ہے جبکہ یہیں جواب مزاجحت کا عس، بیٹر جواب $(\beta + 1) \cdot (\beta)$ گناہ نظر آتا ہے۔ یوں یہیں جواب کے مزاجحت R_B اور r_{be} کے عس، بیٹر جواب اور $\frac{R_B}{\beta + 1}$ 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 متوازن کل مسازحت کو R_{mCE} لکھتے ہوئے ہم دیکھتے ہیں کہ

$$(6.15) \quad \frac{1}{R_{mCE}} = \frac{1}{R_E} + \frac{1}{\frac{R_B}{\beta+1} + r_e} = \frac{1}{R_E} + \frac{1}{R'_B + r_e}$$

کے برابر ہے۔ شکل پے میں اس مسازحت کی وضاحت کی گئی ہے۔ مساوات ۶.۲.۳ میں $R'_B \frac{R_B}{\beta+1}$ کو لکھتے ہوئے اور اس میں مساوات ۶.۲.۲ 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 تسلیم 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 ۱۲.۲ 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 حمل 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 ۱۲.۲ 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 ۱.۸ میں ω کی قیمت کو ω_1 اور ω_2 سے بہت زیادہ تصور کرتے ہوئے اندازش کی قیمت حاصل کرتے ہیں۔ اس زیادہ تعداد کو $\omega \rightarrow \infty$ تصور کرتے ہوئے

$$(1.23) \quad A_v \Bigg|_{\omega \rightarrow \infty} = A_{vD} \left(\frac{j\infty + \omega_1}{j\infty + \omega_2} \right) = A_{vD}$$

حاصل ہوتا ہے۔ یوں A_{vD} درمیانی تعداد پر اندازش ہے۔ عموماً ایک پلینائز مساوات ۳۳.۳ کے تحت تخلیق دئے جاتے ہیں جس کے مطابق R_E کی قیمت $\frac{R_B}{(\beta+1)}$ بہت زیادہ ہوتی ہے۔ اگر مساوات ۳۳.۳ 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 ۱۸.۲ کا صفحہ ۳۳ سے قطب ۳ کے تعداد پر پایا جائے گا یعنی

$$(2.25) \quad \omega_1 \ll \omega_2$$

عموماً $r_e \gg \frac{R_B}{\beta+1}$ ہوتا ہے اور یوں مساوات ۲۳.۳ اور مساوات ۲۴.۲ 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

$$(2.26) \quad |A_v| = |A_{vD}| \sqrt{\frac{\omega_L^2 + \omega_1^2}{\omega_L^2 + \omega_2^2}} = \frac{|A_{vD}|}{\sqrt{2}}$$

ہو۔ مندرجہ بالامساوات میں مطلوب تعدد کو ω_L لکھا گیا ہے جسے حل کرتے حاصل ہوتا ہے

$$(2.27) \quad \omega_L = \sqrt{\omega_2^2 - 2\omega_1^2} \approx \omega_2$$

جہاں مساوات ۲۵.۲ 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 $|A_{vD}|$ کبھی بھی $|A_v|$ سے ۳ dB کم نہیں ہو گا اور یوں ω_L نہیں پایا جائے گا۔

مثال ۲.۳: شکل ۲.۳ 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۔ A_{vD} 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۔ یہ R_E سے بہت کم ہے۔ مساوات ۲۰.۲ کے تحت

$$\omega_1 = \frac{1}{15000 \times 10 \times 10^{-9}} = 6666 \text{ rad s}^{-1}$$

$$\omega_2 = \frac{1}{1560.83 \times 10 \times 10^{-9}} = 64068 \text{ rad s}^{-1}$$

حاصل ہوتے ہیں۔ جو نہ $\frac{1}{2}\omega^2$ کی قیمت $2\omega_1^2$ کے مقابلے میں زیاد ہے لہذا مساوات ۲۷.۲ کے تحت

$$\omega_L = \sqrt{64068^2 - 2 \times 6666^2} = 63370 \text{ rad s}^{-1}$$

$$f_L = \frac{63370}{2 \times \pi} = 10 \text{ kHz}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اگر اس مساوات میں $2\omega_1^2$ کو نظر انداز کی جائے تو ω_L کی قیمت 64068 rad s^{-1} حاصل ہوتی ہے۔ ان دو جوابات میں نہایت کم فرق ہے۔ مساوات ۲۱.۲ سے درمیانی تعداد کی افناش حاصل کرتے ہیں۔

$$A_{vD} = -\frac{75000 \times 4.064 \times 10^{-3} \times 246}{\frac{269300}{179+1} + 246} = -43 \text{ V V}^{-1}$$

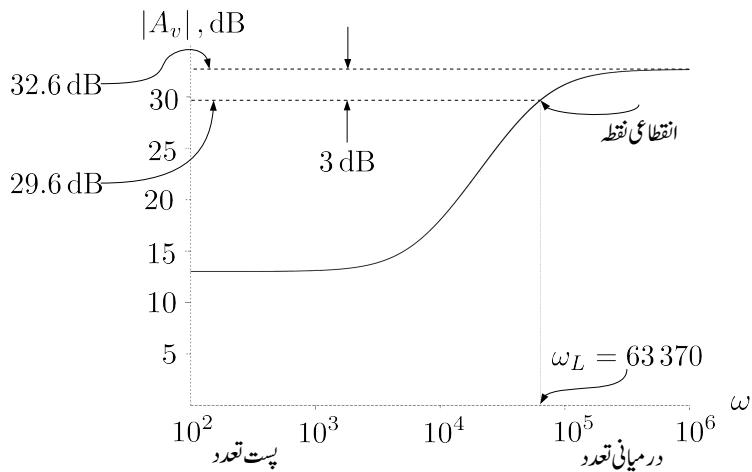
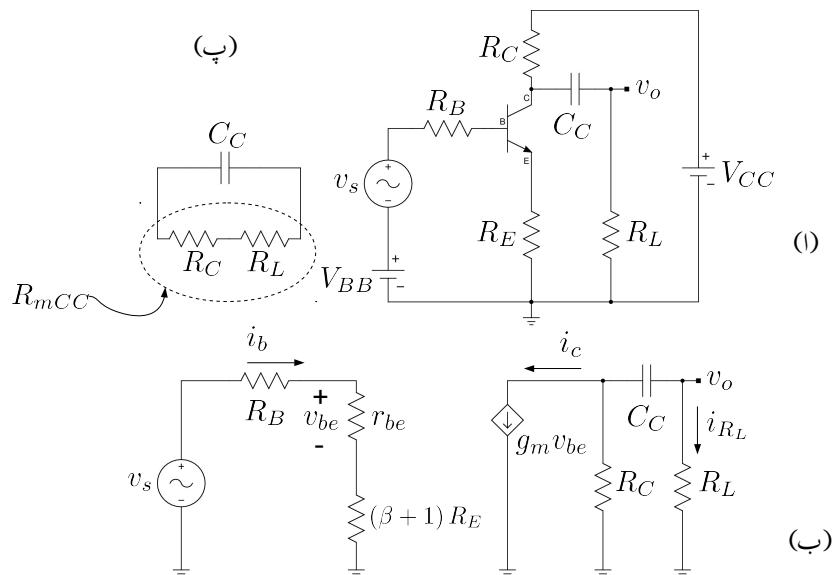
اور یوں کسی بھی تعداد پر افناش کی مساوات مندرجہ ذیل ہوگی۔

$$(6.28) \quad A_v = -43 \left(\frac{s + 6666}{s + 64068} \right)$$

شکل ۵.۶ میں $|A_v| = 43 \sqrt{\frac{\omega^2 + 6666^2}{\omega^2 + 64068^2}}$ کا خط کھینچا گیا ہے جس میں اقتی محدود پر ω اور عمودی محدود پر $20 \log |A_v|$ رکھے گئے ہیں۔ یوں عمودی محدود سے افناش کو ڈیکھ بیلہ ۳۰ میں پڑھا جائے گا۔

۶.۳ بکٹر سے پر کپیٹر C_C

ایک پیغام کا حنارجی اشارہ کپیٹر C_C کے ذریعے حاصل کرنے سے یک سمت متغیرات متاثر نہیں ہوتے۔ شکل ۶.۲ میں بکٹر سے پر کپیٹر C_C کے ذریعے حنارجی اشارے کو درکار محتاج یعنی R_L تک پہنچایا گیا

شکل ۲.۵: C_E میں حاصل ω_L شکل ۲.۶: C_C کے اثرات

بے۔ شکل ۴.۶ بے میں اسی کا مساوی باریکے اشاراتی دور دکھایا گیا۔ سلسلہ وار جبٹے R_L اور C_C کا برقی رکاوٹ Z رکاوٹ

$$Z = R_L + \frac{1}{sC_C}$$

بے۔ برقی روکے تقسیم کی مساوات سے R_C کے ساتھ متوازی جبٹے برقی 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 منفی کی علامت اس لئے پیدا ہوئی کہ i_{R_L} کی مسٹے i_c کے الٹے رکھی گئی۔ امنڑا اُش کی مساوات یوں لکھی جائے گی۔

$$\begin{aligned} A_v &= \frac{v_o}{v_s} = \left(\frac{v_o}{i_{R_L}} \right) \left(\frac{i_{R_L}}{i_c} \right) \left(\frac{i_c}{v_{be}} \right) \left(\frac{v_{be}}{v_s} \right) \\ &= (R_L) \left(-\frac{R_C}{R_C + Z} \right) (g_m) \left(\frac{r_{be}}{R_S + r_{be} + (\beta + 1)R_E} \right) \end{aligned}$$

منفی کی علامت باہر نکالتے ہوئے، Z کی قیمت پر کر کے اسے دائیں مقفل 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 کو مقفل کرتے ہوئے اسے یوں لکھا جا سکتا ہے۔

$$\begin{aligned} (4.29) \quad A_v &= - \frac{R_C R_L}{R_C + R_L} \left(\frac{g_m r_{be}}{R_S + r_{be} + (\beta + 1)R_E} \right) \left(\frac{s}{s + \frac{1}{(R_C + R_L) C_C}} \right) \\ &= A_{vD} \left(\frac{s}{s + \omega_L} \right) \end{aligned}$$

جہاں

$$(6.30) \quad A_{vD} = A_v \Bigg|_{\omega \rightarrow \infty} = -\frac{R_C R_L}{R_C + R_L} \left(\frac{g_m r_{be}}{R_S + r_{be} + (\beta + 1)R_E} \right)$$

$$\omega_L = \frac{1}{(R_C + R_L)C_C}$$

کے برابر ہیں۔

۶.۵ بوڈا خطوط

ایکلینیاٹر کے افزاش بالقابل تعداد کے خط کو عموماً بوڈا خط^{۱۵} کے طرز پر کھینچا جاتا ہے۔ افزاش کی حریقیت بالقابل تعداد اور افزاش کا زاویہ بالقابل تعداد کے خط علیحدہ کھینچا جاتا ہے۔ مگر قیمت بالقابل تعداد کے بوڈا خط میں افقی محضہ پر ω log f جبکہ اس کے عمودی محضہ پر $|A_v|$ 20 log $|A_v|$ رکھے جاتے ہیں۔ یوں عمودی محضہ پر حریقیت دیکھی جائے گی۔ زاویہ بالقابل تعداد کے بوڈا خط میں افقی محضہ پر ω log f یا $\log f$ جبکہ عمودی محضہ پر زاویہ θ رکھا جاتا ہے۔ بوڈا خط کو سمجھنے کی حرطہ میں اس کو مثال بناتے ہوئے افزاش کی مگر قیمت بالقابل تعداد کا بوڈا خط کھینچتے ہیں۔ مساوات میں

$$A_{vD} = -177.8 \text{ VV}^{-1}$$

$$f_1 = 100 \text{ Hz}$$

$$f_2 = 10 \text{ kHz}$$

Bode plot^{۱۶}

^{۱۵} ہنسٹر کے واڈیوڈا نے خط کھینچنے کے اس طرز کو دریافت کیا۔ ان خطوط کو بوڈا یا بوڈی خطوط پکارا جاتا ہے
^{۱۶} dB

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۔

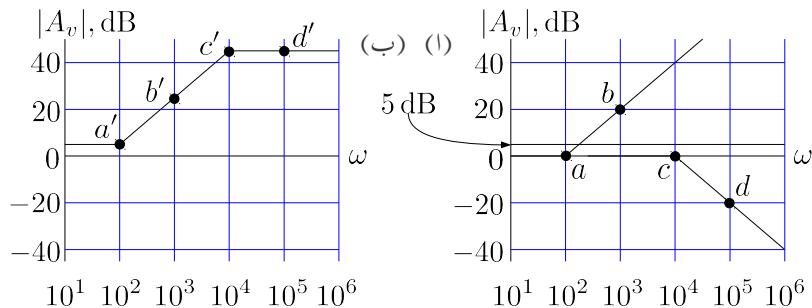
$$(2.32) \quad |A_v|_{dB} = 20 \log 1.778 + 20 \log \sqrt{1 + \frac{f^2}{100^2}} - 20 \log \sqrt{1 + \frac{f^2}{10000^2}}$$

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 تم کا ادا محجموعہ حاصل کریں گے۔ ایسا کرنے کی خاطر مساوات ۲.۳۲ کو دیکھتے 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 5 پر سیدھا افقی خط حاصل ہوتا ہے جسے شکل ۲.۷ الف میں دکھایا گیا ہے۔

باب ۲۔ ایپلیگار کا تعدادی رد عمل اور فلسر



شکل ۲.۷: حقیقی قیمت بالمقابل تعداد کے بوڈاٹ کے احیاء

مساویات کے دوسرے جزو 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 جزو 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 $f \ll f_1$ پر چونکہ $\left(\frac{f}{f_1}\right)^2 \gg 1$ ہو گا لہذا

$$(2.33) \quad 20 \log \sqrt{1 + \left(\frac{f}{f_1}\right)^2} \rightarrow 20 \log \sqrt{\left(\frac{f}{f_1}\right)^2} = 20 \log \frac{f}{f_1} \quad \text{dB}$$

حاصل ہوتا ہے جہاں آخیری مقدم پر $100 = f_1$ کا استعمال کیا گیا ہے۔

$20 \log \frac{f}{100}$ کی قیمت $100, 1000, 10000$ اور 100000 اور $20.0, 20, 40$ اور 60 ڈبیں ہیں حاصل ہوتی ہے۔ اس حقیقت کو یوں بیان کیا جاسکتا ہے کہ تعداد سے افسزاں سے افسزاں 20 dB بڑھتی ہے یا کہ افسزاں 20 dB فی دہائی کے شرح سے بڑھتی ہے۔ افقي محور پر تعداد کا لوگاریتم لیتے ہوئے ان قیمتوں کے استعمال سے خط کھینچا گیا ہے۔ یہ خط تعداد کے محور کو f_1 یعنی 2 (log(100) = log(100)) پر چھوٹے ہوئے 20 dB فی دہائی کے شرح سے بڑھتا ہے۔ ایسا خط کھینچنے وقت $(f_1, 0 \text{ dB})$ اور $(10f_1, 20 \text{ dB})$ کے میان پر نقطے لگا کر انہیں سیدھی لکھیے سے جوڑتے ہوئے حاصل کیا جاتا ہے۔

شکل ۲.۷ اف 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 جزو کی قیمت 0 dB ہے۔ حقیقت میں بوڈاٹ کھینچنے وقت کم تعداد کو $f_1 \ll f$ کی وجہ سے $f_1 \leq f$ لیا جاتا ہے۔ یہ نقطے a سے کم تعداد پر اس جزو کی قیمت 0 dB دکھائی گئی ہے۔ اس طرح بوڈاٹ 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۔ تاکہ a 0 dB پر رہتا ہو اور a اور b سے گزرتا سیدھا خط دوسرے جزو کا لایوڈا خٹ ہے۔

مساوات ۳۲.۲ کے تیسرا جزو کی کارکردگی نہایت کم اور نہایت زیادہ تعداد پر دیکھتے ہیں۔ نہایت کم تعداد یعنی $f_2 \ll f$ پر

$$(۶.۳۵) \quad -20 \log \sqrt{1 + \left(\frac{f}{f_2}\right)^2} \rightarrow 20 \log 1 = 0 \text{ dB}$$

جبکہ نہایت زیادہ تعداد میں $f_2 \gg f$ پر

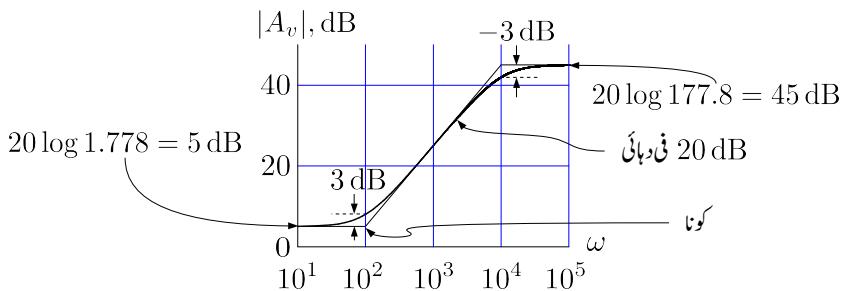
$$(۶.۳۶) \quad -20 \log \sqrt{1 + \left(\frac{f}{f_2}\right)^2} \rightarrow -20 \log \sqrt{\left(\frac{f}{f_2}\right)^2} \\ = -20 \log \frac{f}{10000} \quad \text{dB}$$

حاصل ہوتا ہے جہاں آخندری متدم پر 10000 = f_2 کا استعمال کیا گیا ہے۔

$\frac{f}{10000} - 20 \log 10000, 100000, 1000000$ اور 10000000 کے تعداد پر 20.0، 40، 60، 80 یعنی بیل حاصل ہوتی ہے۔ اس حقیقت کو یوں بیان کیا جاتا ہے کہ تعداد دس گناہ کرنے سے افزاش 20 dB گھشتی ہے یا کہ افزاش 20 dB - فی دہائی کے شرح سے تبدیل ہوتی ہے۔ اپنی محور پر تعداد کا لوگاریتم لیتے ہوئے ان تیتوں کے استعمال سے خط کھینچا گیا ہے۔ بے خط تعداد کے محور کو f_2 یعنی $4 \log(10000)$ پر چھوٹے ہوئے 20 dB - فی دہائی کے شرح سے تبدیل ہوتا ہے۔ ایسا خط کھینچنے وقت f_2 تعداد پر 0 dB اور $10f_2$ تعداد پر 20 dB کے مقام پر نظر لے کر انہیں سیدھی لکیرے جوڑتے ہوئے حاصل کیا جاتا ہے۔ شکل ۶.۷ اف میں ان نقطوں کو c اور d سے ظاہر کیا گیا ہے۔ یاد رہے کہ f_2 یعنی 10^4 کے تعداد پر اس جزو کی قیمت 0 dB ہے۔

شکل ۶.۷ ب میں ان تیتوں خطوط کا مجموعہ لیا گیا ہے جو کہ مساوات ۳۱.۶ کے $|A_v|$ کا مکمل یوڈا خٹ ہے۔ شکل ۶.۷ اف میں نقطہ a پر مساوات ۳۲.۲ کے پہلے جزو کے خط کی قیمت 5 dB جبکہ بقیاء دو اجزاء کے قیمتیں 0 dB ہیں۔ یوں ان کا مجموعہ 5 dB ہے جسے شکل ۶.۷ ب میں a' سے ظاہر کیا گیا ہے۔ b پر ان تین اجزاء کے قیمتیں 5 dB، 5 dB اور 20 dB اور 0 dB ہیں جن کے مجموعے 25 dB کو b' سے ظاہر کیا گیا ہے۔ c پر تیتوں کا مجموعہ 45 dB کو c' سے ظاہر کیا گیا ہے۔ d پر تین اجزاء کے قیمتیں 5 dB، 5 dB اور 20 dB ہیں جن کا مجموعہ 45 dB ہی ہے۔ اس نقطے کو d' سے ظاہر کیا گیا ہے۔

مندرجہ بالاتم عمل کو نہایت آسانی سے یوں سراغبام دیا جاتا ہے۔ دئے گئے مساوات کی جتنی قیمت کمتر تعداد پر حاصل کریں۔ بوڈا خط کی قیمت یہی رکھتے ہوئے تعداد بڑھائیں حتیٰ کہ مساوات کا صفر یا قطب آ جائے۔ اگر صفر آ جائے تو بوڈا خط کی قیمت 20 dB فی دہائی کی شرح سے بڑھانا شروع کر دیں اور اگر قطب آ جائے تو بوڈا خط کی قیمت 20 dB فی دہائی کی شرح سے گھٹانا شروع کر دیں۔ تعداد بڑھاتے رہیں حتیٰ کہ مساوات کا صفر یا قطب آ جائے۔ ہر مرتبہ صفر آنے پر بوڈا خط کے تبدیلی کی شرح میں 20 dB کا اضافہ لائیں جبکہ قطب آنے پر بوڈا خط کے تبدیلی کی شرح میں 20 dB کی کمی لائیں۔



شکل ۲.۸: مسل خط اور بوداخط کاموازن

شکل ۲.۸ میں مساوات ۲.۳ کے بوداخط اور اس کا حقیقی خط^{۱۹} ایک سانحہ کھانے گئے ہیں۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ بوداخط کے کونوں پر دونوں خطوط میں 3 dB کا فشرق پایا جاتا ہے جبکہ بمقابلہ تعداد پر دونوں تقدیر ہی ایک ہی طرح کے ہیں۔ مساوات ۲.۳ سے اس فشرق کو سمجھا جاسکتا ہے۔ کونے پر تعدد f_1 کے برابر ہے پوں اس مساوات سے

$$20 \log \sqrt{1 + \left(\frac{f_1}{f_2} \right)^2} = 20 \log \sqrt{2} \approx 3 \text{ dB}$$

حاصل ہوتا ہے ناکہ 0 dB۔ اسی حقیقت کے بنا پر بوداخط کے کونوں کو 3 dB نقطے بھی کہتے ہیں۔

مثال ۲.۲: مساوات ۲.۲ کا بوداخط کیچھیں۔
حل: اس مساوات کو دوبارہ پیش کرتے ہیں۔

$$A_v = -43 \left(\frac{j\omega + 6666}{j\omega + 64068} \right)$$

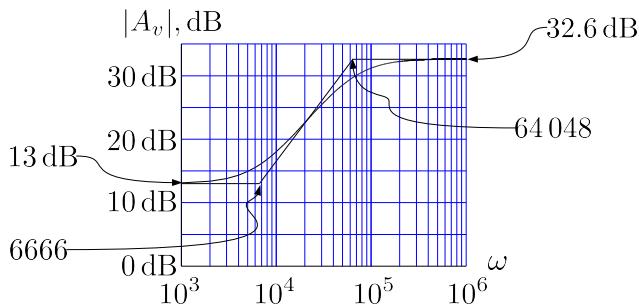
اٹھائی کم تعداد ($\omega \rightarrow 0$) پر اس کی جتنی قیمت

$$|A_v|_{\omega \rightarrow 0} = 43 \left(\frac{0 + 6666}{0 + 64068} \right) = 4.474$$

یعنی

$$20 \times \log 4.474 \approx 13 \text{ dB}$$

^{۱۹} حقیقی خط کپیڈر کے پروگرام میٹ لیب octave کی مدد سے آسانی کیجیا جاسکتا ہے۔ اس تاب میں بیشتر خطوط لیست کیں پائے جانے والے پروگرام آنلائیں استعمال کرتے ہوئے ہی کیجیے گے۔



شکل ۴.۹

حاصل ہوتی ہے۔ مساوات کا صرف 6666 جبکہ اس کا قطب 64068 پر پایا جاتا ہے۔ ان معلومات سے شکل ۴.۶ میں بودا خط حاصل کیا گیا ہے۔

مثال ۴.۵: مندرجہ ذیل مساوات کا بودا خط کھینچیں۔

$$A_v = \frac{1000s}{s + 10}$$

حل: اس کو عمومی طرز پر لکھتے ہیں۔

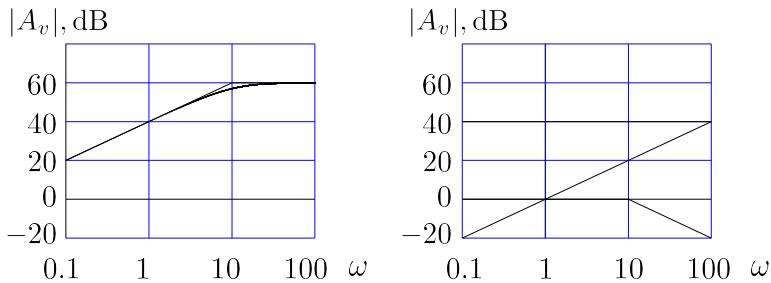
$$A_v = \frac{100j\omega}{\frac{j\omega}{10} + 1}$$

جسے ذیلی بیل میں لکھتے ملتا ہے

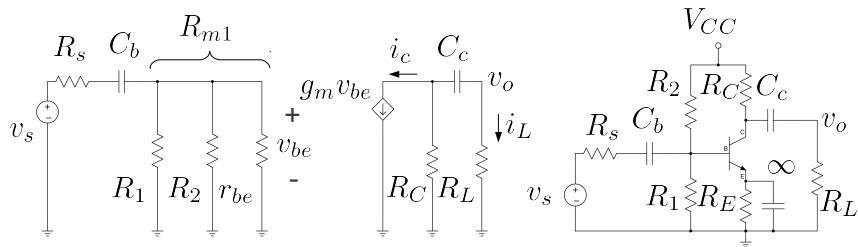
$$A_v = 20 \log 100 + 20 \log \omega - 20 \log \sqrt{\frac{\omega^2}{10^2} + 1}$$

اس کے بودا خط کے اجزاء شکل ۴.۱۰ الف جبکہ کمپل بودا خط شکل ب میں دکھائے گئے ہیں۔

مندرجہ بالا مثال میں دی گئی مساوات میں کسر کے اوپر تعددی جزو پر غور کریں۔ بودا خط میں $\left(\frac{j\omega}{\omega_0} + 1 \right)$ طرز پر لکھے گئے جزو کی قیمت ω_0 سے کم تعدد پر 0 dB جبکہ اس سے زیادہ تعداد پر یہس ڈیل فی دہائی کی شرح سے تبدیل ہوتا ہے۔ اس کے بر عکس ($j\omega$) کہیں بھی 0 dB پر فترار نہیں رہتا۔ یہ $\omega = 1$



شکل ۶.۱۰



شکل ۶.۱۱: بیس اور ملکٹر پر کمیٹر نسب کرنے کے اثرات

پر 0 dB سے گزرتے ہوئے بیس ڈیس ڈیل فنی دہائی کی شرح سے تمام تعداد پر تبدیل ہوتا ہے۔ اگر یہ جزو بطور صفر پایا جائے تو یہ بیس ڈیس ڈیل فنی دہائی کی شرح سے بڑھتا ہے جبکہ اگر جزو بطور قطب پایا جائے تو یہ بیس ڈیس ڈیل فنی دہائی کی شرح سے گھٹتا ہے۔

۶.۶ بیس اور ملکٹر بیرونی کمیٹر

شکل ۶.۱۲ میں بیس اور ملکٹر پر کمیٹر نسب کئے گئے ہیں۔ اگرچہ شکل میں بیس پر C_E بھی نسب ہے لیکن اس کی قیمت لامحدود تصور کی گئی ہے۔ یوں درکار 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 مزاجت کی کل مزاجت 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 $\frac{1}{R_s} \left(\frac{R_s R_{m1}}{R_s + R_{m1}} \right)$ کو $\frac{R_{m1}}{R_{m1} + R_s}$ 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 نقطائی تعداد پر $\frac{A_{vD}}{\sqrt{2}}$ کے برابر ہو گا۔ یوں مساوات ۳۹.۶ میں پست نقطائی 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 ۶.۱ کو دیکھ کر معلوم ہوتا ہے کہ C_c اور C_b کا یک دوسرے پر کوئی اثر نہیں۔ مساوات ۳۹.۶ میں حقیقت کی تصدیق کرتا ہے۔

مثال ۶.۲: شکل ۶.۱ میں

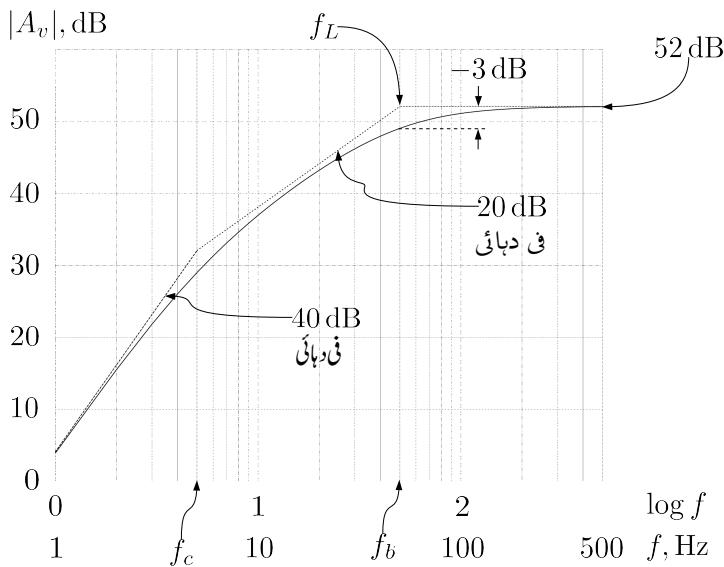
$$V_{CC} = 9 \text{ V}, R_C = 1.8 \text{ k}\Omega, R_E = 200 \text{ }\Omega$$

$$R_1 = 2.2 \text{ k}\Omega, R_2 = 16 \text{ k}\Omega, R_s = 1 \text{ k}\Omega$$

$$\beta = 99, R_L = 1.8 \text{ k}\Omega$$

ہیں۔

- C_c اور C_b کی ایسی قیمتیں حاصل کریں کہ $f_c = 5 \text{ Hz}$ جبکہ $f_b = 50 \text{ Hz}$ ہو۔
- مندرجہ بالا قیمتوں کو استعمال کرتے ہوئے مساوات ۳۹.۶ کا بودا خل کھینچتے ہوئے پست نقطائی تعداد حاصل کریں۔
- $f_b = f_c$ رکھتے ہوئے پست نقطائی تعداد 50 Hz حاصل کرنے کی حنا طریقہ f_b اور f_c حاصل کریں



شکل ۶.۱۲: پست انقطعی نقطے زیادہ تعدادے کو نے پڑے

حل: نقطے کارکردگی حاصل کرتے وقت تام کپیٹر کھلے سرے کردار ادا کرتے ہیں۔ مسئلہ تھون کی مدد سے $I_{CQ} = 1.768 \text{ mA}$, $V_{th} = 1.0879 \text{ V}$, $R_{th} = 1.934 \text{ k}\Omega$, $r_{be} = 810 \Omega$ 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 ۶.۲۰ میں بوداخط کھینچ گیا ہے جہاں سے واضح ہے کہ پست انقطعی تعداد، تقریباً f_b کے برابر 50 Hz اس کی بوداخط کی ڈھالوان 40 dB فی دہائی ہے جبکہ 5 Hz اس کی ڈھالوان 20 dB فی دہائی ہے۔

جب بھی بوداخط 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 ۶.۲۰ میں 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 ۶۰.۲ 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 حرکت

$$f_b = \frac{f_L}{\sqrt{1 + \sqrt{2}}} = \frac{50}{\sqrt{1 + \sqrt{2}}} = 32 \text{ Hz}$$

رکھنا ہو گا۔ شکل ۱۳.۲ میں صورت حال دکھایا گیا ہے۔

۷۔ بیس اور ایمپیٹر بیرونی کپیسٹروں کا مجموعی اثر

اب تک دیکھے گئے تمام ادوار میں ہم نے دیکھا کہ کسی بھی کپیسٹر کی بدولت پیدا ہوا ذکر کے قطبے کو $\omega = \frac{1}{R_m C}$ لکھا جا سکتا ہے جہاں R_m اس کپیسٹر کے متوازی حبڑی مساز ہے۔ بیس اور ایمپیٹر دونوں پر کپیسٹر نسبت کرنے سے ایسا ادھ مساوات حاصل نہیں ہوتا۔ آئین شکل ۱۳.۲ میں $\frac{v_L}{v_i}$ حاصل کرتے ہوئے اس صورت کو بھی دیکھیں۔ شکل ۱۴.۵ میں اس کا باریکے مادی دور دکھایا گیا ہے جس میں R_e اور C_e کوڑا نہ سڑکے بیس جانب منتقل کرتے ہوئے R'_e اور C'_e لکھا گیا ہے۔ یوں

$$R'_e = (\beta + 1) R_e$$

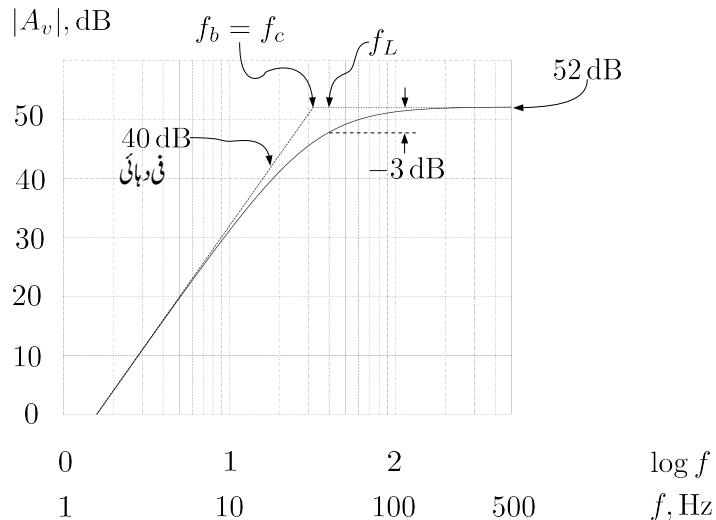
$$C'_e = \frac{C_e}{\beta + 1}$$

ہیں۔ شکل کو دیکھتے ہوئے ہم لکھ سکتے ہیں

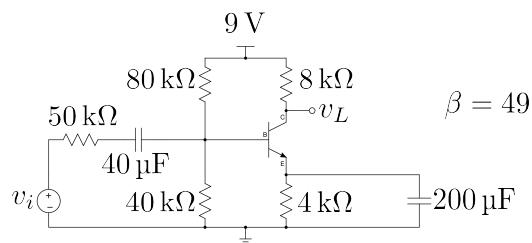
$$(۱۴.۵)$$

$$A_v = \frac{v_L}{v_i} = \frac{v_L}{i_c} \times \frac{i_c}{i_b} \times \frac{i_b}{v_b} \times \frac{v_b}{v_i}$$

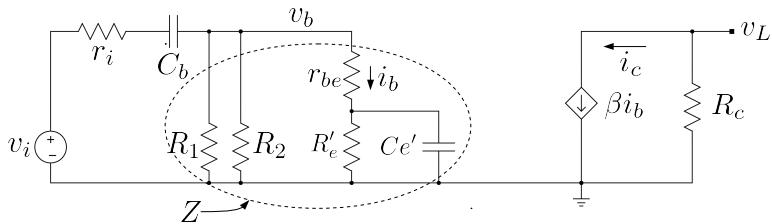
$$= -R_c \beta \left(\frac{1}{R'_e} + sC'_e \right) \left(\frac{Z}{r_i + \frac{1}{sC_b} + Z} \right)$$



شکل ۷.۱۳: جبڑو اکنون کی صورت میں پست انقطعی نقطے



شکل ۷.۱۴



شکل ۶.۱۵

جس کو نظر انداز کرتے ہوئے

$$\frac{1}{Z} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R'_e} + sC'_e$$

کے برابر ہے۔ مساوات ۶.۲ کو کسی طرح یوں نہیں لکھا جاتا 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۔
دیگر قیمتیں پر کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned} \frac{1}{Z} &= \frac{1}{40000} + \frac{1}{80000} + \frac{1}{200000} + 4 \times 10^{-6} \times s \\ &= (42.5 + 4s) \times 10^{-6} \end{aligned}$$

مساوات ۶.۲ میں کسر کے نیچے سے Z باہر نکالتے ہوئے کر کے اپر 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 جاسکتا ہے

$$\begin{aligned}
 A_v &= \frac{-(1.96 + 1.568s)s}{0.2(s^2 + 16.125s + 5.3125)} \\
 &= \frac{-6.25(1.25 + s)s}{(s + 0.336)(s + 15.788)}
 \end{aligned}$$

اس کو عوومی شکل میں لکھتے ہوئے اس کا بذاتہ خط کہیجتے ہیں۔

$$(۷.۳۲) \quad A_v = \frac{-1.8473 \left(1 + \frac{s}{1.25}\right)s}{\left(1 + \frac{s}{0.336}\right) \left(1 + \frac{s}{15.788}\right)}$$

شکل ۷.۱۶ میں اس مساوات کا خط دکھایا گیا ہے۔

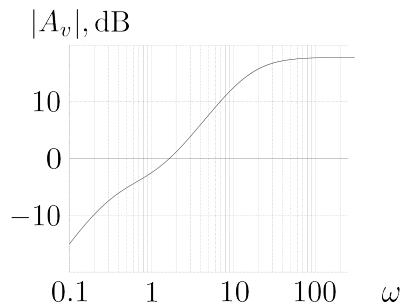
شکل ۷.۱۵ پر دوبارہ غور کریں۔ اور C'_e اور C_b کے قیتوں میں واضح مندرجہ ہے۔ کم تعداد پر $\frac{1}{\omega C_b}$ کی قیمت کے قیمت سے بہت زیاد ہو گی۔ یوں کم تعداد پر C'_e کو کھلے سرے تصور کرتے ہوئے C_b کے کردار پر غور کرتے ہیں۔ C_b کے متوازی کل مسازمحت R_{mCb} مندرجہ ذیل ہے

$$R_{mCb} = r_i + R_1 \parallel R_2 \parallel R'_e = 73.529 \text{ k}\Omega$$

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 ۷.۲۲ میں دے 0.336 تعداد پر قطب کے تقریباً برابر ہے۔ اسی طرح نہایت زیادہ تعداد پر $\frac{1}{\omega C_b}$ کو تصور کر کیا جاسکتا ہے۔ ایسا کرتے ہوئے C'_e کے



شکل ۲.۱۶

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 قرئتے ہیں کہ یوں C'_e سے حاصل قطب

$$\frac{1}{R_{mCe'} \times C'_e} = \frac{1}{16 \times 10^3 \times 4 \times 10^{-6}} = 15.625 \text{ rad s}^{-1}$$

پر پیاہبائے گا۔ ہم دیکھتے ہیں کہ یہ قطب مساوات ۲.۳۲ میں دے 15.788 کے تعداد پر دئے قطب کے تقریباً برابر ہے۔ مساوات کا صفر 1.25 کے تعداد پر پیاہبائے جو درحقیقت $\frac{1}{R'_e C_e}$ کے برابر ہے۔

مثال ۲.۷: مساوات ۲.۳۱ کو حل کریں۔
حل: اس مساوات کو دوبارہ پیش کرتے ہیں۔

$$(2.33) \quad A_v = -R_c \beta \left(sC'_e + \frac{1}{R'_e} \right) \left[\frac{Z}{r_i + \frac{1}{sC_b} + Z} \right]$$

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 ۲۳.۶ میں کسر کے نیچے سے Z باہر نکالتے ہوئے کسر کے اوپر موجود Z کے ساتھ کانتے ہوئے ملتے ہیں

$$A_v = -R_c \beta \left(sC'_e + \frac{1}{R'_e} \right) \left[\frac{1}{\left(r_i + \frac{1}{sC_b} \right) \frac{1}{Z} + 1} \right]$$

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

$$(6.33) \quad \begin{aligned} \omega_c &= \frac{1}{R'_e C'_e} = \frac{1}{R_e C_e} \\ \omega_1 &= \frac{1}{R_m C'_e} \\ \omega_2 &= \frac{1}{r_i} \left(\frac{1}{C_b} + \frac{1}{C'_e} \right) \\ \omega_3 &= \frac{1}{r_i C_b} \end{aligned}$$

لکھتے ہوئے

$$A_v = \frac{\frac{-R_c \beta}{r_i} (s + \omega_c) s}{s^2 + s [\omega_1 + \omega_2] + \omega_1 \omega_3}$$

حاصل ہوتا ہے جسے یون لکھا جاتا ہے

$$(6.35) \quad \begin{aligned} A_v &= \frac{\frac{-R_c \beta}{r_i} (s + \omega_c) s}{(s + \omega_{q1})(s + \omega_{q2})} \\ &= \frac{\frac{-R_c \beta \omega_c}{\omega_{q1} \omega_{q2}} \left(\frac{s}{\omega_c} + 1 \right) s}{\left(\frac{s}{\omega_{q1}} + 1 \right) \left(\frac{s}{\omega_{q2}} + 1 \right)} \end{aligned}$$

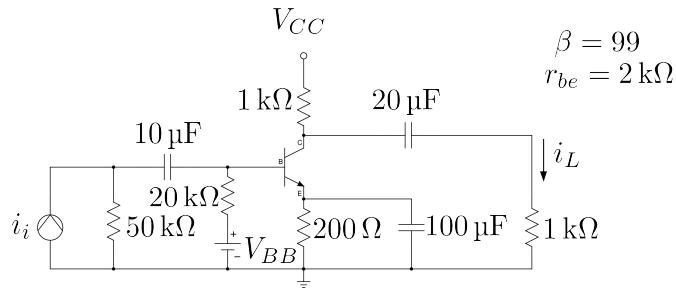
جس اس

$$(6.36) \quad \begin{aligned} \omega_{q1} &= \frac{-(\omega_1 + \omega_2) - \sqrt{(\omega_1 + \omega_2)^2 - 4\omega_1 \omega_3}}{2} \\ \omega_{q2} &= \frac{-(\omega_1 + \omega_2) + \sqrt{(\omega_1 + \omega_2)^2 - 4\omega_1 \omega_3}}{2} \end{aligned}$$

ہیں۔

۶.۸ بیس، ایمٹر اور گلکٹر بیرونی کمیٹروں کا مجموعی اثر

مثال ۶.۶ میں یہ حقیقت سامنے آئی کہ اگر کسی ایک کمیٹر سے حاصل کونا کسی دوسرے کمیٹر سے حاصل کونے سے بہت بلند تعداد پر پایا جائے تو اب انتظاری تعداد دیکھ لے جائے جسے دوسرے کمیٹر سے حاصل کرنے کا تخفیف دیتے ہوئے اس حقیقت کو عسموماً بروئے کار لایا جاتا ہے۔



شکل ۲.۱۷

اسی طرح مثال ۲.۷ میں یہ حقیقت سامنے آئی کہ بیس اور بیسٹر دوں پر کمیٹر نسبت ہونے کی صورت میں دور کو حل کرنا دشوار ہوتا ہے اور اسے حل کرنے سے زیادہ مت ابل استعمال معاوی میں حاصل نہیں ہوتیں۔

عموماً ایمپلیفیگر میں C_E اور C_C اور C_B تیسیوں پائے جاتے ہیں۔ ایمپلیفیگر کسی مخصوص اشارے کے لئے تختیل دئے جاتا ہے۔ اشارے کی کم سے کم اور زیادہ سے زیادہ ممکن تعدد کو مد نظر رکھتے ہوئے ایمپلیفیگر تختیل 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 تعدد کی افسزاں 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 مصلحتی 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 پتا یادو کپیسٹروں سے بڑی ہوتی ہے۔ اسی لئے پست انقطعی تعدد کو C_E کے 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 ہوگی۔ اگر اس کے بر عکس C_B کی مدد سے درکار پست انقطعی نقطے حاصل کیا جائے تو اس صورت میں C_E سے حاصل نقطے کو اس سے بھی کم تعدد پر 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 ۲.۸: شکل ۲.۷ میں $A_i = \frac{i_L}{i_i} = \frac{i_L}{i_i} = \frac{i_L}{i_i + i_{be}}$ کا درمیانی تعدد پر افسزاں $A_i = \frac{i_L}{i_i}$ حاصل کریں۔ اس کا پست انقطعی تعدد بھی حاصل کریں۔

حل: شکل ۲.۸ میں ماؤی دور کھایا گیا ہے جبکہ $R_e' = \frac{C_e}{\beta+1}$ اور $R_e = (\beta+1) R_e'$

کئے گئے ہیں۔ درمیانی تعداد پر تمام کپیسٹر تصور دور کردار ادا کریں گے۔ یوں

$$\begin{aligned} A_i &= \frac{i_L}{i_c} \times \frac{i_c}{i_b} \times \frac{i_b}{v_b} \times \frac{v_b}{i_i} \\ &= \left(\frac{-1000}{2000} \right) (99) \left(\frac{1}{2000} \right) (1754) \\ &= -43 \text{ A A}^{-1} \end{aligned}$$

یعنی 32.67 dB حاصل ہوتا ہے۔
ہم دیکھتے ہیں کہ C_c کی وجہ سے ایک عدد قطب

$$\omega_{qc} = \frac{1}{20 \times 10^{-6} \times 2000} = 25 \text{ rad s}^{-1}$$

پر پایا جائے گا۔ اور C_b اور C_e کے کردار پر اب غور کرتے ہیں۔ C_e کا عکس ڈیزائن سٹرکچر کے یہیں جواب لیا گیا ہے جو کہ $1 \mu\text{F}$ کے برابر ہے۔ یوں جن تعداد پر $1 \mu\text{F}$ اہمیت رکھتا ہے ان تعداد پر C_b بطور تصور دور کردار ادا کرے گا۔ C_b کو تصور 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

$$\omega_{qe} = \frac{1}{10^{-6} \times 8976} = 111.4 \text{ rad s}^{-1}$$

پر پایا جائے گا۔ اسی طرح جن تعداد پر $10 \mu\text{F}$ کے متوالی کل مساحت کھلے دور تصور کرتے ہوئے $10 \mu\text{F}$ کو $1 \mu\text{F}$ کو

$$r_i + R_b \parallel [r_{be} + R'_e] = 60.476 \text{ k}\Omega$$

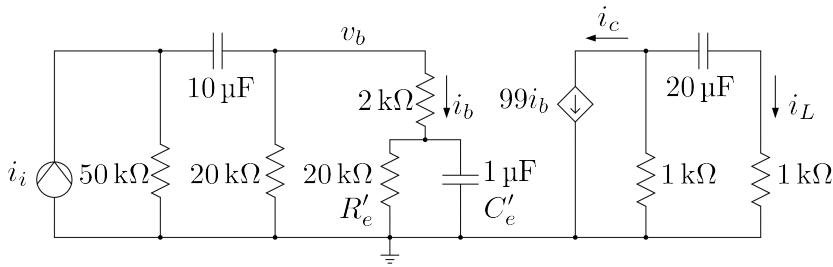
حاصل ہوتا ہے اور یوں

$$\omega_{qb} = \frac{1}{10 \times 10^{-6} \times 60476} = 1.65 \text{ rad s}^{-1}$$

پر قطب پایا جائے گا۔ آپ نے دیکھا کہ

$$\omega_{qe} \gg \omega_{qc} \gg \omega_{qb}$$

ہیں۔ یوں پست انتظامی تعداد $\omega_{qe} = \omega_L$ پر پایا جائے گا۔



شکل ۶.۱۸

مندرجہ بالا حساب و کتاب 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 حقیقتیت

$$\left| \frac{1}{\omega_{qe} C_b} \right| = \frac{1}{111.4 \times 10 \times 10^{-6}} = 0.898 \text{ k}\Omega$$

ہے۔ C'_e کے متوازن کل مسازہت کے لحاظ سے یہ چھوٹی مقدار ہے جسے نظر انداز کیا جاسکتا ہے۔ یوں آپ دیکھ سکتے ہیں کہ C_b کی برقی رکاوٹ کو نظر انداز کرتے ہوئے اسے قصر دور تصور کیا جاسکتا ہے۔ اسی طرح پر ω_{qb} پر

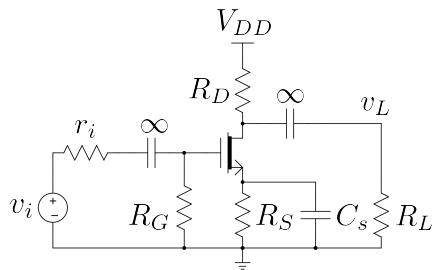
$$\left| \frac{1}{\omega_{qb} C'_e} \right| = \frac{1}{1.65 \times 10^{-6}} = 606 \text{ k}\Omega$$

ہے اہنہا C_e پر ω_{qb} کو کھلے دور تصور کیا جاسکتا ہے۔

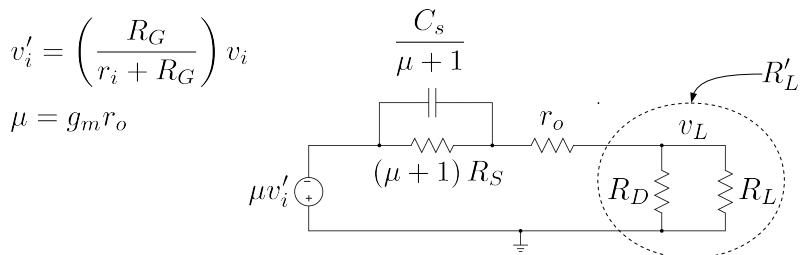
۶.۹ پست نقطائی تعداد بذریعہ سورس کپیسٹر

شکل ۶.۹ میں گیٹ اور لکٹر کپیسٹروں کی قیمت لامدد 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 ۶.۳ 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 کپیٹر کی قیمت $\frac{C_s}{\mu+1}$ ہو جائے گی۔ مساوی دور میں متوازی جبڑے مزاحمت اور کپیٹر 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 جسماں

$$(6.49) \quad \omega_L = \frac{(\mu + 1) R_S + r_o + R'_L}{R_S C_s (r_o + R'_L)}$$

پست انتظامی تعداد ہے۔ ω کو مزید یوں لکھا جاتا ہے

$$(6.50) \quad \omega_L = \frac{1}{R_m \frac{C_s}{\mu+1}}$$

جسماں R_m شکل ۶.۲۰ میں کے متوالی کل مزاجم 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 امنڑا شحص حاصل کرنے کی حد اطراف $\infty \rightarrow \omega$ استعمال کرتے ہوئے مساوات ۶.۲۷ 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۔ یوں

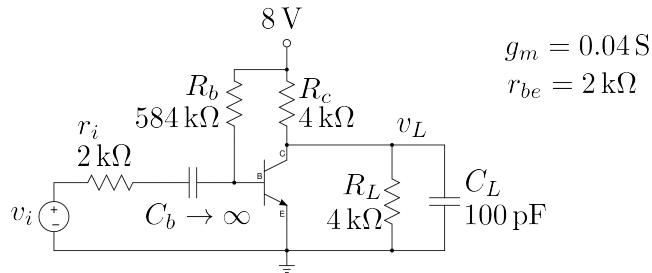
$$(6.51) \quad A_{vD} \approx -g_m R_{\parallel}$$

لکھا جاتا ہے۔

مثال ۶.۹: شکل ۶.۱۹ میں $r_o = 10 \text{ k}\Omega$, $R_L = 100 \text{ k}\Omega$, $R_D = 4.7 \text{ k}\Omega$, $R_S = 1 \text{ kHz}$ اور A_{vD} کو $f_L = 20 \text{ Hz}$ پر کھنکی حد اطراف کا C_s حاصل کریں۔ درمیانی تعداد پر امنڑا شحص $g_m = 4 \text{ mS}$ بھی حاصل کریں۔
حل: مساوات ۶.۲۹ 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 $F = 30.5 \mu\text{F}$ حاصل ہوتا ہے۔ مندرجہ بالامساوات میں $R'_L = 4489 \Omega$ پر کیا گیا ہے۔



شکل ۶.۲۱

مساوات ۶.۱۵ میں

$$\frac{1}{R_{\parallel}} = \frac{1}{10000} + \frac{1}{100000} + \frac{1}{4700} = 3.22765 \times 10^{-4}$$

$$R_{\parallel} = 3098$$

پر کرتے ہوئے

$$A_{vD} = -0.004 \times 3098 = -12.4 \text{ V V}^{-1}$$

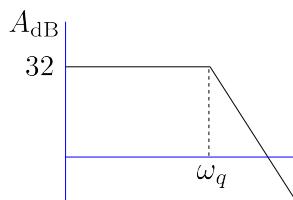
حاصل ہوتا ہے۔

اب تک ہم نے جتنے بھی مثال دیکھے ان تمام میں بیرونی جبڑے کمپیٹر کی وجہ سے پست انقطعی نقطے حاصل ہوئے۔ آئیں اب ایک ایسا مثال دیکھیں جہاں بیرونی کمپیٹر کی وجہ 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۔

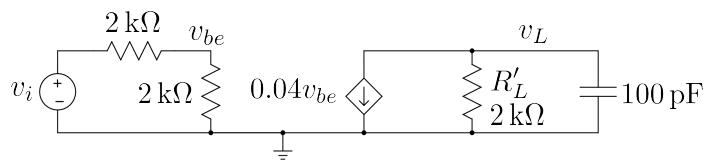
مثال ۶.۱۰: شکل ۶.۲۱ میں $A_v = \frac{v_L}{v_i}$ کی مساوات حاصل کرتے ہوئے اس کا بودھانخط کھینچیں۔
حل: اس کو آپ آسانی سے حل کر سکتے ہیں۔ جواب مندرجہ ذیل ہے۔

$$A_v = -g_m \left(\frac{R_b \parallel r_{be}}{r_i + R_b \parallel r_{be}} \right) \left(\frac{R_c \parallel R_L}{\frac{s}{\omega_q} + 1} \right) = \frac{-40}{\frac{s}{5 \times 10^6} + 1}$$

$$\omega_q = \frac{1}{(R_c \parallel R_L) C_L} = 5 \times 10^6$$



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 یکدم ۲۰ mV ہو جائے تو v_L نئی قيمت کے حتي قيمت کے 90% کتنے دير میں پہنچ پائے گا۔

حل: شکل ۶.۲۳ میں R_b کو نظر انداز اور R_L کو R'_L لکھتے ہوئے مساوی دور کھایا 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

$$C_L \frac{dv_L}{dt} + \frac{v_L}{R'_L} + g_m v_{be} = 0$$

$$C_L \frac{dv_L}{dt} + \frac{v_L}{R'_L} + 0.0004 = 0$$

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۔ $v_L = 0$ پر $t = 0$ سے $K = 0.8$

$$v_L = 0.8 \left(e^{-\frac{t}{R'_L C_L}} - 1 \right)$$

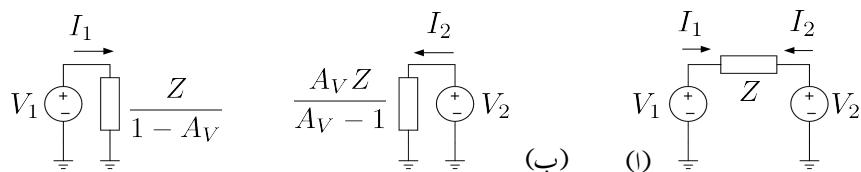
$$= 0.8 \left(e^{-5 \times 10^6 t} - 1 \right)$$

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 اشارے 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 میا جائے 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 نقطوں 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 ایکلیپسیاٹ کا بند تعدادی رد عمل دیکھنے سے پہلے شکل ۶.۲۳ 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 ملنے ملنے 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 ۶.۲۳ میں V_1 کے ساتھ Z_M جوڑا کیا گیا ہے۔ جہاں V_1 کا تعلق ہے، شکل انہیں اور شکل بے دونوں میں V_1 سے بالکل یہاں I_1 برقرار رکھا مصلحتی ہوتا ہے۔ یہاں V_1 کے نقطے نظر سے شکل انہیں کے طرز پر لگائے گے Z_M مساوی ادوار ہیں۔ Z_M ملر برقرار کا وہ پکارا جاتا ہے۔

آئیں اب V_2 کے نقطے نظر سے دیکھیں جس سے باہر نکتے ہوئے برقرار کو I_2 سے ظاہر کرتے ملتے ہے

$$\begin{aligned} I_2 &= \frac{V_2 - V_1}{Z} \\ &= V_2 \left(\frac{1 - \frac{V_1}{V_2}}{Z} \right) \\ &= \frac{V_2}{\left(\frac{Z}{1 - \frac{V_1}{V_2}} \right)} \end{aligned}$$

جس

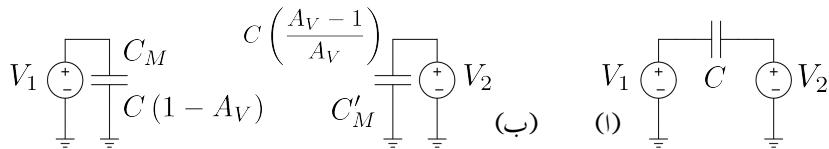
$$(۶.۵۶) \quad I = \frac{V_2}{Z'_M}$$

لکھتے ہیں جہاں

$$\begin{aligned} Z'_M &= \frac{Z}{1 - \frac{V_1}{V_2}} \\ &= \frac{Z}{\frac{V_1}{V_2} \left(\frac{V_2}{V_1} - 1 \right)} \\ &= \frac{\left(\frac{V_2}{V_1} \right) Z}{\frac{V_2}{V_1} - 1} \end{aligned}$$

لکھتے ہوئے زیر نوشت میں بڑے حصہ وہ تھی میں M ملر کو غیر کرتا ہے

باب ۶۔ ایکلیپسٹر کا تعدادی رد عمل اور فلٹر



شکل ۶.۲۵: ملک پیٹر

یعنی

$$(6.57) \quad Z'_M = \frac{A_V Z}{A_V - 1}$$

کے برابر ہے۔ شکل ۶.۲۳ میں V_2 کے ساتھ Z کی جگہ Z'_M جوڑا کھایا گیا ہے۔ V_2 کے نظر سے شکل الٹ اور شکل بے مساوی ادوار ہیں۔

شکل ۶.۲۳ میں Z کی جگہ کپیٹر C نسبت نے شکل ۶.۲۵ حاصل ہوتا ہے۔ مساوات ۶.۵۵ میں کپیٹر کی رکاوٹ کو $\frac{1}{j\omega C}$ لکھتے ہوئے

$$\begin{aligned} \frac{1}{j\omega C_M} &= \frac{\left(\frac{1}{j\omega C}\right)}{1 - A_V} \\ &= \frac{1}{j\omega C (1 - A_V)} \end{aligned}$$

یعنی

$$(6.58) \quad C_M = C (1 - A_V)$$

حاصل ہوتا۔ اسی طرح مساوات ۶.۵۷ سے

$$\begin{aligned} \frac{1}{j\omega C'_M} &= \frac{A_V \left(\frac{1}{j\omega C}\right)}{A_V - 1} \\ &= \frac{A_V}{j\omega C (A_V - 1)} \\ &= \frac{1}{j\omega C \left(1 - \frac{1}{A_V}\right)} \end{aligned}$$

یعنی

$$(6.59) \quad C'_M = C \left(1 - \frac{1}{A_V}\right)$$

حاصل ہوتا۔ مادا۔ ۲۵۸ کا لگے ہے میں بار استعمال ہو گا۔ C_{M} مل کپیٹر ۳۳ پکار جاتا ہے۔

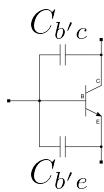
۱۱۔ بلند تعدادی رد عمل

گزشتہ حصول میں پست تعداد پر ٹرانزسٹر ایپلیفائز کی کارکردگی دیکھی گئی جہاں ٹرانزسٹر کے ساتھ بیرونی جبڑے کپیٹروں کی وجہ سے پائے جانے والے پست انتظامی نقطعوں پر غور کیا گی۔ اس ہے میں بلند تعداد پر ایپلیفائز کی کارکردگی دیکھی جائے گی۔ بلند تعداد پر ٹرانزسٹر کے ساتھ بیرونی جبڑے کپیٹروں کی برقی رکاوٹ $\frac{1}{w}$ نہایت کم ہوتی ہے اور یوں انہیں قصر در تصور کیا جاتا ہے۔ بلند تعداد پر ٹرانزسٹر کے اندر ورنی کپیٹروں کی وجہ سے بلند انتظامی نقطعہ پیدا ہوتا ہے جس پر اس حصے میں غور کیا جائے گا بیلے $n-p-n$ ٹرانزسٹر کو مشال بناتے ہوئے ان اندر ورنی کپیٹروں پر تبصرہ کرتے ہیں۔

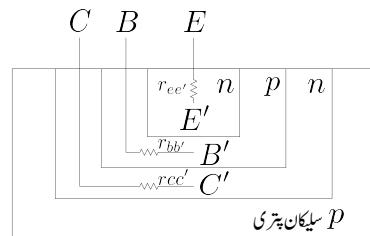
۱۱.۱ بلند تعدادی پائے π ریاضی نمونہ

استعمال کے دوران ٹرانزسٹر کے بیس۔ یونٹ جوڑ کو الٹ مائل رکھا جاتا ہے۔ بالکل ڈائیوڈ کی طرح، اس الٹ مائل $p-n-p$ پر ویران نخط پایا جاتا ہے جس کے ایک جانب ثابت بار جبکہ دوسری جانب منفی بار پایا جاتا ہے۔ یہ دو الٹ قم کے بار مسل کر کپیٹر کو جسم دینے میں بے $C_{b'e}$ کی ملامات سے پہنچانا جاتا ہے۔ اس کپیٹر کی قیمت نہایت کم ہوتی ہے جو پست تعداد پر چلنے والے ٹرانزسٹروں میں 30 pF کے لگ بھگ جبکہ بلند تعداد پر چلنے والے ٹرانزسٹروں میں 1 pF کی قیمت اس کے بھی کم ہوتی ہے۔ اس کپیٹر کی قیمت الشامل کرنے والے برقی دباؤ V_{CB} پر مخصوص ہوتی ہے۔ حقیقت میں $C_{b'e}$ کی قیمت $C_{b'e} = V_{CB}^{-\frac{1}{3}}$ یا $V_{CB}^{-\frac{1}{2}}$ کے تناسب سے تبدیل ہوتی ہے۔ صفت کار عموماً C_{ob} کو $C_{b'e}$ پکار کر اس کی قیمت کپیٹر کے معلوماتی صفت میں پیش کرتا ہے۔

اس کے علاوہ یہیں۔ یونٹ جوڑ پر کپیٹر $C_{b'e}$ پایا جاتا ہے جس کی قیمت 100 pF یا 5000 pF ہوئی جاتی ہے۔ آئین دیکھیں کہ یہ کپیٹر کس طرح پیدا ہوتا ہے۔ ٹرانزسٹر کے بیس۔ یونٹ جوڑ پر ثابت اشارے کی موجودگی میں یونٹ سے بیس کی جانب آزاد اسیکٹر ان روائے ہیں جن کا میشور حصہ یہیں خطے سے بذریعہ نفوذ گزر کر آحسن کار گلکشہ پہنچ کر N کا حصہ بنتے ہیں۔ اب تصور کریں کہ اس سے پہلے کہ اسیکٹر ان یہیں خطے سے گزرا یہیں، مہیا کر دے اشارہ منفی ہو جاتا ہے۔ آزاد اسیکٹر ان اشارے کی منیٰ حقیقت کو دیکھتے ہوئے واپس یونٹ سے کی جانب چل پڑیں گے۔ تیجتاً گلکشہ سے پر برقی رو N کی مقدار نسبتاً کم ہو جائے گی۔ اس عمل کو مد نظر رکھتے ہوئے آپ دیکھ سکتے ہیں کہ ٹرانزسٹر کے کارکردگی کے لئے ضروری ہے کہ یہیں خطے سے اسیکٹر ان کے گزرنے کا دروازہ مہیا کر دے اشارے کے دوری سے سے کم ہو جیئے جیسے اشارے کی تعداد بڑھائی جائے، ویسے ویسے یہیں گلکشہ برقی رو N کی قیمت کم ہوتی ہے۔ بڑھتی تعداد کی وجہ سے کم برقی رو کے حصول کو کپیٹر $C_{b'e}$ سے ظاہر کیا جاتا ہے۔ بدلتے اشارے کی وجہ سے یہیں خطے سے گزرنے والے آزاد اسیکٹر ان کبھی گلکشہ اور کبھی یونٹ کی جانب پہنچنے کی کوشش ہی کرتے رہ جاتے ہیں۔ یوں یہیں خطے میں گھیرے اسیکٹر ان کی تعداد کی برقی رو I_{EQ} پر مخصوص ہوتی ہے۔ $C_{b'e}$ کی مقدار یہیں خطے میں گھیرے بار کی مقدار پر مخصوص ہوتی ہے اور یوں اس کی قیمت برقی رو کے راست تناسب ہوتی ہے۔ ٹرانزسٹر کے اندر ورنی کپیٹروں کو شکل ۲۶.۶ میں بطور بیرونی کپیٹر دکھایا گیا ہے۔



شکل ۶.۲۶: ٹرانزسٹر کے اندر ونی پیسٹر کو بطور بیرونی پیسٹر دکھایا گیا ہے

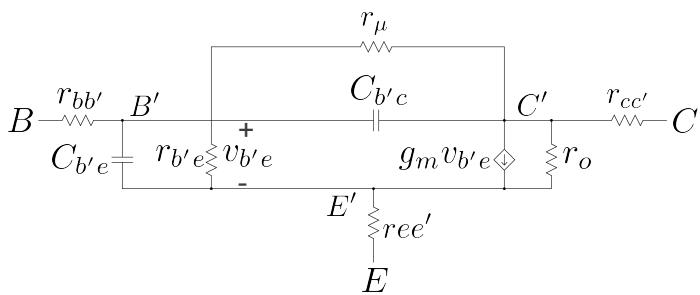


شکل ۶.۲۷: ٹرانزسٹر کے اندر ونی مزاحمت

شکل ۶.۲۷ میں ٹرانزسٹر کی ساخت دکھائی گئی ہے جہاں بیرونی سروں کو حسب معقول 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 خطے کی خصوصیات پر محضرا ہوتا ہے۔ اسی طرح بیس پر $r_{ee'}$ اور گلکسٹر پر $r_{cc'}$ غیر مطلوب مزاحمت پائی جاتی ہے۔ الگ مانگل بیس۔ بیس جوڑ میں الٹی جبانب یک سمت برتنی روکو مزاحمت r_μ سے ظاہر کیا جاتا ہے۔ اس کتاب میں $r_{ee'}$ اور r_μ کو صرف تصور کرتے ہوئے نظر انداز کیا جائے گا۔

ٹرانزسٹر کے پست تعدادی پائے ریاضی نمونے میں ان تمام اجسام کی شمولیت سے بلند تعدادی پائے ریاضی نمونے حاصل ہوتا ہے جس کو شکل ۶.۲۸، ۶.۲۹ اور ۶.۳۰ افے میں اسی کا سادہ دور دکھایا گیا ہے جس میں $r_{ee'}$ اور r_μ کو نظر انداز کیا گیا ہے۔ اس ریاضی نمونے کو فلم و کاغذ سے حل کرنا زیادہ آسان ثابت ہوتا ہے۔ اس کتاب میں اسی ریاضی نمونے کو استعمال کیا جائے گا۔

$r_{bb'}$ کی قیمت بیس خطے کی چوڑائی کے راستے تناسب ہوتی ہے۔ پست تعدادی ٹرانزسٹر کے بیس خطے کی چوڑائی بلند تعدادی ٹرانزسٹر کے بیس خطے کی چوڑائی سے زیادہ ہوتی ہے۔ اسی لئے پست تعدادی ٹرانزسٹر کی $r_{bb'}$ بلند تعدادی ٹرانزسٹر کے $r_{bb'}$ سے زیادہ ہوتی ہے۔ $r_{bb'}$ کو مستقل تصور کیا جاتا ہے جس کی قیمت $\Omega 10 \text{ } \Omega 50$ ہوتی ہے۔



شکل ۲.۲۸: بلند تعدادی پائے ریاضی نمونے

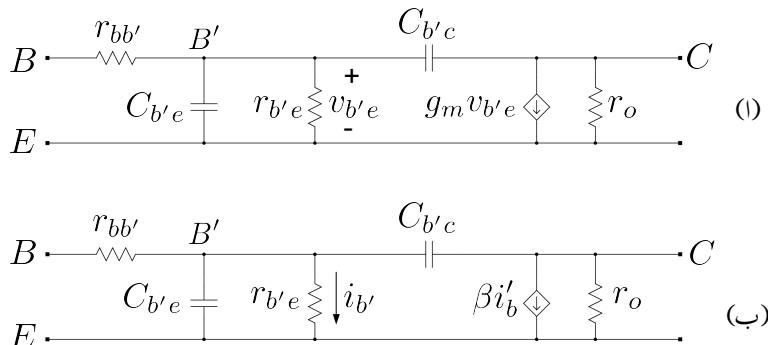
بے پست تعدادی پائے ریاضی نمونے کے حصہ r_{be} کو یہاں $r_{b'e}$ کہا گیا ہے۔ یوں مساوات ۱۸۷.۳ کے تحت

$$(2.20) \quad r_{b'e} = \frac{\beta V_T}{I_{CQ}}$$

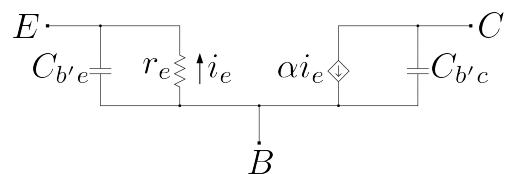
کے برابر ہے۔ $i'_b r_{b'e} = i'_b v_{b'e}$ لکھتے ہوئے اور مساوات ۱۸۸.۳ سے $g_m = \frac{\beta}{r_{b'e}}$ کے استعمال سے شکل اف ۲ کے کھلاشتا ہے جس سے قدر مختلف شکل ب میں دکھایا گیا بلند تعدادی پائے ریاضی نمونے حاصل ہوتا ہے۔ شکل ب میں i'_b پر دوبارہ غور کریں۔ یہ $r_{b'e}$ میں سے گزرتی برقی رو ہے ناکہ ٹرانزسٹر کے بینروں نیس سرے پہلی جبانے والی برقی رو ٹرانزسٹر اس برقی رو کے نہتے سے i_e حنارن کرتا ہے۔ بلند تعداد پر $C_{b'e}$ کے راستے داخلی برقی رو کا کچھ حصہ گزرے گا جس کی وجہ سے ٹرانزسٹر کی افسناش میں کمی رونما ہوگی۔ ٹرانزسٹر کے پست تعدادی پائے ریاضی نمونے کو صفحہ ۲۸۷.۳ پر شکل ۲.۳ میں دکھایا گیا ہے۔ شکل ۲.۳ میں ٹرانزسٹر کے اندر ونی پیٹر کے شمولیت سے شکل ۲.۶ حاصل ہوتا ہے جس میں $r_{bb'}$ شامل نہیں کیا گیا۔ پائے ریاضی نمونے کا استعمال مشترک کیس ایپلیکیشن حل کرتے وقت آتا ہے جہاں $r_{bb'}$ کے اثر کو نظر انداز کرنا ممکن ہوتا ہے۔ پائے ریاضی نمونے میں i_e وہ برقی رو ہے جو اندر ونی مزاجمت r_e میں سے گزرتی ہے۔

۲.۱۱.۲ مشترک کم بیٹر بلند انقطعی تعدد

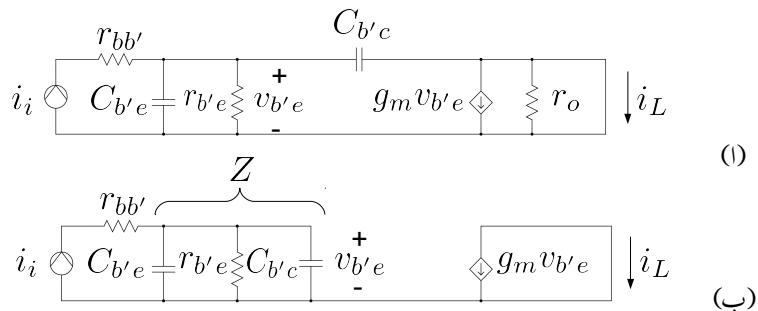
شکل ۲۹.۶ اف کے خارجی جبانب برقی بوجہ R_L جوڑ کر افسناش برقی رو $\frac{i_L}{A_i} = A_i$ حاصل کی جا سکتی ہے جس کی قیمت R_L بڑھانے سے گھٹے گی۔ ایسا کرنے کی وجہ بے، جیسا کہ شکل ۳۱.۶ اف میں دکھایا گیا ہے، ہم $R_L = 0$ رکھتے ہوئے قصر دور افسناش برقی رو A_i حاصل کرتے ہیں جو اس کی زیادہ ممکن قیمت ہے۔ چونکہ $R_L = 0$ سے مسراڈ ٹرانزسٹر کے گلکشہ کو اس 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 یہ میٹر بھی برقی زمین پر ہے لہذا $C_{b'c}$ کا یہ سر ایمیٹر 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 جبانب سے خارجی جبانب برقی رو گزرے



شکل ۶.۲۹: سادہ بند تعدادی پائے ریاضی نمونہ



شکل ۶.۳۰: بند تعدادی لئے ریاضی نمونہ



شکل ۲.۳: تصریح دوربرقی روانہ زانش

گی جبکہ شکل ب میں ایسا نہیں ہوتا۔ $C_{b'c}$ میں داخلی جانب سے خارجی جانب گزرتے ہوئے برقی روکو نظر انداز کرتے ہوئے شکل ۲.۳(a) کی مدد سے A_i کی زیادہ ممکن قیمت حاصل کرتے ہیں۔ شکل میں

$$\begin{aligned}\frac{1}{Z} &= sC_{b'e} + sC_{b'c} + \frac{1}{r_{b'e}} \\ &= \frac{s(C_{b'e} + C_{b'c}) r_{b'e} + 1}{r_{b'e}}\end{aligned}$$

۔

$$Z = \frac{r_{b'e}}{s(C_{b'e} + C_{b'c}) r_{b'e} + 1}$$

حاصل ہوتا ہے۔ یوں

$$\begin{aligned}A_i \Big|_{v_{ce}=0} &= \frac{i_L}{i_i} = \left(\frac{i_L}{i_c} \right) \left(\frac{i_c}{v_{b'e}} \right) \left(\frac{v_{b'e}}{i_i} \right) \\ &= (-1)(g_m)(Z) \\ &= \frac{-g_m r_{b'e}}{s(C_{b'e} + C_{b'c}) r_{b'e} + 1} \\ &= \frac{-g_m r_{b'e}}{(C_{b'e} + C_{b'c}) r_{b'e} \left[s + \frac{1}{(C_{b'e} + C_{b'c}) r_{b'e}} \right]}\end{aligned}$$

لکھا جا سکتا ہے۔ اس کو مزید یوں لکھ سکتے ہیں

$$(2.21) \quad A_i \Big|_{v_{ce}=0} = - \left(\frac{\beta \omega_\beta}{s + \omega_\beta} \right) = - \left(\frac{\beta}{1 + j \frac{f}{f_\beta}} \right)$$

جس اور $g_m r_{b'e} = \beta$

$$(2.22) \quad \omega_\beta = 2\pi f_\beta = \frac{1}{(C_{b'e} + C_{b'c}) r_{b'e}}$$

کے برابر ہے۔ A_i کی حقیقت

$$(2.23) \quad |A_i|_{v_{ce}=0} = \frac{\beta}{\sqrt{1 + \left(\frac{f}{f_\beta}\right)^2}}$$

حاصل ہوتی ہے۔ f_β کو ڈریفرینٹر کی قصر دور باند انقلابی تعداد کہتے ہیں۔ مساوات ۲.۶ میں $C_{be'} \gg C_{bc'}$ ہونے کی وجہ سے مندرجہ ذیل مساوات حاصل ہوتی ہے۔

$$(2.24) \quad \omega_\beta = 2\pi f_\beta \approx \frac{1}{C_{b'e} r_{b'e}}$$

مساوات ۲.۶ کے حقیقت کا بوداخط شکل ۳۲.۶ میں دکھایا گیا ہے۔ مساوات ۲.۶ کی مدد سے ہم دیکھتے ہیں کہ f_β ایکلپیٹاٹر کے دائرہ کا کرڈ ۲۵ B کے برابر ہے۔ بوداخط میں f_T تعداد کا ذکر کیا گیا ہے۔ یہ وہ تعداد ہے جس پر امنڑاٹش کی قیمت ۰ dB یعنی ایک (1) کے برابر ہو جاتی ہے۔ آئیں f_T پر مزید غور کریں۔ مساوات ۲.۶ سے تعداد کی وہ قیمت حاصل کی جا سکتی ہے جس پر قصر دور امنڑاٹش کی حقیقت ایک (1) کے برابر ہو۔ اس تعداد کو ω_T لکھتے ہوئے

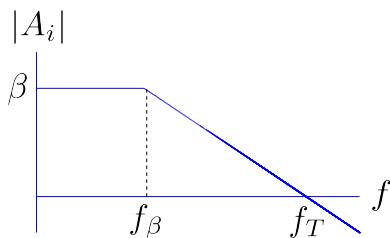
$$|A_i| = \frac{\beta \omega_\beta}{\sqrt{\omega_T^2 + \omega_\beta^2}} = 1$$

۔

$$\beta \omega_\beta = \sqrt{\omega_T^2 + \omega_\beta^2}$$

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 بوزاط

یعنی

$$(2.25) \quad \begin{aligned} \omega_T^2 &= \beta^2 \omega_\beta^2 - \omega_\beta^2 \\ \omega_T &= \omega_\beta \sqrt{\beta^2 - 1} \end{aligned}$$

چونکہ $\beta \gg 1$ ہوتا ہے لہذا

$$(2.26) \quad \begin{aligned} \omega_T &\approx \beta \omega_\beta \\ f_T &\approx \beta f_\beta \end{aligned}$$

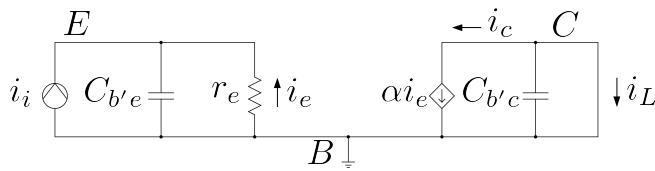
لکھ جاسکتا ہے۔ اس مساوات کے تحت f_T دراصل ٹرانزسٹر کے β اور f_β کا مصالح ضرب ہے۔ اسی سے f_T کو ٹرانزسٹر کا افراہٹ ضربے دائرہ کارکردگی $^{3.3}$ کہتے ہیں۔ ٹرانزسٹر کے بلند تعدادی صلاحیت کو اس کے معلومانے صفتیت $^{3.3}$ میں بطور f_T پیش کیا جاتا ہے۔ یوں کسی بھی اشارے کو بڑھانے کی حاضر استعمال کے حوالے ایک پیغام کے ٹرانزسٹر کی f_T اس اشارے کی تعداد سے زیادہ ہو ناضوری ہے۔ مندرجہ بالا مساوات کو یوں دیکھا جا سکتا ہے کہ اگر دو مختلف ٹرانزسٹروں کی f_T برابر جبکہ ان کے β برابر نہ ہوں تو β کم β والے ٹرانزسٹر کا f_β زیادہ ہو گا اور یوں یہ نتائیز یادہ بلند تعداد کے اشارات کو بڑھانے کی صلاحیت رکھے گا۔

مساوات ۲.۲۲ اور مساوات ۲.۲۳ کو ملا جائے ہوئے اور $\beta = g_m r_{b'e}$ لکھتے ہوئے

$$(2.27) \quad \begin{aligned} f_T &\approx \frac{g_m}{2\pi (C_{b'e} + C_{b'c})} \\ &\approx \frac{g_m}{2\pi C_{b'e}} \end{aligned}$$

مصالح ہوتا ہے جس اور سری نتیجے پر $C_{b'c}$ کی وجہ سے $C_{b'e}$ کو نظر انداز کیا گیا ہے۔

gain bandwidth product^{r1}
data sheet^{r2}



شکل ۶.۳۳: مشترک بیس تصریحی دو برقی روانہ اسٹر

مدادات ۶.۶ کے مطابق f_T وہ جتنی بلند تعداد ہے جس تک مشترک برقی ٹرانزیستر ایمپلیفائز اشارے کا چیلنج ہانے کی صلاحیت رکھتا ہے۔ اس مدادات کو حاصل کرتے وقت $C_{b'c}$ کے راستے ملکشہ تک پہنچنے بر قی رو کو ظفر انداز کیا جس کی وجہ سے حققت میں مشترک برقی ٹرانزیستر ایمپلیفائز بھی بھی f_T تعداد کے اشارات کو نہیں بڑھا سکتا۔

۶.۱۱.۳ مشترک بیس بلند نقطائی تعداد

آئین مشترک بیس طرز پر استعمال کے حبانے والے ایمپلیفائز کی بلند نقطائی تعداد حاصل کریں۔ بلند نقطائی تعداد ٹرانزیستر کے ساتھ بیرونی جبڑے مزاحمت وغیرہ پر بھی مختصر ہو گا۔ دو مختلف ٹرانزیستروں کا آپس میں موازنے کرنے کے لئے یہ ضروری ہے کہ ٹرانزیستر کے ساتھ بیرونی جبڑے پر زوں کے اثر کو شمل نہ کیا جائے۔ یوں مشترک بیس بلند تعدادی ریاضی نمونے کو استعمال کرتے ہوئے شکل ۶.۳۴ کو زخیری 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 منفی کی علامت اس لئے استعمال کئے گئے کہ اس تو سین کے بر قی رو 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 مدادات 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 نیس طرز کے ایپلیناٹر کی بلند انقطعی تعداد ہے ω_a پر احبا تا ہے، ٹرانزسٹر کے ω_T کے برابر ہوتا ہے یعنی

$$(۶.۲۹) \quad \omega_a = \beta \omega_\beta = \omega_T$$

آپ دیکھ سکتے ہیں کہ مشترک نیس طرز کے ایپلیناٹر کی بلند انقطعی تعداد رکھتے ہیں۔ حقیقت میں ω_T کے تعداد پر یہاں استعمال کیا گیا ٹرانزسٹر کا بلند تعدادی اُن ریاضی نمونے درست ثابت نہیں ہوتا ہے اس درجہ بالا مساوات حقیقت میں درست نہیں۔ دیکھایے گیا ہے کہ

$$(۶.۲۰) \quad \omega_a = (1 + \lambda) \omega_T$$

کے برابر ہوتا ہے جہاں λ کی قیمت ۰.۲ تا ۰.۴ ہوتی ہے۔ λ کی عمومی قیمت ۰.۴ ہے۔

۶.۱۱.۳ f_T کا تجرباتی تخمینہ

f_T نہایت بلند تعداد ہے جسے ناپنانت در مشکل ہوتا ہے۔ مساوات ۶.۲ کو استعمال کرتے ہوئے f_T کو کم تعداد پر ناپا ہسکتا ہے۔ اس مساوات کے مطابق اگر A_i کو تعداد f_1 پر ناچاہئے جہاں ($f_1 \gg f_\beta$) ہو مثلاً f_1 کی قیمت f_β کے پانچ یا چھ گناہوتا ہے اسے یوں لکھا جاتا ہے۔

$$(۶.۲۱) \quad |A_i|_{v_{ce}=0} \approx \frac{\beta f_\beta}{f_1} = \frac{f_T}{f_1}$$

لبذا f_1 تعداد پر $|A_i|$ ناپ کر f_T کی قیمت کا تخمینہ لگایا جاتا ہے۔ f_T کو استعمال کرتے ہوئے مساوات ۶.۲ کی قیمت حاصل کی جاتی ہے۔

مثال ۶.۱۲: ایک ٹرانزسٹر جس کی $I_{CQ} = 0.75 \text{ mA}$ اور $\beta = 1.3 \text{ MHz}$ اور $f_\beta = 6.5 \text{ MHz}$ کے تعداد پر $|A_i|_{v_{ce}=0}$ کا تخمینہ لگاتے ہے کا 41.5 A A^{-1} حاصل ہوتا ہے۔ اس کی f_T کا تخمینہ لگاتے ہوئے $C_{b'e}$ کی حاصل کریں۔ حل: مساوات ۶.۱۷ 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 ۲.۶ میں استعمال کرتے ہوئے

$$C_{b'e} = \frac{g_m}{2\pi f_T} = \frac{0.03}{2\pi \times 270 \times 10^6} \approx 18 \text{ pF}$$

حاصل ہوتا ہے۔

۲.۱۱.۵ برقی بوجھ کے موجودگی میں بلند تعدادی رد عمل

شکل ۲.۳۲ 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 ۲.۳۵ الف میں اس حصے کو پیش کیا گیا ہے جس کا تھوڑا برقی دباؤ v_{th} اور تھوڑی مزاحمت R_{th} کی نتائدی بھی کی گئی ہے۔ شکل ۲.۳۵ ب میں مساوی دور دکھایا گیا ہے۔ متوالی جبڑے اور R_2 کی کل مزاحمت کو R_B لینی لکھتے ہوئے

$$(2.42) \quad R_B = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

لکھتے ہوئے

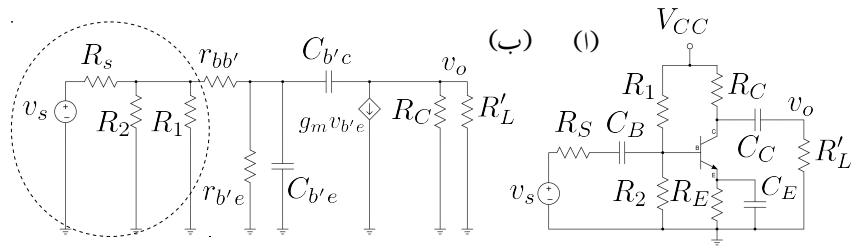
$$(2.43) \quad v_{th} = \left(\frac{R_B}{R_S + R_B} \right) v_s$$

$$(2.44) \quad R_{th} = \frac{R_S R_B}{R_S + R_B}$$

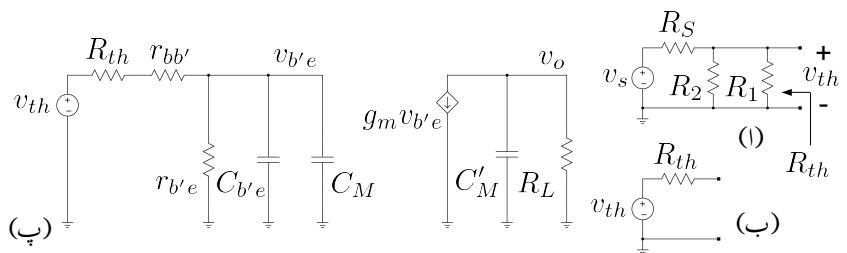
حاصل ہوتے ہیں۔ شکل ۲.۳۳ ب میں R_L' اور R_C متوالی جبڑے ہیں۔ ان کے کل مزاحمت کو R_L لکھتے ہیں لیਜیں

$$(2.45) \quad R_L = \frac{R_C R_L'}{R_C + R_L'}$$

شکل ۲.۳۴ پر نظر ڈالنے سے ہم دیکھتے ہیں کہ اس کے ایک جانب $v_{b'e}$ اور دوسرا جناب v_o برقی دباؤ ہے۔ یہ $C_{b'e}$ کے مل کپیٹر حاصل کئے جاسکتے ہیں۔ ان تبدیلوں کی مدد سے شکل ۲.۳۵ پ کا سادہ دور حاصل ہوتا ہے جس کا $C_{b'e}$ کو مسئلہ مل کی مدد سے C_M اور C_M' جبڑوں کا پیشوں میں تبدیل کر دیا گیا ہے۔ شکل ۲.۳۶ پ کے



شکل ۲.۳۲: ایمپلیگر 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 مزاجات 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 ۲.۳۶ 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 ۲.۳۵ پر میں پست تعدادی ریاضی نمونہ استعمال کیا جائے تو ملکپیٹر 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 کا استعمال کرتے ہوئے مساوات ۲.۵۸ اور ۲.۵۹ سے

$$(2.78) \quad C_M = C_{b'e} (1 + g_m R_L)$$

$$(2.79) \quad C'_M = C_{b'e} \left(1 + \frac{1}{g_m R_L} \right)$$

حاصل ہوتے ہیں۔ درمیانی تعداد کے خطے میں ایپلیفائر کی انسزاش کی حقیقی قیمت $|A_V|$ ایک (۱) سے کئی گناہ زیادہ ہوتی ہے (یعنی $g_m R_L \gg 1$) لہذا

$$(2.80) \quad C'_M \approx C_{b'e}$$

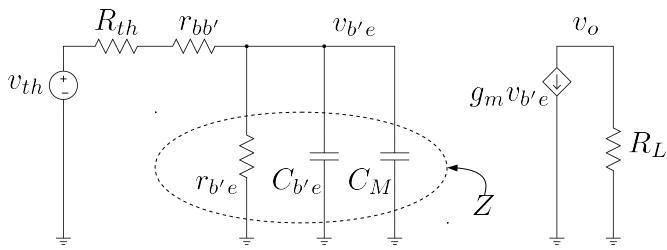
ہو گا۔ $C_{b'e}$ کی قیمت انتہائی کم ہوتی ہے۔ یوں اس کے برقی رکاوٹ کی حقیقی قیمت برقی بوجھ سے بہت زیادہ ہو گی یعنی

$$(2.81) \quad \left| \frac{1}{j\omega C_{b'e}} \right| \gg R_L$$

لبذا $C_{b'e}$ کو نظر انداز کیا جاسکتا ہے۔ بلن تعداد ایپلیفائر حل کرتے وقت C_M کا 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 ۲.۳۶ کو کرخوٹ کے قوانینہ استعمال کرتے ہوئے حل کرتے ہیں۔ شکل میں $r_{b'e}$ ، $C_{b'e}$ اور C_M متوازی جبڑے ہیں۔ ان کی کل برقی رکاوٹ کو Z سے ظاہر کرتے ہیں۔ یوں

$$\frac{1}{Z} = s(C_{b'e} + C_M) + \frac{1}{r_{b'e}}$$



شکل ۲.۳۲: ملک پیغمبر کے اثرات

(۱.۸۲)

$$Z = \frac{r_{b'e}}{s(C_{b'e} + C_M)r_{b'e} + 1}$$

صلح و اسے زنجیری ضربے

$$\begin{aligned} A'_v &= \frac{v_o}{v_{th}} = \left(\frac{v_o}{i_c} \right) \left(\frac{i_c}{v_{b'e}} \right) \left(\frac{v_{b'e}}{v_{th}} \right) \\ &= (-R_L)(g_m) \left(\frac{Z}{R_{th} + r_{bb'} + Z} \right) \end{aligned}$$

صلح و اس میں Z کی قیمت استعمال کرتے ہوئے حل کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned} A'_v &= -R_L g_m \left(\frac{\frac{r_{b'e}}{s(C_{b'e} + C_M)r_{b'e} + 1}}{R_{th} + r_{bb'} + \frac{r_{b'e}}{s(C_{b'e} + C_M)r_{b'e} + 1}} \right) \\ &= \frac{-R_L g_m r_{b'e}}{[s(C_{b'e} + C_M)r_{b'e} + 1](R_{th} + r_{bb'}) + r_{b'e}} \\ &= \frac{-R_L g_m r_{b'e}}{s(C_{b'e} + C_M)r_{b'e}(R_{th} + r_{bb'}) + R_{th} + r_{bb'} + r_{b'e}} \\ &= \frac{-R_L g_m r_{b'e}}{(C_{b'e} + C_M)r_{b'e}(R_{th} + r_{bb'}) \left[s + \frac{R_{th} + r_{bb'} + r_{b'e}}{(C_{b'e} + C_M)r_{b'e}(R_{th} + r_{bb'})} \right]} \end{aligned}$$

(۱.۸۳)

$$A'_v = - \left[\frac{g_m R_L}{(C_{b'e} + C_M)(R_{th} + r_{bb'})} \right] \left(\frac{1}{s + \omega_H} \right)$$

باب ۲۔ ایکلیپسیاٹ کا تعدادی رد عمل اور فلٹر

لکھا جا سکتا ہے جہاں

$$\begin{aligned}
 \omega_H &= \frac{R_{th} + r_{bb'} + r_{b'e}}{(C_{b'e} + C_M) r_{b'e} (R_{th} + r_{bb'})} \\
 (2.83) \quad &= \frac{1}{[r_{b'e} \| (R_{th} + r_{bb'})] (C_{b'e} + C_M)} \\
 &\quad \frac{1}{R_m (C_{b'e} + C_M)}
 \end{aligned}$$

ہے۔ ω_H کی مساوات جانی بچپانی شکل یعنی $\frac{1}{R_m C}$ ہے جہاں C متوالی جبڑے کپیٹر $C_{b'e}$ اور C_M کی کل کپیٹنیس ($C_{b'e} + C_M$) ہے جبکہ R_m اس کپیٹر کے ساتھ کل متوالی جبڑی مسراحت ہے۔ شکل ۲.۳۶ میں v_s کو قصر دور کرتے ہوئے $r_{b'e}$ کے ساتھ متوالی جبڑے $(R_{th} + r_{bb'})$ کی کل مسراحت ہے یعنی

$$\begin{aligned}
 \frac{1}{R_m} &= \frac{1}{r_{b'e}} + \frac{1}{R_{th} + r_{bb'}} \\
 R_m &= \frac{r_{b'e} (R_{th} + r_{bb'})}{R_{th} + r_{bb'} + r_{b'e}}
 \end{aligned}$$

جسے 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

$$\begin{aligned}
 (2.84) \quad \omega_H &= \frac{1}{(C_{b'e} + C_M) r_{b'e}} \\
 f_H &= \frac{1}{2\pi (C_{b'e} + C_M) r_{b'e}}
 \end{aligned}$$

ہوگا۔ ω_H کا مساوات ۲.۳۶ میں دئے گئے متوالی جبڑے کے موافق ہے۔

$$(2.85) \quad \frac{\omega_\beta}{\omega_H} = \frac{\left(\frac{1}{C_{b'e} r_{b'e}}\right)}{\left[\frac{1}{(C_{b'e} + C_M) r_{b'e}}\right]} = \frac{C_{b'e} + C_M}{C_{b'e}} = 1 + \frac{C_M}{C_{b'e}}$$

آپ دیکھ سکتے ہیں کہ مشترکہ ہمہ ایکلینیٹر کا بلند انتظامی تعدد ω_H ہے لہذا ایکلینیٹر کی افسزاش ω_β تعدد پر نہایت کم ہوگی۔
 کومادات ۲۳.۶ اور مسافت ۸۳.۶ کی مدد سے یہ حاصل کر سکتے ہیں۔

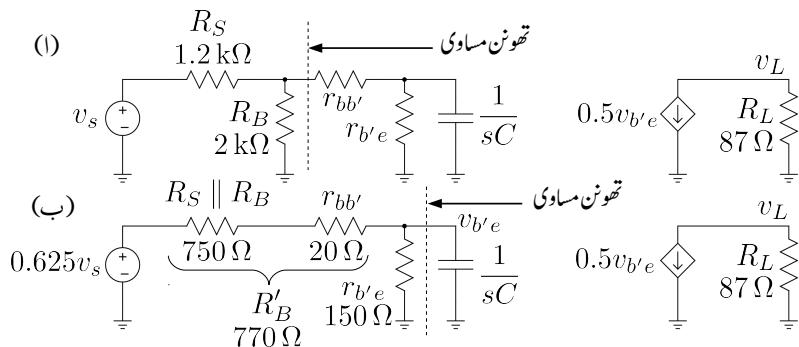
$$\begin{aligned} A_v &= \frac{v_o}{v_s} = \left(\frac{v_o}{v_{th}} \right) \left(\frac{v_{th}}{v_s} \right) \\ &= - \left[\frac{g_m R_L}{(C_{b'e} + C_M)(R_{th} + r_{bb'})} \right] \left(\frac{R_B}{R_S + R_B} \right) \left(\frac{1}{s + \omega_H} \right) \\ &= - \left[\frac{g_m R_L}{\omega_H (C_{b'e} + C_M)(R_{th} + r_{bb'})} \right] \left(\frac{R_B}{R_S + R_B} \right) \left(\frac{1}{1 + \frac{s}{\omega_H}} \right) \\ &= - \left(\frac{g_m R_m R_L}{R_{th} + r_{bb'}} \right) \left(\frac{R_B}{R_S + R_B} \right) \left(\frac{1}{1 + \frac{s}{\omega_H}} \right) \end{aligned}$$

جب اس دوسرے وتم پر مسافت ۸۳.۶ کا استعمال کیا گیا۔ $R_m \approx r_{b'e}$ کی صورت میں اسے یہ لکھا جا سکتا ہے۔

$$\begin{aligned} A_v &\approx - \left(\frac{g_m r_{b'e} R_L}{R_{th} + r_{bb'}} \right) \left(\frac{R_B}{R_S + R_B} \right) \left(\frac{1}{1 + \frac{s}{\omega_H}} \right) \\ &\quad \text{لکھتے ہوئے } g_m r_{b'e} = \beta \\ (1.87) \quad A_v &\approx - \left(\frac{\beta R_L}{R_{th} + r_{bb'}} \right) \left(\frac{R_B}{R_S + R_B} \right) \left(\frac{1}{1 + \frac{s}{\omega_H}} \right) \\ &\quad \text{حاصل ہوتا ہے۔ اس مسافت سے درمیانی تعدد پر حاصل کرنے ہیں۔} \\ (1.88) \quad |A_{vD}|_{\omega \ll \omega_H} &= - \left(\frac{\beta R_L}{R_{th} + r_{bb'}} \right) \left(\frac{R_B}{R_S + R_B} \right) \end{aligned}$$

مثال ۲.۳۲: شکل ۲.۳۲ میں

$V_{CC} = 15 \text{ V}$	$R_1 = 7 \text{ k}\Omega$	$R_2 = 2.8 \text{ k}\Omega$
$R_C = 650 \text{ }\Omega$	$R'_L = 100 \text{ }\Omega$	$R_E = 260 \text{ }\Omega$
$C_{b'c} = 2 \text{ pF}$	$C_{b'e} = 220 \text{ pF}$	$r_{bb'} = 20 \text{ }\Omega$
	$\beta = 75$	$R_S = 1.2 \text{ k}\Omega$



شکل ۷.۳: مسئلہ نارٹن اور مسئلہ تھونن کے بار بار استعمال سے دور کا حمل

لیتے ہوئے مسئلہ نارٹن اور مسئلہ تھونن کے بار بار استعمال سے دور کا حمل
تعدادی رفراز اش A_v اور بہندان نقطی تعدادی f_H حاصل ہوتے ہیں۔ اس ایکلینیٹر کی درمیانی
حول: حج ۷.۱۱۔۵ میں اسی کو کرخوف کے قوینیں کی مدد سے حل کیا گی۔ اس مثال کو مسئلہ نارٹن اور مسئلہ
تھونن کے بار بار استعمال سے حل کرتے ہیں۔
 $R_L \parallel R_C \parallel R'_L$

$$R_L = \frac{650 \times 100}{650 + 100} = 87 \Omega$$

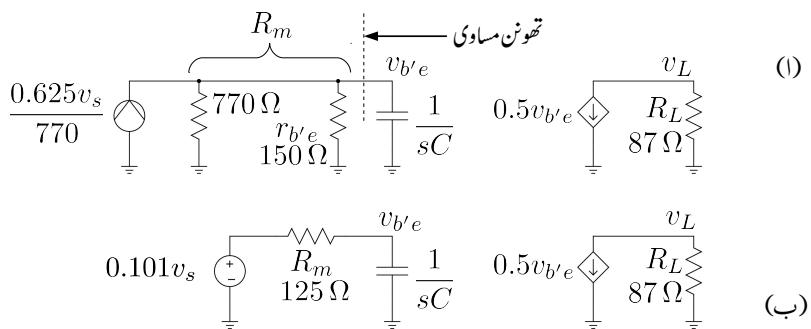
حاصل ہوتا ہے۔ شکل ۷.۳ ب سے مسئلہ ملکی مدد سے شکل ۷.۳ ب سے حاصل ہوتا ہے جیساں

$$\begin{aligned} C &= C_{b'e} + C_M \\ &= C_{b'e} + (1 + g_m R_L) C_{b'c} \\ &= 220 \times 10^{-12} + (1 + 0.5 \times 87) \times 2 \times 10^{-12} \\ &= 220 \text{ pF} + 89 \text{ pF} \\ &= 309 \text{ pF} \end{aligned}$$

کے برابر ہے اور $R_B \parallel R_1 \parallel R_2$ کو کہا گیا ہے یعنی

$$R_B = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{7000 \times 2800}{7000 + 2800} = 2 \text{ k}\Omega$$

اس شکل میں نقطہ دار لکیر کے بائیں جانب کا مساوی تھونن دور لیتے ہوئے شکل ۷.۳ 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

$$\left(\frac{R_B}{R_S + R_B} \right) v_s = 0.625v_s$$

تحونن دباؤ

$$R_S \parallel R_B = 750 \Omega$$

تحونن مسازھت

میں دکھایا گیا ہے جہاں نارٹن مساوی برقرار رکھی گئی ہے شکل ۲.۳۸.۶ اف

$$\frac{0.625v_s}{R'_B} = \frac{0.625}{770} v_s$$

کے برابر ہے۔ شکل ۲.۳۸.۶ اف میں نقطہ دار لکیہر کے بائیں جانب حصے کا تحونن مساوی دور لیتی ہوئے شکل ب

س میں دکھایا گیا ہے۔ شکل ۲.۳۸.۶ ب کو دیکھ کر $v_{b'e}$ کی مساوات لکھی جا سکتی ہے۔

$$\begin{aligned}
 v_{b'e} &= 0.101v_s \left(\frac{\frac{1}{sC}}{125 + \frac{1}{sC}} \right) = 0.101v_s \left(\frac{1}{125 \times sC + 1} \right) \\
 &= \frac{0.101v_s}{1 + \frac{j\omega}{26 \times 10^6}} = \frac{0.101v_s}{1 + \frac{jf}{4 \times 10^6}}
 \end{aligned}$$

زنجیری ضربے

$$\begin{aligned}
 A_v &= \frac{v_L}{v_s} = \frac{v_L}{i_c} \times \frac{i_c}{v_{b'e}} \times \frac{v_{b'e}}{v_s} \\
 &= -87 \times 0.5 \times \left(\frac{0.101}{1 + \frac{jf}{4 \times 10^6}} \right) \\
 &= \frac{-4.4}{1 + \frac{jf}{4 \times 10^6}}
 \end{aligned}$$

A_{vD} کا جائز ہے۔ بلند انتظامی تعداد قریبًا $f_H = 4 \text{ MHz}$ جبکہ درمیانی تعداد کی اندازش $= -4.4 \text{ VV}^{-1}$ ہے۔

۲.۱۱.۶ مشرکہ سورس ماسفیٹ ایکلینیٹر کا بلند تعدادی رد عمل

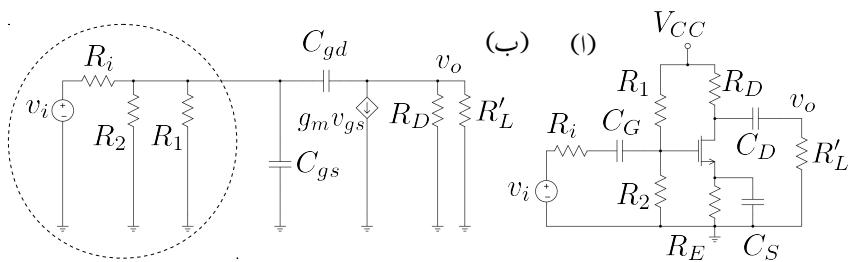
شکل ۳۹.۶ میں ماسفیٹ ایکلینیٹر اور شکل ۳۲.۶ میں اسی کامساوی بلند تعدادی دور دھایا گیا ہے جس میں ماسفیٹ کا بلند تعدادی ریاضی نمونہ استعمال کیا گیا ہے۔ ماسفیٹ کا بلند تعدادی ریاضی نمونہ ماسفیٹ کے پست تعدادی ریاضی نمونے میں C_{gd} اور C_{gs} اندرونی کپیسٹر کی شمولیت سے حاصل کیا گیا ہے۔ شکل ۳۹.۶ اور شکل ۳۲.۶ بے قدریابی کا 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 تونون مساوی دور حاصل کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned}
 R_{th} &= \frac{R_i R_G}{R_i + R_G} \\
 v_{th} &= \left(\frac{R_G}{R_i + R_G} \right) v_i
 \end{aligned}$$

کامل کپیسٹر استعمال کرتے ہوئے شکل ۳۰.۶ حاصل ہوتا ہے۔ آئیں اس مرتبہ C_M' کو نظر اندازنے کرتے



شکل ۲.۳۹: ماسنیٹ اینپیغاٹر اور اس کا بلند تعدادی مساوی دور

ہوئے دور کو حل کریں۔ متوازی جبڑے R_L اور C'_M کی بر قی 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 میں 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

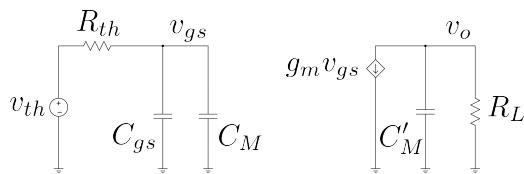
$$(2.89) \quad \omega'_H = \frac{1}{C'_M R_L}$$

$$(2.90) \quad \omega_H = \frac{1}{(C_{gs} + C_M) R_{th}}$$

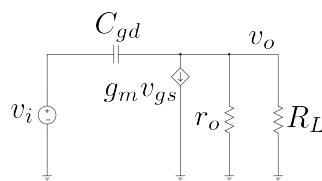
لکھتے ہوئے

$$(2.91) \quad \frac{v_o}{v_{th}} = - \left(\frac{g_m R_L}{j \frac{\omega}{\omega'_H} + 1} \right) \left(\frac{1}{j \frac{\omega}{\omega_H} + 1} \right)$$

باب ۶۔ ایکلیفیٹر کا تعدادی رد عمل اور فلتر



شکل ۶.۳۰: ماسیفیٹ ایکلیفیٹر 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 ایکلیفیٹر میں بھی C'_M کی موجودگی کو نظر انداز کیا جاتا ہے۔ یہ رسمیت کا اثر ہے۔ اس کا مساوی دور حاصل کرتے ہیں جسے شکل ۶.۳۱ میں دکھایا گیا ہے جہاں r_o کو بھی شامل کیا گیا ہے۔ اس شکل میں چونکہ R_1 ، R_2 اور C_{gs} تینوں داخلی اشادہ v_i کے متوالی جڑبے ہیں لہذا ایکیٹر پر v_i ہی پایا جائے۔ یہ $v_i = v_{gs}$ کے برابر ہو گا۔ v_o کو جوڑ کر خوف کے قانون برائے برقی دو کے مدد سے ہم لکھ سکتے ہیں

$$(6.92) \quad A_v = \left(\frac{v_o}{v_{th}} \right) \left(\frac{v_{th}}{v_i} \right) = - \left(\frac{g_m R_L}{j \frac{\omega}{\omega_H} + 1} \right) \left(\frac{R_G}{R_G + R_i} \right)$$

اس مساوات کے مطابق بلند نقطی تعداد کا دار و مدار R_{th} پر ہے۔ آئیں دیکھیں کہ ماسیفیٹ کی بلند ترین نقطی تعداد کس صورت حاصل ہو گی۔ ایسا کرنے کی حرکت شکل ۶.۳۹.۶ میں $R_i = 0 \Omega$ لیتے ہوئے اس کا مساوی دور حاصل کرتے ہیں جسے شکل ۶.۳۱ میں دکھایا گیا ہے جہاں r_o کو بھی شامل کیا گیا ہے۔ اس شکل میں چونکہ R_1 ، R_2 اور C_{gs} تینوں داخلی اشادہ v_i کے متوالی جڑبے ہیں لہذا ایکیٹر پر v_i ہی پایا جائے۔ یہ $v_i = v_{gs}$ کے برابر ہو گا۔ v_o کو جوڑ کر خوف کے قانون برائے برقی دو کے مدد سے ہم لکھ سکتے ہیں

$$\begin{aligned} \frac{v_o - v_i}{\frac{1}{j\omega C_{gd}}} + g_m v_i + \frac{v_o}{\frac{R_L r_o}{R_L + r_o}} &= 0 \\ \frac{v_o}{v_i} &= \left(\frac{R_L r_o}{r_L + r_o} \right) \left[\frac{j\omega C_{gd} - g_m}{1 + \omega C_{gd} \left(\frac{R_L r_o}{R_L + r_o} \right)} \right] \end{aligned}$$

یعنی

$$(2.93) \quad A_v = \frac{v_o}{v_i} = \left(\frac{g_m R_L r_o}{r_L + r_o} \right) \left[-1 + \frac{j \frac{\omega C_{gd}}{g_m}}{1 + j \omega C_{gd} \left(\frac{R_L r_o}{R_L + r_o} \right)} \right]$$

جس میں

$$(2.94) \quad \omega_s = \frac{g_m}{C_{gd}}$$

$$(2.95) \quad \omega_H = \frac{1}{C_{gd} \left(\frac{R_L r_o}{R_L + r_o} \right)}$$

لیتھیوئے

$$(2.96) \quad A_v = \left(\frac{g_m R_L r_o}{r_L + r_o} \right) \left[\frac{-1 + j \frac{\omega}{\omega_s}}{1 + j \frac{\omega}{\omega_H}} \right]$$

حاصل ہوتا ہے۔ اس مساوات میں $\omega_s \gg \omega_H$ ہوتا ہے یعنی

$$\frac{g_m}{C_{gd}} \gg \frac{1}{C_{gd} \left(\frac{R_L r_o}{R_L + r_o} \right)}$$

ج

$$(2.97) \quad g_m \left(\frac{R_L r_o}{R_L + r_o} \right) \gg 1$$

لکھا جائے۔ مساوات ۲.۹۶ کا بڑا خط شکل ۳۲.۶ میں دکھایا گیا ہے۔ ω_H کی قیمت R_L سے وابطہ ہے۔ اگر $R_L \rightarrow \infty$ کر دیا جائے تو بلند ترین انقطاعی تعداد

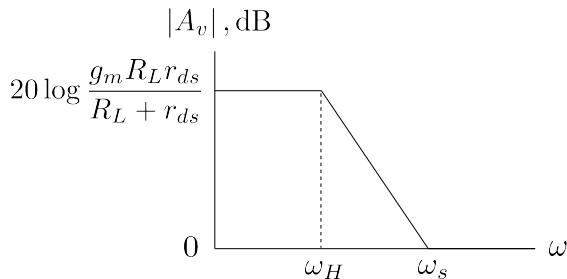
$$(2.98) \quad \omega_H \Big|_{R_L \rightarrow \infty} = \frac{1}{C_{gd} r_o}$$

حاصل ہو گی جو ماسنیٹ ریاضی نوونے کے اجزاء، C_{gd} اور r_o پر مختص ہے۔

۲.۱۲۔ مشترک کے گلکٹر ایپلیفائر کا بلند تعدادی رد عمل

شکل ۳۲.۶ میں گلکٹر مشترک ایپلیفائر دکھایا گیا ہے جس کا مساوی با یک اشاراتی بلند تعدادی دور شکل ب میں دکھایا گیا ہے۔ بلند تعداد 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 گناہز ہاتا ہے۔ اس شکل میں کپیٹر $C_{b'e}$ کا باعث جانب کامساوی تھونن دور حاصل کرتے ہیں

$$V_{th} = \left(\frac{R_1 \parallel R_2}{r_i + R_1 \parallel R_2} \right) v_i = v_s$$

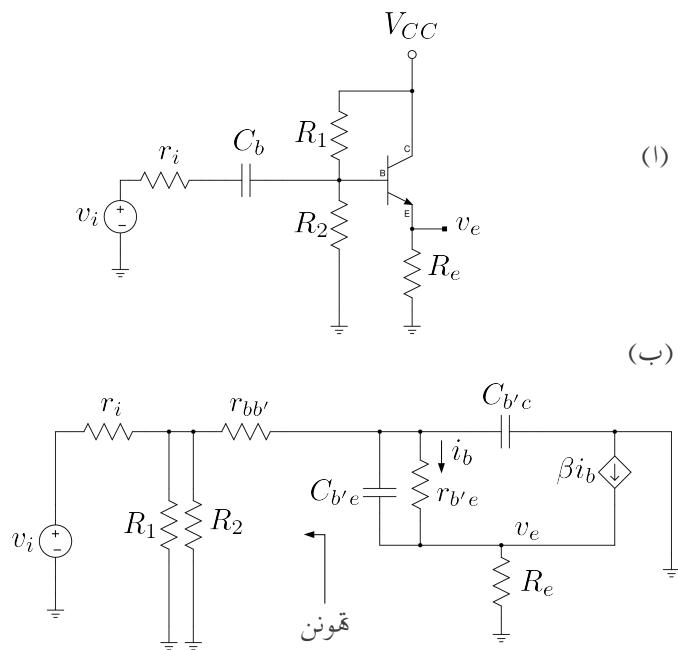
$$R_{th} = r_i \parallel R_1 \parallel R_2 + r_{bb'} = r_s$$

جہاں تھونن بر قی دباد کو v_s اور تھونن بر قی مزاحمت کو r_s لکھا گیا ہے۔ شکل ب میں $C_{b'e}$ کا ایک سر ابر قی زمین سے جبڑا ہے۔ یوں شکل ب کو شکل ۶.۳۲ کے طرز پر ہتایا جا سکتا ہے۔ اس شکل کو دیکھنے ہوئے کر خوف کے دن اون برائے بر قی رو کے استعمال سے نیٹرپرہم لکھ سکتے ہیں

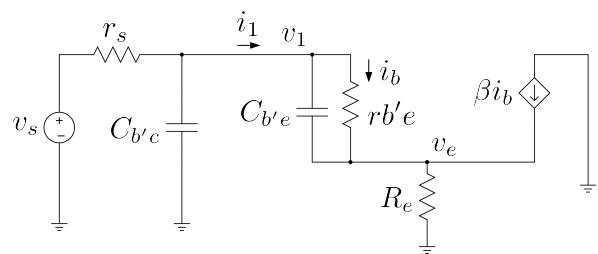
$$(v_e - v_1) s C_{b'e} + \frac{v_e - v_1}{r_{b'e}} + \frac{v_e}{R_e} = \beta i_b = \beta \frac{v_1 - v_e}{r_{b'e}}$$

۶.۱۲. مشترک که گلکسیم پلیفابریکابند تعدادی رد عمل

۴۴۳



شکل ۶.۳۳: گلکسیم مشترک بمند تعدادی رد عمل



شکل ۶.۳۴: گلکسیم مشترک بمند تعدادی ساده مساوی دور

یعنی

$$\begin{aligned}
 v_1 &= \left[\frac{sC_{b'e} + \frac{\beta+1}{r_{b'e}} + \frac{1}{R_e}}{sC_{b'e} + \frac{\beta+1}{r_{b'e}}} \right] v_e \\
 &= \left[\frac{\left(sC_{b'e} + \frac{\beta+1}{r_{b'e}} \right) + \frac{1}{R_e}}{sC_{b'e} + \frac{\beta+1}{r_{b'e}}} \right] v_e \\
 (6.66) \quad &= \left[\frac{\left(sC_{b'e} + \frac{\beta+1}{r_{b'e}} \right)}{sC_{b'e} + \frac{\beta+1}{r_{b'e}}} + \frac{\frac{1}{R_e}}{sC_{b'e} + \frac{\beta+1}{r_{b'e}}} \right] v_e \\
 &= \left[1 + \frac{1}{R_e \left(sC_{b'e} + \frac{\beta+1}{r_{b'e}} \right)} \right] v_e
 \end{aligned}$$

ای طرح جزو v_1 پر کرنون کے فتوں برائے برتن دو کے استعمال سے مکمل کرتے 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 وتم پر مساوات ۶.۶۶ 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

$$\begin{aligned} A &= \frac{R_e(\beta+1)}{r_{b'e}} + 1 + \frac{r_s}{r_{b'e}} \\ B &= \frac{R_e(\beta+1)}{r_{b'e}\omega_T} + \frac{R_e(\beta+1)}{r_{b'e}\omega_1} + \frac{1}{\omega_1} + \frac{r_s}{r_{b'e}\omega_\beta} \\ C &= \frac{R_e(\beta+1)}{r_{b'e}\omega_T\omega_1} \end{aligned}$$

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

$$(6.104) \quad \frac{v_e}{v_s} = \frac{1 + \frac{j\omega}{\omega_T}}{1 + j\omega \left(\frac{1}{\omega_1} + \frac{1 + \frac{r_s}{R_e}}{\omega_T} \right) + \frac{j\omega}{\omega_T} \frac{j\omega}{\omega_1}}$$

6.13 مشترک بیس ایمپلینیاٹر کا بلند انقطعائی تعدد

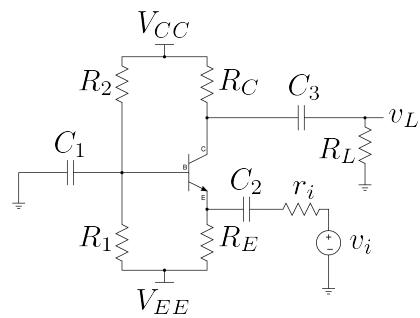
شکل ۶.۴۵ میں بیس مشترک ایمپلینیاٹر کاٹھ ریاضی نمونہ دکھایا گیا ہے۔ صفحہ ۲۸۷ پر ٹرانزستر کاٹھ ریاضی نمونہ دکھایا گیا ہے جسے پانے ریاضی نمونہ کی شکل میں بناتے ہوئے شکل ۶.۴۵ کا بلند تعددی مساوی دور شکل ۶.۴۶ میں دکھایا گیا ہے۔ باریکے اشاراتی دور میں R_1 اور R_2 دونوں کے دونوں سرے بر قی زمین پر ہیں لہذا انہیں دکھایا گیا۔ چونکہ ٹرانزستر کا بیس سرابر قیمتیں پر ہے لہذا $C_{b'e}$ کا ایک سرابر قیمتیں پر ہو گا اور یوں اسے لگائیں اور بر قی زمین کے مابین دکھایا گیا ہے۔

مساوی دور سے دو انقطعائی تعدد حاصل ہوتے ہیں لیکن

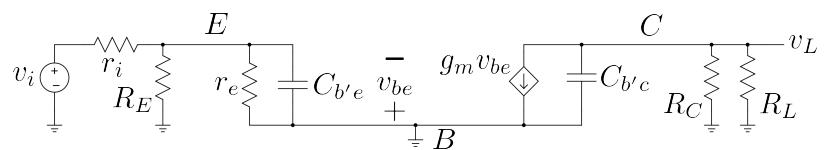
$$(6.105) \quad \begin{aligned} \omega_{H1} &= \frac{1}{(r_e \parallel R_E \parallel r_i) C_{b'e}} \\ \omega_{H2} &= \frac{1}{(R_C \parallel R_L) C_{b'e}} \end{aligned}$$

۱۳. مشترک-میس ایپلیفرا کا بلند انقطعی تعدد

۲۲۷



شکل ۱.۳۵: مشترک-میس ایپلیفرا



شکل ۱.۳۶: مشترک-میس ایپلیفرا کا مساوی دور

باب ۶۔ ایکلیپسٹر کا تعدادی رد عمل اور فلٹر

درمیانی تعداد پر افزاں حاصل کرتے وقت $C_{b'e}$ اور $C_{b'c}$ کو کھلے دور تصور کیا جاتا ہے۔ یوں

$$\begin{aligned} A_v &= \frac{v_L}{v_i} = \frac{v_L}{i_c} \times \frac{i_c}{v_{b'e}} \times \frac{v_{b'e}}{v_i} \\ &= -(R_C \parallel R_L) g_m \left(-\frac{R_E \parallel r_e}{R_E \parallel r_e + r_i} \right) \\ &= (R_C \parallel R_L) g_m \left(\frac{R_E \parallel r_e}{R_E \parallel r_e + r_i} \right) \end{aligned}$$

لکھا ج سکتا ہے جہاں پہلی اور تیسرا تو سین میں موجود مقنی ایک آپس میں ضرب ہو کر نتیجہ ہو جاتے ہیں۔

مثال ۶.۱۳: شکل 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 $\beta = 149$ ہے اور $C_{b'c} = 4 \text{ pF}$ اور $C_{b'e} = 35 \text{ pF}$ ہے۔ بلند کرنے کے بعد 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۔

$R_{b'e}$ کے متوازی کل مزاحمت $C_{b'e}$

$$\frac{1}{R_{be'}} = \frac{1}{24} + \frac{1}{600} + \frac{1}{100}$$

$$R_{b'e} = 18.75 \Omega$$

جبکہ $C_{b'c}$ کے متوازی کل مزاحمت

$$R_{b'c} = \frac{5000 \times 10000}{5000 + 10000} = 3.333 \text{ k}\Omega$$

بیں۔ یوں مساوات ۶.۱۰ کی مدد سے

$$f_{H1} = \frac{1}{2 \times \pi \times 18.75 \times 35 \times 10^{-12}} = 242 \text{ MHz}$$

$$f_{H2} = \frac{1}{2 \times \pi \times 3333 \times 4 \times 10^{-12}} = 11.93 \text{ MHz}$$

حاصل ہوتے ہیں لہذا اس ایپلیناٹر کا بلند ا نقطی تعداد 11.93 MHz ہے۔ اس مثال میں بلند ا نقطی تعداد کا وہ مدار $C_{b'c}$ پر بہنے کا

$$A_v = \left(\frac{5000 \times 10000}{5000 + 1000} \right) 0.0416 \left(\frac{\frac{24 \times 600}{24+600}}{\frac{24 \times 600}{24+600} + 100} \right)$$

$$= 26 \text{ V V}^{-1}$$

مثال ۶.۱۵: گزشته مثال کے دور میں اگر دھنی اشارہ بس پر مہیا کیا جائے تو یہ مشترک ایپلیناٹر حاصل ہوتا ہے جسے شکل ۶.۲۷ میں دکھایا گیا ہے۔ بقایا تمام مشقیرات وہی رکھتے ہوئے دیکھتے ہیں کہ اس صورت میں بلند ا نقطی تعداد کی حاصل ہوتا ہے۔

حل: مساوی دور شکل ۶.۲۸ میں دکھایا گیا ہے۔ گزشته مثال کی معلومات استعمال کرتے ہوئے

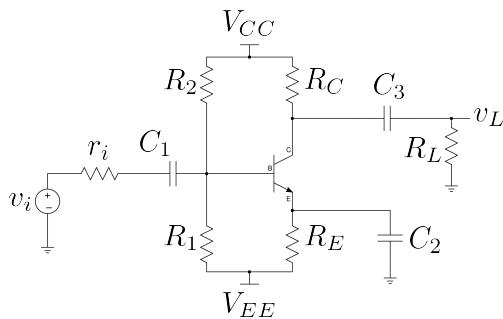
$$C_M = (1 + 0.0416 \times 3333) \times 4 \times 10^{-12} = 559 \text{ pF}$$

$$C_{b'e} + C_M = 594 \text{ pF}$$

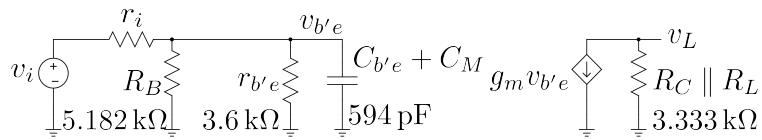
اور اس کے متوازی کل مزاحمت R_m

$$\frac{1}{R_m} = \frac{1}{100} + \frac{1}{5182} + \frac{1}{3600}$$

$$R_m = 95.5 \Omega$$



شکل ۶.۳۷: بیٹر مشترک ایکلیفائز



شکل ۶.۳۸: بیٹر مشترک ایکلیفائز کے نقطائی تعداد حاصل کرنے کے لئے درکار مساوی دور

حاصل ہوتا ہے۔ یوں بلت نقطائی تعداد

$$f_H = \frac{1}{2\pi \times 95.5 \times 594 \times 10^{-12}} = 2.8 \text{ MHz}$$

اور درمیانی تعداد پر امنڑا ش

$$A_v = \frac{v_L}{v_i} = -3333 \times 0.0416 \times \frac{\frac{3600 \times 5182}{3600+5182}}{\frac{3600 \times 5182}{3600+5182} + 100} = -132 \text{ V V}^{-1}$$

مندرجہ بالا دو مساوات سے آپ دیکھ سکتے ہیں کہ یہس مشترک ایکلیفائز کی بلند نقطائی تعداد بیٹر مشترک ایکلیفائز کے بلند نقطائی تعداد سے تقریباً سواچار گناہ زیادہ ہے۔

۶.۱۲ 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 حصے میں کیکوڈ ایپلیناٹر^{۲۹} پر غور کیا جائے گا جس میں ملر کیپیٹر کی قیمت کم سے کم ہونے کی بنا پر زیادہ سے زیادہ تعداد پر بلند انقطعی نقطے حاصل ہوتا ہے۔

شکل ۶.۱۲ انف میں کیکوڈ ایپلیناٹر دکھایا گیا ہے۔ Q_1 اور اس کے ساتھ ملک C_E , R_E , R_2 , R_1 اور R_i میں کرمشتر کے بیٹھ طرز کا ایپلیناٹر ہوتا ہے میں بنے کیپیٹر C_{B1} کے ذریعہ داخلی اشارہ v_i مثراہم کیا گیا ہے۔ v_i داخلي اشارہ مثراہم کرنے والے کی مسماحت ہے۔ عام صورت میں Q_1 کے گلکشن پر بر قی بوجھ R_L لا ادھبata ہے لیکن کیکوڈ میں ایسا نہیں کیا جاتا۔ کیکوڈ میں Q_2 بطور بر قی بوجھ کردار ادا کرتا ہے۔ Q_2 کے میں پر بر قی کیپیٹر C_{B2} کا کردار نہایت اہم ہے۔ درکار تعداد پر C_{B2} بطور قصر دور کام کرتے ہوئے Q_2 کے میں کو بر قی زمین پر رکھتا ہے۔ Q_2 اور اس کے ساتھ ملک C_{B2} , R'_2 اور R'_1 میں کرمشتر کے بیٹھ طرز کا ایپلیناٹر ہوتا ہے۔

کیکوڈ کی بلند انقطعی تعداد اس میں پائے جاتے والے Q_1 پر مبنی مشتر کے بیٹھ طرز کے ایپلیناٹر اور Q_2 پر مبنی مشتر کے بیٹھ طرز کے ایپلیناٹر کی تعداد پر مخصوص ہو گی۔ مسادت ۶.۲۲ اور مسادت ۶.۲۶ میں ایپلیناٹر کی قصر دور بلند انقطعی تعداد ω_α اور ω_β دیتے ہیں جن کے تحت $\omega_\alpha = \omega_T = \beta \omega_\beta$ کے برابر ہے جہاں ω_β مشتر کے بیٹھ طرز کے ایپلیناٹر کی قصر دور بلند انقطعی تعداد جبکہ ω_α مشتر کے بیٹھ طرز کے ایپلیناٹر کی قصر دور بلند انقطعی تعداد ہے۔ چونکہ $\omega_T = \omega_\alpha$ کے برابر ہے لہذا مشتر کے بیٹھ طرز کا ایپلیناٹر ٹرانزستر کے تعداد تک مطابق استعمال ہوتا ہے۔ اس کے بر عکس مشتر کے بیٹھ طرز کے ایپلیناٹر کی بلند انقطعی تعداد C_M پر مخصوص ہوتی ہے جو اخود اس پر لدے بر قی بوجھ R_L پر مخصوص ہوتا ہے۔ یوں کیکوڈ ایپلیناٹر کی بلند تعدادی انقطعی تعداد اس میں پائے جاتے والے مشتر کے بیٹھ ایپلیناٹر کی بلند انقطعی تعداد پر مخصوص ہو گا۔ آئیں اب اس پر غور کریں۔

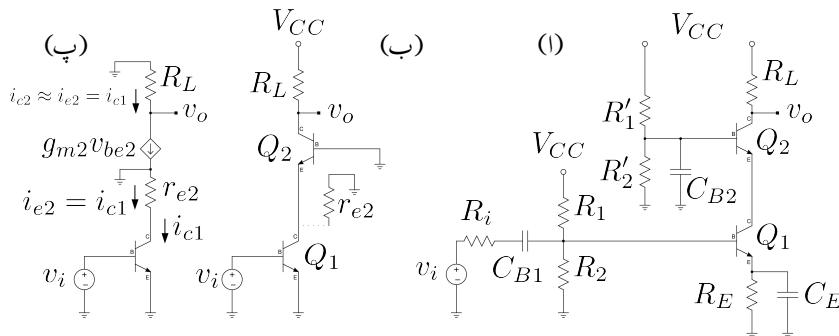
شکل ۶.۱۲ ب میں کیکوڈ ایپلیناٹر کا مساوی باریکے اشاراتی دور دکھایا گیا ہے جس میں ٹرانزستر مائل کرنے والے اجزاء نہیں دکھائے گئے تاکہ کیکوڈ ایپلیناٹر کی بندیا دی کارکردگی پر توجہ رہے۔ اس شکل میں Q_2 کا مسماحت r_{e2} بطور Q_1 کے بر قی بوجھ کردار ادا کرتا ہے۔ r_{e2} کو Q_2 کے بارہ دکھاتے ہوئے اسے Q_1 کے گلکشن اور بر قی زمین کے مابین دکھایا گیا ہے۔ شکل پر 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 کا بر قی بوجھ r_{e2} لیتے ہوئے ہے۔

$$(6.102) \quad C_M = (1 + g_m r_{e2}) C_{b'c}$$

حاصل ہوتا ہے۔ چونکہ Q_1 اور Q_2 میں باریکے سمت بر قی دو I_{CQ} گزرتا ہے لہذا $g_{m1} = g_{m2} = g_m = g_m = g_{m1} = g_{m2}$ اور $i_{c1} = i_{e2} = r_{e2} = \frac{1}{g_m}$ اور $\frac{I_{CQ}}{V_T}$

^{۲۸} Miller capacitor
^{۲۹} ٹرانزستر کے دنیا بہت نے اس ایپلیناٹر کو دیانت کیا اور اس کا نام کیکوڈ ایپلیناٹر کھا۔
^{۳۰} cascode amplifier.
^{۳۱} T ریاضی نومے پر حصہ ۱.۱۳۳ میں بصیرہ کیا گیا ہے

باب ۶۔ ایپلیناٹ کا تعدادی رد عمل اور فلٹر



شکل ۶.۳۹: کیکوڈ ایپلیناٹ

$$g_{m1}r_{e2} = 1 \quad i_{c2} \text{ لیتے ہوئے}$$

$$(6.107) \quad C_M = (1 + 1) C_{b'e} = 2C_{b'e}$$

حاصل ہوتا ہے جو کہ کم ترین ممکنہ ملکیت ہے۔ C_M کی قیمت کم سے کم ہونے کی بنا پر مشترکہ بیٹھ طرز کے ایپلیناٹ کی بلند انقلائی تعدادی 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 یوجہ 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 پسیٹروں کی برقرارکاڈی Z کو یوں لکھ سکتے ہیں۔

$$\frac{1}{Z} = j\omega (C_{b'e} + 2C_{b'e}) + \frac{1}{R_m}$$

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 باہمیت ہے $\left(\frac{R_i}{R_m} + 1 \right)$

$$G_m = \frac{g_m}{\left(\frac{R_i}{R_m} + 1 \right) \left[j\omega \frac{(C_{b'e} + 2C_{b'c}) R_i}{\frac{R_i}{R_m} + 1} + 1 \right]}$$

حاصل ہوتا ہے جس میں

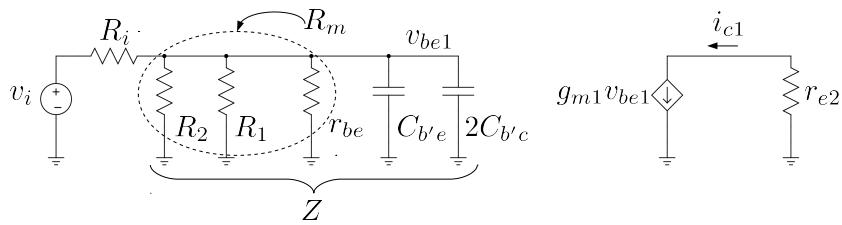
$$(1.108) \quad \omega_H = \frac{\frac{R_i}{R_m} + 1}{(C_{b'e} + 2C_{b'c}) R_i}$$

لکھتے ہوئے

$$(1.109) \quad G_m = \left(\frac{g_m}{\frac{R_i}{R_m} + 1} \right) \left(\frac{1}{j \frac{\omega}{\omega_H} + 1} \right)$$

حاصل ہوتا ہے۔

باب ۶۔ ایپلیفائر کا تعدادی رد عمل اور فلتر



شکل ۶.۵۰: کیکوڈ ایپلیفائر باریک اشاراتی تجزیے

شکل ۶.۲۹ 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 امنڑا ش

$$\begin{aligned} A_v &= \frac{v_o}{v_i} = \left(\frac{v_o}{i_{c2}} \right) \left(\frac{i_{c2}}{i_{c1}} \right) \left(\frac{i_{c1}}{v_i} \right) \\ &= \left(\frac{v_o}{i_{c2}} \right) \left(\frac{i_{c2}}{i_{c1}} \right) (G_m) \\ &= (-R_L) (1) (G_m) \end{aligned}$$

یعنی

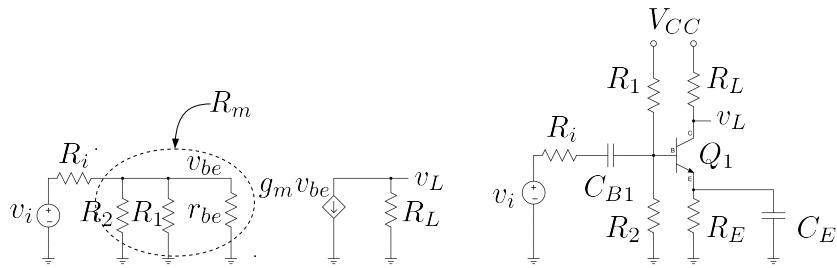
$$\begin{aligned} (6.110) \quad A_v &= - \left(\frac{g_m R_L}{\frac{R_i}{R_m} + 1} \right) \left(\frac{1}{j \frac{\omega}{\omega_H} + 1} \right) \\ &= A_{vD} \left(\frac{1}{j \frac{\omega}{\omega_H} + 1} \right) \end{aligned}$$

حاصل ہوتی ہے جہاں A_{vD} درمیانی تعداد پر امنڑا ش ہے جو

$$(6.111) \quad A_{vD} = - \left(\frac{g_m R_L}{\frac{R_i}{R_m} + 1} \right) = - \left(\frac{g_m R_L R_m}{R_i + R_m} \right)$$

کے برابر ہے۔ اس طرح کیکوڈ ایپلیفائر پوری برقی دباؤ کی امنڑا ش دیتے ہوئے بلند انتظاری تعداد کو بلند تر تعداد تک لے جاتا ہے۔ ω_H کو مزید

$$\begin{aligned} (6.112) \quad \omega_H &= \frac{R_i + R_m}{(C_{b'e} + 2C_{b'c}) R_i R_m} \\ &= \frac{1}{(C_{b'e} + 2C_{b'c}) \frac{R_i R_m}{R_i + R_m}} \end{aligned}$$



شکل ۲.۵: کیکوڈ ایمپلینیٹر کا مشترک کے یہٹھ

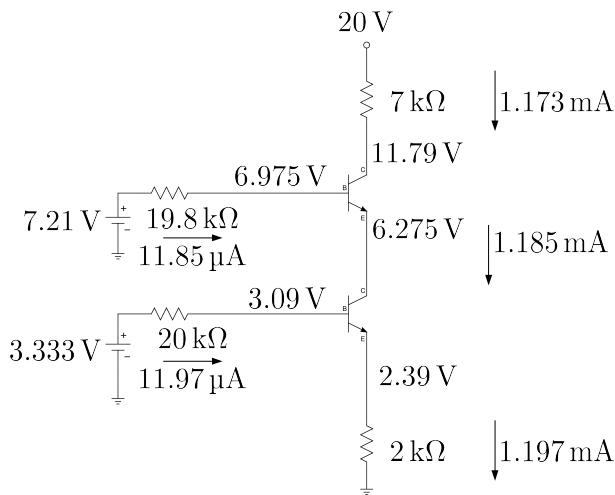
لہجہ جا سکتا ہے جہاں کپیسٹر $C_{b'e} + 2C_{b'c}$ کے متوالی کل مزاجت $R_i \parallel R_m$ دراصل متوالی جبڑے، R_1, R_i اور r_{be} کی کل مزاجت ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ کیکوڈ ایمپلینیٹر کی بلند اقطعائی تردود کو بھی $\frac{1}{RC}$ کی شکل میں لہجہ جا سکتا ہے جہاں C کل کپیسٹر اور R اس کے ساتھ متوالی جبڑی کی مزاجت ہے۔ شکل ۲.۶ اف میں مشترک یہٹھ ایمپلینیٹر ہے۔ اگر Q_2 کو دور سے نکال کر R_L کے گلگھر کے ساتھ جوڑا جائے تو شکل ۲.۵ میں دکھایا گیا مشترک یہٹھ ایمپلینیٹر حاصل ہو گا جس کا درمیانی تردود پر مساوی دور بھی اسی شکل میں دکھایا گیا ہے۔ آئیں زنجیری ضرب کی مدد سے شکل ۲.۶ کا $A_v = \frac{v_L}{v_i} = 50$ 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 تردود پر افسزاں ویہ ہے جو مشترک یہٹھ ایمپلینیٹر کی۔ کیکوڈ ایمپلینیٹر کی افادیت اس حقیقت میں ہے کہ اس کا بلند اقطعائی تردود کافی زیادہ تعداد پر پایا جاتا ہے۔

مثال ۲.۱۶: شکل ۲.۶ اف 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 ۲.۵۲: کیکوڈ ایپلیناٹر کے یک سمت متغیرات

یہیں۔ کیکوڈ ایپلیناٹر کے تمام یکمیتی متغیرات ہیکے ہیکے حاصل کریں۔

حل: شکل ۲.۵۲ میں اس کا یک سمت دور دکھایا گیا ہے جہاں Q_1 اور Q_2 کے بیس جناب مسئلہ قوونی سے حاصل مساوی ادوار نسبت کر دئے گئے ہیں۔
کابری رو سیدھا سیدھا یوں حاصل ہو جاتا ہے

$$(۱.۱۱۲) \quad I_{E1} = \frac{3.333 - 0.7}{\frac{20000}{99+1} + 2000} = 1.197 \text{ mA}$$

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 ۱۱۲.۲ کے طرز پر تب حاصل کیا جاسکتا ہے جب اس کے بیٹھ پر نسبت مزاجمت معلوم ہو۔ یہاں ایسا کوئی مزاجمت نظر نہیں آ رہا۔ یہاں طریقہ سوچ کچھ یہ ہے۔ چونکہ Q_1 کے

گلکٹر پر 1.185 mA پایا جاتا ہے لہذا I_{E2} کا میں 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 بغیر پر ہوں گے۔

$$V_{E1} = I_{E1}R_E = 1.197 \times 10^{-3} \times 2000 = 2.39 \text{ V}$$

پایا جائے گا۔ بیوں برقی دباؤ یوں بھی حاصل کیا جاتا ہے کہ یہ سب جناب 20 kΩ میں 11.97 μA گزرنے سے، فتاون اور ہم کے تحت، مسازہت پر 0.24 V برقی دباؤ پیدا ہو گا یوں

$$V_{B1} = V_{E1} + V_{BE1} = 2.39 + 0.7 = 3.09 \text{ V}$$

اسی طریقے سے Q_2 کے سب 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 زیاد 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 جدائی 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 ہوئے۔

مثال ۲.۱۷: مثال ۲.۶ میں دئے معلومات کو استعمال کرتے ہوئے کسیکوڈ ایکلپینیٹر کی درمیانی تعداد پر امنڑا ش A_v اور بلند اقطعی تعداد f_H حاصل کریں۔
حل: Q_1 کا یک سمت بر قدر I_{C1}

$$V_{BB} = \frac{24000 \times 20}{24000 + 120000} = 3.333 \text{ V}$$

$$R_B = \frac{24000 \times 120000}{24000 + 120000} = 20 \text{ k}\Omega$$

$$I_{C1} \approx I_{E1} = \frac{3.333 - 0.7}{\frac{20000}{99+1} + 2000} = 1.197 \text{ mA}$$

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 امنڑا ش مساوات ۲.۱۱ کی مدد سے حاصل کرتے ہیں جس میں R_m در کار ہو گائیج نی

$$\begin{aligned} \frac{1}{R_m} &= \frac{1}{120000} + \frac{1}{24000} + \frac{1}{2067} \\ R_m &= 1873 \Omega \end{aligned}$$

جسے استعمال کرتے ہوئے

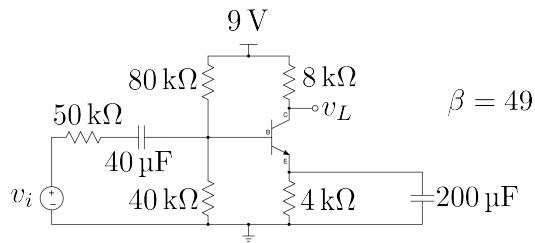
$$A_{vD} = \frac{-0.04788 \times 7000 \times 1873}{100 + 1873} = -318 \text{ V V}^{-1}$$

اور مساوات ۲.۱۱ کی مدد سے

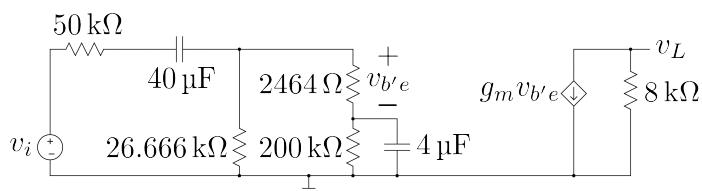
$$\omega_H = \frac{1}{(30 \times 10^{-12} + 2 \times 3 \times 10^{-12}) \left(\frac{100 \times 1873}{100 + 1873} \right)} = 293 \text{ Mrad s}^{-1}$$

$$f_H = \frac{293000000}{2\pi} = 46.6 \text{ MHz}$$

حاصل ہوتا ہے۔



شکل ۶.۵۳: مشترک-بیٹر کا مکمل تعدادی رد عمل



شکل ۶.۵۴: مشترک-بیٹر کا مکمل تعدادی رد پر مساوی دور

اب تک اس باب میں ہم پست انتظامی تعداد، بلند انتظامی تعداد اور درمیانی تعداد پر افزائش کی مثالیں دیکھتے رہے ہیں۔ آئیں ان تینوں کو بیکارتے ہوئے اس کا بڑا خط حاصل کریں۔

مثال ۶.۱۸: شکل ۶.۵۳ میں ٹرانزستر کا 200 MHz $f_T = 2 \text{ pF}$ اور $C_{b'c} = 2 \text{ pF}$ ہے۔ اس ایپلینیائز کی پست اور بلند انتظامی تعداد حاصل کریں۔ درمیانی تعداد پر افزائش حاصل کرتے ہوئے افزائش کے حقیقت کا مکمل بوداخط کھینچیں۔

حل: یک سمت تجزیے سے $V_{BB} = 3 \text{ V}$ اور $R_B = 26.666 \Omega$ حاصل ہوتے ہیں جس سے $I_C = 0.507 \text{ mA}$ مساوات ۶.۲۷ کی مدد سے f_T کو استعمال کرتے ہوئے $C_{b'e} = 2500 \Omega$ اور $r_e = 50 \Omega$ ، $g_m = 0.02 \text{ S}$ اور $r_{b'e} = 2500 \Omega$ یوں حاصل ہوتے ہیں۔

$$C_{b'e} = \frac{g_m}{2\pi f_T} - C_{b'c} = \frac{0.02}{2\pi \times 200 \times 10^6} - 2 \times 10^{-12} = 14 \text{ pF}$$

شکل ۶.۵۴ میں کم تعداد پر مساوی دور دکھایا گیا ہے جبکہ $R_E = (\beta + 1) R_L$

باب ۲۔ ایپلیٹر کا تعدادی رد عمل اور فلتر

استعمال کئے گئے۔ ٹرانزسٹر کے اندر ون کپیٹروں 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 $f_L = 40 \mu\text{F}$ کے کپیٹر 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 ۲.۵۵ میں زیادہ تعداد پر مساوی دور دکھایا گیا ہے جس میں بیرونی کپیٹروں کو قصر دور تصور کیا گیا ہے۔ شکل میں

$$C_M = (1 + 0.02 \times 8000) 2 \times 10^{-12} = 322 \text{ pF}$$

لیتے ہوئے کل کپیٹر $C_{b'e} + C_M = 336 \text{ pF}$ استعمال کیا گیا ہے۔ کپیٹر کے متوازی کل مزاحمت کو R کہتے ہوئے

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{50000} + \frac{1}{26666} + \frac{1}{2464}$$

$$R = 2158 \Omega$$

حاصل ہوتا ہے۔ یوں بلت انتظامی تعداد f_H

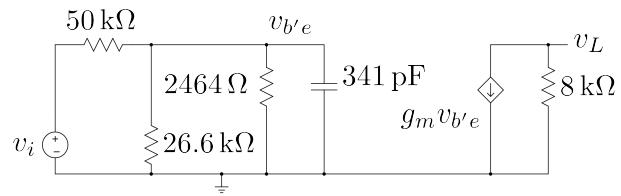
$$f_H = \frac{1}{2\pi RC} = \frac{1}{2\pi \times 2158 \times 336 \times 10^{-12}} = 219 \text{ kHz}$$

حاصل ہوتا ہے۔

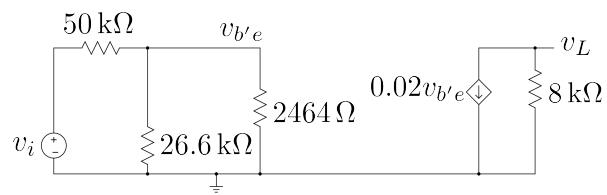
درمیانی تعداد پر شکل ۲.۶ حاصل ہوتا ہے جس میں متوازی حصے $26.666 \text{ k}\Omega$ اور $2.464 \text{ k}\Omega$ کی کل مزاحمت کو $2.255 \text{ k}\Omega$ لیتے ہوئے

$$A_v = \frac{v_L}{v_i} = -8000 \times 0.02 \times \frac{2255}{2255 + 50000} = -6.9 \text{ V V}^{-1}$$

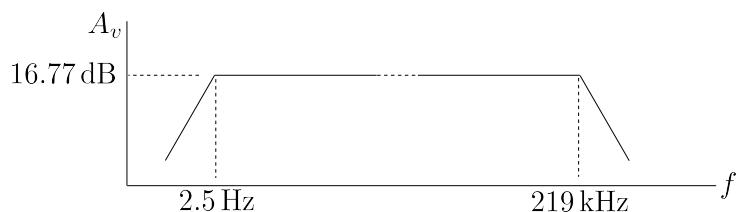
حاصل ہوتا ہے۔ ان تمام معلومات کو شکل ۲.۶ کے بوڈنگ میں دکھایا گیا ہے۔



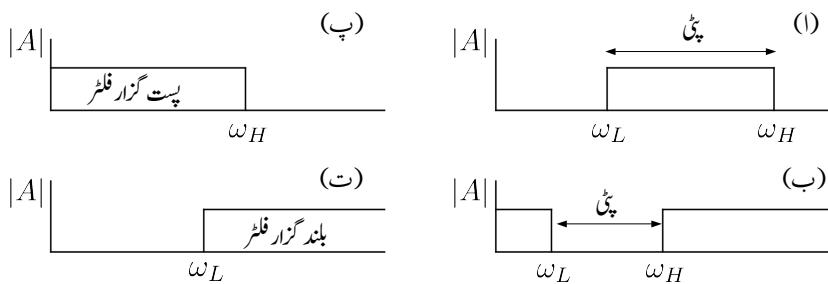
شکل ۶.۵۵: مشترک-لینئٹر کا زیادہ تعداد پر مساوی دور



شکل ۶.۵۶: مشترک-لینئٹر کا درمیانی تعداد پر مساوی دور



شکل ۶.۵۷: مشترک-لینئٹر 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 کوہئی گزار فلٹر^{۱۷۲} یا ہئی گزار فلٹر^{۱۷۳} کا چھلنے کہتے ہیں۔ اس کے بر عکس ایک ایسا دور جو کسی حنصال سدود کے درمیان تعداد رکھنے والے اشارات کو روک دے اور انہیں گزرنے نہ دے کوہئی روک فلٹر^{۱۷۴} یا ہئی روک فلٹر کا چھلنے کہتے ہیں۔ شکل ۶.۵۸.۲ میں پی گزار فلٹر، شکل ب میں پی روک فلٹر، شکل پ میں پست گزار فلٹر جبکہ شکل ت میں بلند گزار فلٹر کی افسزاں بال مقابل تعداد کے خط دکھائے گئے ہیں۔ حقیقت میں ایسے کامل فلٹر نہیں پائے جاتے اور حقیقی پست گزار فلٹر_{ω_H} کے وتر بلند تعداد کے اشارات کو بھی گزارتا ہے۔ فلٹر ایسے تبلیوں سے حاصل کیا جاتا ہے جس کا خط شکل ۶.۵۸.۶ کے قدر ہے۔

حابی ایپلیگاڑ استعمال کرتے ہوئے ہر قسم کے فلٹر تخلیق دے جاتے ہیں۔ ایسے فلٹر دونوں میں بڑی ورثتے فلٹر کا اپنا ایک متمام 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 غیرہ، تسلیم کے ضریب ہیں۔ جنہیں n کی صورت میں لیتی جائیں گے۔ میں میں $n = 2, 4, 6, \dots$ کی صورت میں $\left(s^2 + 2\zeta_m \omega_m s + \omega_m^2 \right)$ میں

band pass filter^{۱۷۲}
band stop filter^{۱۷۳}

طرز کے $\frac{n}{2}$ دورجی کلیات کو آپس میں ضرب دیتے ہوئے ای 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 ζ_m اور ω_m دورجی کلیات کے مستقل ہیں۔ ζ کو تصریح کر سکتے ہیں اور ω کو غیر تصریح کر سکتے ہیں۔ مثلاً $\zeta_m = \frac{n-1}{2}$ اور $\omega_m = \sqrt{s^2 + 2\zeta_m\omega_m s + \omega_m^2}$ کی صورت میں ہے۔ طبق $n=1, 3, 5, \dots$ میں $(s^2 + 2\zeta_m\omega_m s + \omega_m^2)$ طرز کے ایک عدد $(s + \omega_0)$ کو آپس میں ضرب دیتے ہوئے ای تسلیم کو یوں لکھا جاسکتا ہے۔

$$(2.116) \quad (s + \omega_0)(s^2 + 2\zeta_1\omega_1 s + \omega_1^2)(s^2 + 2\zeta_2\omega_2 s + \omega_2^2) \dots$$

بہرورت تسلیم $B_n(s)$ میں مساوات ۲.۱۱۵ اور مساوات ۲.۱۱۶ میں تمام ω برابر ہوتے ہیں۔ ایک صورت میں تمام ζ اور ω_0 کو 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 n کے لئے ہے۔ آئین بہرورت تسلیم میں s کی وہ قیمتیں حاصل کریں جن پر $B_n(s)$ کی قیمت صدر ہو جاتی ہے۔ s کی یہ قیمتیں تسلیم کے صفر کے بلاتے ہیں۔

$s = -\omega_0$ کے لئے $s = -\omega_0$ حاصل ہوتا ہے۔ شکل ۲.۱۵۹ میں مذکور سطح پر اس نقطے کو دکھایا گیا ہے۔ مذکور سطح کے افقی محور پر حقیقی اعداد جبکہ اس کے عمودی محور پر خیالی اعداد اپائے جاتے ہیں۔ یہ $j\omega$ کے لئے ہوتے ہیں کوافقی جبکہ σ کو عمودی محور پر رکھا جائے گا۔ دوسری کلیات

$$(2.118) \quad s^2 + 2\zeta_m\omega_0 s + \omega_0^2 = 0$$

$$(2.119) \quad s_1 = s_m = -\zeta_m\omega_0 + j\omega_0\sqrt{1 - \zeta_m^2}$$

$$s_2 = s_m^* = -\zeta_m\omega_0 - j\omega_0\sqrt{1 - \zeta_m^2}$$

damping constant ζ
undamped natural frequency ω_0
Butterworth
zeros
complex plane

باب ۲۔ ایک پلیگانر کا تعددی رد عمل اور فلتر

صفہ حاصل ہوتے ہیں۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ کسی بھی دو درجی لکایے سے دو صفر حاصل ہوتے ہیں جو $j\beta \mp \alpha$ کے طرز کے ہوتے ہیں۔ اسی لئے انہیں s_m^* اور s_m لکھا گیا ہے۔ شکل ۵۹.۶ ب میں ان صفروں کو دکھایا گیا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ دونوں صفر عمودی محور کے بائیں جانب پائے جاتے ہیں۔ ایک صفر افقی محور کے اوپر جانب جبکہ دوسرا صفر محور کے نیچے جانب پایا جاتا ہے۔ دونوں افقی محور سے برابر فناصلے پر پائے جاتے ہیں۔ یہ عمومی نتائج ہیں۔

s_m^* اور s_m کی حقیقت

$$(2.120) \quad |s_m| = |s_m^*| = \omega_0$$

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 ۵۹.۶ ب میں نقطہ s_m سے نقطہ s_m^* تک کافی صد $|s_m|$ میں اس کی حقیقت دکھلاتا ہے۔ اس شکل میں زاویہ $\angle \theta_m$ دکھایا گیا ہے۔ شکل کو دیکھتے ہوئے

$$(2.123) \quad \cos \theta_m = \frac{\zeta_m \omega_0}{\omega_0} = \zeta_m$$

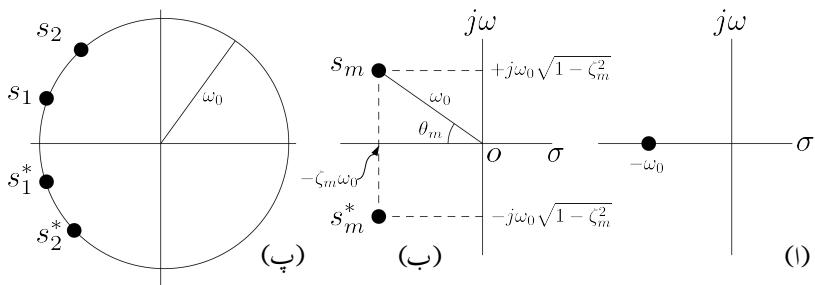
لکھا جا سکتا ہے۔

سادا ۲۱۲.۲ کے تحت تمام صفروں کی حقیقت ω_0 کے برابر ہے۔ یوں مختلط سطح پر تمام صفر ω_0 ردا اس کے دائرے پر پائے جائیں گے۔ اس حقیقت کو شکل ۵۹.۶ پ میں دکھایا گیا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ s_1 اور s_1^* اپس میں افقی محور کے الٹے جانب برابر فناصلے پر ہیں۔ یعنی کچھ s_2 اور s_2^* کے لئے بھی درست ہے۔ بشرطی تسلیم کے تمام صفر اسی دائرے پر عمودی محور کے بائیں جانب پائے جائیں گے۔

بشرطی تسلیم کے 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 سادا ۲۱۸.۶ میں $1 = \omega_0$ رکھا جاتا تو شکل ۵۹.۶ پ میں دائرے کاردا اس ایک کے برابر ہوتا جبکہ سادا ۲۱۲۳.۶ بھی درست ثابت ہوتا۔ اکالی ردا اس کے اس دائرے کو بشرطی دائرة^{۳۰} کہا جائے گا۔



شکل ۶.۵۹: مختلط سطح پر بہرورت تسلیم کے صفر

بہرورت فلٹر کا عسمی کمی

$$(6.123) \quad A(s) = \frac{A_0}{B_n(s)}$$

ہے۔ اس مساوات کی حقیقتی نہایت سادہ شکل رکھتی ہے۔

$$(6.125) \quad |A(s)| = \frac{|A_0|}{\sqrt{1 + \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^{2n}}}$$

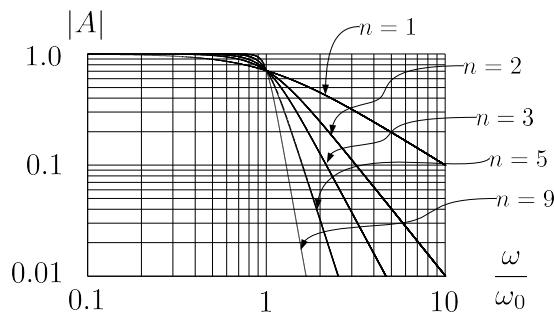
$|A(s)| = |A_0| \sqrt{1 + \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^{2n}}$ کے خط کو n کی مختلف قیتوں کے لئے شکل ۶.۲۰ میں کھینچا گیا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ n کی تمام قیتوں کے لئے $|A|$ کی قیمت ω_0 تک درج 3 dB پر گھٹ جاتی ہے۔ ساتھ یہ حقیقت بھی واضح ہے کہ n کی قیمت بڑھنے سے شکل ۶.۲۰ کی صورت شکل ۶.۵۸ پر کے متریب تر ہوتی جاتی ہے۔

ω_0 کی صورت میں بہرورت کے تسلیم کو جدول ۶.۱ میں پیش کیا گیا ہے۔ طاق n کی صورت میں بہرورت تسلیم میں $(s + 1)$ ضرور پایا جاتا ہے جبکہ جفت n کی صورت میں صرف دو ریجی اجزاء 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 و سے پست گزار چھلنی

جدول ۲.۱: بہتر و سے تسلیم

n	$B_n(s)$
1	$(s + 1)$
2	$(s^2 + 1.414s + 1)$
3	$(s + 1)(s^2 + s + 1)$
4	$(s^2 + 0.765s + 1)(s^2 + 1.848s + 1)$
5	$(s + 1)(s^2 + 0.618s + 1)(s^2 + 1.618s + 1)$
6	$(s^2 + 0.518s + 1)(s^2 + 1.414s + 1)(s^2 + 1.932s + 1)$

دیا گیا ہے۔ $s = j\omega$ استعمال کرتے ہوئے

$$\begin{aligned} B_2(s) &= (j\omega)^2 + 1.414j\omega + 1 \\ &= -\omega^2 + 1.414j\omega + 1 \\ &= 1 - \omega^2 + j1.414\omega \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے جس سے

$$\begin{aligned} |B_2(s)| &= \sqrt{(1 - \omega^2)^2 + (1.414\omega)^2} \\ &= \sqrt{1 + \omega^4 - 2\omega^2 + 2\omega^2} \\ &= \sqrt{1 + \omega^4} \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے۔

بُشروعت تسل میں ۱ = ω_0 لیتے ہوئے دوسری اجسام کو $(s^2 + 2\zeta s + 1)$ لکھا جا سکتا ہے جہاں ζ کو بُشروعت دائرے سے حاصل کیا جا سکتا ہے۔ شکل ۶.۱۶ 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 $/aoa'$ / ہیخچا جاتا ہے جہاں یہ زاویہ $\frac{\pi}{n}$ کے برائے ہوتا ہے۔ یوں ۲ = n کی صورت میں اس دائرے پر $\frac{\pi}{2}$ یعنی 90° کا زاویہ کو یوں ہیخچا جائے گا۔ اس زاویے کو یوں ہیخچا جاتا ہے کہ $a'oo'$ / $a'oo'$ کو θ لکھتے ہوئے چ کو اف میں ایسا کیا گیا ہے۔ $a'oo'$ کو θ لکھتے ہوئے چ کو

(۶.۱۲۶)

$$\zeta = \cos \theta$$

سے حاصل کیا جاتا ہے۔ یوں ۲ = n کی صورت میں

$$\zeta = \cos 45 = 0.7071$$

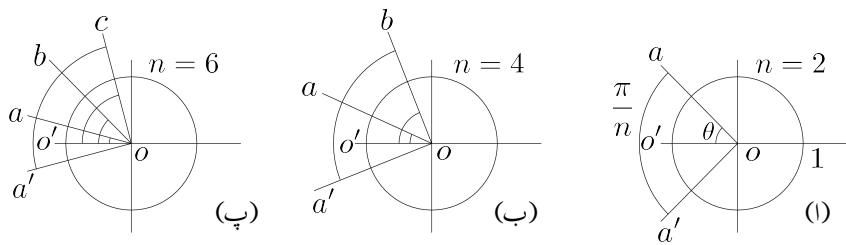
حاصل ہوتا ہے اور بُشروعت کی

$$s^2 + 2\zeta s + 1 = s^2 + 1.4142s + 1$$

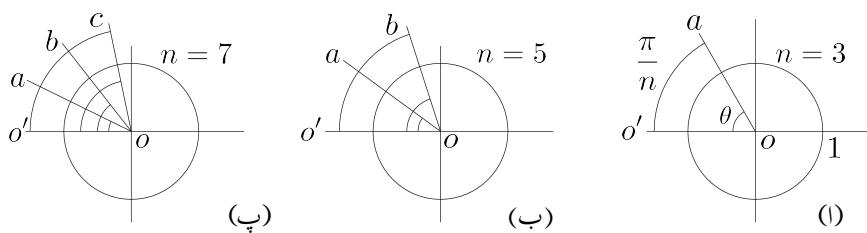
صورت اختیار کر لیا جو جدول ۶.۱ کے عین مطابق ہے۔
شکل ۶.۱۶ میں 45° یوں $n = 4$ کی صورت میں $/aoa'$ = $\frac{\pi}{4}$ = 45° ہے۔ $a'oo'$ = $/a'oo'$ ہو گا جہاں $/aoa'$ کے گے ہیں۔ $n = 4$ کی صورت میں بُشروعت کیلئے میں دوسری اجسام دو مرتب پائے جاتے ہیں۔ یوں ایک اضافی زاویہ $/aob$ = 45° ہی خیچا جاتا ہے۔ یوں

$$\theta_1 = /aoo' = 22.5^\circ$$

$$\theta_2 = /boo' = 67.5^\circ$$



شکل ۶.۲۱: جفت بسٹرورست دائرہ



شکل ۶.۲۲: طاق بسٹرورست دائرہ

ہوں گے جن سے

$$\zeta_1 = \cos 22.5 = 0.9239$$

$$\zeta_2 = \cos 67.5 = 0.3827$$

حاصل ہوتے ہیں اپنے بسٹرورست کلیہ

$$(s^2 + 2 \times 0.9239 \times s + 1) (s^2 + 2 \times 0.3827s + 1)$$

یعنی

$$(s^2 + 1.848s + 1) (s^2 + 0.765s + 1)$$

ہو گا۔ شکل ۶.۲۱ میں طاق n کی صورت میں θ کا حصول کیا گیا ہے۔ شکل افے میں $n = 3$ کے لئے حل کیا گیا ہے جیسا $\angle aoo'$ کا رادیس $\frac{\pi}{n}$ یعنی 60° کا چینپا گیا ہے۔ $\angle aoo' = \theta$ یہیتے ہوئے

$$\zeta = \cos 60 = 0.5$$

حاصل ہوتا ہے۔ طاق بُشروعت کیے میں $(s + 1)$ کا اضافی جزو پایا 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

$$(s + 1) \left(s^2 + s + 1 \right)$$

وگ n = 5 کی صورت میں $\frac{\pi}{5}$ کی چھتے کے بعد $\angle aoo' = 36^\circ$ کی چھتے کے بعد $\angle boo' = 36^\circ$ کی چھتے کے بعد $\angle aoo' = \angle boo'$

$$\theta_1 = \angle aoo'$$

$$\theta_2 = \angle boo'$$

جدول ۲.۱ میں $\omega_0 \neq 1$ کیتے ہوئے رتبے اول بُشروعت فلٹر کے کلیے کو ہوں گے۔

$$(2.127) \quad \frac{A(s)}{A_0} = \frac{1}{\left(\frac{s}{\omega_0}\right) + 1}$$

جبکہ دور تی بُشروعت فلٹر کے کلیے 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

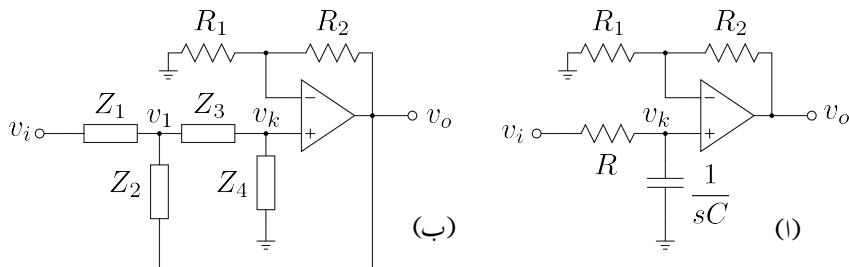
شکل ۲۳.۶ اف میں رتبے اول پست گزار بُشروعت فلٹر دکھایا گیا ہے۔ اس کو دیکھتے ہوئے

$$v_k = \left(\frac{\frac{1}{sC}}{R + \frac{1}{sC}} \right) v_i = \frac{v_i}{sRC + 1}$$

$$v_o = \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) v_k$$

لکھا جاسکتا ہے جس سے

$$A(s) = \frac{v_o}{v_i} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) \left(\frac{1}{sRC + 1} \right)$$



شکل ۲.۲۳: بہتر ورستے فلٹر

حاصل ہوتا ہے۔ اس میں

$$(2.129) \quad \omega_0 = \frac{1}{RC}$$

$$A_0 = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

لکھتے ہوئے

$$\frac{A(s)}{A_0} = \frac{1}{\left(\frac{s}{\omega_0}\right) + 1}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اس کا مساوات ۲.۱۲ کے ساتھ سے موازنے کریں جو یک رتبی بہتر ورستے فلٹر کی مساوات ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ شکل ۲.۳.۶ الف یک رتبی بہتر ورستے فلٹر ہے۔ R اور C کی جگہ میں آپس میں تبدیل کرنے سے یک رتبی بلند گزار بہتر ورستے فلٹر حاصل ہوتا ہے۔ یک رتبی بہتر ورستے فلٹر میں A_0 کی قیمت کچھ بھی جبکہ اس کو استعمال کرتے ہوئے اشارہ بڑھایا جاتا ہے۔ آئیں شکل ۲.۳.۶ ب میں دئے دو رتبی بہتر ورستے فلٹر کو حل کریں۔ جوڑ ۱ پر کرخونے کے متاثر برائے برقی رد کی مدد سے

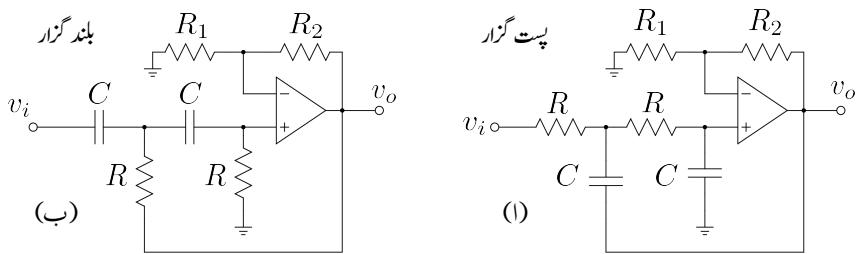
$$\frac{v_1 - v_i}{Z_1} + \frac{v_1}{Z_3 + Z_4} + \frac{v_1 - v_o}{Z_2} = 0$$

لکھ جاسکتا ہے جبکہ کرخونے کے متاثر برائے برقی رد کی 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 پت 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۔ پت گزار فلٹر کی صورت میں Z_1 اور Z_3 مزاحمت جبکہ Z_2 اور Z_4 کمیٹ ہوتے ہیں۔ ایسا دو شکل ۶.۲۳.۱ کے میں دکھایا گیا ہے۔ اس کے عکس بلند گزار فلٹر میں Z_1 اور Z_3 کمیٹ جبکہ Z_2 اور Z_4 مزاحمت ہوتے ہیں۔ شکل ۶.۲۳.۲ ب میں بلند گزار فلٹر دکھایا گیا ہے۔

شکل ۶.۲۳.۲ کے لئے مساوات ۶.۱۳۰ کے ادراج ذیل دیتی ہے۔

$$(6.131) \quad A(s) = \frac{A_0 \left(\frac{1}{RC} \right)^2}{s^2 + \left(\frac{3-A_0}{RC} \right) s + \left(\frac{1}{RC} \right)^2}$$

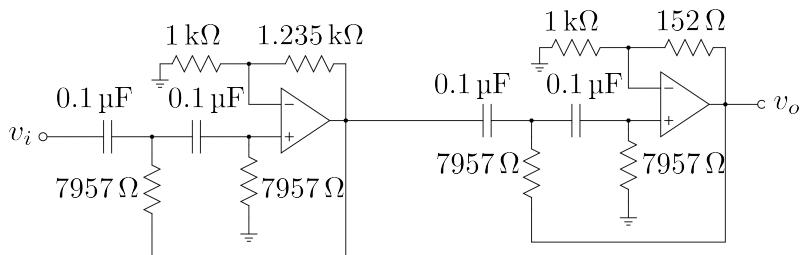
مساوات ۶.۱۳۱ کا مساوات ۶.۱۲۸ کے ساتھ موازن کرتے ہوئے

$$(6.132) \quad \omega_0 = \frac{1}{RC}$$

$$A_0 = 3 - 2\zeta$$

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 پت 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 ۶.۲۳.۲ کے طرز کے $\frac{n}{2}$ کڑیاں استعمال کرتے ہوئے زنجیری ایپلیکیشن بنایا جاتا ہے۔ جدول ۶.۱ کے مطلوب دوربی کلیات کے حاصل کے جواب تے ہیں۔ ہر جی کے لئے ایک کڑی تحلیق دی جاتی ہے۔ طبق n کی صورت میں شکل ۶.۲۳.۲ کے طرز پر $\frac{n-1}{2}$ کڑیوں کے علاوہ شکل ۶.۲۳.۲ کے طرز پر اضافی کڑی بھی استعمال کی جاتی ہے۔ اگرچہ یہ ضروری نہیں کہ تمام کڑیوں میں بالکل یکسان قیمتوں کے مزاحمت 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 ۶.۲۶ طرز کے دو کڑیاں زخیری شکل میں جوڑ کر چپارتبی بلندگزار فلٹر حاصل ہو گا۔ جب دل ۱.۶ سے چپارتبی فلٹر کے

$$\zeta_1 = \frac{0.765}{2} = 0.3825$$

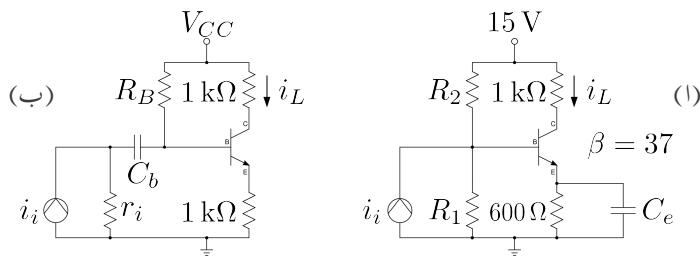
$$\zeta_2 = \frac{1.848}{2} = 0.924$$

حاصل ہوتے ہیں۔ اس طرح مساوات ۶.۳۲.۶ 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 تو دوسری مزاہت $R_2 = 1.235 \text{ k}\Omega$ ہو گا۔ اسی طرح دوسری کڑی کے لئے اگر پہلی مزاہت $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$ رکھا جائے تو دوسری مزاہت $R_2 = 152 \Omega$ رکھنا ہو گا۔ اسی طرح $f_L = 200 \text{ Hz}$ حاصل کرنے کی حق طریقہ اگر $C = 0.1 \mu\text{F}$ رکھا جائے تو مساوات ۶.۳۲.۶ 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 جاتا ہے۔
سوال ۶.۱: شکل ۶.۲۶ الف میں

- R_2 اور R_1 کی ایسی قیمتیں حاصل کریں کہ i_L کا جیٹ 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 تھی قیمت کا بوداخط کھینچیں۔ $A_i = \frac{i_L}{i_i}$

جوابات: $R_2 = R_1 = 3.26 \text{ k}\Omega, V_{BB} = 4.5 \text{ V}, R_B = 2.2 \text{ k}\Omega, I_{CQ} = 5.77 \text{ mA}, C_e = 548 \mu\text{F}, r_e = 4.3 \Omega, 7.6 \text{ k}\Omega$

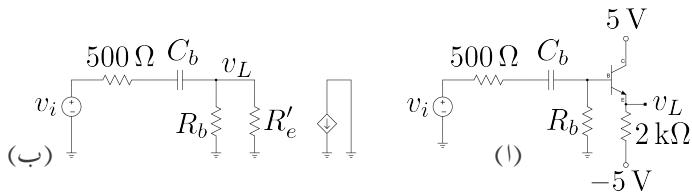
$$A_i = \left(\frac{\beta R_B}{R_B + r_{be}} \right) \frac{s + \frac{1}{R_E C_E}}{s + \frac{R_B + r_{be} + \beta R_E}{R_E C_E (R_B + r_{be})}} = 34.5 \left(\frac{s + 3.04}{s + 31.66} \right)$$

سوال ۶.۲: شکل ۶.۲ بے میں $\beta = 137$ اور $r_i = 40 \text{ k}\Omega, R_B = 200 \text{ k}\Omega$ 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 تھی قیمت کا بوداخط کھینچیں۔

جوابات: $R_B \parallel (r_{be} + r_e)$ کو نظر راند از کرتے ہوئے $C_b = 21.8 \text{ nF}$ حاصل ہوتا ہے۔ 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 ۶.۲ الف میں $I_{CQ} = 2 \text{ mA}$ کی ایسی قیمت حاصل کریں کہ R_b کی لیتی ہوئے $\beta = 70$ ۔ پست انتقالی تعدد کو 10 Hz پر رکھنے کی خاطر درکار C_b حاصل کریں۔



شکل ۶.۲۷

جوابات: شکل ب میں باریک اس ترتیب میں مداری دردھایا گیا ہے جس کو $\beta + 1$ سے ضرب دیتے ہوئے ٹرانزistor کے یہ س حبانے مقتول کر کے R'_e کہا گیا ہے۔ اس شکل کو دیکھتے ہی ω لکھا جا سکتا ہے جس سے $C_b = 1.529 \mu\text{F}$ حاصل ہوتا ہے۔

سوال ۶.۳: شکل ۶.۶ ب میں R_e کے متوازی $100 \mu\text{F}$ کپیسٹر نسب کرتے ہوئے $\frac{i_L}{i_i}$ کے حقیقی قیمت کا بڑا خط کچھیں۔ $V_{CC} = 10 \text{ V}$ اور $\beta = 99$ ، $R_B = 400 \text{ k}\Omega$ ، $r_i = 200 \text{ k}\Omega$ ، $C_b = 10 \mu\text{F}$ ہیں۔

جواب:

$$A_i = \frac{-158s \left(1 + \frac{s}{10}\right)}{\left(1 + \frac{s}{0.355}\right) \left(1 + \frac{s}{17.65}\right)}$$

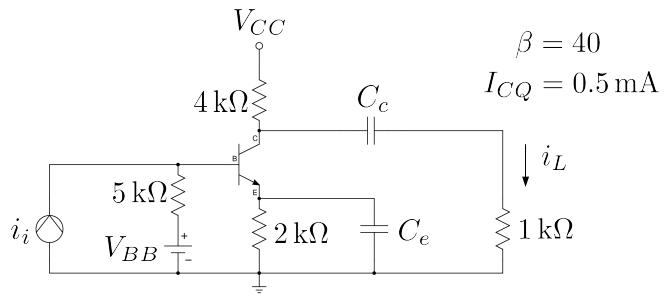
سوال ۶.۵: شکل ۶.۸.۶ میں

$$A_i = \frac{i_L}{i_i} \cdot r_{be}$$

- دوں کپیسٹروں کی وہ قیمتیں دریافت کریں جن پر A_i کے دونوں قطب 10 rad/s پر پائے جائیں۔

- افزار اش A_i کے حقیقی قیمت کا بڑا خط کچھیں۔

جوابات:



شکل ۲.۱۸

$$A_i = \frac{-R_c r_i \beta}{(R_c + R_L)(r_i + r_{be})} \frac{s(s + w_s)}{(s + w_{q1})(s + w_{q2})}$$

$$w_s = \frac{1}{R_e C_e}$$

$$w_{q1} = \frac{1}{(R_c + R_L) C_c}$$

$$w_{q2} = \frac{1}{\left[Re \parallel \left(\frac{r_i + r_{be}}{\beta + 1} \right) \right] C_e}$$

$$r_{be} = \frac{\beta V_T}{I_{CQ}}$$

$$C_e = 636 \mu F, C_c = 20 \mu F$$

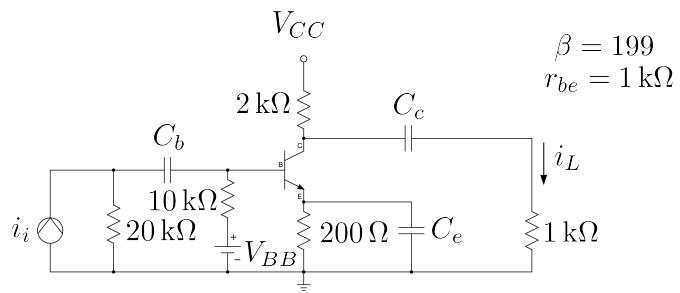
سوال ۲.۶: شکل ۲.۹.۶ میں پست اقطائی تعدد 200 rad/s کو مثال ۲.۶ کے طرز پر حاصل کریں۔ بقایاد نوں کمیٹروں کے قطب s 5 rad/s پر رکھتے ہوئے ان کی بھی تیمتیں حاصل کریں۔ درمیانی تعدد پر افزاش حاصل کریں۔

$$\text{جواب: } -138 A A^{-1}, 7.1 \mu F, 66.6 \mu F, 155 \mu F$$

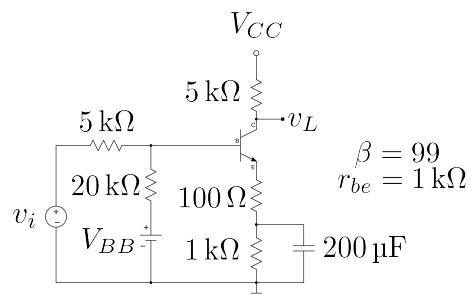
سوال ۲.۷: شکل ۲.۰.۷ میں $A_v = \frac{v_L}{v_i}$ حاصل کریں۔

$$\text{جواب: } A_v = \frac{-26.4(s+5)}{s+38.55}$$

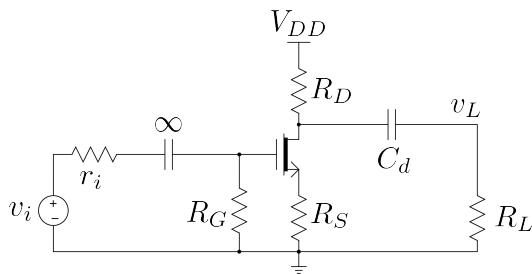
سوال ۲.۸: شکل ۲.۱.۷ میں $A_v = \frac{v_L}{v_i}$ حاصل کرتے ہوئے پست اقطائی تعدد ω_L کی مسافت $g_m = 4 mS$ ، $r_o = 10 k\Omega$ ، $R_L = 100 k\Omega$ ، $R_D = 4.7 k\Omega$ ، $R_S = 1 k\Omega$ حاصل کریں۔



شکل ۲.۶۹



شکل ۲.۷۰



شکل ۶.۲۷

لیتے ہوئے ڈرین کپیسٹر C_d کی وہ قیمت 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 لامحمد و کپیسٹر نسبت کرتے ہوئے سوال ۶.۸ کو دوبارہ حاصل کریں۔
جوابات: $C_d = 77 \text{ nF}$

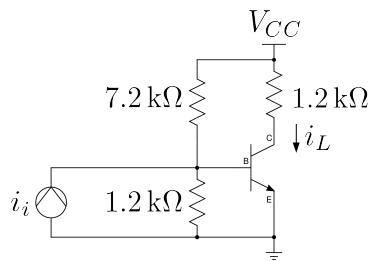
$$\omega_L = \frac{1}{C_d (R_L + R_D \parallel r_o)}$$

مندرجہ بالا دونوں سوالات کے نتائج کا مشال ۶.۹ میں حاصل C_s کے ساتھ موازن کرتے ہوئے آپ دیکھ سکتے ہیں کہ کسی بھی پست اقطاعی تعدد کے حصول کے لئے درکار ٹرانزسٹر کی طرح مافیٹ کا بھی سورس کپیسٹر زیادہ قیمت رکھتا ہے۔

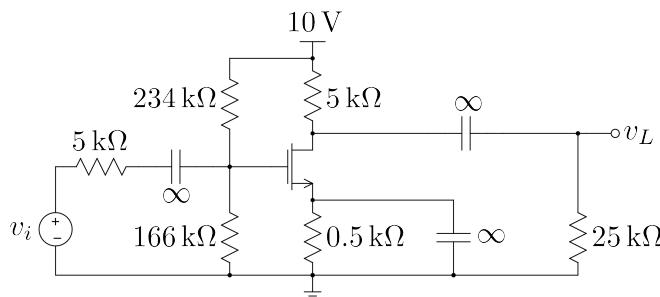
سوال ۶.۱۰: شکل ۶.۷ میں $\frac{i_L}{i_t} = 34 \text{ dB}$ اور بلند اقطاعی تعدد 1.2 MHz ناپاہناتا ہے۔ یہ سمت بر قدر $C_{b'e}$ کو صفر تصور کرتے ہوئے $I_{CQ} = 2 \text{ mA}$ اور $r_{bb'} = r_{b'e} = f_T = \beta = 129$ اور $r_e = 12.5 \Omega$ ، $g_m = 0.08 \text{ S}$ ، $C_{b'e} = 1625 \Omega$ ، $f_T = 155 \text{ MHz}$ ، $\beta = 129$ اور $r_e = 12.5 \Omega$ حاصل کریں۔

سوال ۶.۱۱: صفحہ ۶.۳۷ پر شکل ۶.۳۷ میں $R_2 = R'_L = R_C = 1.2 \text{ k}\Omega$ ، $R_S = R_1 = 12 \text{ k}\Omega$ ، $\beta = f_T = 200 \text{ MHz}$ ، $I_{CQ} = 10 \text{ mA}$ اور $r_{bb'} = 10 \mu\text{F}$ ، $R_E = 100 \Omega$ اور $C_{b'e} = 2 \text{ pF}$ میں درمیانی تعداد کی $A_{vD} = \frac{v_o}{v_s}$ اور $r_{bb'} = 0$ تصور کرتے ہوئے f_H حاصل کریں۔

سوال ۶.۱۲: $f_H = C_M = 1200 \text{ pF}$ ، $C_{b'e} = 318 \text{ pF}$ ، $R_{th} = 1 \text{ k}\Omega$ ، $r_{bb'} = 253 \Omega$ ، $g_m = 0.4 \text{ S}$ ، $A_{vD} = -5.9 \text{ VV}^{-1}$ ، 414 kHz میں درمیانی تعداد کی $I_{CQ} = 1 \text{ mA}$ اور $\beta = 25$ اور A_{vD} تصور کرتے ہوئے f_H اور دوبارہ حاصل کریں۔ بقایات معلوم جوں کے توں میں۔



شکل ۲.۷۲



شکل ۲.۷۳

جواب: R_{th} کو $r_{be} = 650 \Omega$ اور $C_M = 50 \text{ pF}$ اور $C_{be} = 32 \text{ pF}$ اور $g_m = 0.04 \text{ S}$ بہت کم ہیں لہذا f_H کے لئے مساوات ۲.۸۳ کیا جائے گا۔ یہ میں استعمال کیا جاتا ہے۔

$$A_{vD} = -1.47 \text{ V V}^{-1}$$

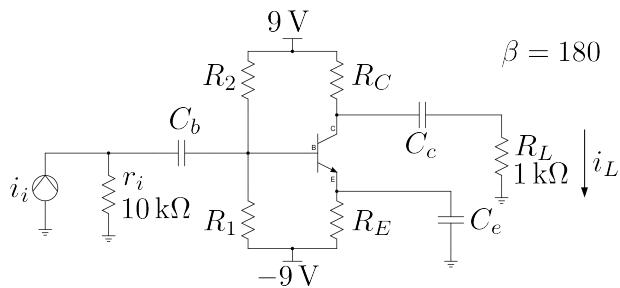
سوال ۲.۱۳: ایک مانیٹر جس کا $V_t = 1 \text{ V}$ اور $C_{gd} = 0.02 \text{ pF}$ اور $C_{gs} = 0.25 \text{ pF}$ اور $k_n = 1 \text{ mA V}^{-2}$ ہے۔ اس کی $f_T = 0.4 \text{ mA V}^{-2}$ میں $I_{DS} = 0.4 \text{ mA}$ کی حفاظتی اچلا جا رہا ہے۔ اس کی f_T کی حفاظتی کیا کریں۔

جواب: 333 MHz

سوال ۲.۱۴: شکل ۲.۷۳ میں $C_{gd} = 0.12 \text{ pF}$ اور $C_{gs} = 1.2 \text{ pF}$ اور $V_t = 2 \text{ V}$ اور $k_n = 1 \text{ mA V}^{-2}$ ہے۔ ملکی پیٹر، اور f_T کا A_v کا حفاظتی 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 ۲.۱۵: کمیکو ایکلیپس فارک تعددی کو شکل ۲.۹۶ میں دکھایا گیا ہے جس میں $V_{CC} = 15 \text{ V}$ اور $\beta = 149$ اور $R_E = 2.5 \text{ k}\Omega$ اور $R_1 = R'_1$ اور $I_{C1} = 0.5 \text{ mA}$ ہے۔ اس کی چنیں کہ R_2 اور R'_2 یہ چنیں کہ $V_{CE2} = 5 \text{ V}$ اور $V_{CE1} = 2 \text{ V}$ ہو۔ ان چنیں کو استعمال کرتے ہوئے درمیانی تعددی کی قیمت کیا ہے۔



شکل ۶.۲۷

پرافناش A_v حاصل کریں۔

سوال ۶.۱۶: شکل ۶.۲۷ میں داشتی اشارے کی مزاحمت $10 \text{ k}\Omega$ ہے۔ زیادہ سے زیادہ A_i حاصل کرنے کے لئے ضروری ہے کہ i_i کا زیادہ سے زیادہ حصہ ٹرانزسٹر کے بیس میں سے گزرتے۔ ای طرح حنابی جناب سے زیادہ i_L تب حاصل ہو گا جب $R_B = r_i$ اور $R_C \gg R_L$ رکھتے ہوئے تمام مزاحمت حاصل کریں۔ اور C_b کو ایسا چھین کر دوں تو $V_{CE} = 9 \text{ V}$ اور $R_C = 9R_E$ سے حاصل کونے 2 Hz پر پائے جائیں جبکہ C_e کو 20 Hz کے کونے کے لئے چھینیں۔ درمیانی تعدد پر افناش $A_i = \frac{i_L}{i_i}$ حاصل کریں۔

جوابات: $V_{BB} = 1.69 \text{ V}$, $I_C = 1.62 \text{ mA}$, $R_C = 5 \text{ k}\Omega$, $R_E = 556 \text{ }\Omega$, $R_B = 10 \text{ k}\Omega$, $A_i = -556$, $C_e = 198 \mu\text{F}$, $C_b = 15.9 \mu\text{F}$, $C_c = 13.3 \mu\text{F}$, $R_1 = 24.7 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 16.8 \text{ k}\Omega$, -96.4 AA^{-1}

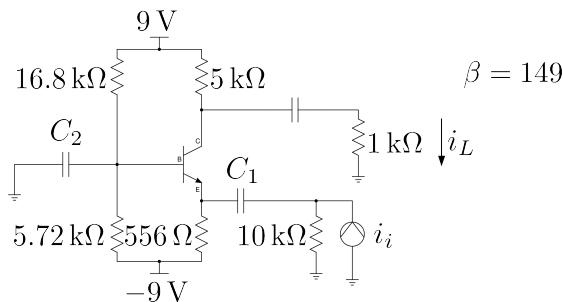
سوال ۶.۱۷: سوال ۶.۱۶ میں استعمال شدہ ٹرانزسٹر کا $C_{b'c} = 5 \text{ pF}$ اور $f_T = 250 \text{ MHz}$ ہے۔ بلند انقطعائی تعدد حاصل کرتے ہوئے مکمل پوڑاخط کھینچیں اور اس پر پست انقطعائی تعدد، بلند انقطعائی تعدد اور درمیانی تعدد کی افناش A_i و اخ طور پر دکھائیں۔ ایسا کرنے کی حاطر $A_r = \frac{v_L}{i_L} \times \frac{i_L}{i_i} = \frac{v_L}{i_i}$ یعنی $A_i R_L$ لکھ کر حاصل کریں۔

جوابات: $A_r = -96.4 \text{ kVA}^{-1}$, $f_H = 11.57 \text{ MHz}$, $C_{b'e} = 631 \text{ pF}$, $A_i = \frac{i_L}{i_i}$ حاصل کریں۔ ٹرانزسٹر کا $C_{b'c} = 5 \text{ pF}$ اور $f_T = 250 \text{ MHz}$ ہے۔ بلند انقطعائی تعدد پر A_i حاصل کریں۔ بیرولی کیسٹروں کی قیمت لامدد و تصور کریں۔

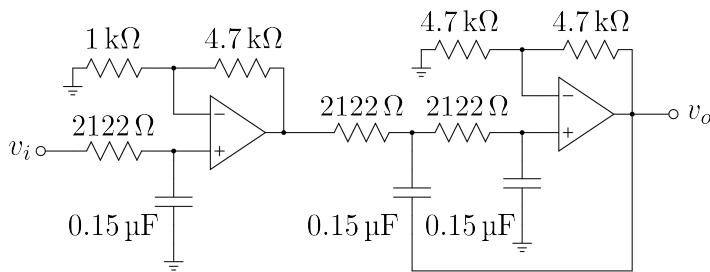
جوابات: $f_{Hbc} = 32 \text{ MHz}$, $f_{Hbe} = 46.7 \text{ MHz}$, $A_i = 0.833 \text{ AA}^{-1}$, $C_{b'c} = 636 \text{ pF}$ ہیں۔ یہ دونوں جوابات بہت قریب قریب ہیں تاہم $C_{b'c}$ سے پیدا 32 MHz کو بلند انقطعائی تعدد لے سکتے ہیں۔

سوال ۶.۱۹: شکل ۶.۲۱ کی مدد سے $n = 6$ کی صورت میں تینوں k حاصل کرتے ہوئے بسرورت کا یہ لکھیں۔
جواب: جدول ۶.۱ ا میں جوابات دے گئے ہیں۔

سوال ۶.۲۰: شکل ۶.۲۲ کی مدد سے $n = 7$ کی صورت میں تینوں k حاصل کرتے ہوئے بسرورت کا یہ لکھیں۔
جواب: جدول ۶.۱ ا میں جوابات دے گئے ہیں۔



شکل ۶.۷۵



شکل ۶.۷۶: بہرورت فلش کا سوال

سوال ۶.۲۱: مساوات ۱۳۰.۶ حاصل کریں۔

سوال ۶.۲۲: مساوات ۱۳۱.۶ حاصل کریں۔

سوال ۶.۲۳: $n = 4$ اور $n = 3$ کے لئے مساوات ۱۲۵.۶ اکمشال ۱۹.۲ کے طرز پر ثابت کریں۔

سوال ۶.۲۴: شکل ۶.۷ میں بہرورت فلش دکھایا گیا ہے۔ اس کی پھپان کرتے ہوئے اس کے مختلف

متغیرات حاصل کریں۔ جوابات: یہ تین رتبی $f_H = 500 \text{ Hz}$ کا پست گزار فلش ہے۔ پہلی کڑی 5.7 VV^{-1} کی افزائش بھی فناہم کرتی ہے۔

باب ۷

واپسی ادوار

عسوم نظام کے مستقبل کی کارکردگی اس کے موجودہ نتائج پر منحصر ہوتی ہے۔ ایسے نظام جو اپنی موجودہ کارکردگی کے نتائج کو دیکھتے ہوئے مستقبل کی کارروائی کا فیصلہ کرتے ہیں کو واپسی نظام آہماجبا گا۔

ان افی جسم از خود ایک واپسی نظام کی مثال ہے۔ میز پر پڑے فسلم کو اٹھاتے وقت آپ ہاتھ اس کی حبانب آگے بڑھاتے ہیں۔ آنھیں آپ کو بتالتی ہیں کہ ہاتھ اور فسلم کے مابین کتنا فاصلہ رہ گیا ہے۔ اس معلومات کو مد نظر رکھتے ہوئے آپ اپنے ہاتھ کو مسزید آگے بڑھاتے ہیں حتیٰ کہ آپ کا ہاتھ فسلم تک پہنچ جائے۔ اس پرے عمل میں ہر لمحے ہاتھ کے موجودہ معتم کی خبر آپ کو ملتی رہی جس کو مد نظر رکھتے ہوئے ہاتھ کے اگلے لمحے کی حرکت کا فیصلہ کیں گے۔ کسی بھی واپسی نظام میں موجودہ نتائج حاصل کرنے کے لیے سے زیادہ ذرائع ممکن ہیں۔ اگر ہاتھ کے حرکت کی دبادہ بات کی جبائے تو فسلم کو ایک مرتب دیکھنے کے بعد آپ آنھیں بند کر کے بھی فسلم کو اٹھ سکتے ہیں۔ ایسا کرنا یوں ممکن ہوتا ہے کہ بازو کا عصبانی 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 جائتوں میں تقسیم کیا جاتا ہے جنہیں جدول ۱.۷ میں دکھایا گیا ہے۔

جدول ۱.۷: ایکلیفائز کی جماعت بندی

داخنی اشارہ	خارجی اشارہ	ایکلیفائز کی جماعت	افزار اش
بر قی دباؤ	بر قی دباؤ ایکلیفائز	A_v	
بر قی رو	بر قی رو ایکلیفائز	A_i	
بر قی رو	موصل نہ ایکلیفائز	A_g	
بر قی رو	مزاحمت نہ ایکلیفائز	A_r	

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 بر قی دباؤ پر A_v ہی رہے گا۔ اب اگر بوجھ کو تبدیل کرتے ہوئے R_{L2} کر دیا جائے ہم تب بھی توقع کریں گے کہ خارجی بر قی دباؤ پر کوئی اثر نہیں ہو گا۔ اس تتم کام مطلب ہے کہ A_v پر R_L اور R_s کا کوئی اثر نہیں ہونا چاہیے۔ ہم فرمایا تین قسم کے ایکلیفائز سے بھی توقع کرتے ہیں کہ ان کی افسزاں پر بھی R_L اور R_s کا کوئی اثر نہیں ہونا چاہیے۔

۱.۷.۱ بر قی دباؤ ایکلیفائز

بر قی دباؤ ایکلیفائز کا مساوی تھوین دور شکل ۷۔۱ میں نظر دار کیا گیا ہے۔ 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 کافی نوں برائے بر قی دباؤ استعمال کرتے ہیں۔

$$V_s = I_i R_s + I_i R_i$$

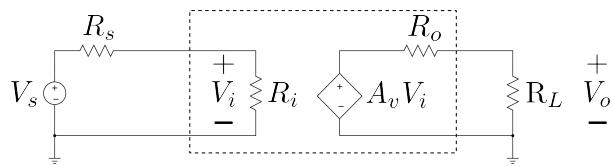
$$I_i = \frac{V_s}{R_s + R_i}$$

اور یوں

$$(7.1) \quad V_i = I_i R_i = V_s \left(\frac{R_i}{R_s + R_i} \right)$$

^۳ ادبیات میں والی ادوار پر غور کرتے ہوئے اشارات کو بڑے صورتِ ثقیل سے علی ہر کیا جاتا ہے۔ اس باب میں ہم بھی ایسا ہی کریں گے۔

تحیونن مساوی دور



شکل ۱.۷: بر قی دباؤ ایمپلیفیائر کا مساوی تحیونن دور

س مصل ہوتا ہے۔ اسی طرح حنارجی جناب بر قی رکو I_0 لکھتے ہوئے حاصل ہوتا ہے

$$(1.2) \quad \begin{aligned} A_v V_i &= I_0 R_o + I_0 R_L \\ I_0 &= \frac{A_v V_i}{R_o + R_L} \\ V_o &= I_0 R_L = A_v V_i \left(\frac{R_L}{R_o + R_L} \right) \end{aligned}$$

اس مساوات میں V_i کی قیمت استعمال کر کے حاصل ہوتا ہے

$$(1.3) \quad \begin{aligned} V_o &= A_v V_s \left(\frac{R_L}{R_o + R_L} \right) \left(\frac{R_i}{R_s + R_i} \right) \\ A_V &= \frac{V_o}{V_s} = A_v \left(\frac{R_L}{R_o + R_L} \right) \left(\frac{R_i}{R_s + R_i} \right) \end{aligned}$$

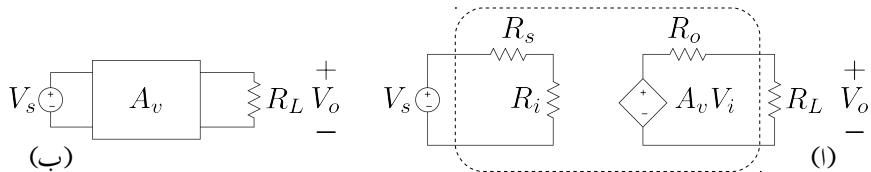
اس مساوات کے تحت امنڑا ش کی قیمت اشارے کے مسازمانت R_s اور بوجھ کے مسازمانت R_L پر تغیر ہے جب کہ ایسا نہیں ہونا چاہیے۔ آئیں دیکھیں کہ R_s اور R_L کے اثر کو کیسے ختم یا کم کیا جا سکتا ہے۔
بر قی دباؤ ایمپلیفیائر میں اگر

$$(1.4) \quad \begin{aligned} R_i &\rightarrow \infty \\ R_o &\rightarrow 0 \end{aligned}$$

ہوں تب مساوات ۱.۳۔۷

$$(1.5) \quad A_V = A_v$$

س مصل ہوتا ہے۔ ایسا ایمپلیفیائر جس کی کل امنڑا ش A_V کا دارودار اشارے کی مسازمانت R_s اور بوجھ کے مسازمانت R_L پر قطعاً تغیر نہیں ہو اور جس کے A_V کی قیمت اٹل ہو کو بر قی دباؤ ایمپلیفیائر کہتے ہیں۔ شکل ۱.۷۔۱ میں دکھایا، مساوات ۱.۷۔۷ پر بورا اترتا دور کا مصل بر قی دباؤ ایمپلیفیائر کا دور ہے۔



شکل ۷.۷: برقی دباؤ ایکلینیٹر کا سادہ ڈبے نہ شکل

حقیقی برقی دباؤ ایکلینیٹر مساوات ۷.۳ کی بھائے مساوات ۷.۲ 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 لامددو 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 لامددو بوجھ کے مزاحمت پر اندازش برقی دباؤ ایکلینیٹر کی اندازش برقی دباؤ بھی پکارا جاتا ہے۔

شکل ۷.۲ افے 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 ڈبے نہ شکل دکھایا گیا ہے۔

۷.۱.۲ برقی روا ایکلینیٹر

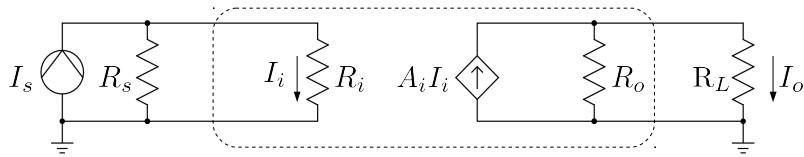
برقی روا ایکلینیٹر کا مساوی نارٹن دور شکل ۷.۳ میں نظرے دار لکیر میں بند دکھایا گیا ہے۔ اسے داخلی جناب اشارہ I_s مہی کیا گیا ہے جبکہ خارجی جناب اس پر برقی بوجھ R_L لادا گیا ہے۔ منبع داخلی اشارے کی مزاحمت R_s ہے۔ داخلی جناب تقسیم برقی رو سے حاصل ہوتا ہے

$$(7.7) \quad I_i = I_s \left(\frac{R_s}{R_s + R_i} \right)$$

اسی طرح خارجی جناب تقسیم برقی رو سے حاصل ہوتا ہے

$$(7.8) \quad I_o = A_i I_i \left(\frac{R_o}{R_o + R_L} \right)$$

نارٹن مساوی دور



شکل ۱.۷: برقی روایپلیغاڑ کا مساوی نارٹن دور

مندرجہ بالا دو مساوات سے حاصل ہوتا ہے

$$(1.11) \quad I_o = A_i I_s \left(\frac{R_s}{R_s + R_i} \right) \left(\frac{R_o}{R_o + R_L} \right)$$

جس سے کل افناش برقی رو A_I یوں حاصل ہوتی ہے

$$(1.12) \quad A_I = \frac{I_o}{I_s} = A_i \left(\frac{R_s}{R_s + R_i} \right) \left(\frac{R_o}{R_o + R_L} \right)$$

مساوات ۱.۱۲ میں اگر

$$(1.13) \quad \begin{aligned} R_i &\ll R_s \\ R_o &\gg R_L \end{aligned}$$

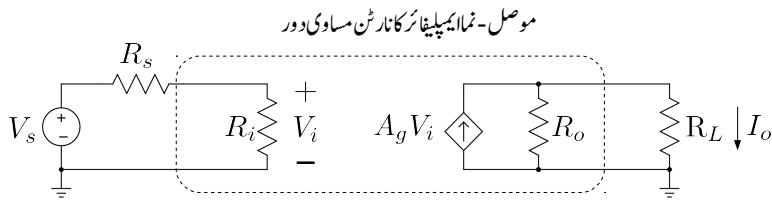
ہوں تو اسے یوں لکھا جا سکتا ہے

$$(1.14) \quad A_I \approx A_i$$

ایسا ایپلیغاڑ جس کی افناش I_o کا دار و مدار داخلی ہے یعنی مسز احمدت R_s اور حناری بیرونی مسز احمدت R_L پر قطعاً مخصوص نہیں ہو اور جس کے A_I کی قیمت اٹل ہو کو برقرار رکھتے ہیں۔ برقی روایپلیغاڑ مساوات 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 مخصوص ہو۔ کامل برقی روایپلیغاڑ میں $R_o = 0$ اور $R_i = \infty$ ہوں گے۔ مساوات ۱.۱۰ سے آپ دیکھ سکتے ہیں کہ $R_L = 0$ کی صورت میں

$$(1.15) \quad \left. \frac{I_o}{I_i} \right|_{R_L=0} = A_i$$

حاصل ہوتا ہے، لہذا A_i کو صفر بوجھ کے مسز احمدت پر افناش برقی روپ کارا جبائے گا۔



شکل ۷.۷: موصل نہ ایکلینیٹر کا مساوی دور

۷.۱.۳ موصل نہ ایکلینیٹر

آپ نے برقی دباؤ اور برقی رو ایکلینیٹر کے مساوی دور دیکھے۔ دباؤ ایکلینیٹر کا تھوون مساوی جبکہ رو ایکلینیٹر کا نارٹن مساوی دور استعمال کیا گیا۔ یہاں اس بات کا سچھنا ضروری ہے کہ جہاں برقی دباؤ کی بات کی جبائے وہاں تھوون مساوی دور استعمال کیا جاتا ہے اور جہاں برقی رو کی بات کی جبائے وہاں نارٹن مساوی دور استعمال کیا جاتا ہے۔ یوں چونکہ برقی دباؤ ایکلینیٹر داخنی برقی دباؤ کو بڑھاتا ہے لہذا داخنی جناب اشارہ منع کا تھوون مساوی دور استعمال کیا گی۔ اسی طرح چونکہ یہ ایکلینیٹر برقی دباؤ کی حنارج کرتا ہے لہذا داخنی جناب ایکلینیٹر کا تھوون مساوی دور ہی استعمال کیا گی۔ برقی رو ایکلینیٹر برقی دباؤ کی حنارج کرتا ہے لہذا داخنی جناب اشارہ منع کا نارٹن مساوی دور استعمال کیا جاتا ہے۔ اسی طرح یہ ایکلینیٹر برقی دباؤ کی حنارج کرتا ہے لہذا داخنی جناب ایکلینیٹر کا تھوون مساوی دور استعمال کیا گی۔

موصل نہ ایکلینیٹر کا داخنی اشارہ برقی دباؤ جبکہ اس کا حنارج اشارہ برقی دباؤ ہوتا ہے لہذا اس کا تجزیہ کرتے وقت داخنی جناب اشارہ منع کا تھوون جبکہ اس کے حنارج جناب نارٹن مساوی دور استعمال کیا جائے گا۔ شکل ۷.۸ میں موصل نہ ایکلینیٹر کا مساوی دور دکھایا گیا ہے۔ موصل نہ ایکلینیٹر کے لئے ہم لکھ سکتے ہیں

$$(7.12)$$

$$V_i = V_s \left(\frac{R_i}{R_i + R_s} \right)$$

$$I_o = A_g V_i \left(\frac{R_o}{R_o + R_L} \right)$$

$$I_o = A_g V_s \left(\frac{R_i}{R_i + R_s} \right) \left(\frac{R_o}{R_o + R_L} \right)$$

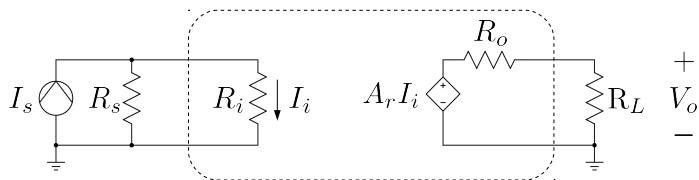
لہذا

$$(7.13) \quad A_G = \frac{I_o}{V_s} = A_g \left(\frac{R_i}{R_i + R_s} \right) \left(\frac{R_o}{R_o + R_L} \right)$$

مساویات ۷.۱۶ سے آپ دکھ سکتے ہیں کہ $R_L = 0$ کی صورت میں $\frac{I_o}{V_i}$ کی قیمت A_g کے برابر ہے یعنی

$$(7.14) \quad \left. \frac{I_o}{V_i} \right|_{R_L=0} = A_g$$

مزاحمت - نما ایمپلیفیاٹر کا تھیوںن مساوی دور



شکل ۵.۷: مزاحمت نما ایمپلیفیاٹر کا مساوی دور

اسی طرح

$$(۷.۱۹) \quad R_i \gg R_s \\ R_o \gg R_L$$

کی صورت میں مساوات ۷.۷ اے حاصل ہوتا ہے

$$(۷.۲۰) \quad A_G \approx A_g$$

ایسا ایمپلیفیاٹر جس کی افنزاٹشن A_G کا دار و 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۔

۱.۷.۳ مزاحمت نما ایمپلیفیاٹر

شکل ۷.۵ 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 یون حل کیا جائے گا۔

$$(۷.۲۱) \quad I_i = I_s \left(\frac{R_s}{R_s + R_i} \right) \\ V_o = A_r I_i \left(\frac{R_L}{R_L + R_o} \right)$$

اس مساوات سے ہم دیکھتے ہیں کہ $R_L = \infty$ کی صورت میں A_r کی قیمت $\frac{V_o}{I_i}$ کے برابر ہو گی یعنی

$$(۷.۲۲) \quad \left. \frac{V_o}{I_i} \right|_{R_L=\infty} = A_r$$

لبذا A_r کو لامدد مزاحمتی بوجہ پر ایمپلیفیاٹر کی مزاحمت نما افنزاٹشن کہتے ہیں۔ کل مزاحمت نما افنزاٹشن A_R مساوات ۷.۲۱ سے حاصل کرتے ہیں۔

$$(۷.۲۳) \quad A_R = \frac{V_o}{I_s} = A_r \left(\frac{R_s}{R_s + R_i} \right) \left(\frac{R_L}{R_L + R_o} \right)$$

آپ دیکھ سکتے ہیں کہ

$$(7.23) \quad R_i \ll R_s \\ R_o \ll R_L$$

کی صورت میں مساوات ۷.۲۳ کو یوں لکھا جاتا ہے

$$(7.25) \quad A_R \approx A_r$$

لیکن اس صورت ایکپلینائز کی مزاحمت نہ افسزاں کا دار و مدار R_L پر نہیں۔

مثال ۱.۷: شکل ۷.۱ میں بوجھ کے مزاحمت R_L میں برقی روکی قیمت $\frac{V_o}{R_L}$ کے برابر ہے۔ $\frac{I_o}{V_s}$ کی شرح کو موصل نہ افسزاں تصور کرتے ہوئے ثابت کریں کہ اسے موصل نہ ایکپلینائز تصور نہیں کیا جاتا۔ حل:

$$A_G = \frac{I_o}{V_s} = \frac{I_o}{V_o} \times \frac{V_o}{V_s} = \frac{1}{R_L} \times A_V$$

اس مساوات کے تحت A_G کی قیمت بوجھ کے مزاحمت R_L کے قیمت پر منحصر ہے۔ ایکپلینائز کی افسزاں کی قیمت بوجھ کے مزاحمت کے قیمت پر منحصر نہیں ہو سکتی لہذا اسے موصل نہ ایکپلینائز تصور نہیں کیا جاتا۔

۷.۲ واپسی اشارہ

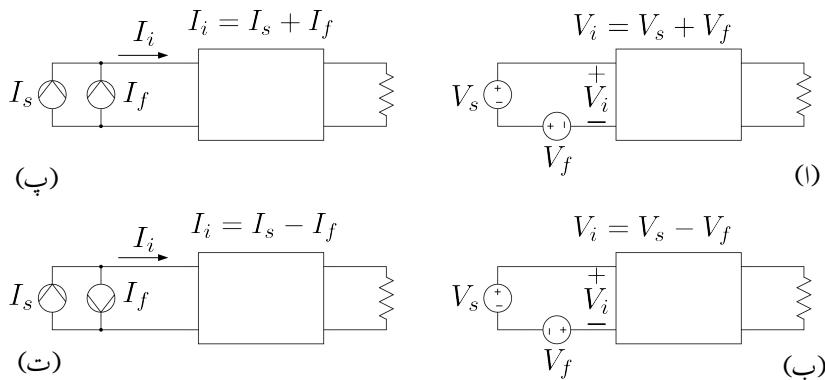
مندرجہ بالا ہے میں ہم نے چار اقسام کے ایکپلینائز دیکھے۔ اس ہے میں ان میں واپسی اشارہ شامل کرنے کی ترکیب دکھائی جائے گی۔ واپسی اشارے کو ایکپلینائز کے داخلی اشارے کے ساتھ جمع یا اس سے منفی کیا جاتا ہے۔

شکل ۷.۶ الف میں واپسی اشارے V_f کو برقی دباؤ اشارے V_s کے ساتھ جمع کرنا دکھایا گیا ہے جبکہ شکل ۷.۶ ب میں V_f کو V_s سے منفی کرنا دکھایا گیا ہے۔ شکل پ میں واپسی اشارے I_f کو برقی دباؤ اشارے I_s کے ساتھ جمع کرنا دکھایا گیا ہے جبکہ شکل ت میں I_f کو I_s سے منفی کرنا دکھایا گیا ہے۔ برقی دباؤ اشارات کو آپس میں جمع یا منفی کرتے وقت انہیں ساللمہ وار جوڑا جاتا ہے جبکہ برقی رو اشارات کو آپس میں جمع یا منفی کرتے وقت انہیں متوازن جوڑا جاتا ہے۔ برقی دباؤ اشارے کو کسی صورت برقی رو اشارے کے ساتھ جمع یا منفی نہیں کیا جاتا۔

شکل ۷.۶ ب میں دکھائے برقی دباؤ ایکپلینائز کو مثال بتاتے ہیں۔ برقی دباؤ ایکپلینائز داخلی جبانب اشارات کو برقی دباؤ کی صورت میں حاصل کرتا ہے لہذا اس کے داخلی جبانب واپسی اشارہ بھی برقی دباؤ کی صورت میں ہو گا۔ واپسی اشارے کو ایکپلینائز کے خارجی اشارے سے حاصل کیا جاتا ہے۔ V_o سے V_f حاصل کرنے والے دور، جس کو واپسی کار کہتے ہیں، کوڈے کی شکل سے دکھاتے ہوئے شکل ۷.۶ الف حاصل ہوتا ہے واپسی برقی دباؤ

^۵ آپ جانتے ہیں کہ آلوارٹ ایکپلینائز کو آپس میں جمع یا منفی نہیں کیا جاتا۔ اسی طرح برقی دباؤ کو صرف اور صرف برقی دباؤ کے ساتھی جمع یا اس سے منفی کیا جاتا ہے۔

feedback circuit^۱



شکل ۷.۲: اشارات کو آپس میں جمع اور منفی کرنے کے طریقے

ایمپلیفیاٹر کے حبائے گا اس شکل میں اوپر والا سب بینیادی بر قی دباو ایمپلیفیاٹر ہے جبکہ نچلا سب داپس کار ہے۔ داپس 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۔

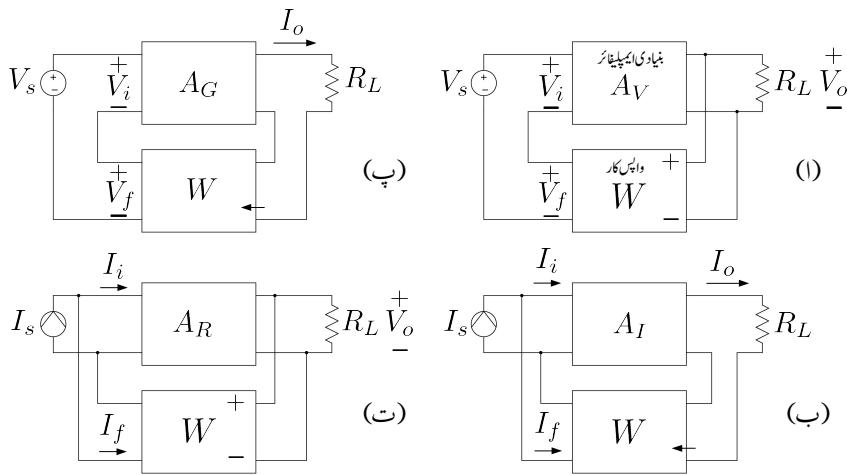
اس شکل میں واپسی اشارہ V_f کو اشارہ V_0 کے ساتھ جمع کیا گیا ہے اور یوں اس ایمپلیفیاٹر کو منفی واپسی بر قی دباو ایمپلیفیاٹر کے حبائے گا۔ اگر V_f کو V_s کے ساتھ جمع کیا جاتا تھا اسے جمع واپسی بر قی دباو ایمپلیفیاٹر کا حبائے گا۔ اس باب میں منفی واپسی ایمپلیفیاٹر پر ہی بحث کی جائے گی۔ اگلے باب میں جمع واپسی اداوار کا استعمال کیا جائے گا۔

شکل ۷.۷ ب میں بر قی دا ایمپلیفیاٹر میں واپسی اشارے کی مشمولیت دکھائی گئی ہے۔ بینیادی ایمپلیفیاٹر کے داخلی جانب I_s سے I_f منفی کیا گیا ہے۔ یوں اس سکھل دور کو منفی واپسی بر قی دباو ایمپلیفیاٹر کے حبائے گا۔ واپسی اشارے کو خارجی اشارہ I_0 سے حاصل کیا گیا ہے۔ ایسا کرنے کی حرکت درواپس کار کے داخلی جانب کو بینیادی ایمپلیفیاٹر کے خارجی جانب کے ساتھ سلسلہ دار جوڑا گیا ہے تاکہ خارجی بر قی V_0 داپس کار کو بطور داخلی اشارہ مہیا کیا جائے۔

یہاں رک کر اس بات کو سمجھیں کہ خارجی بر قی دباو V_0 سے واپسی اشارہ حاصل کرتے وقت داپس کار کے داخلی جانب کو بینیادی ایمپلیفیاٹر کے خارجی جانب متوازی جوڑا گیا ہے جبکہ خارجی بر قی I_0 سے واپسی اشارہ حاصل کرتے وقت واپس کار کا داخلی جانب اور بینیادی ایمپلیفیاٹر کا خارجی جانب سلسلہ دار جوڑے جاتے ہیں۔ واپسی اشارہ از خود بر قی دباو یا بر قی صورت میں ہو سکتا ہے۔

شکل ۷.۷ پ میں موصل نہ ایمپلیفیاٹر میں واپسی اشارہ شامل کرنا دکھایا گیا ہے۔ یہاں بینیادی ایمپلیفیاٹر کا خارجی اشارہ بر قی I_0 ہے جس سے واپسی اشارہ حاصل کیا جاتا ہے لہذا واپس کار کے داخلی جانب کو بینیادی ایمپلیفیاٹر کے خارجی جانب سلسلہ دار جوڑا گیا ہے۔ واپس کار کا خارجی اشارہ بر قی دباو V_f ہے جسے منفی کیا گیا ہے۔

negative feedback voltage amplifier^۴
positive feedback voltage amplifier^۵
negative feedback current amplifier^۶



شکل ۷.۷: واپسی ایکپلینافائز کے اقسام

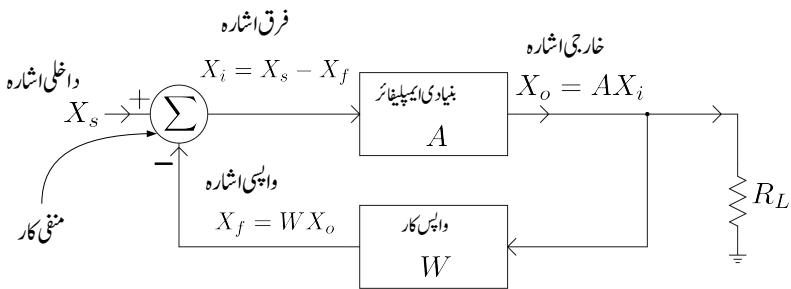
شکل ۷.۷.ت میں مزاحمت نہ ایکپلینافائز میں واپسی اشارے کی شمولیت دکھائی گئی ہے جسے آپ خود سمجھ سکتے ہیں۔
جہاں متن سے واضح ہو وہاں ان ایکپلینافائز کے پورے نام کی جگہ صرف واپسی ایکپلینافائز کا نام استعمال کیا جائے گا۔

۷.۳۔ بنيادی کارکردگی

ٹرانزسٹر ایکپلینافائز کے دور میں ٹرانزسٹر کاریاضی نموہنیب کرتے ہوئے انہیں کرخوفے کے قوانین سے حل کرنے سے آپ بخوبی واقف ہیں۔ واپسی ایکپلینافائز کو بھی اسی طرح حل کرنا ممکن ہے البتہ انہیں یوں حل کرنے سے واپسی عمل کے وضاحت نہیں ہوتی۔ اس حصے میں ہم واپسی ایکپلینافائز کو اس طرح حل کریں گے کہ ان میں واپسی اشارے کا کردار اچا گر ہو۔

واپسی ادوار کے تین حصے ہیں۔ پہلا حصہ بنيادی ایکپلینافائز، دوسرا حصہ جمع کار (یا منفی کار) اور تیسرا حصہ وابس کار۔ شکل ۷.۸ میں ان تینوں حصے کو دکھائیا گیا ہے۔

بیساں بنيادی ایکپلینافائز سے مزاد حصے ۷۔۸ میں دکھائے چار قسم کے ایکپلینافائز میں سے کوئی بھی ہو سکتا ہے۔ اشارے کی مزاحمت R_S کو بیساں بنيادی ایکپلینافائز کا حصہ تصور کیا گیا ہے۔ یوں شکل ۷.۸ میں A سے مزاد ادوار A_R ، A_G ، A_I ، A_V ہو سکتا ہے۔ بیساں R_L کے علاوہ واپس کار کا داخلی جناب بھی ایکپلینافائز کے حنارتی ۷۔۸ میں کی جائے گی۔ ایکپلینافائز کے داخلی اشارے V_S یا I_S کو X_S جبکہ اس کے حنارتی اشارے V_0 اور اسی طرح واپسی اشارے V_f یا I_f کو X_f لکھتے ہوئے آگے بڑھتے ہیں۔ یوں اس شکل میں بنيادی ایکپلینافائز اشارہ X_f کو پڑھا کر



شکل ۸.۷: بنیادی وابس کارکردگی

بطور X_o حنارج کرتا ہے یعنی

(۷.۲۶)
$$X_o = AX_i$$

اس مساوات کو یوں بھی لکھا جا سکتا ہے

(۷.۲۷)
$$A = \frac{X_o}{X_i}$$

و اپس کار عموماً غیر عامل پر زہ جبات یعنی مزاحمت، کپیٹر و غیرہ سے تخلیق دیا جاتا ہے۔ یہ حنارجی اشارے کا کچھ حصہ داخلی جانب تک پہنچاتا ہے۔ شکل سے آپ دیکھ سکتے ہیں کہ و اپس کار کا کچھ حصہ منفی کار کو بطور وابس 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 وابس 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 ۷.۷.۲ 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 ایکپلینیٹر میں $|A_f| > |A|$ ہوتا ہے جبکہ بیت و داپکی ایکپلینیٹر میں $|A_f| < |A|$ ہوتا ہے۔

مثال ۷.۲: ایک ایکپلینیٹر جس کا ۹۹ = A ہے میں داپکی اشارے کی شمولیت سے داپکی ایکپلینیٹر تخلیق دیا جاتا ہے۔ $W = 0.01$ اور $W_p = 0.1$ پر داپکی ایکپلینیٹر کی افسزاں A_f حاصل کریں۔

حل: $W_p = 0.01$ کی مدد سے $W_p = 0.1$

$$A_f = \frac{99}{1 + 0.01 \times 99} = 49.749$$

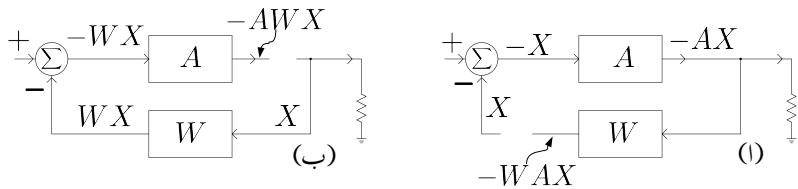
جبکہ $W_p = 0.1$

$$A_f = \frac{99}{1 + 0.1 \times 99} = 9.0826$$

حصہ ملتا ہے۔ منفی داپکی ایکپلینیٹر کی افسزاں واضح طور کم ہوئی ہے۔

۱.۳.۷ افسزاں دائرہ

داپکی ایکپلینیٹر میں بنیادی ایکپلینیٹر اور داپکی دور بند دائرنے کی شکل میں آپس میں جوڑے جاتے ہیں۔ شکل ۷.۹۔۶ میں اس دائرنے کو داپکی دور کے حنارجی نقطے پر کھلے سرے کر دیا گیا ہے جبکہ داخلی اشارے کو مقطع کر دیا گیا



شکل ۳.۷: بنیادی و اپی ایمپلیناٹر کا شرح دائرہ

بے۔ مندرج کریں کہ اس نقطے کے بائیں جانب اشارہ X پیاس جاتا ہے۔ اس نقطے سے دائے میں گھڑی کے سمت چلتے ہوئے ہم دیکھتے ہیں کہ اشارہ X پہلے ۱ سے ضرب ہو کر $-X$ ہوتا ہے۔ اس کے بعد ایمپلیناٹر سے گزرتے ہوئے اے ضرب ہو کر $-AX$ ہو جاتا ہے اور آخندر کار و اپی دوڑے سے گزرتے ہوئے W سے ضرب کہا کر $-WAX$ ہو جاتا ہے۔ یوں یہ اشارہ پورے دائے سے گزرتے ہوئے $-WA$ سے ضرب ہوتا ہے جسے اپی ایمپلیناٹر کا افرماٹھ دائرہ "کہا جائے گا۔ شکل ب میں دائے کوایک اور جگ سے کھلے سرے کرتے ہوئے یہی عمل دکھایا گیا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ دائے کو کہیں سے بھی کھلے سرے کرتے ہوئے اس نقطے سے گھڑی کی سمت پورا حسکر کاٹتے ہوئے اشارہ $-WA$ سے ہی ضرب ہوتا ہے۔

۳.۷.۲ بنیادی مفروضے

اوپی ایمپلیناٹر پر بات کرتے ہوئے مندرجہ ذیل مفروضے تصور کے جائیں گے۔

۱. واپس کار کے مستقل W کی قیمت پر بوجھ کے مزاحمت R_L اور اشارے کے مزاحمت R_s کا کوئی اثر نہیں ہوتا۔

۲. بنیادی ایمپلیناٹر کی اندازش A کے قیمت پر بوجھ کے مزاحمت R_L کا کوئی اثر نہیں ہوتا۔

۳. داخلی اشارہ صرف اور صرف بنیادی ایمپلیناٹر سے گزرتے ہوئے خارجی جانب پہنچتا ہے۔ اس کا مطلب ہے کہ اگر A کی قیمت صفر کر دی جائے تو X_0 کی قیمت بھی صفر ہو جائے گی۔ (بنیادی ایمپلیناٹر میں 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 بنیادی ایمپلیناٹر کے خارجی جانب سے داخلی جانب گزرتا ہے۔ حقیقت میں واپس کار عموماً مزاحمت، کپیٹر و فریڈر سے بنا ہوتا ہے اور اس میں اشارہ دونوں جانب گزرتا ہے۔ ہم دیکھیں گے کہ اس کے باوجود حقیقی ایمپلیناٹر میں پھر بھی اس مفروضے پر چلتے ہوئے درست جوابات حاصل ہوتے ہیں۔

۴. خارجی اشارہ صرف اور صرف واپس کار سے گزرتے ہوئے داخلی جانب پہنچ سکتا ہے۔

اس مفسروٹے کے تحت اشارہ بنیادی ایکپلینائز میں گزرتے ہوئے خارجی جانب سے داخلی جانب نہیں بیٹھ سکتا۔ اس کا مطلب ہے کہ اگر واپس کار کے مستقل W کی قیمت صدر کردی جائے تو واپسی اشارے کی قیمت بھی صدر ہو جائے گی۔

۷.۲۔۷ واپسی ایکپلینائز کی خوبیاں

منفی واپسی ایکپلینائز افسزاں 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۔

۷.۲.۱ مستحکم افسزاں

درجہ حسارت میں تبدیلی، عمر رہیدگی یا ثرازنسر وغیرہ کی تبدیلی سے کسی بھی ایکپلینائز کی افسزاں متاثر ہوتی ہے۔ آئیں ایک مثال سے دیکھیں کہ واپسی ایکپلینائز میں افسزاں کے تبدیلی کو کس طرح گھایا جاتا ہے۔

مثال ۷.۲: ایک بنیادی ایکپلینائز جس کی اصل افسزاں $A = 50$ ہے میں ثرازنسر تبدیل کیا جاتا ہے جس کے بعد اس کی نئی افسزاں $A_1 = 45$ ہو جاتی ہے۔ افسزاں میں تبدیلی کی فیصد شرح حاصل کریں۔ اس ایکپلینائز میں واپسی اشارہ شامل کیا جاتا ہے جہاں $0.1 = W$ ہے۔ ثرازنسر تبدیل کرنے سے پہلے اور ثرازنسر تبدیل کرنے کے بعد واپسی ایکپلینائز کی افسزاں حاصل کریں اور ان میں تبدیلی کی فیصد شرح حاصل کریں۔

حل:
بنیادی ایکپلینائز میں تبدیلی کی فیصد شرح

$$\left| \frac{45 - 50}{45} \right| \times 100 = 11.11\%$$

ہے۔ واپسی ایکپلینائز میں ثرازنسر تبدیل کرنے سے پہلے $A_f = 45$ اور ثرازنسر تبدیل کرنے کے بعد $A_{f1} = 40$ 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

$$\left| \frac{8.1818 - 8.3333}{8.3333} \right| \times 100 = 1.818\%$$

۔

آپ نے دیکھ کر بیاری ایک پلینگ ائر میں 11.11 فیصد تبدیلی آئی جبکہ واپسی ایک پلینگ ائر میں سرف 1.818 فیصد تبدیلی آئی۔ یوں ایک پلینگ ائر میں واپسی اشارے کی شمولیت سے افزائش مستحکم ہوئی۔ اس حقیقت کو یوں بیان کیا جاتا ہے کہ واپسی اشارے سے افزائش

$$\frac{11.1111}{1.818} = 6.1117$$

یعنی تفسیریہ آچھے گن مستحکم ہوئی۔
آنیں اس تمام کو حسابی شکل دیں۔ مساوات ۷.۳۱ 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 ۷.۳۱ 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 ۷.۳۱ 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 گھستی ہے۔ ساتھی ساتھ گل افزائش M گن مستحکم ہو جاتی ہے۔ یوں ایک پلینگ ائر تخلیق دیتے وقت آپ افزائش گھٹاتے ہوئے اے زیادہ مستحکم بن سکتے ہیں یا اس کے بر عکس افزائش کو کم مستحکم کرتے ہوئے اس کی قیمت بڑھ سکتے ہیں۔

اگر

$$(7.33) \quad |WA| \gg 1$$

ہوتے سادات ۷.۳۳ مندرجہ ذیل صورت اختیار کر لیتا ہے۔

$$(7.35) \quad A_f = \frac{A}{1+WA} \approx \frac{A}{WA} = \frac{1}{W}$$

سادات ۷.۳۵ اتنے اہم سادات ہے جس کے تحت $1 \gg WA$ کی صورت میں داپکی ایکلینیائز کی افسزاش صرف اور صرف داپکے W پر محدود ہوتی ہے۔ جیسا کہ پہلے بھی ذکر ہوا، داپک کار کو عموماً مزاحمت و غیرہ سے بنا یا حبانتا ہے۔ بر قیالی پر زاحبات میں ٹرانزسٹر، ماسفینٹ اور ڈائیوڈ غیرہ کی کار کردگی درجہ حرارت یا وقت کے ساتھ تبدیل ہوتی ہے۔ ان کے بر عکس مزاحمت، کسیٹر وغیرہ میں ایسی تبدیلیاں نہایت کم ہوتی ہیں۔ یوں درجہ حرارت یا وقت کے ساتھ داپکے W کے تبدیل کو رد کیا جا سکتا ہے جس سے داپکی ایکلینیائز کی افسزاش نہایت مستحکم ہو جاتی ہے۔

مستحکم ایکلینیائز تخلیق دینے کا طریقہ ایک مشال کی مدد سے سیکھتے ہیں۔

مثال ۷.۲: موصل نما ایکلینیائز تخلیق دیتے وقت درجہ حرارت کے تبدیلی سے توقع کی جاتی ہے کہ بغیر داپکی اشارے کے ایکلینیائز کی افسزاش میں ۵% تبدیلی رونما ہو گی جو کہ قابل مقبول نہیں۔ زیادہ سے زیادہ ۰.۵% تبدیلی قابل برداشت ہے۔ ایک عدد موصل نما داپکی ایکلینیائز تخلیق دین جس کی افسزاش $V/A = 45$ ہو اور اس میں تبدیلی ۰.۵% سے خباؤرنے کرے۔

حل:

ایسی صورت میں بنیادی ایکلینیائز کی افسزاش A کو ضرورت سے M گن ازیادہ کر کے تخلیق دیا جاتا ہے۔ اس ایکلینیائز کے افسزاش میں درجہ حرارت کے تبدیلی سے ۵% تبدیلی کی پیدا ہو گی۔ اس کے بعد اس میں داپکی اشارے کی شمولیت کی جاتی ہے جس سے ایکلینیائز کی داپکی افسزاش M گن کم ہونے کے ساتھ ساتھ M گن مستحکم بھی ہو جاتی ہے۔

موجودہ صورت میں تمام معلومات فی صد کی صورت میں دی گئی ہیں۔ سادات 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 ہم ایسا ایکلینیکر تخلیق دیں گے جس کی واپسی اشارہ شامل کرنے سے پہلے افسزاں درکاریت سے M گن زیادہ ہوئی A_f کی قیمت $= 450 = 45 \times 10$ ہوگی۔ اس میں واپسی اشارے کی شعوبیت سے افسزاں کو دس گن مسحکم کی وجہ ساتھی ساتھ $A_f = 45$ حاصل کی جائے گی جو کہ درکار موصل بی افسزاں ہے۔ مساوات ۷.۳۱ کے تحت

$$45 = \frac{450}{1 + W \times 450} \approx \frac{1}{W}$$

$$W \approx \frac{1}{45} = 0.022$$

حاصل ہوتا ہے جو واپس کار مستقل کی درکاریت 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 ۷.۳۵.۷ میں A_f سے مراد واپسی ایکلینیکر کی افسزاں ہے جو کہ بر قی دباد وابسی ایکلینیکر کی صورت میں A_{vf} ، بر قی دباد وابسی ایکلینیکر کی صورت میں A_{if} ، موصل بی ایکلینیکر کی صورت میں A_{gf} اور مزاجمت بی ایکلینیکر کی صورت میں A_{rf} کو ظاہر کرتا ہے۔

۷.۳.۲ تعدادی بگاڑ

مساوات ۷.۳۵.۷ کے تحت $1 \gg WA$ کی صورت میں واپسی ایکلینیکر کی افسزاں صرف اور صرف W پر محصر ہوتی ہے۔ اگر واپس کار کی حصیت تعداد پر محصر نہ ہو تو وابسی ایکلینیکر کی کار کردگی بھی تعداد پر محصر نہیں ہو گی۔ واپس کار میں صرف مزاجمت استعمال کرتے ہوئے اس کے کار کردگی کو تعدد سے پاک بنایا جاسکتا ہے۔ اگر واپس کار میں کپیٹ اور امالة استعمال کئے جائیں تو اس کی کار کردگی تعداد پر محصر ہو گی۔ ایسی صورت میں واپسی ایکلینیکر کی کار کردگی بھی تعداد پر محصر ہو گی۔ یوں اگر کسی حناص تعداد W_0 پر WA کی قیمت کم ہو جسکے W_0 سے کمیاں زیادہ تعداد پر اس کی قیمت اس سے زیادہ ہو تو W کی قیمت زیادہ ہوتے ہیں اور A_f کی قیمت زیادہ ہو گی جبکہ W_0 سے کمیاں زیادہ تعداد پر اس کی قیمت کم ہو گی۔ یہ پہنچ گوار فلٹر^{۱۲} کی حصیت ہے۔ اسی طرح پہنچ روکنے والے فلٹر^{۱۳} پر گوار فلٹر اور بلند گزار فلٹر بھی بنائے جاسکتے ہیں۔

band pass filter^{۱۲}
band stop filter^{۱۳}

۷.۳.۳ دائرہ کارکردگی کے پڑی میں وسعت

فسرپ کریں کہ بنیادی ایکلینیٹر کے افناش 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 افناش 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 افناش

$$(7.34) \quad A_{f0} = \frac{A_0}{1 + WA_0}$$

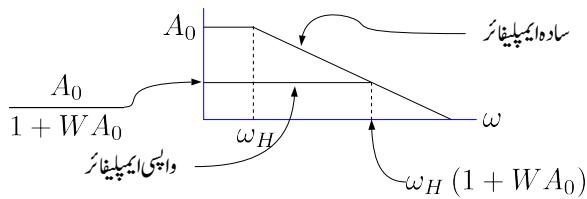
ہے جبکہ اس کی بلند انقطعی تعداد

$$(7.35) \quad \omega'_H = \omega_H (1 + WA_0)$$

ہے۔ واپسی ایکلینیٹر کے درمیانی تعداد کی افناش اور اس کی بلند انقطعی تعداد کو ضرب کرتے ہوئے

$$(7.36) \quad \frac{A_0}{1 + WA_0} \times \omega_H (1 + WA_0) = A_0 \omega_H$$

ملتا ہے جو سادہ ایکلینیٹر کے درمیانی تعداد کی افناش ضرب اس کی بلند انقطعی تعداد ہے۔ یہ افناش کو کم کرتے ہوئے بلند انقطعی تعداد کو بڑھایا جا سکتا ہے یا پھر بلند انقطعی تعداد کو کم کرتے ہوئے افناش کو بڑھایا جا سکتا ہے۔ شکل ۷۔۱۰ اس حقیقت کو کھلااتی ہے۔



شکل ۱.۷: دائرہ کارکردگی بالمقابل افزائش

مثال ۱.۷: ایک سادہ ایمپلینیٹر کی درمیانی تعداد پر افزائش VV^{-1} 3000 ہے جبکہ اس کی بلند نقطی تعداد Hz 500 ہے۔ اس میں واپسی اشارہ شامل کرتے ہوئے واپسی ایمپلینیٹر حاصل کیا جاتا ہے۔ اگر واپس کا مستقل $W = 0.01$ ہوتے واپسی ایمپلینیٹر کی درمیانی تعداد کی افزائش اور بلند نقطی تعداد کیا ہوں گے۔

حل:

$$A_{f0} = \frac{3000}{1 + 3000 \times 0.01} = 96.77 \text{VV}^{-1}$$

$$f_H = 500 \times (1 + 3000 \times 0.01) = 15.5 \text{kHz}$$

۵.۷ داخلي مزاجت

ہم نے دیکھا کہ منقی واپسی اشارے کی مشمولیتے کے افزائش M گن گھٹتی ہے۔ اس سے میں داخلي مزاجت پر واپسی اشارے کے اثر کو دیکھا جائے گا۔

۱.۵.۷ واپسی بر قی دیبا ایمپلینیٹر کا داخلي مزاجت

شکل ۱.۷. ا میں داخلي جناب منقی واپسی اشارہ V شامل کرتے ہوئے شکل ۱.۷. ا حاصل ہوتا ہے۔ فرق صرف اتنا ہے کہ موجودہ شکل میں R_s کو ایمپلینیٹر 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 ۷.۳ کے ساتھ موازنہ کرنے سے اس مساوات سے حاصل ہوتا ہے۔

$$(7.40) \quad \frac{V_o}{V'_i} = A'_v \left(\frac{R_L}{R_o + R_L} \right) = A_V$$

اس مساوات میں $R_L \rightarrow \infty$ کی صورت میں

$$(7.41) \quad A_V \Bigg|_{R_L \rightarrow \infty} = A'_v$$

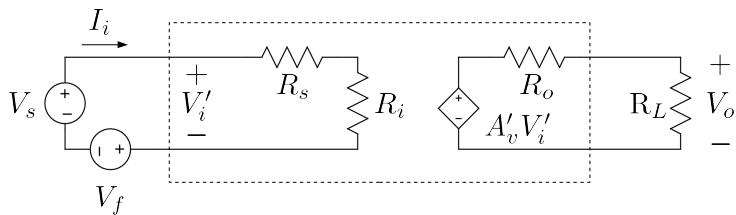
حاصل ہوتا ہے۔
واپسی اشارے کی عدم موجودگی میں

$$\begin{aligned} V_s &= V'_i = I_i (R_i + R_s) \\ (7.42) \quad R'_i &= \frac{V_s}{I_i} = R_i + R_s \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے جو کہ R_s کو ثابت میں کرتے 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 ۷.۴۰ اور چوتھے وتم پر مساوات ۷.۴۲ استعمال کیا



شکل ۱۱.۷: واپسی برقی دبادیمپلینیٹر کی داخلي مزاحمت

گی۔ اس سے حاصل ہوتا ہے

$$\begin{aligned}
 R'_{if} &= \frac{V_s}{I_i} \\
 (7.33) \quad &= (1 + WA_V) (R_s + R_i) \\
 &= (1 + WA_V) R'_i
 \end{aligned}$$

اس مساوات کے مطابق منفی واپسی اشارے کی شمولیت سے داخلي مزاحمت M گن بڑھ جاتا ہے۔ اس نتیجے کو یوں سمجھا جاتا ہے کہ واپسی اشارے کی عدم موجودگی میں اشارہ V_s لاگو کرنے سے داخلي جانب برقی رو گزرتی ہے۔ ان دونوں کی شرح کو داغلی مزاحمت کہتے ہیں۔ منفی واپسی اشارے کے موجودگی میں داخلي جانب کل برقی دبادیمپلینیٹر کی تیزی کم ہو جاتی ہے۔ یوں $V_s - V_f$ رہ جاتا ہے جس سے داخلي جانب برقی رو کی قیمت کم ہو جاتی ہے۔ اور داخلي برقی رو کی شرح بڑھ جاتی ہے، جس سے داخلي مزاحمت کمی بڑھ جاتا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ برقی دبادیمپلینیٹر کا اشارہ چپا ہے خارجی برقی دبادیمپلینیٹر کی صورت میں داخلي مزاحمت کو بڑھائے 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 $0 = R_s$ لیا گیا ہے۔

۵.۷.۲ واپسی برقی دبادیمپلینیٹر کا داخلي مزاحمت

شکل ۷.۳ میں دکھائے برقی دبادیمپلینیٹر میں داخلي جانب منفی واپسی اشارہ I_f شامل کرتے ہوئے اے بیس شکل ۷.۱۲ میں دبادہ دکھایا گیا ہے۔ فندر صرف اتنا ہے کہیاں R_s کو دبادیمپلینیٹر کا حصہ تصور کیا گیا ہے اور

$$(7.35) \quad A'_i = A_i \left(\frac{R_s}{R_s + R_i} \right)$$

رکھا گیا ہے۔ اس دور میں

$$(7.34) \quad I'_i = I_s - I_f$$

کے برابر ہے۔

داپکی اشارے کی عدم موجودگی (یعنی $I_f = 0$) کی صورت میں اشارہ I_s لاگو کرنے سے داخلی جناب 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 داپکی ایپلینائز کی کل داخلی مزاجمت ہے۔ اسی طرح شکل ۷.۱۲ میں

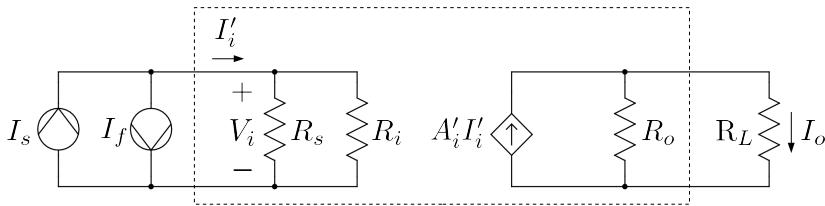
$$\begin{aligned} I_o &= A'_i I'_i \left(\frac{R_o}{R_o + R_L} \right) \\ &= A_i I'_i \left(\frac{R_s}{R_s + R_i} \right) \left(\frac{R_o}{R_o + R_L} \right) \\ \frac{I_o}{I'_i} &= A_i \left(\frac{R_s}{R_s + R_i} \right) \left(\frac{R_o}{R_o + R_L} \right) \end{aligned}$$

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

$$(7.36) \quad A_I = \frac{I_o}{I'_i}$$

داپکی اشارے کے موجودگی میں داخلی مزاجمت یوں حاصل ہوگا

$$\begin{aligned} I'_i &= I_s - I_f \\ &= I_s - W I_o \\ &= I_s - W A_I I'_i \\ I'_i &= \frac{I_s}{1 + W A_I} \end{aligned}$$



شکل ۱۲.۷: واپسی بر قی روا ایکلینیز کی داخلي مزاحمت

جب اس آخسری و تدم پر مساوات ۷.۳۸ کا استعمال کیا گیا۔ اس صورت میں داخلي بر قی دباؤ

$$\begin{aligned} V_i &= I'_i \left(\frac{R_s R_i}{R_s + R_i} \right) \\ &= I'_i R'_i \\ &= \left(\frac{I_s}{1 + W A_I} \right) R'_i \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے جس سے

$$(7.39) \quad R'_{if} = \frac{V_i}{I_s} = \frac{R'_i}{1 + W A_I}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اس مساوات کے تحت واپسی روا ایکلینیز کا داخلي مزاحمت R'_{if} غیر واپسی ایکلینیز کے داخلي مزاحمت R'_i کے مگن کم ہوتا ہے۔

اس حقیقت کو یوں سمجھا جا سکتا ہے کہ واپسی اشارے کے عدم موجودگی میں I_s داخلي مزاحمت R'_i کے گزرتے ہوئے V_i کو جنم دیتا ہے۔ اور I_s کی شرح کو دالٹی مزاحمت کرتے ہیں۔ واپسی اشارے کے موجودگی میں مزاحمت R'_i سے گزری بر قی روا کی قیمت کم ہو کر $I_s - I_{if}$ ہو جانے ہے لہذا V_i کی قیمت بھی کم ہو جاتی ہے۔ یوں اور V_i اور I_s کی شرح بھی کم ہو جاتی ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ I_{if} چاہے خارجی بر قی دباؤ V_o یا خارجی بر قی دباؤ I_o سے حاصل کی جائے، اس کا داخلي کل مزاحمت پر ایک جیسا اثر ہوتا ہے یعنی کل داخلي مزاحمت کم ہوتا ہے۔

$$\text{مساوات } 7.39 \text{ میں } 0 = R_s \neq \text{کرتے ہوئے}$$

$$(7.50) \quad R_{if} = \frac{R_i}{1 + W A_I}$$

حاصل ہوتا ہے جب اس داخلي مزاحمت کو R_{if} لکھ کر اس بات کی وضاحت کی گئی ہے کہ اس میں $0 = R_s$ لیا گیا ہے۔

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 ۷.۳ 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 ۷.۵۱ کا استعمال کیا گیا۔ مساوات ۷.۷ کے ساتھ موازنے سے حاصل ہوتا ہے۔

$$(7.52) \quad \frac{I_o}{V'_i} = A_G$$

واپسی اشارہ V_f کے عدم موجودگی میں ہم R_s کو شامل کرتے ہوئے کل داخنی مزاجت I'_f حاصل کرتے ہیں۔

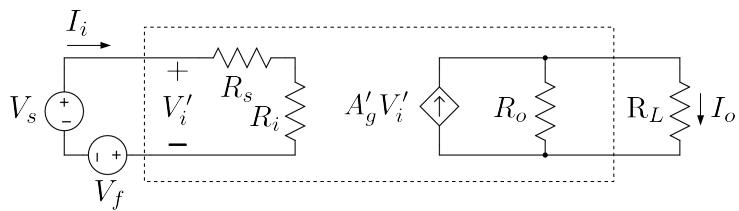
$$\begin{aligned} V'_i &= V_s = I_i (R_s + R_i) \\ R'_i &= \frac{V_s}{I_i} = R_s + R_i \end{aligned}$$

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 ۷.۵۲ کا استعمال کیا گیا۔ اس مساوات کو

$$(7.54) \quad V'_i = I_i (R_s + R_i)$$



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 مگنیت میں ہے۔
مساوات ۵.۵ میں $R_s = 0$ پر کرتے ہوئے

$$(5.56) \quad R'_{if} = R_i(1 + WA_G)$$

موصل ہوتا ہے جس کا داخلي مزاحمت کو R'_{if} لکھ کر اس بات کی وضاحت کی گئی ہے کہ اس میں $0 = R_s$ لیا گیا ہے۔

۵.۷. 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 ۷.۱۳ 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 ۷.۲۵ 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

$$\begin{aligned} V_i &= I'_i \left(\frac{R_s R_i}{R_s + R_i} \right) \\ &= I_s \left(\frac{R_s R_i}{R_s + R_i} \right) \\ R'_i &= \frac{V_i}{I_s} = \left(\frac{R_s R_i}{R_s + R_i} \right) \end{aligned} \quad (7.59)$$

واپسی اشارے کے موجودگی میں

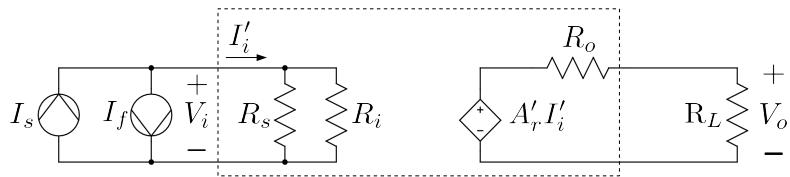
$$\begin{aligned} I'_i &= I_s - I_f \\ &= I_s - W V_o \\ &= I_s - W A_R I'_i \\ I'_i &= \frac{I_s}{1 + W A_R} \end{aligned}$$

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 میں 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۔

۲.۱۔ واپسی بر قی دباؤ ایمپلیفائز کا حنارجی مزاجمت

شکل ۷.۱۱ میں R_L کو منقطع کرتے ہوئے، $0 = V_s = R_o$ کا حنارجی جناب بر قی دباؤ V_t لگو کرتے ہیں۔ اور I_t کی شرح اس ایمپلیفائز کا حنارجی مزاجمت R_{of} ہو گا۔ شکل ۷.۱۵ میں ایسا کھایا گیا ہے جہاں سے ہم لکھ سکتے ہیں

$$\begin{aligned} I_t &= \frac{V_t - A'_v V_i'}{R_o} \\ &= \frac{V_t + A'_v V_f}{R_o} \\ &= \frac{V_t + A'_v W V_t}{R_o} \end{aligned}$$

اور یوں واپسی اشارے کے موجودگی میں حنارجی مزاجمت یوں حاصل ہوتا ہے

$$(7.12) \quad R_{of} = \frac{V_t}{I_t} = \frac{R_o}{1 + WA'_v}$$

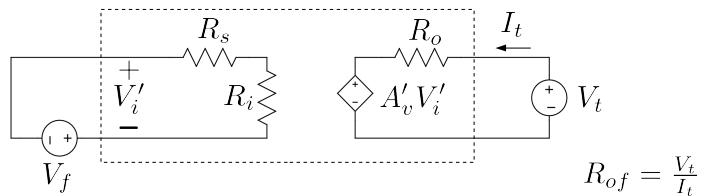
اگر R_L کو بھی شامل کیا جائے تب چونکہ R_{of} متوازی جبٹے ہیں لہذا اس صورت کل حنارجی مزاجمت R_{of}' یوں حاصل ہوگی

$$\begin{aligned} R_{of'} &= \frac{R_{of} R_L}{R_{of} + R_L} = \frac{\left(\frac{R_o}{1+WA'_v}\right) R_L}{\left(\frac{R_o}{1+WA'_v}\right) + R_L} \\ &= \frac{\frac{R_o R_L}{1+WA'_v}}{\frac{R_o + R_L(1+WA'_v)}{1+WA'_v}} = \frac{R_o R_L}{R_o + R_L(1+WA'_v)} \\ &= \frac{R_o R_L}{R_o + R_L + WA'_v R_L} = \frac{R_o R_L}{(R_o + R_L) \left(1 + \frac{WA'_v R_L}{R_o + R_L}\right)} \\ &= \frac{\frac{R_o R_L}{R_o + R_L}}{1 + \frac{WA'_v R_L}{R_o + R_L}} \end{aligned}$$

A_V کو $\frac{A'_v R_L}{R_o + R_L}$ داصل R_o کا مساوی متوازی مزاجمت ہے جسے لکھتے ہوئے اور R'_o کے لئے ہوتے ہوئے مندرجہ بالامساوات سے حاصل ہوتا ہے

$$(7.13) \quad R_{of'} = \frac{R'_o}{1 + WA_V}$$

^{۱۰} بر قی دباؤ کو صفر کرنے کی حرطی اسے قصر دیو کیا جاتا ہے



شکل ۷.۱۵: واپسی برقی دباؤ ایمپلینفائز کا حنارجی مزاحمت

مزید لامدد مزاحمتی بوجھتی ہے $R_L \rightarrow \infty$

$$(7.47) \quad R'_{of} \Big|_{R_L \rightarrow \infty} = \frac{R_{of} R_L}{R_{of} + R_L} \Bigg|_{R_L \rightarrow \infty} = R_{of}$$

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 شرح اس ایمپلینفائز کا حنارجی مزاحمت R_{of} ہو گا۔ شکل ۷.۱۶ میں ایسا دکھایا گیا ہے جہاں سے ہم لکھ سکتے ہیں

$$\begin{aligned} V_t &= (I_t + A'_i I'_i) R_o \\ &= (I_t - A'_i I_f) R_o \\ &= (I_t - A'_i W I_o) R_o \end{aligned}$$

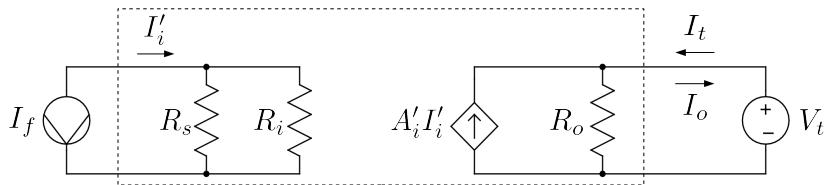
جیسا شکل میں دکھایا گیا ہے $I_o = -I_t$ ہے لہذا مندرجہ بالامساوات کو یوں لکھ سکتے ہیں

$$V_t = (I_t + A'_i W I_t) R_o$$

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} یعنی حاصل کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned}
 R'_{of} &= \frac{R_{of} R_L}{R_{of} + R_L} = \frac{R_o (1 + WA'_i) R_L}{R_o (1 + WA'_i) + R_L} \\
 &= \frac{(1 + WA'_i) R_o R_L}{R_o + WA'_i R_o + R_L} = \frac{(1 + WA'_i) R_o R_L}{R_o + R_L + WA'_i R_o} \\
 &= \frac{(1 + WA'_i) R_o R_L}{(R_o + R_L) + WA'_i R_o} = \frac{(1 + WA'_i) R_o R_L}{(R_o + R_L) \left(1 + \frac{WA'_i R_o}{R_o + R_L}\right)} \\
 &= \left(\frac{R_o R_L}{R_o + R_L}\right) \frac{(1 + WA'_i)}{\left(1 + W \frac{A'_i R_o}{R_o + R_L}\right)}
 \end{aligned}$$

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

$$(7.44) \quad R'_{of} = R'_o \frac{(1 + WA'_i)}{(1 + WA_I)}$$

۷.۲.۳ واپسی موصل نہ ایک پلیناٹ 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 پلیناٹ 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 وتد مپر $-V'_i$ کا استعمال کیا گیا ہے۔ یوں کل حنارجی مزاحمت R_{of} کی قیمت یوں حاصل ہوتی ہے۔

$$(7.27) \quad R_{of} = \frac{V_t}{I_t} = R_o \left(1 + WA'_g \right)$$

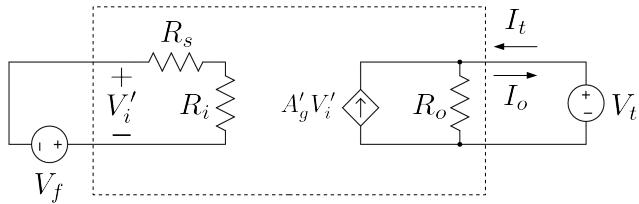
اگر R_L کو بھی شامل کیا جائے تو کل حنارجی مزاحمت R'_{of} لکھتے ہوئے

$$\begin{aligned} R'_{of} &= \frac{R_{of} R_L}{R_{of} + R_L} = \frac{R_o R_L \left(1 + WA'_g \right)}{R_o \left(1 + WA'_g \right) + R_L} \\ &= \frac{R_o R_L \left(1 + WA'_g \right)}{R_o + R_o W A'_g + R_L} = \frac{R_o R_L \left(1 + WA'_g \right)}{\left(R_o + R_L \right) \left(1 + \frac{R_o W A'_g}{R_o + R_L} \right)} \\ &= \left(\frac{R_o R_L}{R_o + R_L} \right) \left(\frac{1 + WA'_g}{1 + \frac{R_o A'_g W}{R_o + R_L}} \right) \end{aligned}$$

اس مساوات میں A_G کو $\frac{R_o A'_g}{R_o + R_L}$ اور R'_{of} کو $\frac{R_o R_L}{R_o + R_L}$ کے لکھتے ہوئے حاصل ہوتا ہے

$$(7.28) \quad R'_{of} = R'_o \left(\frac{1 + WA'_g}{1 + WA_G} \right)$$

^{۱۶} بر قی دباد کو صفر کرنے کی حنا طریقے قصر دور کیا جاتا ہے



شکل ۷.۱: واپسی موصل نہ ایکلینیفار کا حنارجی مزاحمت

۷.۲.۳ واپسی مزاحمت نہ ایکلینیفار کا حنارجی مزاحمت

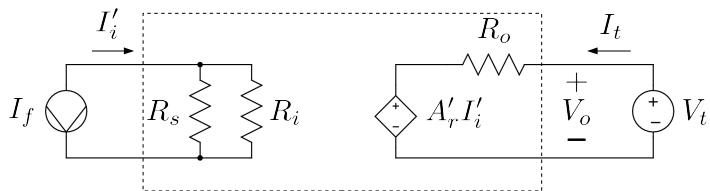
شکل ۷.۱۳ میں R_L کو منقطع کرتے ہوئے، $I_s = R_r$ کے اکھنارجی حبائب بر قی دباد V_t لاگو کرتے ہیں۔ اور I_t کی شرح اس ایکلینیفار کا حنارجی مزاحمت R_{of} ہوگا۔ شکل ۷.۱۸ میں ایسا دکھایا گیا ہے جہاں سے ہم لکھ سکتے ہیں

$$\begin{aligned} I_t &= \frac{V_t - A'_r I'_i}{R_o} \\ &= \frac{V_t + A'_r I_f}{R_o} \\ &= \frac{V_t + A'_r W V_o}{R_o} \\ &= \frac{V_t + A'_r W V_t}{R_o} \end{aligned}$$

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۔

$$(7.49) \quad R_{of} = \frac{V_t}{I_t} = \frac{R_o}{1 + WA'_r}$$

^۱ برقی روکھنے کی حناء سے کھلے دور کی 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 $A_R R'_o$ کو لکھتے ہوئے اور $\frac{R_o R_L}{R_o + R_L}$ کو حاصل ہوتا ہے۔

$$(7.70) \quad R'_{of} = \frac{R'_o}{1 + WA_R}$$

بندول ۷.۲ میں ان ستانچ کو پیش کیا گیا ہے۔

برقی دباؤ ایکلینیاٹر کا داخلی مزاحمت زیادہ سے زیادہ جبکہ اس کا حنارجی مزاحمت کم سے کم درکار ہوتا ہے۔ اس بندول سے آپ دیکھ سکتے ہیں کہ دباؤ اشارے کی شمولیت سے برقی دباؤ ایکلینیاٹر کا داخلی مزاحمت بڑھتا ہے جبکہ اس کا حنارجی مزاحمت گھٹتا ہے۔ جہاں ایکلینیاٹر کا داخلی اشارہ برقی دباؤ ہو وہاں زیادہ سے زیادہ داخلی مزاحمت درکار ہوتا ہے جبکہ اس کے بر عکس جہاں داخلی اشارہ برقی رو ہو وہاں کم سے کم داخلی 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۔ بندول سے آپ دیکھ سکتے ہیں کہ تمام صورتوں میں دباؤ اشارے کی شمولیت سے داخلی اور حنارجی مزاحمت بہتر ہوتے ہیں۔ سوال ۷.۳ تا سوال ۷.۶ نہیں حق انکو واحد اگر

جدول ۲۔: 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 ۷۔۳۰ کے طرز کے مساواتے کی جاتی ہے۔ ایسے مساوات میں X_5 اور X_0 سے جدول ۷۔۱ کے تحت ایکلینیاٹر کی جماعت اخذ کی جاتی ہے اور اگر دیا گی ایکلینیاٹر مساوات ۷۔۳۲ پر پورا اترتا ہوتا WA استعمال کرتے ہوئے مساوات ۷۔۳۵ سے اس کی افسزاں لکھی جا سکتی ہے۔ واپسی ایکلینیاٹر کی افسزاں عوام مساوات ۷۔۳۲ پر پورا اترتتے ہیں۔

اس ہے میں مساوات ۷۔۳۰ کے طرز کی مساوات کا حصول دکھایا جائے گا۔ ایسا کرتے ہوئے تصور کیا جائے گا کہ ایکلینیاٹر مساوات ۷۔۳۲ پر پورا اترتتے ہے لہذا افسزاں کے لئے مساوات ۷۔۳۵ استعمال کیا جائے گا۔ حسابی ایکلینیاٹر کی افسزاں نہیں زیادہ ہوتی ہے۔ یوں اسک پر مسنبی واپسی دور مساوات ۷۔۳۰ کی طرح ہوتا ہے اور اس کی داخلی مساوات ہو ہو مساوات ۷۔۳۰ کی طرح ہوتا ہے۔ یوں حسابی ایکلینیاٹر استعمال کرتے ہوئے کامل واپسی ادوار بنائے جاتے ہیں۔

ٹرانزیشن ایکلینیاٹر کی افسزاں عوام بہت زیادہ نہیں ہوتی۔ یوں ٹرانزیشن دور مساوات ۷۔۳۲ پر پوری طرح پورا نہیں اترتا۔ اس کا داخلی مساوات اگرچہ مساوات ۷۔۳۰ 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 واپسی ایکلینیاٹر بنتا ہے۔

۱۔۷۔۷۔ واپسی برقی دباد ایکلینیاٹر

ثبت حسابی ایکلینیاٹر کو شکل ۷۔۱۹ میں دکھایا گیا ہے۔ شکل ب میں اسی کو فدر مختلف طرز پر دوبارہ بنایا گیا ہے جسماں اس میں واپسی اشارے کی پہچان آسانی سے ممکن ہے۔ شکل ب میں داخلی جانب

$$V_i = V_s - V_f$$

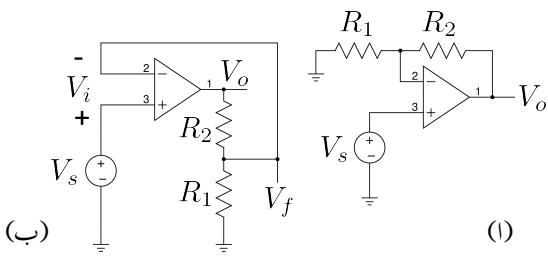
$$V_f = \left(\frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) V_o$$

$$= WV_o$$

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

$$A_V = \frac{1}{W}$$

$$= 1 + \frac{R_2}{R_1}$$



شکل ۱۹.۷: ثابت حابی ایکلینیائز ایکی واپسی بر قی دباو ایکلینیائز ہے

کر خون کے مت انون برائے بر قی دباو سے

(۷.۷۱)

$$V_i = V_s - V_f$$

لکھا جاسکتا ہے جہاں

(۷.۷۲)

$$V_f = \left(\frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) V_o = WV_o$$

ہے۔ یوں

(۷.۷۳)

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

حاصل ہوتا ہے۔

ساوات ۷.۷۲ 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 ۷.۷۱ سے صاف ظاہر ہے کہ داخلی حبائب دو بر قی دباو کے اشارات کو ایک دو نوں سے منفی کیا جاتا ہے۔ یوں ہم کہہ سکتے ہیں کہ ثابت حابی ایکلینیائز واپسی بر قی دباو ایکلینیائز کی قسم ہے۔ مزید یہ کہ ساوات ۷.۷۲ 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 بخپنے پر کھیں۔

حابی ایکلینیائز کی افسزاش A_v نہیت زیادہ ہوتی ہے لہذا ثابت ایکلینیائز ساوات ۷.۷۳ پر پورا اترتاتا ہے اور یوں ساوات ۷.۷۵ 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 دوسرے ثابتے داخلہ سرا ہے۔ اس حصے میں واپسی ایکلینیائز میں داخلی اشارہ V_f 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۔

۷.۷.۷۔ 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

$$(7.77) \quad I_f = \frac{V_n - V_o}{R_2} = \frac{0 - V_o}{R_2} = WV_o$$

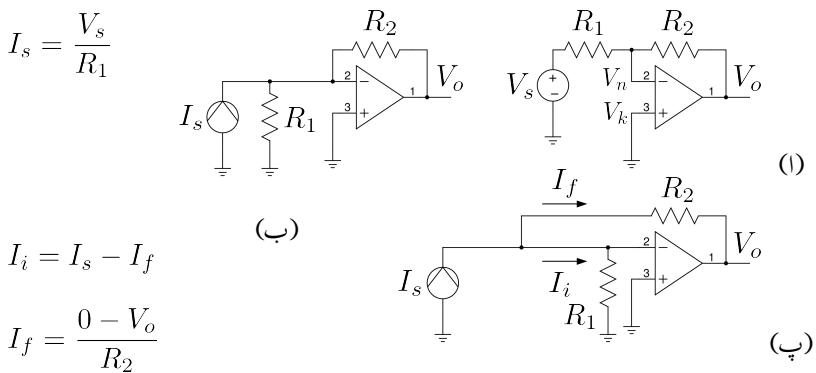
حاصل ہوتا ہے۔ مندرجہ بالا مساوات لکھتے ہوئے یاد رہے کہ حابی ایکلینیفار کے منفی اور مثبت داخنی سروں پر برابر برقی دباؤ رہتا ہے۔ چونکہ یہاں مثبت داخنی سر ابرقی زمین پر ہے لہذا $0 = V_k = 0$ ہو گا اور اس طرح $0 = V_n$ حاصل ہوتا ہے۔ مساوات ۷.۷۷ سے ظاہر ہے کہ واپسی اشارہ برقی روکی صورت میں ہے اور اس کو حنارتی برقی دباؤ سے حاصل کیا گیا ہے۔ مساوات ۷.۷۶ سے ظاہر ہے کہ داخنی جناب دبرقی 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 پر پورا اترت ہے اور یوں مساوات ۷.۳۵ کے تحت

$$(7.79) \quad A_{rf} = \frac{V_o}{I_s} \approx \frac{1}{W} = -R_2$$



شکل ۷.۲۰: مخفی حسابی ایکلینیفار ایک مزاحمت نہ ایکلینیفار ہے

حصص میں مساوات ۷.۵ کی مدد سے اس مساوات کو یوں لکھا جاسکتا ہے

$$(7.80) \quad \frac{V_o}{\left(\frac{V_s}{R_1}\right)} = -R_2$$

$$(7.81) \quad \frac{V_o}{V_s} = -\frac{R_2}{R_1}$$

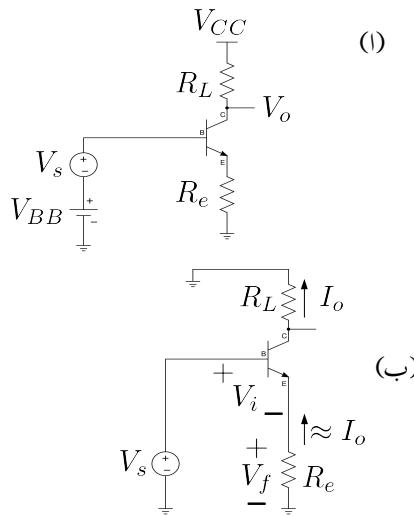
جو کہ مخفی حسابی ایکلینیفار کی حسابی پہچانی مساوات ہے۔

اس حصے میں واپسی مزاحمت نہ ایکلینیفار میں داخلی اشارے کو مخفی داخلی اشارے پر مہیا کیا گیا۔ اس طرح واپسی اشارے کو بھی مخفی داخلی سرے پر مہیا کیا گیا۔ جب بھی داخلی اور واپسی اشارات کو ایک ہی داخلی سرے پر مہیا کیا جائے، انہیں متوازن جبڑا تصور کریں۔ چونکہ صرف بر قی رو کے اشارات کو ہی متوازن جبڑا تصور کریں۔ مزید داخلی اشارے کو ناراثن شکل لہذا اسی صورت میں داخلی اور واپسی اشارات کو بر قی رو اشارات تصور کریں۔ مزید 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 اشارجی بر قی دباویا اشارجی بر قی رو سے واپسی اشارہ حاصل کیا گیا ہے۔ ان معلومات سے ایکلینیفار کی جماعت دریافت ہوتی ہے۔

۷.۷.۳ واپسی موصل نہ ایکلینیفار

شکل ۷.۲۱: میں ٹرانزسٹر کا دور دکھایا گیا ہے جس میں بوجھ R_L ٹرانزسٹر کے گلکش پر لگایا گیا ہے۔ شکل میں باریک اشاراتی تجربے کی عنرضے $V_{CC} = 0$ اور $V_{BB} = 0$ ہے۔ مزید ٹرانزسٹر کے V_{be} کو V_i لکھتے ہوئے

$$\begin{aligned}V_i &= V_s - V_f \\V_f &= -I_o R_e \\W &= -R_e \\A_{gf} &\approx \frac{1}{W} = -\frac{1}{R_e}\end{aligned}$$



شکل ۷.۲۱: ترانزستر کا داپکی موصل نہ ایک پلینافار

$$\begin{aligned}V_i &= V_s - V_f \\&= V_s - (-I_o R_e) \\&= V_s - W I_o\end{aligned}$$

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 پلینافار ہے اور یوں

$$(7.83) \quad A_{gf} = \frac{I_o}{V_s} \approx \frac{1}{W} = -\frac{1}{R_e}$$

موصل ہوتا ہے۔

حصہ ۷.۲۳ 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۔ یون 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 متبل 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 $V_o = I_o R_L$ ہے لہذا

$$(7.83) \quad A_{vf} = \frac{V_o}{V_s} = \frac{I_o R_L}{V_s} = \left(\frac{I_o}{V_s} \right) R_L = A_{gf} R_L = -\frac{R_L}{R_e}$$

حاصل ہوتا ہے۔

اس مساوات کے مطابق $\frac{V_o}{V_s}$ کی قیمت R_L سے منکر ہے۔ اس لئے اگرچہ اسے برقی دباؤ کا حیطہ ہے، اس خاطر استعمال کیا جاتا ہے مگر یہ ہرگز برقی دباؤ ایکلینیاٹر نہیں ہے اور جب بھی بوجھ R_L تبدیل کی جائے اس ایکلینیاٹر کی شرح تبدیل ہو جائے گی۔ اس کے بر عکس مساوات ۷.۸۳ کے تحت $\frac{I_o}{V_s}$ کی قیمت پر R_L کا کوئی اثر نہیں ہے لہذا اس ایکلینیاٹر کو واپسی موصل نہ ایکلینیاٹر تصور کیا جائے گا۔

شکل پر میں R_s بھی حاصل کیا گیا ہے۔ یہاں R_s کو ایکلینیاٹر کا اندر ونی حصہ تصور کرتے ہوئے۔ $V_i = V_s$ لکھا جاتا ہے۔ یوں مندرجہ بالاتمام تصریح اس شکل کے لئے بھی درست ہے۔

ٹرانزسٹر کے B اور E کو دو علیحدہ داخلی سرے تصور کیا جاتا ہے^{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 ۷.۲۲۔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 عندرض سے کپیٹر 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۔

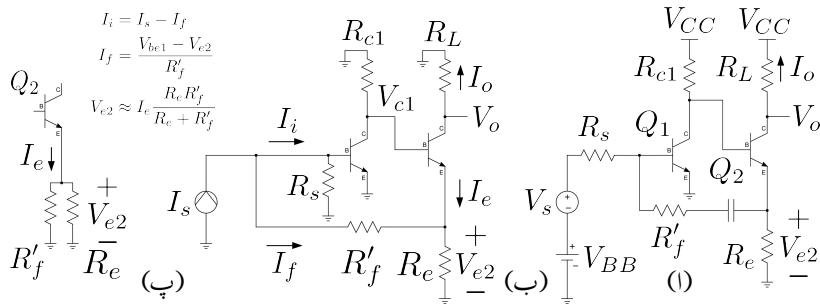
$$I_i = I_s - I_f$$

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 پوس مندرجہ بالامساوات میں غیر ضروری جزو ہے۔ یہ جزو اس لئے پیاگیا ہے کہ ٹرانزسٹر ادوار کا مسل و اپکی ادوار نہیں ہوتے۔ اس غیر ضروری جزو کو نظر انداز کرتے ہوئے

$$I_f \approx -\frac{V_{e2}}{R'_f}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اس طرح جیسے شکل پر میں دھکایا گیا ہے، V_{be1} کو نظر انداز کرتے ہوئے (یعنی 0 لیتے ہوئے) اور R'_f کو متوازن تصور کیا جاسکتا ہے اور یوں

$$\begin{aligned} V_{e2} &\approx I_e \left(\frac{R_e R'_f}{R_e + R'_f} \right) \\ &= -I_o \left(\frac{R_e R'_f}{R_e + R'_f} \right) \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے جیسا کہ $I_e \approx -I_o$ کے رابر لیا 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 اجبرڑا 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 ۷.۲۳ 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۔۷۸ 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

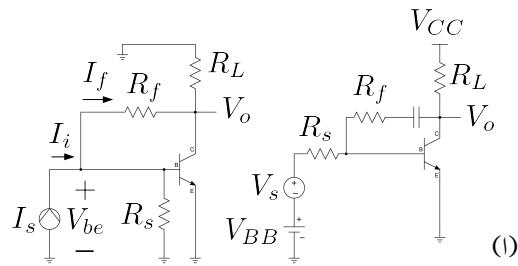
$$(7.90) \quad A_{if} = \frac{I_o}{I_s} = \frac{\frac{V_o}{R_L}}{I_s} = \left(\frac{V_o}{I_s} \right) \frac{1}{R_L} = \frac{A_{rf}}{R_L} = -\frac{R_f}{R_L}$$

اور $\frac{I_o}{V_s}$ کو یوں

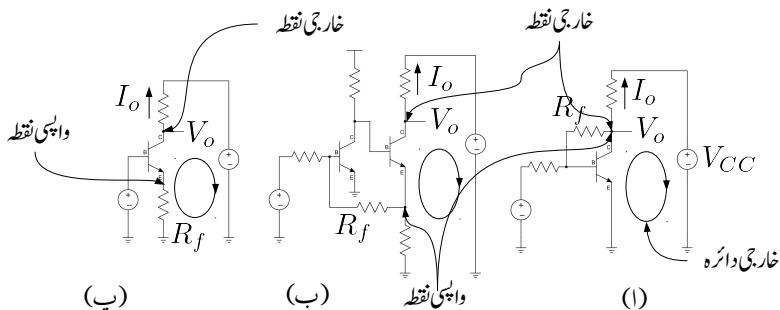
$$(7.91) \quad A_{gf} = \frac{I_o}{V_s} = \frac{\frac{V_o}{R_L}}{I_s R_s} = \left(\frac{V_o}{I_s} \right) \frac{R_s}{R_L} = A_{rf} \frac{R_s}{R_L} = -\frac{R_f R_s}{R_L}$$

شکل ۷۔۲۳۔الف، ب اور پ میں شکل ۷۔۲۳، شکل ۷۔۲۲ اور شکل ۷۔۲۱ دوبارہ کھائے گئے ہیں۔ شکل الف پر غور کریں۔ اس میں حنارجی دائرے کی نشاندہی کی گئی ہے۔ حنارجی جانب بر قی دباد V_0 اور بر قی رو I_0 کی بھی نشاندہی کی گئی ہے۔ ٹرانزسٹر کے C جہاں سے V_0 یا (او) I_0 حاصل کیا گیا ہے کو حنارجی نقطہ مترا رکھا گیا ہے۔ بوچھا R_L کو

$$\begin{aligned}
 I_i &= I_s - I_f \\
 I_f &= \frac{V_{be} - V_o}{R_f} \approx -\frac{V_o}{R_f} \\
 &= WV_o \\
 W &= \frac{1}{R_f} \\
 A_{rf} &= \frac{1}{W} = -R_f \quad (\text{ب})
 \end{aligned}$$



شکل ۷.۷: نہائی سڑکا و اپی مزاحمت نہ ایکلینیٹر



شکل ۷.۷: واپی نقطے

خارجی نقطے پر جوڑا جاتا ہے۔ اسی طرح واپی نقطے کی بھی نشاندہی کی گئی ہے۔ یہ وہ نقطے ہے جہاں سے واپس کار اشارہ حاصل کرتا ہے۔ یہاں R_f بطور واپس کار کردار ادا کر رہا ہے۔ اس شکل میں واپی نقطے اور خارجی نقطے دونوں ایک ہی جوڑ پر پائے جاتے ہیں۔ ایسی صورت جہاں خارجی نقطے اور واپی نقطے ایک ہی جوڑ پر پائے جائیں میں واپس کار خارجی برقی دباؤ V_0 سے واپی اشارہ حاصل کرتا ہے۔

شکل ۷.۷ ب میں خارجی نقطے اور واپی نقطے دو عیجده جوڑ پر پائے جاتے ہیں۔ یہاں واپی اشارے کو اس جوڑ سے حاصل نہیں کیا گیا جہاں سے I_o یا V_0 حاصل کیا گیا ہے۔ البتہ واپی اشارے کو خارجی دائرے سے حاصل کیا گیا ہے۔ خارجی دائرہ وہ دائرہ ہے جس میں خارجی برقی رو I_o کا یہاں ہوتا ہے۔ ایسی صورت جہاں خارجی نقطے اور واپی نقطے دو عیجده جوڑ پر پائے جائیں میں واپس کار خارجی برقی رو I_o سے واپی اشارہ حاصل کرتا ہے۔

شکل ۷.۷ پ میں مزاحمت R_e کو لکھا گیا ہے۔ یہاں بھی خارجی اور واپی نقطے دو عیجده جوڑ پر پائے جاتے ہیں لہذا یہاں بھی واپس کار خارجی برقی رو I_o سے واپی اشارہ حاصل کرتا ہے۔

۷.۸ واپسی ایکلینیاٹر کا تفصیلی تجزیے

اب تک ساوات ۷۲ پر پورا اترتے واپسی ایکلینیاٹر پر غور کیا گیا۔ اس حصے میں ان واپسی ایکلینیاٹر پر غور کیا جائے گا جو اس ساوات پر پورا نہیں اترتے۔ ایس کرتے وقت ایکلینیاٹر کو دو حصوں بینی دی ایکلینیاٹر A اور واپس کار W میں تقسیم کیا جاتا ہے۔ واپسی ایکلینیاٹر میں واپسی اشارے کو صفر کرتے ہوئے مگر واپس کار کے بوجھ کو شامل کرتے ہوئے بینی دی ایکلینیاٹر حاصل کیا جاتا ہے۔ مندرجہ ذیل اقتداء کی مدد سے ایسا کیا جاتا ہے۔

بنی دی 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۔

بنی دی ایکلینیاٹر کا حرارتی حصہ حاصل کرنے کی خاطر کل داخلی اشارہ X_f 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۔

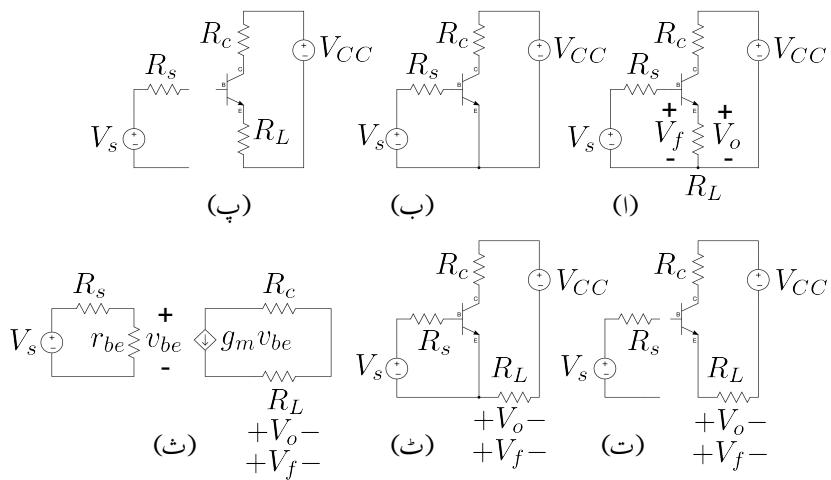
• اس کے بر عکس اگر داخلی اور واپسی اشارات سالمہ وار جبڑے ہوں تب یہ دونوں بر قی دباؤ اشارات ہوں گے۔ داخلی دائرے کو کھلے سرے کرنے سے $V_i = 0$ کیا جاتا ہے۔

اس ترکیب سے واپسی اشارہ کے اثرات کو ختم کر دیا جاتا ہے جبکہ بنی دی ایکلینیاٹر پر واپس کار کے بوجھ کے اثرات برقرار رہنے والے جباتے ہیں۔ اس ترکیب کو استعمال کرتے ہوئے واپسی ایکلینیاٹر حاصل کرنے کے مکمل اقتداء مندرجہ ذیل ہیں۔

• پہلے یہ فیصلہ کریں کہ X_f بر قی دباؤ بر قی رو کا اشارہ ہے۔ اگر X_f داخلی اشارہ X_0 کے ساتھ سالمہ وار جبڑا ہو تو X_f بر قی دباؤ اشارہ ہو گا اور اگر یہ X_0 کے ساتھ متوالی جبڑا ہو تو X_f بر قی رو اشارہ ہو گا۔ اسی طرح فیصلہ کریں کہ X_0 بر قی دباؤ بر قی رو اشارہ ہے۔ اگر X_0 کو X_f کو V_0 سے حاصل کیا گیا ہو تو X_0 بر قی دباؤ اشارہ ہو گا اور اگر X_f حرارتی دائرہ سے حاصل کیا گیا ہو تو X_0 بر قی رو اشارہ ہو گا۔

• واپسی ایکلینیاٹر کی جماعت دریافت کریں۔ اگر X_f اور X_0 سالمہ وار جبڑے ہوں تب X_f بر قی دباؤ اشارہ V_f ہو گا اور اگر یہ دونوں متوالی جبڑے ہوں تب X_f بر قی رو اشارہ V_0 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_f 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 بنی دی ایکلینیاٹر کا دور حاصل کریں۔ اگر X_f اور X_0 سالمہ وار جبڑے ہوں تب داخلي اشارہ X_f کا تھوڑن مساوی دور استعمال کریں۔ اس کے بر عکس اگر X_f اور X_0 متوالی جبڑے ہوں تب داخلي اشارہ X_f 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_{of} ، R'_{if} ، A_f اور R_o حاصل کریں۔
آنہن اس ترکیب کو استعمال کرتے ہوئے واپسی ایکلپیغاڑ حاصل کریں۔

۷.۹ واپسی بر قی دباو ایکلپیغاڑ

شکل ۷.۲۵ الف 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 بالکل مساوات ۷.۹۲ اور مساوات ۷.۹۳ ہی ہیں۔
شکل تے میں ٹرانزسٹر کا پائے ریاضی نموہن استعمال کرتے ہوئے شکل تے کا باریکے اثر اتنی 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 ۱۸۸.۳ کے تحت $g_m r_{be} = \beta$ کے برابر ہے۔ شکل تے کے تحت $V_f = V_0$ لہذا حاصل ہوتا ہے اس طرح $W = 1$

$$(7.97) \quad M = 1 + WA_V = 1 + \frac{\beta R_L}{R_s + r_{be}} = \frac{R_s + r_{be} + \beta R_L}{R_s + r_{be}}$$

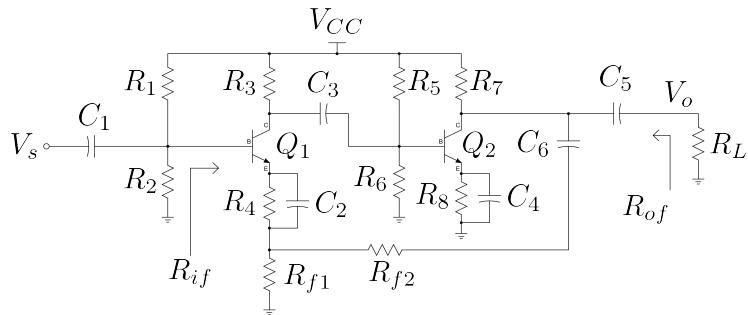
بنیادی ایمپلیفائر کا داخلی مزاحمت
ہے۔

$$(7.98) \quad R'_i = R_s + r_{be}$$

کے برابر ہے اور یوں

$$(7.99) \quad R'_{if} = MR'_i = (R_s + r_{be}) \times \frac{R_s + r_{be} + \beta R_L}{R_s + r_{be}} = R_s + r_{be} + \beta R_L$$

حاصل ہوتا ہے۔



شکل ۲۶.۷: دو مرحلہ زنجیری واپسی بر قی دباؤز خبیری

ساوات ۷.۹۱ کے تحت $A'_v = A_V|_{R_L \rightarrow \infty}$ میں $\rightarrow \infty$ میں R_L کے استعمال سے حاصل ہوتا ہے۔ خارجی مزاجت R_o حاصل کرتے وقت R_L کو ایک پلینیاٹر 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۔

ساوات ۷.۱۰۰ سے خارجی مزاجت حاصل کرنا ممکن نہیں۔ R_o حاصل کرنے کی حناطر درورے پہلے R'_{of} حاصل کریں اور پھر سوات ۷.۹۳ کی مدد سے R_o حاصل کریں۔ R'_{of} کی شمولیت سے R'_o کی قیمت R_L کے برابر ہے۔ اس طرح

$$(7.100) \quad R'_{of} = \frac{R'_o}{M} = \frac{R_L(R_s + r_{be})}{R_s + r_{be} + \beta R_L}$$

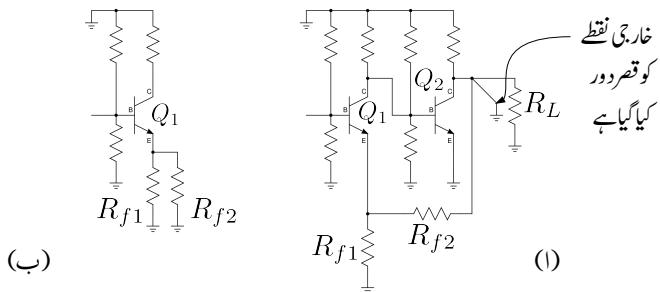
اور

$$(7.101) \quad R_{of} = R'_{of} \Big|_{R_L \rightarrow \infty} = \frac{R_s + r_{be}}{\beta}$$

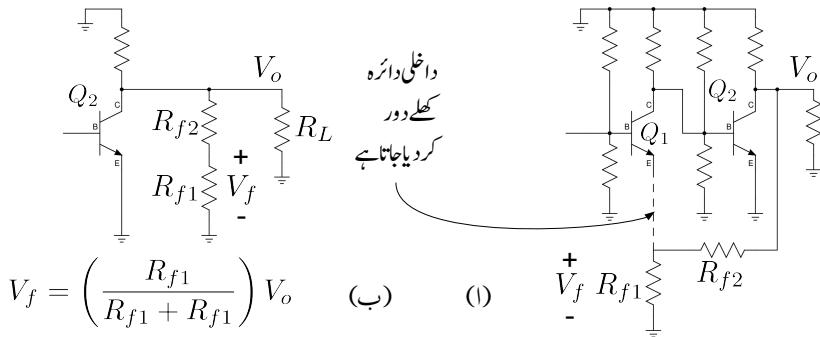
حاصل ہوتا ہے۔

۱۰۔۷۔ واپسی بر قی دباؤز خبیری ایک پلینیاٹر

شکل ۷.۲۶ میں دو کڑی زنجیری ایک پلینیاٹر کھایا گیا ہے۔ درکار تعداد پر تمام کپیٹروں کو قصر درور تصور کریں۔ اس ایک پلینیاٹر میں خارجی بر قی دباؤ V_o سے واپسی اشارہ V_f حاصل کیا گیا ہے لہذا ابھی وی ایک پلینیاٹر کے داخنی جانب کا دور

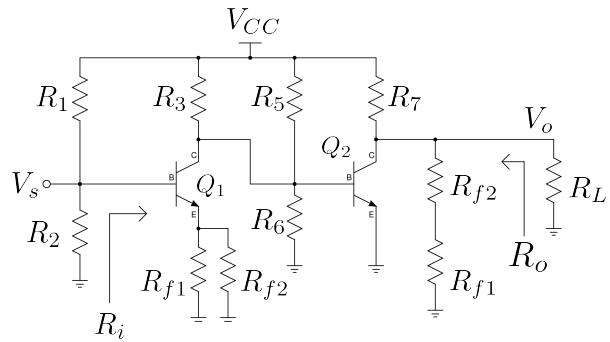


شکل ۷.۷: دو مرحلہ زنجیری واپسی بر قی دباوایمپلیفیائر کے داحتی حصے کا حصول



شکل ۷.۸: دو مرحلہ زنجیری واپسی بر قی دباوایمپلیفیائر کے خارجی حصے کا حصول

حاصل کرتے وقت خارجی نقطے کو قصر دور کیا جائے گا۔ جو نکہ V_o کو R_L پر ناچاہتا ہے لہذا خارجی نقطے کو قصر دور کرنے سے مراد اس نقطے کو بر قی زمین کے ساتھ جوڑتا ہے۔ شکل ۷.۷ الف میں ایسا دکھایا گیا ہے۔ جیسا کہ شکل ب میں دکھایا گیا ہے، اس عمل سے R_{f2} اور R_{f1} متوالی سے متوازی سبڑ جاتے ہیں۔ اس ایمپلیفیائر میں V_s اور V_o سلسلہ وار سبڑے ہیں لہذا بنیادی ایمپلیفیائر کے خارجی جانب کا دور حاصل کرتے وقت داحتی دائرے کو کھلے دور کیا جائے گا۔ اس دائرے کو Q_1 کے بینٹ پر کھلے دور کیا جاسکتا ہے۔ شکل ۷.۸ الف میں داحتی دائرے کو Q_1 کے بینٹ پر کھلے دور کیا گیا ہے۔ جیسا کہ شکل ب میں دکھایا گیا ہے، اس عمل سے R_{f2} اور R_{f1} خارجی جانب سلسلہ وار سبڑ جاتے ہیں۔ شکل ۷.۸ ب میں V_o کو زنجیری ضرب سے با آنی حل کرتے ہوئے حاصل کی جا سکتی ہے۔ اس طرح اس بنیادی ایمپلیفیائر کا A_v بھی حاصل کیا جاسکتا ہے۔ شکل سے



شکل ۱۰.۷: دو مرحلہ زنجیری واپسی برقی دباؤز کا بنیادی ایک پلینیاٹر

واپس کار کا W میں حاصل ہوتا ہے۔

$$(10.7) \quad W = \frac{R_{f1}}{R_{f1} + R_{f2}}$$

ان تمام معلومات سے حاصل کیا جاتا ہے۔

سوالات

سوال ۱.۷: ایک سادہ ایکلیفیٹر کی افسزاں میں مختلف وجوہات کی بنا پر ۷% کے فنرق پیدا ہوتا ہے۔ اس ایکلیفیٹر میں واپسی اشارہ شامل کیا جاتا ہے۔ یوں حاصل واپسی ایکلیفیٹر کی افسزاں میں انہیں وجوہات کی بنا پر صرف ۱% کا فنرق پیدا ہوتا ہے۔ M کی قیمت حاصل کریں۔ اگر سادہ ایکلیفیٹر کی افسزاں 245 VV^{-1} تھی تو واپسی ایکلیفیٹر کے افسزاں اور واپس کار کے مستقل W کی قیمت کیا ہوگی؟

$$\text{جواب: } W = 0.02449 \text{ VV}^{-1}, A_f = 35 \text{ VV}^{-1}, M = 7.$$

سوال ۲.۷: اگر سوال ۱.۷ میں سادہ ایکلیفیٹر کا بلند انقطعائی تعداد 200 kHz ہوتا ہے۔ واپسی ایکلیفیٹر کی بلند انقطعائی تعداد کیا ہوگی۔

جواب: 1.4 MHz

سوال ۳.۷: ایک واپسی بر قی دباؤ ایکلیفیٹر کے مزاحمت VV^{-1} اور $R_i = 500 \Omega$ اور $A'_v = 2000 \text{ VV}^{-1}$ میں۔ داخلی اشارے کی مزاحمت Ω جبکہ بر قی بوجھ $R_s = 1 \text{ k}\Omega$ اور $R_L = 10 \text{ k}\Omega$ میں۔ اس ایکلیفیٹر میں واپسی اشارہ شامل کیا جاتا ہے۔ واپس کار کا مستقل $W = 0.01 \text{ VV}^{-1}$ ہے۔ واپسی ایکلیفیٹر کی افسزاں، داخلی مزاحمت اور خارجی مزاحمت حاصل کریں۔

$$\text{جواب: } R_{of} = 24 \Omega, R'_{if} = 60 \text{ k}\Omega, A_{vf} = 95 \text{ VV}^{-1}$$

سوال ۴.۷: ایک واپسی بر قی دباؤ ایکلیفیٹر کے مزاحمت $A_i = 2000 \text{ AA}^{-1}$ اور $R_o = 5 \text{ k}\Omega$ اور $R_i = 500 \Omega$ میں۔ داخلی اشارے کی مزاحمت Ω جبکہ بر قی بوجھ $R_s = 5 \text{ k}\Omega$ اور $R_L = 1 \text{ k}\Omega$ میں۔ اس ایکلیفیٹر میں واپسی اشارہ شامل کیا جاتا ہے۔ واپس کار کا مستقل $W = 0.01 \text{ AA}^{-1}$ ہے۔ واپسی ایکلیفیٹر کی افسزاں، داخلی مزاحمت اور خارجی مزاحمت حاصل کریں۔

$$\text{جواب: } R_{of} = 96 \text{ k}\Omega, R'_{if} = 28 \Omega, A_{if} = 94 \text{ AA}^{-1}$$

سوال ۵.۷: ایک موصل نہ ایکلیفیٹر کے $A_g = 500 \Omega$ اور $R_i = 5 \text{ k}\Omega$ اور $A'_g = 2000 \text{ AV}^{-1}$ میں۔ داخلی اشارے کی مزاحمت Ω جبکہ بر قی بوجھ $R_s = 500 \Omega$ اور $R_L = 1 \text{ k}\Omega$ میں۔ اس ایکلیفیٹر میں واپسی اشارہ شامل کیا جاتا ہے۔ واپس کار کا مستقل $W = 0.01 \text{ VA}^{-1}$ ہے۔ واپسی ایکلیفیٹر کی افسزاں، داخلی مزاحمت اور خارجی مزاحمت حاصل کریں۔

$$\text{جواب: } R_{of} = 9.59 \text{ k}\Omega, R'_{if} = 39 \text{ k}\Omega, A_{gf} = 86 \text{ AV}^{-1}$$

سوال ۶.۷: ایک مزاحمت نہ ایکلیفیٹر کے $R_o = 5 \text{ k}\Omega$ اور $R_i = 500 \Omega$ اور $A'_r = 2000 \text{ VA}^{-1}$ میں۔ داخلی اشارے کی مزاحمت Ω جبکہ بر قی بوجھ $R_s = 5 \text{ k}\Omega$ اور $R_L = 10 \text{ k}\Omega$ میں۔ اس ایکلیفیٹر میں واپسی اشارہ شامل کیا جاتا ہے۔ واپس کار کا مستقل $W = 0.01 \text{ AV}^{-1}$ ہے۔ واپسی ایکلیفیٹر کی افسزاں، داخلی مزاحمت اور خارجی مزاحمت حاصل کریں۔

$$\text{جواب: } R_{of} = 238 \Omega, R'_{rf} = 32 \Omega, A_{rf} = 93 \text{ VA}^{-1}$$

سوال ۷.۷: آپ کے پاس 2000 VV^{-1} کا بر قی دباؤ ایکلیفیٹر موجود ہے جس کا داخلی مزاحمت $5 \text{ k}\Omega$ اور خارجی مزاحمت 500Ω میں۔ اس کو استعمال کرتے ہوئے واپسی بر قی دباؤ کا ایکلیفیٹر تخلیق دیں جس کی افسزاں 12.5 VV^{-1} ہو۔ داخلی اشارے کی مزاحمت $1 \text{ k}\Omega$ اور بر قی بوجھ $1.5 \text{ k}\Omega$ اور $R_{of} = R'_{if}$ اور یہی حاصل کریں۔

جواب: $A_{vf} = 12.5 \text{ VV}^{-1}, R'_i = 6 \text{ k}\Omega, A_V = 1250 \text{ VV}^{-1}, A'_v = 1667 \text{ VV}^{-1}$ میں لہذا $W = 0.08 \text{ VV}^{-1}$ اور $R_{of} = 4.95 \Omega$ اور $R'_{if} = 606 \text{ k}\Omega$ میں۔

سوال ۸۔۷۔ میں تخلیق کئے گئے واپسی ایک پلیناٹر پر اگر $\Omega = 3k\Omega$ کیا حاصل ہوگی۔

جواب: $V_{Vf} = 12.4 V$ کی مسازحت آدمی کرنے سے واپسی افسزاش میں صرف ۰.۸% کی تبدیلی آئی۔ واپسی ایک پلیناٹر نقیباً مسلکم ہے۔

سوال ۹۔۷۔ میں تخلیق کردہ واپسی ایک پلیناٹر میں بنیادی ایک پلیناٹر کو تبدیل کرتے ہوئے $V_{Vf} = 1500 V$ کا ایک پلیناٹر نسب کیا حاصل ہوگی؟

جواب: $A_{vf} = 12.33 V$ میں تخلیق کے افسزاش میں ۲۵% تبدیلی سے واپسی ایک پلیناٹر کے افسزاش میں صرف ۱.۳۶% کی تبدیلی ہے ابھی۔ واپسی ایک پلیناٹر کے مسلکم ہونے کی سے ایک اچھی مثال ہے۔

سوال ۱۰۔۷۔ ایک واپسی بر قی دباؤز میں $V_s = 150 mV$, $V_f = 148 mV$, $V_o = 12 V$, $R_o = 1950 \Omega$ اور $R'_i = 2 k\Omega$ ہوں۔ اس ایک پلیناٹر کے W اور A_{vf} حاصل کریں۔ اگر بنیادی ایک پلیناٹر کا $R_o = 26 \Omega$ ہوں۔

جوابات: $R'_{if} = 150 k\Omega$, $A_V = 6000 V V^{-1}$, $A_{vf} = 80 V V^{-1}$, $W = 0.01233 V V^{-1}$, $R_{of} = 26 \Omega$ اور $R'_i = R'_{if}$ کیا جاؤ گے۔

سوال ۱۱۔۷۔ بنیادی بر قی روایکلیناٹر کی افسزاش $A = 3000 A A^{-1}$ جبکہ اسے حاصل واپسی ایک پلیناٹر کی افسزاش $R_o = 15 k\Omega$ اور $R'_i = 20 k\Omega$ کی صورت میں R'_{if} اور R_{of} حاصل کریں۔

جوابات: $R_{of} = 3 M\Omega$ اور $R'_{if} = 100 \Omega$

سوال ۱۲۔۷۔ شکل ۷۔۲۵۔ میں $I_{CQ} = 1 mA$, $R_s = 2 k\Omega$, $R_L = 1 k\Omega$, $\beta = 100$ اور R'_{if} حاصل کریں۔

جوابات: $R'_{if} = 103.5 k\Omega$, $A_{vf} = 0.957 V V^{-1}$, $A_V = 22.22 V V^{-1}$, $r_{be} = 2.5 k\Omega$ اور $R_{of} = 35 \Omega$

سوال ۱۳۔۷۔ سوال ۷۔۱۲ میں β کی قیمت ۲۰۰ جبکہ $I_{CQ} = 1 mA$ رکھتے ہوئے اسے دوبارہ حل کریں۔ میں کتنی صد تبدیلی رونما ہوئی۔

جوابات: $A_{vf} = 0.978 V V^{-1}$, $A_V = 204.5 k\Omega$, $R'_{if} = 22.5 \Omega$, $R_{of} = 22.5 \Omega$ اور تبدیلی تقسیباً ۲% ہے۔

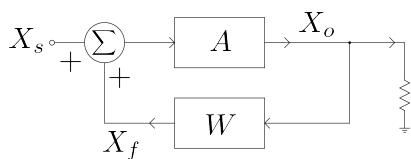
سوال ۱۴۔۷۔ شکل ۷۔۲۶ میں زخیری ایک پلیناٹر دکھایا گیا ہے جبکہ مسافت ۷۰۰ میں اس کے واپس کار کا مستقل W حاصل کیا گیا ہے۔ A_{vf} حاصل کریں۔

جواب: $A_{vf} = 1 + \frac{R_{f2}}{R_{f1}}$

باب ۸

مرتعش

گزشتہ باب میں منفی واپسی ادا پر غور کیا گی۔ اس باب میں مرتعش اپر غور کیا جائے گا جو مثبتہ واپسی دور کی ایک قسم ہے۔ مرتعش ایک ایسے دور کو کہتے ہیں جسے کوئی داخلی اشارہ دئے بغیر اس سے ارتقاش کرتا ہماری اشارہ حاصل کیا جاتا ہے۔ آئیں مرتعش کی بنیادی کارکردگی شکل ۱.۸ اسی مدد سے سمجھیں۔ تصور کریں کہ ایک لمحے کے لئے اس دور کو ارتقاش کرتا ہے اشارہ X_s مسراہم کرنے کے بعد $X_s = 0$ کر دیا جاتا ہے۔ اس طرح ایک لمحے کے لئے اس دور میں ارتقاش کرتا ہے اشارہ X_0 نمودار ہو گا۔ واپسی دور X_0 سے $X_f = W X_0$ کے پس پیدا کرے گا جو کہ بنیادی ایکپلینائز کو بطور داخلی اشارہ مہیا کیا گیا ہے۔ بنیادی ایکپلینائز X_f سے خارجی اشارہ $X_0 = A X_f$ پیدا کرے گا۔ یوں واپسی دور اور بنیادی ایکپلینائز میں ایک چکر کے بعد پہلی مرتبا نمودار ہونے والے اشارے X_0 کی قیمت اب WAX_0 ہو گی۔ یہ اشارہ بھی جب واپسی دور اور بنیادی ایکپلینائز میں ایک چکر کا ٹو اس کی نئی قیمت $WA^2 X_0$ ہو جائے گی۔ اسی طرح n چکر کے بعد بنیادی ایکپلینائز کا خارجی اشارہ $WA^n X_0$ ہو گا۔ اب اگر $1^n = 1$ ہی ہو گا۔ اس طرح اگر چہ اس دور کو کوئی داخلی اشارہ نہیں دیا جا رہا ہے پھر بھی ارتقاش کرتا ہے اشارہ X_0 خارج کرتا ہے گا۔ ایسی خوبی رکھنے والے دور کو مرتعش کہتے ہیں۔



شكل ۱.۸: 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۔

ای 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 م تمام تک بقیہ جباء کا جہاں بنیادی ایکپلیغائز غیر خطی خطے میں داخل ہونا شروع ہو جائے گا۔ غیر خطی خطے میں داخل ہوتے ہوئے بنیادی ایکپلیغائز کے افنسزاش کی قیمت گھٹنا شروع ہو جباء کی اور یوں حنارجی اشارے کے جیلے کا بڑھنا پہلے کم اور آخوند کار اس کا بڑھنا تکمیل طور کر جباء کا۔ جہاں ترازوں سڑک افنسزاش سے اشارے کا جیط بڑھنا اور اشارے کا جیط بڑھنے سے ترازوں سڑک افنسزاش کم ہونے کے اعمال تو ازن اخیار کر لیں، وہیں ارتقاشی اشارے کا جیط 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 جیلے 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 جات کی بسا پر مسر قوش چپا لو کرتے ہی $1 \neq WA$ ہو جائے گا۔ اگر $1 < WA$ ہو جباء تو ایسی صورت میں مسر قوش رکھ جباء گا۔ اس کے بر عکس اگر WA کی قیمت ۱ سے فدر زیادہ ہو جباء تو ایسی صورت میں مسر قوش برقرار ارتقاشی اشارہ حنارج کرتا ہے۔

مسر قوش کے اس بنیادی اصول جسے مساوات ۸۔ اسیں دوبارہ کھایا گیا ہے کوہ کمازنٹ 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 $2m\pi$ ہوتا ضروری ہے جہاں $m = 0, 1, 2, \dots$ ہو سکتا ہے۔ یوں اسے یوں لکھتا زیادہ بہتر ہے۔

$$(8.2) \quad |WA| = 1$$

$$(8.3) \quad /WA = 2m\pi$$

آپ دیکھ سکتے ہیں کہ حقیقت میں کسی بھی مسر قوش کو برقرار کرتے رکھنے کے لئے 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 والے (صفر ایکپیئر) ہوتے ہیں۔ اس طرح جب مسر قوش کو بر قی طاقت مہیا کر کے غیر چپا لو ساتھ سے چپا لو کیا جباء تو اس کے مختلف حصے چند ہی لمحوں میں غیر چپا لو صورت سے یک

Barkhausen criteria^۴

حکمرتی کے عالم طبیعتیات ہائیکریکیز بر کہانن نے اس اصول کو پیش کیا

سمت مائل کردہ صورت اختیار کر لیتے ہیں۔ یوں ان لمحات کے دوران مرتقش پر پائے جانے والے تمام اشارات تغیر پذیر ہوتے ہیں جنہیں ہم پالو کرتے وقت کی بر قی شور تصور کر سکتے ہیں۔ مرتقش عموماً اسی بر قی شور سے پالو کر 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 اتات بل مجبول نہ ہوتے مرتقش کو پالو کرنے کی حنا طرہ بیرونی اشارہ چند لمحات کے لئے مہیا کیا جاتا ہے۔^۲

اب تک کی نفتوگو میں حنا طرہ اشارے کی شکل پر کسی قسم کی بحث نہیں کی گئی۔ حقیقت میں مرتقش کے حنا طرہ اشارے کی شکل کچھ بھی ہو سکتی ہے البتہ اس باب میں صرف اسائن نما حنا طرہ اشارہ پیدا کرنے والے مرتقش پر غور کیا جائے گا جن میں ٹرانزیستر ایپلینائز استعمال کرتے ہوئے واپسی اشارے کو مزاحمت، کپسٹر، امالہ، ٹرانسٹر مسرو غنیہہ 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 اسکو (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 ترے گا۔ آپ جانتے ہیں کہ کسی بھی غنیہہ اسائن نما لہس کو فوریہ تسلیم 5 کی مدد سے لکھا جاسکتا ہے۔ فوریہہ تسلیم میں $\omega_0, \omega_0, 2\omega_0, 3\omega_0, \dots$ تعدد پر لامدد واحبza اپائے جاتے ہیں۔ پالو کرتے وقت کے بر قی شور کی بھی فوریہہ 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 تھا ہو۔

۸.۱ مرتقش کی تحقیق

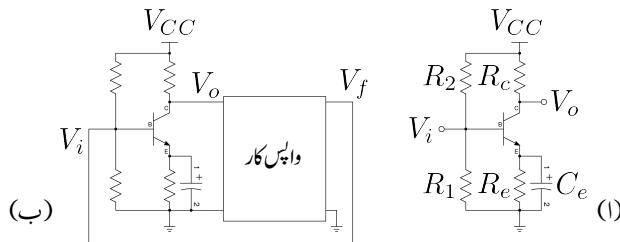
شکل ۸.۲ الف میں بیان دیا گیا ہے۔ اس کے حنا طرہ اشارے V_i اور داخنی اشارے V_o کے مابین 180° کا زاویہ ہے۔ اگر اسے استعمال کرتے ہوئے مرتقش تحقیق دیتا ہو تو واپس کار کو مزید 180° کا زاویہ پیدا کرنا ہو گا۔ شکل بے میں واپس کار کوڈبے کی شکل میں دکھایا گیا ہے۔ یوں V_o اور V_i کے درمیان 180° کا زاویہ در کار ہے۔ ٹرانزیستر کو V بطور داخنی اشارہ مہیا کرنے سے مرتقش حاصل ہوتا ہے۔ مندرجہ ذیل مثال میں اشارات کے مابین زاویہ پیدا کرنے کا ایک طریقہ دکھایا گیا ہے۔

مثال ۸.۱: شکل ۸.۳ الف میں \hat{V}_o اور \hat{V}_i کے درمیان زاویہ کی مساوات حاصل کریں۔

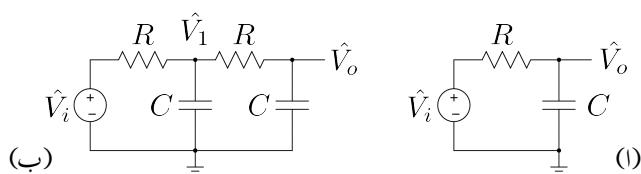
$$\bullet R = 1 k\Omega \text{ اور } C = 0.1 \mu F \text{ پر } 10 \text{ kHz} \text{ میں } R \text{ اس زاویہ کی قیمت حاصل کریں۔}$$

$$\bullet \text{ مزاجمت } R \text{ کی وہ قیمت حاصل کریں جس پر یہ زاویہ } 60^\circ \text{ ہو گا۔}$$

^۲ مجھے گزشتہ پہلیں سالوں میں صرف ایک مرتب مرتقش کو پالو کرنے کی حنا طرہ اشارہ مہیا کرنا پڑا ہے۔ Fourier series^۳



شکل ۸.۲: مسر تھش کی تحلیق



شکل ۸.۳: مزاحمت - کپیٹر کی مدد سے اشارات کے زاویہ میں تبدیلی

حول: مزاحمت لیتے ہوئے، دائیں میں بر قی روکھتے ہوئے کر خوف کے فتاون برائے بر قی دبادے حاصل ہوتا ہے

$$\hat{I} = \frac{V \angle 0^\circ}{R + j\omega C}$$

اور یوں

$$\begin{aligned}\hat{V}_0 &= \hat{I} \times \left(\frac{1}{j\omega C} \right) = \frac{V \angle 0^\circ}{1 + j\omega RC} \\ &= \frac{V}{\sqrt{1 + R^2 \omega^2 C^2}} \angle -\tan^{-1}(\omega RC)\end{aligned}$$

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۔

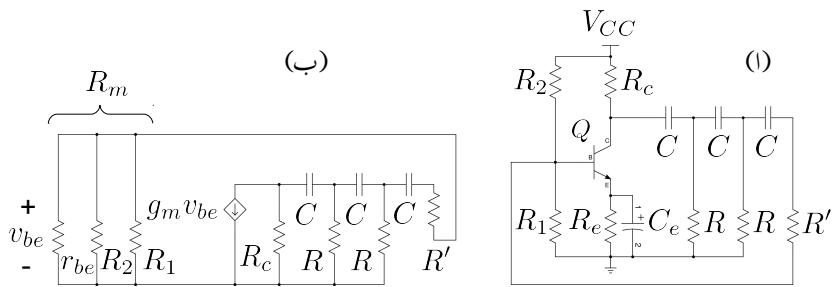
مندرجہ بالا مثال کو دیکھتے ہوئے ایسا معلوم ہوتا ہے کہ مزاجت - کپیٹ کے دو کیوں استعمال کرتے ہوئے دگنا زاویہ حاصل کیا جاتا ہے۔ یہ بات درست ثابت ہوتی ہے، البتہ جیسے آپ سوال ۱.۸.۱ میں دیکھیں گے، دو کڑی RC کا زاویہ حاصل کرتے وقت نسبتاً بیسی مساوات حل کرنی ہوگی۔

RC کے ضرب کو بڑھا کر زیادہ زاویہ حاصل کیا جاتا ہے۔ لامدد RC یعنی ∞ پر 90° حاصل ہوتا ہے۔ حقیقت میں لامدد و RC استعمال کرنا ممکن نہیں ہوتا بلکہ ایک عدد مزاجت اور ایک عدد کپیٹ استعمال کرتے ہوئے 90° حاصل کرنا ممکن نہیں ہوتا۔ 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 ایکلیفائز 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 خارج کرتا ہے۔ یوں بنیادی ایکلیفائز اور واپس کار کے دائے میں ایک چپ کے بعد کل زاویہ میں تبدیلی کو 0° رکھنے کی مناطر 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 ایکلیفائز Q, C_e, R_c, R_2, R_1 اور R_{be} پر مشتمل ہے۔ مرتقش کے خارجی تعداد پر کپیٹ C_e بطور تصریح دور کام کرتا ہے۔ بنیادی ایکلیفائز میں واپس کار استعمال کرنے سے مرتقش حاصل ہوتا ہے۔ واپس کار تین عمد کپیٹ اور تین عمد مزاجت سے حاصل کیا گیا ہے۔ شکل ب میں ٹرانزسٹر کا پائے π ریاضی نومونہ استعمال کرتے ہوئے اس مرتقش کا مساوی دور دکھایا گیا ہے جس میں R_{be} کو قصر دکھایا گیا ہے۔ جیسے آپ دیکھتے ہیں R_2 اور R_1 متوالی جبڑے ہیں۔ ان متوالی جبڑے مزاجت کی کل قیمت کو R_m لکھا گیا ہے۔ یوں اور 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 واپسی دور تین یکساں RC حصوں پر مشتمل ہوتا ہے۔ اگرچہ واپسی دور کے تین کپیٹوں کی قیمت آپس میں برابر یا تین میں 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 $R_m \approx r_{be} + R'$ کو دیکھیں۔



شکل ۸.۳: مزاجت-کپیٹر مرنٹش یا RC مرنٹش

کے برابر کھاگیا ہے۔ یوں

$$V_1 = I_0 \left(R + \frac{1}{j\omega C} \right)$$

وہ گھے استعمال کرتے ہوئے ہم لکھ سکتے ہیں

$$I_1 = \frac{V_1}{R} = I_0 \left(1 + \frac{1}{j\omega CR} \right)$$

اس طرح

$$I_2 = I_1 + I_0 = I_0 \left(2 + \frac{1}{j\omega CR} \right)$$

$$V_2 - V_1 = \frac{I_2}{j\omega C}$$

$$\begin{aligned} V_2 &= V_1 + \frac{I_2}{j\omega C} \\ &= I_0 \left(R + \frac{1}{j\omega C} \right) + \frac{I_0}{j\omega C} \left(2 + \frac{1}{j\omega CR} \right) \\ &= I_0 \left[R + \frac{3}{j\omega C} + \frac{1}{(j\omega C)^2 R} \right] \end{aligned}$$

۴

$$I_3 = \frac{V_2}{R} = I_0 \left[1 + \frac{3}{j\omega CR} + \frac{1}{(j\omega CR)^2} \right]$$

۷۰

$$\begin{aligned} I_4 &= I_3 + I_2 \\ &= I_0 \left[1 + \frac{3}{j\omega CR} + \frac{1}{(j\omega CR)^2} \right] + I_0 \left[2 + \frac{1}{j\omega CR} \right] \\ &= I_0 \left[3 + \frac{4}{j\omega CR} + \frac{1}{(j\omega CR)^2} \right] \end{aligned}$$

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۔

$$(8.5) \quad R_c = kR$$

لیا جائے۔

$$\begin{aligned} I_5 &= \frac{V_3}{R_c} = \frac{V_3}{kR} \\ &= I_0 \left[\frac{1}{k} + \frac{6}{j\omega CRk} + \frac{5}{(j\omega CR)^2 k} + \frac{1}{(j\omega CR)^3 k} \right] \end{aligned}$$

اور

$$I_6 = I_5 + I_4$$

$$= I_0 \left[\frac{1}{k} + \frac{6}{j\omega CRk} + \frac{5}{(j\omega CR)^2 k} + \frac{1}{(j\omega CR)^3 k} \right] \\ + I_0 \left[3 + \frac{4}{j\omega CR} + \frac{1}{(j\omega CR)^2} \right]$$

ہوں گے۔ چونکہ خیالی عدد دو ہو گا۔ اسی طرح $j^3 = -j$ اور $j^2 = -1$ ہوتا ہے لہذا $\frac{1}{j} = j$ ہو گا۔ یہ

$$(8.4) \quad I_6 = I_0 \left[\frac{1}{k} + 3 - \frac{\left(\frac{5}{k} + 1\right)}{(\omega CR)^2} + j \left[\frac{1}{(\omega CR)^3 k} - \frac{\left(\frac{6}{k} + 4\right)}{\omega CR} \right] \right]$$

شکل کو دیکھتے ہوئے معلوم ہوتا ہے کہ برابریں لہذا $I_0 r_{be}$ اور v_{be} کے مابین مساوات کے حجت ہو گا۔ باب ۳ میں مساوات ۱۸۸.۳ کے حجت 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۔

مساوی مساوات ۱.۸ میں مساوی نشان کے دونوں جانب کے حقیقی مقادیر آپس میں برابر ہوں گے اور اس طرح مساوی نشان کے دونوں جانب خیالی مقادیر 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 مساوات 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۔ مساوات ۸.۸ 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 مساوات ۸.۸ کی مدد سے یوں لکھا جاتا ہے۔

$$(8.9) \quad \begin{aligned} -\beta &= \frac{1}{k} + 3 - \left(\frac{5}{k} + 1 \right) (6 + 4k) \\ \beta &= \frac{29}{k} + 23 + 4k \end{aligned}$$

سر ترش کو برقرار ہپا اور کھنے کی حناظر حقیقت میں β کو مندرجہ بالا حاصل کئے گئے قیمت سے زیادہ رکھنا پڑتا ہے لہذا اس مساوات کو یوں لکھا جا پائے۔

$$(8.10) \quad \beta > \frac{29}{k} + 23 + 4k$$

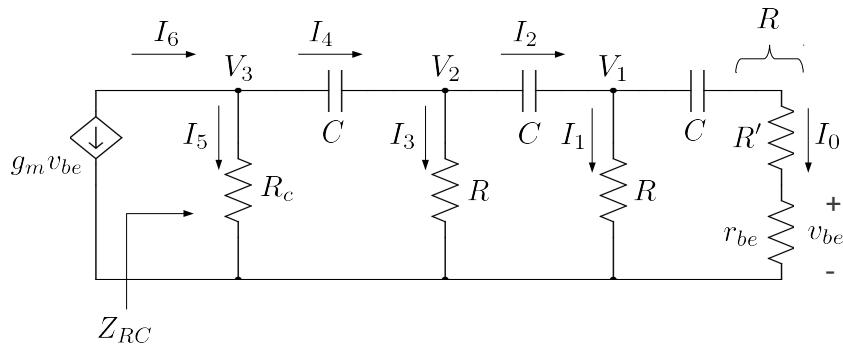
مختلف k کے لئے ٹرانزسٹر کی کم سے کم β کی قیمت اس مساوات سے حاصل کی جا سکتی ہے۔ اگر بنیادی ایکلیفیٹر میں استعمال ٹرانزسٹر کا β مندرجہ بالا مساوات پر پورا نہ اترے، تب اس سے بنیا گیا مزاجت - کپیٹر سر ترش کام نہیں کرے گا۔ آئین ایسے سر ترش میں درکار ٹرانزسٹر کی کم سے کم β حاصل کریں۔ ایسا $= \frac{d\beta}{dk}$ 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 جا سکتا ہے جس کے β کی قیمت ۴۴.۵ سے زیادہ ہو۔ سر ترش ہر وقت اپنی فترتی تعداد پر ارتقا شکرتا ہے۔ یوں واپس کار کے کپیٹر کی برق رکاوٹ $j \frac{1}{\omega_0 C}$ کو مساوات ۸.۸ کی مدد سے $j R \sqrt{6 + 4k}$ لکھا جا سکتا ہے۔ اس نتیجے کے مطابق



شکل ۸.۵: مزاجت - کپیٹر مزاجت کی مساوات کا حصول

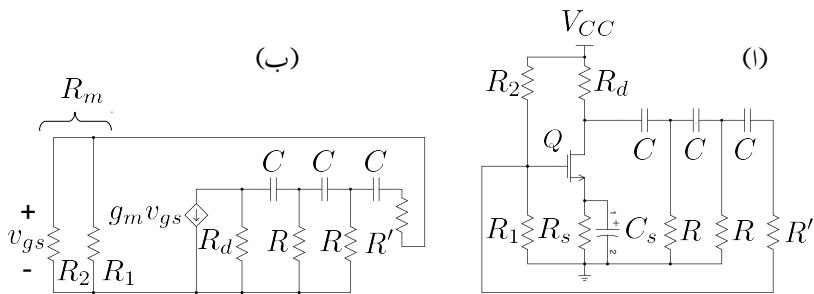
اس برقی رکاوٹ کی قیمت C کے بجائے مزاجت R پر منحصر ہے۔ شکل ۸.۵ میں برقی رکاوٹ Z_{RC} کی نمائندگی کی گئی ہے جوڑا نسٹ پر بطور برقی بوچھ لدا ہے۔ یوں Z_{RC} کی قیمت بھی C پر منحصر نہیں ہو گی۔ اگرچہ واپس کار کے کسی بھی مزاجت یا کپیٹر کو تبدیل کرتے ہوئے اس مزاجت کی قدرتی تعداد تبدیل کی جا سکتی ہے، حقیقت میں عموماً تین حصوں کے درمیان تعداد تبدیل کرنے کی حرط تینوں کپیٹر کو ایک ساتھ برابر تبدیل کیا جاتا ہے۔ تینوں کپیٹر یوں تبدیل کرنے سے Z_{RC} ، جو کہ بنیادی ایکپیٹر کا بوچھ ہے، تبدیل نہیں ہوتا اور یوں ارتھاً لبر کا جیٹ بھی تبدیل نہیں ہوتا۔ یہ مزاجت چند ہزار Hz سے کئی سو کلوہزار Hz کا نکتے کے ارتقاش پیدا کرنے کے لئے استعمال کیا جاتا ہے۔ میگا ہر زن MHz کے حصوں میں اسے دیگر اقسام کے امالة-کپیٹر LC مزاجتوں پر فوقیت حاصل نہیں۔

آئیں اب Z_{RC} کی اصل قیمت حاصل کریں۔ شکل سے ظاہر ہے کہ

$$Z_{RC} = \frac{V_3}{I_6}$$

کے برابر ہے۔ مساوات ۸.۳ اور مساوات ۸.۶ 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 مرتقش

مدادات میں دے ω کی قیمت اس مدادات میں استعمال کرتے ہوئے

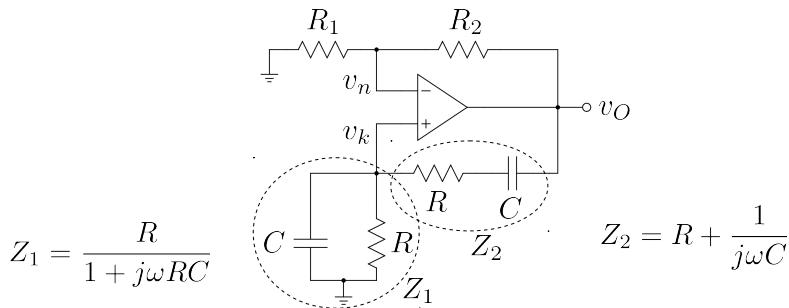
$$Z_{RC} = \frac{R + \frac{6CR\sqrt{6+4k}}{jC} + \frac{5(CR\sqrt{6+4k})^2}{(jC)^2 R} + \frac{(CR\sqrt{6+4k})^3}{(jC)^3 R^2}}{\frac{1}{k} + 3 - \frac{(\frac{5}{k}+1)(CR\sqrt{6+4k})^2}{(CR)^2} + j \left[\frac{(CR\sqrt{6+4k})^3}{(CR)^3 k} - \frac{(\frac{6}{k}+4)(CR\sqrt{6+4k})}{CR} \right]} \\ = \frac{-R \left[1 + \frac{6\sqrt{6+4k}}{j} + \frac{5(\sqrt{6+4k})^2}{(j)^2} + \frac{(\sqrt{6+4k})^3}{(j)^3} \right]}{\frac{29}{k} + 23 + 4k}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اگر β مدادات ۹.۸ کے مطابق ہوتے

$$(8.11) \quad Z_{RC} = \frac{R}{\beta} \left[29 + 20k - j4k\sqrt{6+4k} \right]$$

حاصل ہوتا ہے۔

شکل ۸.۸ افے میں ماسفیٹ سے RC مرتقش کا حصول دکھایا گیا ہے۔ شکل ب میں ای کا مساوی دور دکھایا گیا ہے۔ جیسے آپ دیکھ سکتے ہیں یہ بالکل دوجو ٹرانزسٹر کے دورے 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 مرفہ کھایا گیا ہے۔ دائن مسر تشر پر پہلے بغیر حل کئے غور کرتے ہیں۔

آپ جانتے ہیں کہ یہ مدت روپ کمیٹر کھلے سرے کردار ادا کرتا ہے۔ یوں اگر v_O برفتار کی مثبت برقی روپ رہے تو Z_2 کھلے سرے کردار ادا کرے گا جبکہ Z_1 بطور مزاحمت R کردار ادا کرے گا۔ یوں v_k برقی زمین پر رہے گا اور $v_k = 0$ ہو گا۔ اس کے بر عکس R_1 اور R_2 حابی ایکلینائز کے مثبت حارجی برقی دباؤ سے $v_O = \frac{R_1 v_O}{R_1 + R_2}$ پیدا کریں گے جو کہ مثبت برقی دباؤ ہو گا۔ ایسی صورت میں $v_k > v_n$ ہے اور حابی ایکلینائز کا حارجی اشارہ v_O برفتار مثبت نہیں رہ سکتا اور یہ جبل ارجبل مخفی ہونے کی کوشش کرے گا۔ آئینے اب تصور کریں کہ v_O برفتار کسی مخفی برقی دباؤ پر رہتا ہے اس سرتباً بھی $v_k = 0$ ہی حاصل ہوتا ہے البتہ مخفی v_O کی صورت میں $v_n = \frac{R_1 v_O}{R_1 + R_2}$ بھی مخفی برقی دباؤ ہو گا اور $v_k < v_n$ کی صورت میں حابی ایکلینائز کا حارجی اشارہ برفتار مخفی نہیں رہ سکتا اور یہ جبل ارجبل مثبت ہونے کی کوشش کرے گا۔ مندرجہ بالا تصریح سے یہ حقیقت اب گرہوئی کہ v_O برفتار مثبت اور ناہی مخفی برقی دباؤ پر خسرا سکتا ہے بلکہ یہ ارتقاش پذیر رہتا ہے۔ اگر $v_O = 0$ تصور کیا جائے تو $v_k = v_n = 0$ ہی حاصل ہوتے ہیں اور v_O برفتار برقی زمین پر ہی رہے گا۔ یہ صورت حال نیا 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۔ یوں v_k اور v_n زیادہ دیر کم مطلوب پر ابر برقی دباؤ پر نہیں رہ سکتے اور جبل ہی لحاقی طور پر $v_n < v_k < v_O$ ہو جائے گا۔ ایسا ہوتے ہی v_O حسر کرتے میں آئے گا اور دور ارتقاش پذیر ہو جائے گا۔ آئینے اب دائن مسر تشر کا تحلیلی تحبزی کریں۔

وائے مرتضی کو دیکھتے ہوئے ہم لکھ سکتے ہیں۔

$$(8.12) \quad v_n = \left(\frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) v_O$$

$$v_k = \left(\frac{Z_1}{Z_1 + Z_2} \right) v_O$$

جس

$$(8.13) \quad Z_1 = \frac{R}{1 + j\omega RC}$$

$$Z_2 = R + \frac{1}{j\omega C}$$

$$= \frac{1 + j\omega RC}{j\omega C}$$

کے برابر ہیں۔ مساوات ۸.۱۳ کو مساوات ۸.۱۲ میں پڑھتے ہوئے اور v_k کا لکھتے ہوئے

$$\left(\frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) v_O = \left(\frac{\frac{R}{1+j\omega RC}}{\frac{R}{1+j\omega RC} + \frac{1+j\omega RC}{j\omega C}} \right) v_O$$

حاصل ہوتا ہے۔ اس کو حل کرتے ہوئے

$$\frac{R_1}{R_1 + R_2} = \frac{j\omega RC}{j\omega RC + (1 + j\omega RC)^2}$$

$$= \frac{j\omega RC}{j^2\omega^2 RC + 1 - \omega^2 R^2 C^2}$$

یعنی

$$(8.14) \quad R_1 \left[j^2\omega^2 RC + 1 - \omega^2 R^2 C^2 \right] = j\omega RC (R_1 + R_2)$$

ماتا ہے۔ اس مساوات کے حقیقی اور خیالی اجزاء علیحدہ کرتے ہوئے

$$R_1 \left(1 - \omega^2 R^2 C^2 \right) = 0$$

$$j^2\omega^2 RC R_1 = j\omega RC (R_1 + R_2)$$

حاصل ہوتا ہے جس سے

$$(8.15) \quad \omega = \omega_o = \frac{1}{RC}$$

$$R_2 = 2R_1$$

حاصل ہوتا ہے۔ مساوات ۱۵.۸ وائے 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 دگن ہو۔

وائے مسر تعش کو بیٹھتے حالی ایمپلیفایزر تصور کیا جاسکتا ہے جہاں $A_v = \frac{R_1 + R_2}{R_1}$ اس کی افسزاش $A_v = 2R_1 - 2$ کی صورت میں $R_2 = 3VV^{-1}$ کے برابر ہو گا۔ اس قیمت سے کم افسزاش پر مسر تعش ارتعاش پذیر نہ ہو پائے گا۔ مثکم مسر تعش کے لئے ضروری ہے کہ افسزاش اس قیمت سے فدر زیاد ہو۔ یوں حقیقت میں $R_2 > 2R_1$ ہونا ضروری ہے۔ اگر R_2 کی قیمت $2R_1$ سے ذرہ ہی زیاد ہو تو مسر تعش وائے نہ اہر حنارج کرتا ہے بلکہ A_v کی قیمت بہت بڑھ جاتی ہے اور مسر تعش مستطیل اہر حنارج کرتا ہے۔

۸.۳ nJFET پر مبنی امالہ-کمپیئٹر LC ہمُسر مسر تعش

مزاجت۔ کمپیئٹر مسر تعش میں RC کی کڑیاں جوڑ کر اہر کے زاویے میں 180° کی تبدیلی پیدا کی گئی۔ اس حصے میں مشترک امالہ (امین ٹرانزیستور) کے استعمال سے 180° کی تبدیلی حاصل کی جائے گی۔ شکل ۸.۸ میں اور L پر بر قی دباؤ کا میٹر کو فتريہ بروکھ کر کر مشترک امالہ M حاصل کیا گیا ہے۔ اس مسر تعش کی کارکردگی سمجھنے کی خاطر تصور کریں کہ ماسنیٹ میں W تعدد کی بر قی روپائی جاتی ہے جس کی وجہ سے اس پر نسب LC پر اسی تعدد کی بر قی دباؤ پیدا ہو گی۔ مشترک امالہ کی وجہ سے اس بر قی دباؤ کا کچھ حصہ L پر نمودار ہوتے ہوئے ماسنیٹ کو چھائے گا۔ یوں گیئٹ پر بر قی دباؤ سے LC پر بر قی دباؤ پیدا ہوتا ہے اور LC پر بر قی دباؤ کی وجہ سے گیئٹ پر بر قی دباؤ پیدا ہوتا ہے۔ یہ ناختم ہونے والا سلسلہ یوں برقرار رہے گا۔ آئیں اب اس مسر تعش پر غایلی بحث کریں۔

بر قی دباؤ L کا گیئٹ کھلے سے کردار ادا کرتا ہے لہذا L میں صفر بر قی دو گز رے گا۔ اس صورت میں اگر L پر بر قی دباؤ L پیلا جائے تو v_M کی وجہ سے M کی وجہ سے v_M پیدا ہو گا جہاں

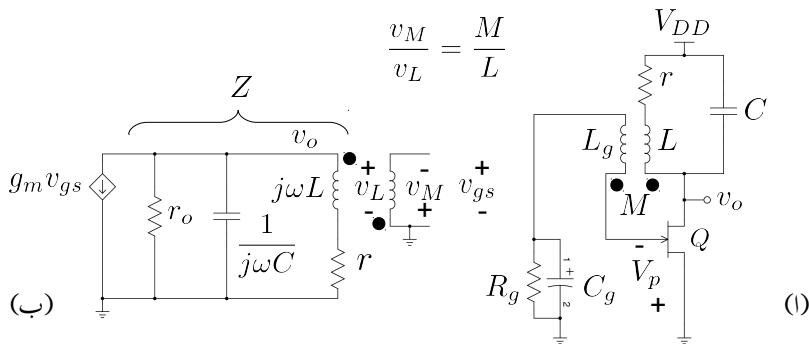
$$(8.12) \quad \frac{v_M}{v_L} = \frac{M}{L}$$

کے برابر ہو گا۔ مشترک امالہ میں بر قی طاقت کے ضمیع کو مزاجت سے ظاہر کیا گیا ہے۔ مشترک امالہ میں نقطوں سے ہم زاویے سرے دکھائے جاتے ہیں۔ یوں اگر L پر بر قی دباؤ کا بیٹھت سر انتقطے کی جانب ہو تو v_{gs} پر برقی دباؤ کا بیٹھت سر انتقطے کی جانب ہو گا۔ شکل سے واضح ہے کہ v_{gs} کے برابر ہے۔ یوں

$$(8.17) \quad v_{gs} = - \left(\frac{M}{L} \right) v_L$$

شکل ب میں $v_0 = - \frac{v_0}{Z} g_m v_{gs}$ 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 سر 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 جسٹرے 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 ۸.۷ 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 ۸.۸ کو یوں لکھ سکتے ہیں۔

$$-g_m \left(\frac{M}{L} \right) \left(\frac{j\omega L}{r + j\omega L} \right) v_o = - \left(\frac{1}{r_o} + j\omega C + \frac{1}{r + j\omega L} \right) v_o$$

دونوں جانب v_o کو کاٹتے ہوئے سے ضرب دیتے ہیں۔

$$(8.21) \quad \begin{aligned} j\omega M g_m &= \frac{r + j\omega L}{r_o} + j\omega C (r + j\omega L) + 1 \\ &= \frac{r}{r_o} + \frac{j\omega L}{r_o} + j\omega C r - \omega^2 L C + 1 \end{aligned}$$

ب۔۸۔ مرتضی

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 مزاجمت r کی قیمت مانعیت کے مزاجمت r_o سے نہایت کم ہوتی ہے لیکن $r \ll r_o$ ہوتا ہے۔ یوں مندرجہ بالامساوات کے مطابق متدری تعداد کی قیمت تقریباً LC کی متدری تعداد کے برابر ہوتی ہے لیکن

$$(8.23) \quad \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

جہاں تقریباً کی جگہ برابر کا نشان استعمال کیا گیا ہے۔ اس اتفاقی اور دلچسپ نتیجے کے مطابق یہ مرتضی متوالی جبڑے LC کی متدری تعداد پر ارتعاش کرتا ہے۔ اسی نتیجے کی بنا پر اس مرتضی کو LC ہمسر مرتعش، اسہ جاتا ہے۔ اس مرتضی کی تعداد کی پیغمبر C کی قیمت تبدیل کرتے ہوئے تبدیل کی جا سکتی ہے۔ مساوات ۲۱.۸ میں خیالی جزو حل کرتے ہوئے کم g_m کی قیمت حاصل ہوتی ہے لیکن

$$(8.23) \quad \omega M g_m = \frac{\omega L}{r_o} + \omega C r$$

$$g_m = \frac{1}{M} \left(\frac{L}{r_o} + Cr \right)$$

۲ کو نظر انداز کرتے ہوئے ہم دیکھتے ہیں کہ مرتضی ω_0 پر ارتعاش کرے گا۔ ω_0 پر متوالی جبڑے LC کی برقرار کا وہ لامدد ہو گی اور بنیادی ایک پلیناٹ 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 بوجھ پر انسزاں کی حقیقیت کو ملکھتے ہوئے لیکن $g_m r_o$ میں مساوات ۲۲.۸ میں

resonant frequency^۹
LC tuned oscillator^{۱۰}

جگہ $\frac{\mu}{g_m}$ لکھتے ہوئے حل کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned} g_m M &= \frac{L}{r_o} + Cr \\ g_m M &= \frac{Lg_m}{\mu} + Cr \\ g_m &= \frac{\mu Cr}{\mu M - L} \end{aligned}$$

حقیقی مرتقش کی g_m اس سے زیادہ ہو گی۔

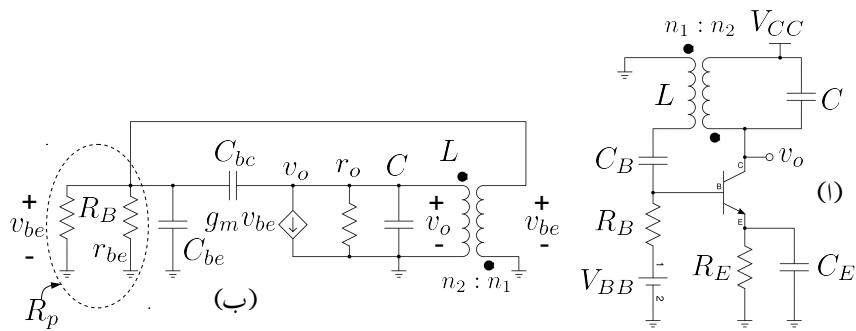
۸.۳.۱ خود-مائیل دور

شکل ۸.۸ میں $nJFET$ کے مائل ہونے پر غور کرتے ہیں۔ تصور کریں کہ مرتقش ارتعاش پذیر ہے۔ یوں مشترکہ امالة کی وحہ سے گیٹ پر سائنس نہ برقی دباؤ $V_p \sin \omega t$ دباؤ پیا جائے گا۔ $nJFET$ کے گیٹ پر جب بھی مثبت برقی دباؤ لوگوں کی وجہ سے 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 ۸.۲ 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 جائز ہے۔ یوں گیٹ پر $-V_p$ 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 $\gg R_g C_g$ کے لہر کی تبدیلی اس مرتقش کی تبدیلی حاصل کرتے وقت تصور کیا گیا ہتا کہ گیٹ پر برقی روکا گزر مسکن نہیں۔ یہاں ہم دیکھتے ہیں کہ $nJFET$ کو مائل کرنے کی حد طبق گیٹ کے ڈایڈ کا سیدھا مائل ہونا لازم ہے۔ چونکہ لہر کی چوتھی پر نہایت کم دورانی کے لئے گیٹ سیدھا مائل ہوتا ہے جبکہ باقی اقسام وقت یہ الٹ مائل رہتا ہے لہذا گیٹ کو ہم سر مرتقش کی تبدیلی سے رکھ لیں گے۔

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 قیمت بھی زیادہ ہوتی ہے۔ زیادہ g_m کی وحہ سے دور کا ارتعاش پذیر ہونا مسکن ہوتا ہے۔ تصور کریں کہ ایسا ہی ہوتا ہے۔ g_m کی زیادہ قیمت کی وحہ سے ارتعاشی لہر کا جیط بڑھتا جاتا ہے جس سے C_g پر برقی دباؤ V_p بھی بڑھتا جاتا ہے جو کہ گیٹ کو زیادہ منفی کرنے ہوئے ہوئے i_{DS} کی قیمت کو کم کرتا ہے۔ کم i_{DS} کی قیمت بھی کم ہوتی ہے۔ آئندہ کارکردگی تو این اختیار کریتا ہے جس ارتعاشی لہر کا جیط برقرار رہتا ہے۔

۸.۵ ٹرانزسٹر ہم سر مرتقش

حصہ ۸.۸ میں $nJFET$ کا کم تعدادی ریاضی موسن استعمال کرتے ہوئے مرتقش کو حل کرنا دکھایا گیا جس میں ٹرانسیستر کو بطور مشترکہ امالة تصور کیا گی۔ اس حصے میں دو ٹرانزسٹر کا بلند تعدادی ریاضی موسن اور ٹرانسیستر مرتق



شکل ۸.۹: ٹرانزسٹر ہمسر تھش

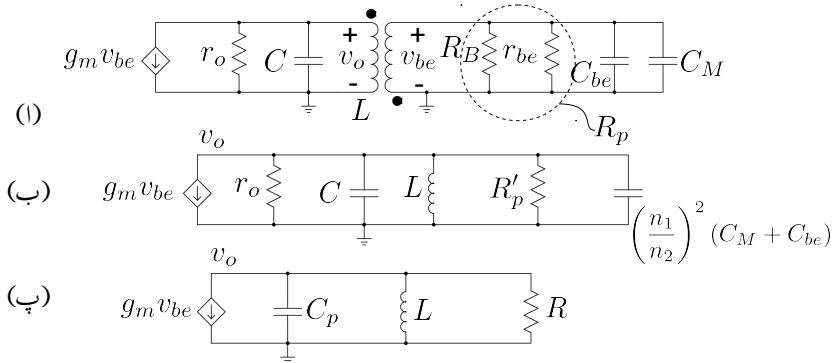
کے مساوات استعمال کرتے ہوئے ہمسر تھش "ا" حاصل دکھایا جائے گا۔ ظاہر ہے کہ فیٹ پر مبنی مسر تھش کو مجھی اسی طرح حل کیا جاسکتا ہے۔ بلند تعداد پر ٹرانزسٹر (یافیٹ) کے بلند تعداد ریاضی نمونے ہی سے درست جوابات حاصل ہوتے ہیں لہذا بلند تعداد پر حلقے والے مسر تھش کو حل کرتے ہوئے ٹرانزسٹر (یافیٹ) کا بلند تعداد ریاضی نمونے استعمال کرنا ضروری ہے۔ شکل ۸.۹ اف میں ٹرانزسٹر ہمسر تھش "د" دکھایا گیا ہے۔ ٹرانزسٹر کا بلند تعداد ریاضی نمونے استعمال کرتے ہوئے شکل ب میں اسی کا مساوی دور دکھایا گیا ہے جس میں C_B اور C_E کو لامدد و 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 ۸.۱۰ اف میں ایسا دکھایا گیا ہے جہاں شکل کو درجہ بیشتر طرز پر بنایا گیا ہے۔ ٹرانسیستر کے جبانب بر قی رکاوٹ کا $n_2 n_1$ جبانب عکس لیتے ہیں۔ ایسا کرتے وقت بر قی رکاوٹ کو $\left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2$ سے ضرب دیا جاتا ہے۔ یوں متوازی جبڑے مسماحت R_B اور R_p کو $R_B r_{be}$ لکھتے ہوئے ٹرانسیستر کی دوسری جبانب مقتول کرتے ہیں۔ ٹرانسیستر کے جہاں

$$R'_p = \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 R_p$$

کے بر ابر ہے۔ C_M اور C_{be} کے جمع کے بر ابر $\frac{1}{j\omega(C_{be} + C_M)}$ کے بر ابر ہے۔ اس کا عکس

$$\left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 \times \frac{1}{j\omega(C_{be} + C_M)}$$

tuned oscillator["]
Miller theorem["]



شکل ۸.۱۰: مزاحمہ مسیر تیار 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 کپیٹروں 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 سے حاصل ہوتا ہے۔

شکل پ کو حل کرتے ہیں جس میں

$$\frac{1}{Z} = j\omega C_p + \frac{1}{j\omega L} + \frac{1}{R}$$

کے برابر ہے۔ یہ $-g_m v_{be} - g_m v_{be} = \frac{v_o}{Z}$ لکھا جاسکتا ہے یعنی

$$(8.25) \quad -g_m v_{be} = \left(j\omega C_p + \frac{1}{j\omega L} + \frac{1}{R} \right) v_o$$

ٹرانسفارمر کے دو جانب برقی دباؤ کی شرح ان دو جانب پھوٹ کے چکر کی شرح کے برابر ہوتا ہے۔ مسزید اگر ایک جانب برقی دباؤ کا ثابت سر اٹرانسفارمر 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 v_o کی علامت اس بات کو دلکھلاتا ہے کہ ہم نے ٹرانسفارمر کے ایک جانب v_o کا ثابت سر انبٹے کی جانب بجکہ دوسری جانب v_{be} کا ثابت سر انبٹے نقطے کی طرف رکھا ہے۔ ایسا کرنے سے اشارے میں 180° کی تبدیلی پیدا کی جاتی ہے جو کہ RC مسیر تعش میں تین کڑی RC سے حاصل کی گئی تھی۔

یوں مساوات ۲۵.۸ 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 خیالی اور حقیقی جزو علیحدہ کرتے ہیں۔ خیالی جزو سے حاصل ہوتا ہے

$$(8.22) \quad \omega_o = \frac{1}{\sqrt{LC_p}} = \frac{1}{\sqrt{L \left[C + \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^2 (C_{be} + C_M) \right]}}$$

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} کی قیمت سے کم 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 ۸.۰۸ میں

$$(8.28) \quad A_v = \frac{v_o}{v_{be}} = -g_m R$$

کے برابر ہو گا۔ یوں ملک کپیسٹر

$$C_M = C_{bc} (1 + g_m R)$$

کے برابر ہو گا۔

چونکہ $1 \gg \beta$ ہوتا ہے لہذا $1 \gg \frac{n_1}{n_2}$ اگر β کی قیمت $\frac{n_1}{n_2}$ میں معمولی زیادہ ہو تو مرتعش سائنس بالبر حسарج کرتا ہے۔ $\frac{n_1}{n_2} \gg \beta$ کی صورت میں ٹراوزر غیر خطی خط میں داخلی ہو گا اور یہ مستطیل برقی روپیدا کرے گا البتہ L اور C_p اپناتر ترقی تعدد ω_0 پر ارتاسش کرتے ہیں لہذا امر مرتعش سائنس بالبر قی در باو v_0 ہی حسارج کرے گا۔

۸.۶ عمومی مرتعش

شکل ۸.۱۱ میں عمومی مرتعش دکھایا گیا ہے۔ کمی قلم کے مرتعش اس عموی طرز پر بنائے جاتے ہیں جسماں بنیادی ایکپلینیٹر کی بھی قلم کا ہو سکتا ہے مسئلہً حسابی ایکپلینیٹر، دو جوڑ ٹراوزر غیر خطی پر مبنی ایکپلینیٹر وغیرہ۔ اس حصے میں بنیادی ایکپلینیٹر کے داخلی مسماحت کو لامحمد وہ تصور کیا گیا ہے۔ ایسا فیٹ پر مبنی ایکپلینیٹر یا حسابی ایکپلینیٹر کے استعمال سے ممکن ہے۔ شکل بے میں ایکپلینیٹر کا تھونن مساوی دور استعمال کیا گیا ہے جسماں ایکپلینیٹر کے حسارجی مسماحت کو R_0 لکھا گیا ہے۔ شکل بے میں

$$\frac{1}{Z_L} = \frac{1}{Z_2} + \frac{1}{Z_1 + Z_3}$$

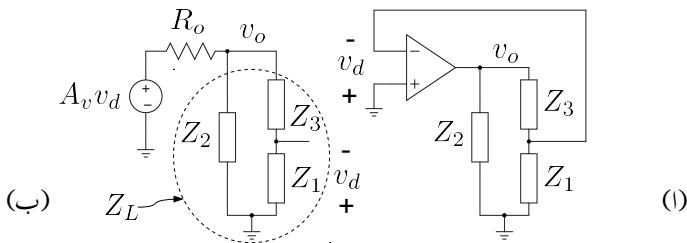
$$Z_L = \frac{Z_2 (Z_1 + Z_3)}{Z_1 + Z_2 + Z_3}$$

کے برابر ہے۔ یوں

$$(8.29) \quad v_o = A_v v_d \left(\frac{Z_L}{R_o + Z_L} \right)$$

کے برابر ہو گا۔ مسزیدیے کے Z_1 اور Z_3 کو سالمہ دار حبڑے تصور کرتے ہوئے

$$(8.30) \quad v_d = - \left(\frac{Z_1}{Z_1 + Z_3} \right) v_0$$



شکل ۸.۱۱: عمومی معرفت

حاصل ہوتا ہے۔ اس طرح مساوات سے

$$(8.31) \quad v_o = A_v \left(\frac{-Z_1}{Z_1 + Z_3} \right) v_o \left(\frac{\frac{Z_2(Z_1+Z_3)}{Z_1+Z_2+Z_3}}{R_o + \frac{Z_2(Z_1+Z_3)}{Z_1+Z_2+Z_3}} \right)$$

$$1 = \frac{-A_v Z_1 Z_2}{R_o (Z_1 + Z_2 + Z_3) + Z_2 (Z_1 + Z_3)}$$

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 کے لئے ہے $Z = jX_C$ کے لئے ہے جس میں جس میں امالة کو ظاہر کر کے گا جبکہ منفی X کپسیٹر کو ظاہر کر کے 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 ہر صرف حقیقی مقداریں اس کے دامن میں ہاتھ حقیقی اور خیالی دونوں مقداریں پائے جاتے ہیں۔ مساوات کے دو اطراف صرف اور صرف اس صورت برابر ہو سکتے ہیں جب دونوں جانب مقداریں برابر ہوں۔ چونکہ باعث خیالی مقداریں نہیں پائے جاتے لہذا اسیں جانب خیالی مقداروں کی قیمت ضروری ہے۔

$$(8.33) \quad X_1 + X_2 + X_3 = 0$$

اور یوں مساوات ۸.۳۲ میں درجہ 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 ۳۳.۸ 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 ۳۳.۸ معرفتی میں A_v کی درکار A_v دیتا ہے۔ حقیقت میں A_v اس قیمت سے زیادہ رکھا جائے گا۔ اس مساوات میں A_v مثبت قیمت رکھتا ہے لہذا مساواتی نشان کے دونوں جانب مثبت قیمتیں تب ممکن ہیں جب X_2 اور X_1 کی قیمتیں بھی یا تو دونوں مثبت ہوں اور یا پھر دونوں منفی ہوں۔ یعنی یا یہ دونوں امالة ہوں یا پھر دونوں کپیسٹر۔ چونکہ مساوات ۳۳.۸ کے تحت $X_1 + X_2 = -X_3$ ہو گا لہذا اگر X_1 اور X_2 دونوں امالة ہوں تو X_3 کپیسٹر ہو گا اور ایسی صورت میں معرفتی میں کل پلٹر مرفع^{۱۳} پکارتے ہیں اور اگر X_1 اور X_2 دونوں کپیسٹر ہوں تو X_3 امالة ہو گا اور ایسی صورت میں اسے کل پلٹر مرفع^{۱۴} پکارا جاتا ہے۔^{۱۵}

اگر X_1 اور X_2 دونوں امالة ہوں تو مساوات ۳۳.۸ کو

$$j\omega L_1 + j\omega L_2 - \frac{j}{\omega C_3} = 0$$

کھا 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 ۳۳.۸ کو

$$-\frac{j}{\omega C_1} - \frac{1}{\omega C_2} + j\omega L_3 = 0$$

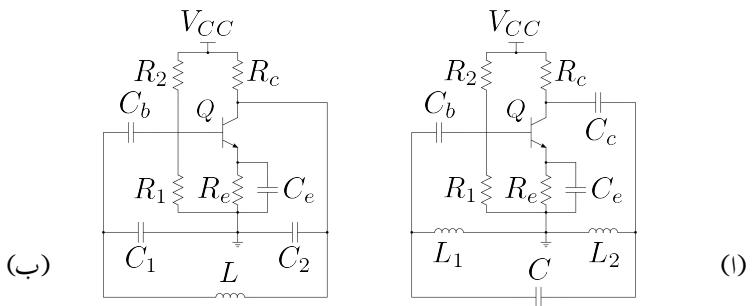
کھا جاسکتا ہے جس سے

$$(8.36) \quad \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

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 یہ کل کپیسٹر ہے۔Hartley oscillator^{۱۶}Colpitts oscillator^{۱۷}^{۱۵} رافہ بارٹلے نہ بارٹلے معرفتی میں جسکے ایدون ہنری کا پیش نہ کا پیش معرفتی میں مرفع کا دریافت کیا۔



شکل ۸.۱۲: ٹرانزسٹر پر مبنی ہارٹلے اور کالپٹس مرتقش

۷۔ ہارٹلے اور کالپٹس مرتقش

شکل ۸.۸ 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 ایمپلیفیائر مرتقش میں جدیل ہو جاتا ہے۔ شکل ۸.۸ کے ساتھ موازن کرنے سے آپ دیکھ سکتے ہیں کہ L_1 ، L_2 اور مصل X_1 ہے، L_2 اور مصل X_2 ہے جبکہ C دراصل X_3 ہے۔ C_b اور C_e اس بات کو یقینی بناتے ہیں کہ واپس کار کی شمولیت سے بندی 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 کی سمت روکا گزروں مسکن نہیں۔ C_e کی پیسٹر^{۱۴} ہے جبکہ C_b اور C_c جختی کیسٹر^{۱۵} ہیں۔ چنانچہ حاصل تعداد پر تصور کریا 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 حصوں کو بھی واپس کار کا حصہ تصور کیا جا سکتا ہے۔ مثلاً نہایت بلند تعداد کالپٹس مرتقش تخلیق دیتے وقت ٹرانزسٹر کے بلند تعدادی ریاضی نمونے کے حصوں کو C_{bc} اور C_{be} کا مساوی ملکیسٹر^{۱۶} C_M کے مجموعے کو بطور $C_1 = C_{be} + C_M$ استعمال کیا جاتا ہے (یعنی $C_1 = C_{be} + C_M$ ۔)

شکل ۸.۸ کے عمومی مرتقش میں بندی ایمپلیفیائر کا داخلی مزاجمت لامحمد وہ ہے جبکہ شکل ۸.۸ کے دونوں مرتقش میں ایسا نہیں ہے۔

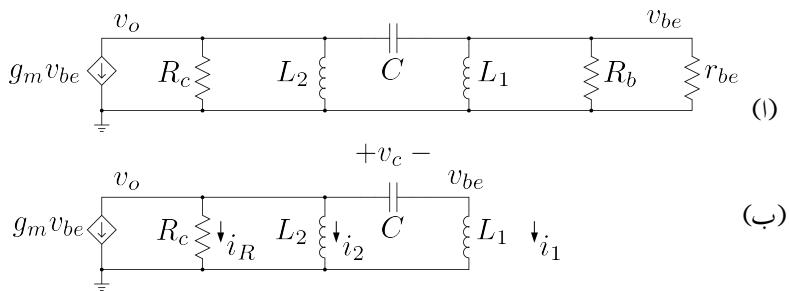
مثال ۸.۲: ٹرانزسٹر کا پست تعدادی ریاضی نمونے استعمال کرتے ہوئے شکل ۸.۸ کو حل کریں۔ حل کرتے وقت بندی ایمپلیفیائر کے داخلی مزاجمت کو لامحمد وہ تصور کرتے ہوئے نظر انداز کریں۔

حل: شکل ۸.۸ میں اس کا باریکے اشاراتی مساوی دور دکھایا گیا ہے جس میں $R_b \parallel R_1 \parallel R_2$

bypass capacitor^{۱۳}

coupling capacitors^{۱۴}

Miller capacitance^{۱۵}



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 ممتنع 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

$$i_2 = \frac{v_o}{j\omega L_2} = \frac{v_{be} - \frac{v_{be}}{\omega^2 L_1 C}}{j\omega L_2}$$

اوہ R_c میں

$$i_R = \frac{v_o}{R_c} = \frac{v_{be} - \frac{v_{be}}{\omega^2 L_1 C}}{R_c}$$

پایا جائے گا۔ یوں کر خوف کے فتاون براۓ برقی روکی مدد سے ہم لکھ سکتے ہیں

$$\begin{aligned} -g_m v_{be} &= \frac{v_{be} - \frac{v_{be}}{\omega^2 L_1 C}}{R_c} + \frac{v_{be} - \frac{v_{be}}{\omega^2 L_1 C}}{j\omega L_2} + \frac{v_{be}}{j\omega L_1} \\ &= v_{be} \left[\frac{1}{R_c} - \frac{1}{\omega^2 R_c L_1 C} + \frac{1}{j\omega L_2} - \frac{1}{j\omega^3 L_1 L_2 C} + \frac{1}{j\omega L_1} \right] \end{aligned}$$

اس مساوات کے خیال اور حقیقی اور جزء اعلیٰ مذکور کرتے ملتا ہے

$$\begin{aligned} 0 &= \frac{1}{j\omega L_2} - \frac{1}{j\omega^3 L_1 L_2 C} + \frac{1}{j\omega L_1} && \text{خیال} \\ -g_m &= \frac{1}{R_c} - \frac{1}{\omega^2 R_c L_1 C} && \text{حقیقی} \end{aligned}$$

خیالی جزو سے

$$(8.38) \quad \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{(L_1 + L_2) C}}$$

اور حقیقی جزو سے

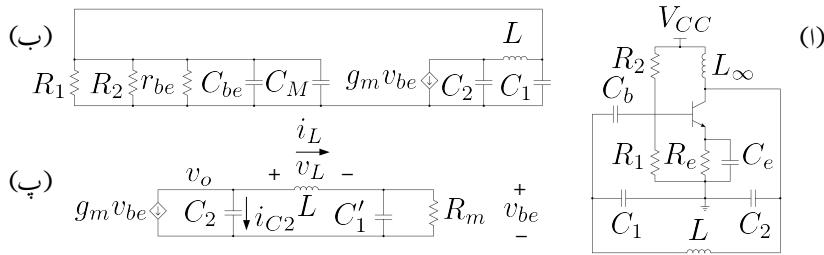
$$(8.39) \quad g_m R_c = |A_v| = \frac{L_2}{L_1}$$

حاصل ہوتا ہے۔ ان دو مساوات کا مساوات ۸.۳۵ اور مساوات ۸.۳۶ میں متوافق ہے۔

مثال ۸.۳: شکل ۸.۱۲ میں ٹرانزسٹر پر مبنی کالپن مرتقش دکھایا گیا ہے جس میں ٹرانزسٹر کے لگانے پر امالہ L_{∞} نہ کیا گیا ہے۔ اس امالہ کی قیمت مرتقش کے تعدد پر لامدد و تصور کی جاتی ہے۔ مرتقش کو حل کریں۔

حل: شکل ب میں ٹرانزسٹر کا بلند تعداد ریاضی نمونہ استعمال کرتے ہوئے مرتقش کا مساوی دور دکھایا گیا ہے جہاں مسئلہ ملکی مدد سے $C_{bc}, C_M, C_{be}, C'_M, C'_1, C_1$ اور R_1, R_2, r_{be} کو لکھتے ہوئے شکل پے حاصل کی گئی ہے۔ حقیقت میں r_{be} کو R_m جبکہ متوالی جبڑے کیمیٹر کو C'_1 کو لکھتے ہوئے مرتقش کی میں اور R_1 اور R_2 کے بہت کم ہوتی ہے اور $R_m \approx r_{be}$ اسی وجہ سے مرتقش کی 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 ۸.۱۲: ہارٹلے اور کاپس مسئلہ تesh

ہو گی۔ یہ کر خونے کے فتنوں برائے برقی روکے تھتے

$$i_L = i_{R_m} + i_{C'_1} = \frac{v_{be}}{R_m} + j\omega C'_1 v_{be}$$

ہو گلا س طرح

$$v_L = j\omega L i_L = j\omega L \left(\frac{1}{R_m} + j\omega C'_1 \right) v_{be}$$

جبکہ

$$v_o = v_{be} + v_L = \left[1 + j\omega L \left(\frac{1}{R_m} + j\omega C'_1 \right) \right] v_{be}$$

اور

$$i_{C_2} = j\omega C_2 v_o = j\omega C_2 \left[1 + j\omega L \left(\frac{1}{R_m} + j\omega C'_1 \right) \right] v_{be}$$

ہوں گے۔ کر خونے کے فتنوں برائے برقی روکے تھتے یعنی

$$-g_m v_{be} = j\omega C_2 \left[1 + j\omega L \left(\frac{1}{R_m} + j\omega C'_1 \right) \right] v_{be} + \left(\frac{1}{R_m} + j\omega C'_1 \right) v_{be}$$

$$-g_m = j\omega C_2 \left[1 + j\omega L \left(\frac{1}{R_m} + j\omega C'_1 \right) \right] + \left(\frac{1}{R_m} + j\omega C'_1 \right)$$

$$-g_m = j\omega C_2 - \omega^2 L C_2 \left(\frac{1}{R_m} + j\omega C'_1 \right) + \frac{1}{R_m} + j\omega C'_1$$

$$-g_m = j\omega C_2 - \frac{\omega^2 L C_2}{R_m} - j\omega^3 C'_1 L C_2 + \frac{1}{R_m} + j\omega C'_1$$

(۸.۷)

اس مساوات کے خیال جزوئے 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 سر 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 سر توش کی فتدرتی تعداد ہے۔
مساوات ۸.۳۰ کے حقیقی جزوئے حاصل ہوتا ہے۔

$$-g_m = -\frac{\omega^2 L C_2}{R_m} + \frac{1}{R_m}$$

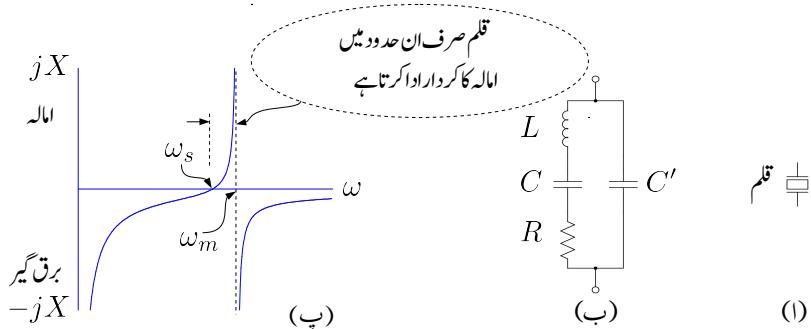
اس میں ω_o کی قیمت استعمال کرتے حاصل ہوتا ہے

$$\begin{aligned}-g_m &= -\left(\frac{C'_1 + C_2}{L C'_1 C_2} \right) \frac{L C_2}{R_m} + \frac{1}{R_m} \\ g_m R_m &= \frac{C_2}{C'_1}\end{aligned}$$

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: دا بے بر قی فتم

۷.۸.۱ فتمی میں ترکش

ایسا فتم^{۱۹} ہے جسے دبائے اس کے دو اطراف کے مابین برقی دباؤ پیدا ہوتا ہے کو دا بے بر قی فتم^{۲۰} کہتے ہیں۔ دا بے بر قی فتم پر برقی دباؤ لگانے سے یہ پھیلتا (یا سکوتا) ہے۔ ایسا دا بے بر قی فتم کے فترتی میکانی تعدد پر برقی دباؤ منراہم کرتے ہوئے اسے ارتھاں پذیر ہنایا جاتا ہے۔ فتملوں کی طبیعیاتی خوبیاں انتہائی مستحکم ہوتی ہیں جو وقت یا حصارت سے بہت کم متاثر ہوتی ہیں۔ اسی لئے ایسا فتم کی فترتی گنجی تعدد کی قیمت بھی مستحکم رہتے ہوئے تبدیل نہیں ہوتی۔ اسی خوبی کی بنا پر انہیں عموماً وقت ناپنے کے لئے استعمال کی جاتا ہے۔ کوارٹر^{۲۱} گھنی کا چھیج وقت دکھانا مشاہی ہے۔ دھانی ڈبے میں بند، چند کلوہر^{۲۲} Hz کے میکاہر^{۲۳} MHz تک کے فترتی گنجی تعدد والے کوارٹر^{۲۴} کے فتم، منڈی میں عام دستیاب ہیں۔ ڈبے پر فتم کی فترتی گنجی تعداد کی قیمت لکھی گئی ہوتی ہے۔

شکل ۷.۸.۲ میں فتم کی علامت دکھانی گئی ہے جبکہ شکل ۷.۳ میں اس کا مساوی دور دکھایا گیا ہے۔ مساوی دور میں فتم کے میکانی خوبی ماس m کو امالة L ، اس پر گنگے کے مستقل K کے ممکوس کو کپیسٹ C اور میکانی مزاحمت کو بر قی مزاحمت R سے ظاہر کیا جاتا ہے جبکہ C' فتم کے دونوں سرزوں پر دھانی 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 یہ آنکھا 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 سلسلہ وار جبڑے L کے ساتھ C سلسلہ وار جبڑا معلوم ہوتا ہے جبکہ L کے دونوں سلسلہ وار جبڑے کے مطابق $\omega_s^2 = \frac{1}{LC}$ کو اس کے ساتھ معلوم ہوتا ہے۔

سلسلہ وار فردرتی گنجی تعداد جبکہ $\frac{1}{LC_m}$ کو اس کے ساتھ متوازی جبڑے کپیٹر C_m کی متوازی فردرتی گنجی تعداد تصور کرتے ہوئے مندرجہ بالامساوات کو یوں لکھا جا سکتا ہے

$$\frac{1}{Z} = \frac{j\omega C' (\omega^2 - \omega_m^2)}{(\omega^2 - \omega_s^2)}$$

جس سے حاصل ہوتا ہے

$$(8.25) \quad Z = \frac{-j (\omega^2 - \omega_s^2)}{\omega C' (\omega^2 - \omega_m^2)}$$

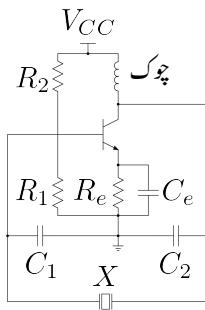
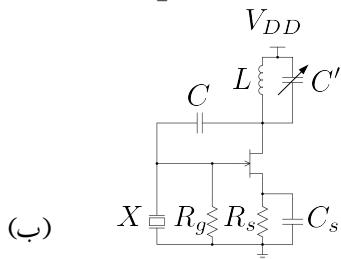
اس مساوات کو شکل ۱۵.۸ پر میں گرف کیا گیا ہے۔ حقیقت میں C' کی قیمت C کی قیمت سے کم درجہ زیادہ ہوتی ہے (یعنی $C' \gg C$)۔ یوں C_m کی قیمت C سے فدر کم ہوتا ہے جس سے ω_s کی قیمت ω_m کی قیمت سے فدر کم ہوتا ہے۔ ان دو فردرتی گنجی تعداد کی قیتوں میں ۱% سے بھی کم فرق ہوتا ہے۔ مساوات ۳۵.۸ میں دیا گئی رکاوٹ $\omega_m < \omega_s < \omega$ کے حدود میں ہطور امالہ جبکہ $\omega_s < \omega_m < \omega$ کے حدود میں ہطور کپیٹر کردار ادا کرتا ہے۔

مندرجہ بالا تذکرے کو مد نظر رکھتے ہوئے ہم دیکھتے ہیں کہ کاپیٹس مسر تھش میں امالہ کی جگہ فتلہم استعمال کی جا سکتا ہے۔ شکل ۱۶.۸ میں ایسا کرتے ہوئے شکل ۱۶.۸ الف کا کاپیٹر قلمبھر 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 ارتباش پذیرہ سکتا ہے اور اس کی تعداد انہیں حدود کے درمیان رہے گی۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ قلمبھر مسر تھش کی تعداد فردرتی گنجی تعداد پر منحصر ہے۔ اب چونکہ $\omega_m \approx \omega_s$ ہوتا ہے لہذا حقیقت میں ایسے مسر تھش کی تعداد $\omega_m \approx \omega \approx \omega_s$ رہے گی۔ چونکہ مساوات ۳۱.۸ بھی اس مسر تھش کی تعداد دیتا ہے لہذا فتلہمی مسر تھش اپنی تعداد ω_m اور ω_s کے درمیان اس جگہ برقرار رکھ گا جہاں مساوات ۳۵.۸ سے حاصل فتلہم کی برقی رکاوٹ (یعنی L) کو استعمال کرتے ہوئے مساوات ۳۱.۸ 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 ۱۶.۸ ب میں 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 گا جاتا ہے) کا مجموعہ امالہ کا کردار ادا کرے۔ عموماً C' فتلہم تبدیل کپیٹر ہوتا ہے جس کی قیمت تبدیل کرتے ہوئے مسر تھش کی تعداد پر ایکی سے متوجہ کی جاتی ہے۔ چونکہ متوازی جبڑے LC کی برقی رکاوٹ ان کے فردرتی متوازی تعداد پر الامحدود ہوتی ہے لہذا LC نیکھلے کی فردرتی متوازی تعداد کو مسر تھش کے تعداد کے فریب رکھتے ہوئے $nJFET$ کے ذریں پر بہت زیادہ برقی رکاوٹ حاصل کیا جاتا ہے

ب۔ مرتقش

$$C = C_{gd} + C_{bl_ادو}$$



شکل ۸.۱۶: مرتقش کا پیش اور ہار ملے مرتقش

جس سے بیانی ایپلیفائز کی امنزائش زیادہ حاصل ہوتی ہے اور ارتقاشی اشارے کا جیٹہ زیادہ سے زیادہ حاصل کرنا ممکن ہوتا ہے۔ اس مرتقش میں بیرونی کپیٹر C کا استعمال ضروری نہیں۔ نہایت بلند تعداد حاصل کرتے وقت اس کپیٹر کو نسبت نہیں کیا جاتا اور $nJFET$ کی اندروری کپیٹر C_{gd} اور گیٹ کے مابین تاروں کے مابین بلا ارادہ پائے جبائے والے کپیٹر کو زیر استعمال لایا جاتا ہے۔

سوالات

سوال ۱: شکل ۸.۸ 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 میں کل 120° کا زاویہ حاصل کرنے کی حنا طرور کا مساز ہست حاصل کریں۔
جوابات:

$$\frac{\hat{V}_o}{\hat{V}_i} = \frac{1}{1 + j3\omega RC - \omega^2 R^2 C^2}$$

$$R = 1196 \Omega$$

سوال ۲: RC مسر تھش میں کم سے کم مکنے β کا ڈنائز سڑ استعمال کیا جاتا ہے۔ $R = 200 \Omega$ کی صورت میں Z_{RC} کی قیمت حاصل کریں۔

$$Z_{RC} = 372 - j198$$

سوال ۳: شکل ۸.۸ 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 حنا طرور کا 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 $f_0 = 10 \text{ kHz}$ پر مختلف ہوگی۔

سوال ۴: شکل ۸.۸ 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 حنا طرور کا 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 $f_0 = 250 \Omega$ کا ہے۔

سوال ۵: صفحہ ۸۲ پر شکل ۸.۷ میں دائی 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 فردا تی تعداد حاصل کریں۔
جواب: $f_0 = 100 \text{ Hz}$

سوال ۶: شکل ۸.۸ میں ڈنائز سڑ $C_{bc} = 4 \text{ pF}$, $C_{be} = 10 \text{ pF}$, $V_A = 200 \text{ V}$, $\beta = 396$ ہے جبکہ $L = 200 \text{ nH}$ اور $C = 20 \text{ nF}$ میں۔ ٹرانسفارمر کی $\frac{n_1}{n_2}$ حاصل کریں۔ اگر $I_{CQ} = 1 \text{ mA}$ اور $R_B = 5 \text{ k}\Omega$ ہوں
تب f_0 کیا ہوگا۔

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 $C_p = 39.166 \text{ nF}, C_M \approx 4 \text{ pF}, 0.51 \Omega$ ہوگا۔

سوال ۸.۷: شکل ۱۲.۸ کی جگہ لامددو 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 ۸.۷ کے کاپیش مرتعش میں ٹرانزسٹر کا $50 = \beta$ ہے۔ اگر اس میں $C_1 = 0.01 \mu\text{F}$ کما جائے تو 200 kHz پر ارتقاش کرتے مرتعش کے بقا یا اجزاء کے قیمتیں کیا ہوں گی؟

جوابت: $L = 65 \mu\text{F}, C_2 = 0.5 \mu\text{F}$

سوال ۸.۹: شکل ۱۲.۸ 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۔

$$\text{جوابت: } \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \text{ جسال } C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} \text{ کے برابر ہے، } g_m R_c = \frac{C_1}{C_2} \text{ ان مساوات کا مساوات اور مساوات ۱۲.۸ کے ساتھ موازنے کریں۔}$$

اشارب

- Butterworth, 647
Butterworth circle, 648
bypass capacitor, 243, 560

capacitor, 142
carrier frequency, 94
carrier wave, 93
cascaded amplifier, 336
cascode amplifier, 534, 635
CE amplifier, 495
Celsius, 78
channel, 377
charge, 182, 363, 375
clamping circuit, 98
class
 A, 357
 AB, 358
 B, 358
 C, 358
 D, 358
clipper, 99
CMOS, 397
CMRR, 498
collector, 179
Colpitts oscillator, 739
common base, 345
common collector, 345
common emitter, 344
common mode voltage, 6, 479
common mode voltage gain, 497
comparator, 66
complex plane, 647

AC load line, 118
active, 181
active component, 179
active region, 236
adder, 35, 37
ageing, 505
AM demodulator, 92
AM modulator, 93
AM signal, 94
amplifier
 difference, 3
 instrumentation, 44
 inverting, 13, 16
 non-inverting, 26, 28
anti-log, 102
atomic model, 125
atomic number, 125
avalanche, 143
avalanche breakdown, 144

band, 560, 610
band pass filter, 681
band stop filter, 681
Barkhausen criteria, 718
base, 179
bit, 56
blocking voltage, 139
Bode plot, 566, 576
Boltzmann constant, 78
break down voltage, 143
breakdown region, 82
buffer, 29

- cut off, 141
- germanium, 80
- high frequency model, 155
- square law, 168
- distortion, 418
- divider, 103
- doping, 125
- drift, 131, 134
- drift current, 134
- drift speed, 134
- drift velocity, 135
- Early voltage, 236, 421
- ecg, 45
- electric field intensity, 134
- electrical noise, 148
- electron gas, 128
- electron mobility, 135, 387
- emission coefficient, 78
- emitter, 179
- emitter coupled logic, 489
- emitter follower, 347
- enhancement nMOSFET, 379
- feedback circuit
 - negative, 23
 - positive, 23
- feedback signal, 21, 665
- feedback system, 665
- field effect transistor, 179
- filter
 - band pass, 646
 - band stop, 646
 - Butterworth, 649
- forward biased, 80, 82, 86
- free electron, 126
- free hole, 126, 130
- full wave rectifier, 90
- gain, 15, 186
- gain bandwidth product, 611
- gate
- conductance, 125
- conductivity, 137
- constant current source, 447, 503
- coupling capacitor, 251, 560
- covalent bond, 125, 147
- crystal, 125
- crystal oscillator, 747
- current gain, 185, 186
- current mirror, 448, 505
- current sink, 504
- current source, 504, 552
- cut-in voltage, 80
- cut-off frequency
 - high, 559
 - low, 559
- cutoff, 181
- DAC, 55
- damping constant, 647
- darlington pair, 215
- dB, 576
- DC bias point, 108
- DC load line, 108
- depended voltage source, 6
- dependent current source, 254
- depletion nMOSFET, 395
- depletion region, 139
- difference pair, 479
- differential input resistance, 494
- differential mode voltage, 6
- differential voltage gain, 3
- differentiator, 32
- diffusion, 131
- diffusion capacitance, 145
- diffusion constant
 - electrons, 134
 - holes, 134
- diffusion current, 132
- diffusion current density, 133
- digital circuits, 434
- diode, 77

- electrons, 128, 129
- holes, 130
- Miller capacitor, 635
- Miller theorem, 602, 734
- Miller's capacitor, 605
- minority
 - electrons, 126
 - hole, 126
- mirror, 415
- mobile
 - charges, 128
 - electron, 126
 - hole, 126
- model, 7, 9, 149
- models, 421
- modulating frequency, 94
- modulating wave, 94
- multiplier, 103
- n-type semiconductor, 128
- natural frequency
 - undamped, 647
- NOT gate, 270, 434
- number density, 126
- ohmic contact, 147
- OPAMP, 43
- optical cable, 148
- optical communication, 148
- optocoupler, 148
- oscillator
 - LC tuned, 732
- output offset voltage, 499
- p-type semiconductor, 130
- parasitic resistor, 606
- passive component, 179
- peak detector, 92
- photo diode, 147
- photon, 147
- piece wise linear model, 149
- piezoelectric crystal, 745
- AND, 107
- OR, 107
- generation rate, 126
- gradient, 108
- half wave rectifier
 - negative, 88
 - positive, 87
- Hartley oscillator, 739
- heat sink, 468
- holding current, 367
- hole gas, 130
- hole mobility, 387
- ideal diode, 152
- immobile
 - charges, 128
- injected electrons, 182
- injected holes, 182
- input bias current, 61, 502
- input offset current, 502
- input offset voltage, 58, 499
- integrator, 33, 34
- inversion, 378
- inversion layer, 378
- inverter, 366, 468
- iteration method, 110
- Kelvin, 78
- Laplace transform, 561
- latching current, 367
- LED, 148
- level shifter, 517
- load line, 411
 - AC, 245
 - DC, 243
- log amplifier, 101, 362
- loop gain, 677
- Maclaurin's series, 154
- majority

- T model, 425
- tank, 747
- thermal
 - electron, 126
 - generation, 126
 - generation rate, 126
 - hole, 126
 - resistance, 84, 172
 - voltage, 78
- thermometer, 83
- threshold voltage, 379
- thyristor, 366
- transconductance, 274, 277
- transconductance gain, 20, 274
- transducer, 29
- transistor, 179
- transportation, 131
- tuned oscillator, 734
- valency, 125
- varactor diode, 147
- voltage gain, 14, 27
- voltage source, 97, 361
- Widlar current source, 525
- Wien bridge oscillator, 728
- zener
 - diode, 144
 - knee, 156
 - voltage, 144
- zero, 572, 647
- pinch off, 382
- pole, 572
- power
 - mosfet, 467
 - transistor, 366
- power loss, 156
- power series, 167
- power supply, 88
- quartz, 745
- recombination, 126
- recombination rate, 126
- resonant frequency, 732
- reverse biased, 82, 86
- reverse breakdown voltage, 83
- reverse leakage current, 82
- ripple, 88, 96, 97
- saturation, 181
 - current, 78
 - OPAMP, 3, 52
 - region, 236
- schottky
 - diode, 146
 - transistor, 363
- scr, 366
- semiconductor, 124
- slew rate, 53
- small signal, 116
 - π model, 283
 - resistance, 123
- solar panel, 147
- spice, 169
- stability factors, 226
- subtracter, 39
- switch ON, 85

- آزاد، 1

السیکران، 126
خلو، 126، 130
آلائی سپلیاٹر، 44
آئین، 415
ولسن، 529
آئین برقی رو، 505، 448، 448

احسن احمد جبزہ، 78
ارلی برقی دباد، 421، 236
افنڑا شش، 186، 15، 15
برقی دباد، 27، 14
برقی رو، 186، 185
موصل نما، 274
افنڑا شش ضرب داڑھ کار کردگی، 611
افنڑا کش داڑھ، 677
افنڑا اشنده، 187
خطہ، 236
افنڑا اشنده، 181
اقیقت، 126
السیکران، 126
خلو، 126
اکشمیتی

السیکران، 128، 129
خلو، 130
الٹا

خطہ، 378
کرتا، 378
مائل، 86
الٹا لوگار تھی، 102
الٹا رستار قی رو، 82
السیکران گیس، 128
اخیر افی برقی دباد، 499
اخیر افی برقی رو، 502
اندرونی داخلی اخیر افی برقی دباد، 58
اورٹ، 468، 366
ائٹی عسد، 125
ائٹی گھومنے، 125
ایکسلیٹر

زخیری، 336
وابی، 673

بکھر، 179
بکھر حبڑا مطعن، 489
بکھر مشترک، 344

بار، 375، 78
برقی، 363، 182
باریکے اشاراتی
مسزاحمت، 123
باریکے اشاراتی پائے ریاضی گھونٹ، 283
باریکے اشارہ، 116
بالش زمان کا مستقل، 78
بیٹ، 56
بٹرورٹ تسل، 647
بٹرورٹ دائرہ، 648
بدلت افنڑا شش برقی رو، 187
بدلتارو، خطہ بوجھ، 118
بدن، 377
برقی
بار، 375، 363، 78
رکاٹ، 568
زمیں، 14
قلب نگار، 45
برقی دباد
چالو، 80
دہمیز، 379
رکاوی، 139
غیر افنڑا اشنده کردا، 188
برقی دباد منع، 95، 88
برقی رو
الٹا رستا، 82
برقی رو چا اور کھنے کی حد، 367
برقی رو مدقق کرنے کی حد، 367
برقی زمین، 482
برقی شدت، 134
برکہ زان کا صول، 718
بل، 97-95، 88
بلند اقطعی تعدد، 600، 559
بلند تعدد، 566، 559
بودھ خط، 576، 566
بیاو، 134، 131
ساوار قی رو، 134

- تھرمائیٹ، 83
تحقیق، 29
ٹرانزیستر، 179
توی، 366
ٹی ریاضی نوٹ، 425
ٹینکے، 747
جس میں ہم ڈالیو، 80
جسٹن، 126
شرج، 126
جنگی کسیٹ، 251
جساعت، 124
جمع گار، 37, 35
جوڑ، 13
جوڑ کی پیشنس، 143
چپا لو، 80
چپا لورقی دباد، 80
چوپی حاصل کار، 92
چھلنی
پی روک، 646
پی گزار، 646
سرارتی
ایکٹران، 126
برقی دباد، 78
پیدا شن، 126
پیدا شن کی شرح، 126
خانلو، 126
مزاجت، 172, 84
حرکت پذیری
ایکٹران، 387, 135
خانلو، 387
حابل ایکلینکر، 1, 43
جیٹ
اتار کار، 92
سوار اسٹر، 94
سوار کار، 93
بیس، 179
بیس مشترک، 345
بے فتا بیو حب تودہ، 144
بے فتا بیو خط، 82
پائے ریاضی نوٹ، 283
پی روک فلٹر، 681
پی گزار فلٹر، 681
پست انقلائی تعداد، 566, 559
پست تعداد، 566, 559
پکاری گئی قیمت، 19
پورے طاقت پر دائرہ کار کردگی، 53
پیروکار، 347
پیاسائی آله، 29
تار
ہم محوری، 69
تائج منبع دباد، 6
تائج منبع رو، 254
تراش، 99
دو طرف، 99
تعدد
سوار، 94
سواری، 94
فتدرتی، 725
قصہ دور پاہنڈ انقلائی، 610
تعادی کشافت، 182, 126
تقریق
افزاش، 492
افزاش برقی دباد، 7, 3
ایکلینکر، 3
برقی اشارہ، 2
برقی دباد، 6
جوڑ، 479
تقریق اشارہ، 74
تقریق کار، 32
تقسیم کار، 103
تصریحی مستقل، 647
کمل کار، 34, 33
تودہ، 143

- خوارج کار منبع رو، 504
 خواری اخترانی برقی دباؤ، 499
 خواری مزاحمت، 7
 خط پوچھ، 411
 بدلتارو، 245
 کے سمت رو، 108
 یکمیتی، 243
 خط ماس، 123
 خطی، 3
 خلوگیس، 130
 حسن دار، 113
 دا برقی مسلم، 745
 داخنی اخترانی برقی دباؤ، 544, 499
 تفسیری مزاحمت، 494
 داخنی کار منبع رو، 504
 داخنی برقی رکاوٹ، 45
 داخنی مزاحمت، 687, 685, 7
 داخنی میلان برقی رو، 61
 دائزہ کار کر دیگی، 610, 560
 دلبوچ، 382
 در جب
 الاف، 357
 الف۔۔۔ب، 358
 ب، 358
 پ، 358
 س، 358
 در میانی تعداد، 559
 دوبارہ
 حبڑا، 126
 حبڑنے کی شرح، 126
 دورانیہ
 اترائی، 73
 حبڑائی، 73
 دوری عرصہ، 74
 دہرانے کا طریقہ، 110
 دہری نظام اعداد، 56
 دلیزبرقی دباؤ، 379
 ڈار لسنگن جوڑی، 215
- ڈایوڈ، 77
 بلند تعدادی باریکے اشاراتی ریاضی نمونے،
 جبر مینیم، 80
 زیست، 144
 شاگی، 146
 شمی، 147
 فوٹو، 147
 فتنوں سریج، 168
 منقطع، 140
 نوری، 148
 وریکش، 147
 ڈایوڈ اون سریج شناسندہ، 169
 ڈھلوان، 108
 ڈیمی بیل، 576
 ذرا کم ابلاغ، 167
 رخ
 سیدھا، 77
 راہ، 377
 رفتار بیاد، 134
 رفتار چال، 53
 رکاوٹی برقی دباؤ، 139
 ریاضی
 نمونہ، 149
 ریاضی نمونے، 421, 9, 7
 پائے، 283
 پلی، 425
 سیدھے خطوط، 149
 زنجیری ایکلیٹی، 336
 زیست
 اثر، 143
 برقی دباؤ، 144
 ڈایوڈ، 144
 گھننا، 156
 ساکن بار، 128
 سپاٹ، 253, 169
 سردار، 468, 210
 سطح تبدیل کار، 517
 سلمہ

- عقدی ادوار، ۴۳۴، ۲۷۰
عقدی سے مال کار، ۵۵
عکس، ۲۳۱
غمزہ سید گی، ۵۰۵
غیر افسنہ افسنہ، ۱۸۸، ۱۸۱، ۱۸۰
برقی دباؤ، ۱۸۸
خط، ۲۴۱، ۲۳۶
غیر عامل، ۱۷۹
غیر مطلوب مزاحمت، ۶۰۶
- فلم**
- بیش رو تر، ۶۴۹
پی روکے، ۶۸۱، ۶۴۶
پی گزار، ۶۸۱، ۶۴۶
فوٹو ڈیجیٹ، ۱۴۷
فیٹ، ۳۷۵
فتا بور یکلیفیا نر، ۳۶۶
فتافون مسریخ، ۱۶۸
فتدری تعداد، ۷۲۵
غیر تفسیری، ۶۴۷
قص درور بلند اقطائی تعداد، ۶۱۰
قص ری کپیٹر، ۲۴۳
قطب، ۵۷۲
قتام، ۱۲۵
قتلی مرتقش، ۷۴۷
توی
ٹرانزیستر، ۳۶۶
ما سینٹ، ۴۶۷
توی بر قیات، ۱۴۸
- کالپیش مرتقش، ۷۳۹
کامسل حسابی ایپلی فیکر، ۹
کامسل ڈایوڈ، ۱۵۲
کپیٹر، ۱۴۲
جنچتی، ۵۶۰، ۲۵۱
قص ری، ۵۶۰، ۲۴۳
کثافت نفوذی رو، ۱۳۳
کر خوف کے قوانین، ۱۳
گلکش، ۱۷۹
- طاقت، ۱۶۷
مکاران، ۴۹۰، ۱۵۴
سلسلہ طاقت، ۱۶۷
سلسلہ مکاران، ۱۵۴
سمت کار
مکمل لبر، ۹۰
نصف لبر، ۸۷
ستی رفتار بیسا، ۱۳۵
سوار
تعدد، ۹۴
مون، ۹۳
سواری
تعدد، ۹۴
مون، ۹۴
سیدھارخ، ۷۷
سیدھاماں، ۸۶، ۸۲، ۸۰
سیدھے خطوط کاریاضی نمونے، ۱۴۹
سیلیسیس، ۷۸
سیماں، ۳۹۷
شاگلی ڈایوڈ، ۳۶۳
شاگلی ڈایوڈ، ۱۴۶
شرکیے گرفتی بندھ، ۱۴۷، ۱۲۵
شكل بگازنا، ۴۱۸
شنجہ، ۹۸
شمی چادر، ۱۴۷
شمی ڈایوڈ، ۱۴۷
شور، ۱۴۸
- صفر، ۶۴۷، ۵۷۲
- ضر کار**
ضیائی
تلار، ۱۴۸
ذرائع ابلاغ، ۱۴۸
ذرے، ۱۴۷
وابستہ کار، ۱۴۸
- طاقت کافی، ۱۵۶
طاقت کی منج، ۲
- عامل، ۱۷۹

- کوارٹر، 745
 کلیکوڈ، 635
 کلیکوڈ ایکلیفاگر، 534
 کسیاون پیسا اش حصہ راست، 78
 کیمیائی دوی جدول، 124
 کیمیائی گرفت، 125
- مساحت**
 تقریب اخلي، 494
 مساحت میں عناطی، 19
 مساحت نما افزاش، 20
 مساحتی جوڑ، 147
 مسکام کار، 29
 مستطی پست لائس اسٹارہ، 73، 54
مستقل
 غفوہ اسیکٹر ان، 134
 غفوہ خلو، 134
 مسئلہ مل، 602
 مسئلہ مل، 734
 مشترک - محراج، 495
 مشترک اشارہ درکرنے کے صلاحیت، 74
 مشترک اشارہ درکرنے کے صلاحیت، 497
 مشترک افزاش، 479
 مشترک بر قی دباؤ، 6، 479
 مکاران سلسل، 490
 مکمل لہر سست کار، 90
 ملاوٹ، 125
 ملر پیٹر، 635، 605
 منج بر قی دباؤ، 95
 منج بر قی رو
 والنڈر، 525
 منج دباؤ، 361، 97
 منج رو، 552
منج مستقل بر قی رو، 447
 منقی ایکلیفاگر، 13، 16
 منقی داخلي سرا، 6
 منقی کار، 39
 منقی نہم موصل، 128
 منقی واپسی بر قی دباؤ ایکلیفاگر، 673
 منقی واپسی بر قی رو ایکلیفاگر، 673
 منقی واپسی دور، 23
- گلی تعدد، 732
گیٹ
 جمع، 107
 ضرب، 107
- لپلاس بد، 561
 لبریز 3.3، 57-52
 لبریزی بر قی رو، 78
 لوڈ سیل، 70
 لوگار تھی ایکلیفاگر، 362، 101
 لبریٹن، 70
- ماسفیٹ، 375
 بڑھاتا، 379
 قوی، 467
 گھٹاتا، 395
 مال برداری، 131
 مائل، 82
- سپیس، 82، 80
 مبدل توابل، 29
- محترک اسیکٹر ان، 126
 محترک بار، 128
 محترک خلو، 126
 محترک منقی بار، 128
 مثبت ایکلیفاگر، 28، 26
 ثبت داخلي سرا، 6
 مثبت ٹیم موصل، 130
 مثبت واپسی ادوار، 23
 محملوط ادوار، 1
 محملوط سطح، 647
 مداحنل اسیکٹر ان، 182
 مداحنل خلو، 182
- سر قوش

واپس	منقطع، ۱۸۱
اشارہ، 665	منقطع ڈالیوڈ، ۱۴۱، ۱۴۰
برقی دباد ایکٹنائز، 673	موج
نقش، 665	سوار، 93
واپس کار، 672	سواری، 94
واپس کار کا مستقل، 675	موازنے کار، 66
واپسی ادوار، 21	موثر، 173
واپسی اشارات، 21	مولیتیت، 125
والٹر منع رو، 525	مستقل، 137
وائے سر تھش، 728	مولیتیت-نا، 277، 274
وریکٹر ڈالیوڈ، 147	میدانی ٹرینر سر، 375، 179
ولسن آئین، 529	میلان برقی رو، 502
ویٹ سٹون چکر، 70	نافتابل برداشت برقی دباد، 83
ویران خط، 139	نافتابل برداشت برقی دباد، 143
ہارٹلے سر تھش، 739	نصف لہسر
ہسٹر سر تھش، 734، 732	مشتبہ سمت کار، 87
ہم نوری تار، 69	منفی سمت کار، 88
کیاں، 479	خفوذ، 131
کے سمت	الیکٹران، 134
افنزاش برقی رو، 187	خبلو، 134
خط بوجھ، 243	خفوذی برقی رو، 132
نقٹے کار کر دگی، 108	خفوذی کسیشن، 145
نقٹے مائیں، 108	نفع کار، 434، 270
کے سمت رو	نقٹے کار کر دگی سوارنے کے اسباب، 226
خط بوجھ، 108	نمونہ
کے سمت منع رو، 503	ریاضی، 421، 149، 9، 7، 424
	ریاضی بلند تحدی، 283
	ریاضی پائے، 148
	نوری ڈالیوڈ، 125، 124
	شمی موصل، 130
	منفی، 128