

مماشل بر قیات

خالد خان یوسفزئی

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

عنوان

دیباچہ

xvii

میری پہلی کتاب کا دیباچہ

1	1	حابی ایکپیغائزر
2	1.1	حابی ایکپیغائزر کے سرے یا پینے
3	2.1	حابی ایکپیغائزر کی بنیادی کارکردگی
8	3.1	حابی ایکپیغائزر کا مساوی دوریار یا خنثی نمونہ
9	1.3.1	داخلی سروں پر برتری دباور ہتا ہے
10	2.3.1	داخلی سروں پر برتری روضخت ہوتی ہے
10	3.3.1	داخلی مزاحمت کو لا محدود تصور کیا جاتا ہے
10	4.3.1	تفریق افراکش کو لا محدود تصور کیا جاتا ہے
11	5.3.1	خارجی مزاحمت کو صفر اور ہم تصور کیا جاسکتا ہے
11	4.1	کامل حابی ایکپیغائزر

16	حسابی ایکسپلیغیٹر کے ادوار	5.1
17	منفی ایکسپلیغیٹر	1.5.1
33	ثبت ایکسپلیغیٹر	2.5.1
37	مسح کار	3.5.1
41	تفرق کار	4.5.1
42	کمل کار	5.5.1
46	جمع کار	6.5.1
48	منفی کار	7.5.1
55	جمع و منفی کار	8.5.1
57	آلٹی ایکسپلیغیٹر	9.5.1
66	حسابی ایکسپلیغیٹر کا تھیڈ پن	6.1
66	حسابی ایکسپلیغیٹر کا بیریز ہوتا	1.6.1
67	حسابی ایکسپلیغیٹر کی رفتار چال	2.6.1
70	عددی اشارے سے مماثل اشارے کا حصول	7.1
73	کیک سمتی اندروئی داخلی اخراجی بر قی دباؤ کا مسئلہ	1.7.1
77	داخلی بر قی روکا مسئلہ	2.7.1
83	موازنہ کار	8.1

99	ڈائیوڈ	2
109	کامل ڈائیوڈ	1.2
111	ڈائیوڈ کے چند ادوار	2.2
113	بدلتی دباؤ سے یک سمتی دباؤ کا حصول (سمت کاری)	3.2
113	نصف اہر سمت کاری	1.3.2
117	مکمل اہر سمت کاری	2.3.2
118	چوتھی حاصل کار	4.2
120	حیطہ اتار کار	5.2
122	منبع برتنی دباؤ	6.2
126	بر قیانی غلکچہ	1.6.2
128	بر قیانی تراش	7.2
129	حسابی ایکپلینیٹر کی مدد سے ڈائیوڈ کے کامل ادوار	8.2
129	کامل نصف اہر سمت کار	1.8.2
131	کامل چوتھی حاصل کار	2.8.2
131	کامل حیطہ اتار کار	3.8.2
132	ڈائیوڈ لوگار تھی ایکپلینیٹر	4.8.2
133	ضرب کار	5.8.2
134	کامل مکمل اہر سمت کار	6.8.2
137	ڈائیوڈ کے منتهی ادوار	9.2
139	یک سمتی روختہ بوجھ	10.2

140	گراف کا طریقہ	1.10.2
142	دہرانے کا طریقہ	2.10.2
144	کار تیسی مدد اور ترسیم	11.2
145	محمد کی منتقلی	1.11.2
145	خط کا چھوٹا حصہ سیدھا تصویر کیا جاسکتا ہے	2.11.2
145	گراف سے قیمت حاصل کرنے کا عمل	3.11.2
151	باریک اشاراتی تجزیہ	12.2
152	بدلتی رو، خط بوجھ	1.12.2
158	باریک اشاراتی مراجحت	2.12.2
159	خط مماس سے باریک اشاراتی مراجحت کا حصول	3.12.2
161	طبیعت نیم موصل اشیاء	13.2
164	منفی قسم کا نیم موصل	14.2
167	ثبت قسم کا نیم موصل	15.2
170	مال برداری	16.2
170	نفوذ	1.16.2
173	بہاؤ	2.16.2
177	ثبت اور منفی اقسام کے نیم موصل مواد کا ملاب	17.2
181	الثماں کل ڈائیوڈ	18.2
183	الثماں کل ڈائیوڈ بطور کپیسٹر	1.18.2
185	بے قابو صورت	19.2

187	زیزبرقی داوبال مقابل درجہ حرارت	1.19.2
187	سیدھامکن ڈائیوڈ	20.2
188	سیدھے مکن ڈائیوڈ کی نفوذی کمیشن	1.20.2
189	ڈائیوڈ کے دیگر اقسام	21.2
189	شانگی ڈائیوڈ	1.21.2
191	ورکٹر ڈائیوڈ	2.21.2
191	فونڈو ڈائیوڈیا شسی ڈائیوڈ	3.21.2
192	نوری ڈائیوڈ	4.21.2
192	ضیائی وابستہ کار	5.21.2
193	ضیائی ذرا رائج ایلانگ	6.21.2
193	ڈائیوڈ کے ریاضی نمونے	22.2
194	سیدھے خطوط کار ریاضی نمونہ	1.22.2
197	کامل ڈائیوڈ ریاضی نمونہ	2.22.2
199	ڈائیوڈ کا پست تعداد باریک اشاراتی ریاضی نمونہ	3.22.2
200	ڈائیوڈ کا بلند تعداد باریک اشاراتی ریاضی نمونہ	4.22.2
201	زیز ڈائیوڈ اور اس کا ریاضی نمونہ	23.2
213	یک سمتی اور بدلتے متغیرات کے حساب کی علیحدگی	24.2
216	قانون مرلح جیٹ اتار کار	25.2
219	پائٹ ریاضی نمونہ	26.2

231	3	ٹرانزسٹر (دوجو ٹرانزسٹر)
231	1.3	ٹرانزسٹر کی ساخت اور اس کی بنیادی کارکردگی
233	2.3	افرا سندھ حال منقی-جج-منقی npn ٹرانزسٹر کی کارکردگی
241	3.3	غیر افرا سندھ کردہ برتی دباد
242	4.3	افرا سندھ حال جج-منقی-جج pnp ٹرانزسٹر کی کارکردگی
243	1.4.3	V_{EC} اور V_{EB} کے pnp
244	5.3	نقطہ کارکردگی اور یک سمتی ادوار کا تحلیلی تجزیہ
244	1.5.3	افرا سندھ ٹرانزسٹر کے یک سمتی ادوار کا حل
268	2.5.3	غیر افرا سندھ ٹرانزسٹر کے دور کا حل
272	3.5.3	منقطع ٹرانزسٹر کے دور کا حل
274	6.3	ڈار لکٹن جوڑی
276	7.3	تین نقطے سے نقطہ کارکردگی کا انحراف
276	1.7.3	تبیلی β سے لاح مسائل استوار نے کا شرط
284	2.7.3	تبیلی V_{BE} سے نقطہ کارکردگی کا سر ک جانا
285	3.7.3	نقطہ کارکردگی سوارنے کے اباب
288	8.3	مراحت کا عس
293	9.3	ٹرانزسٹر کے خط
293	1.9.3	$i_C - v_{BE}$ خط
295	2.9.3	$i_C - v_{CE}$ خط

299	یک سمتی ادوار کا ترسمی تجربہ	10.3
300	یک سمتی رو، خط پوچھ	1.10.3
301	باریک اشارات	2.10.3
302	برق دباؤ V_{CC} اور مزاحمت R_C کے نقطہ کار کردگی پر اثرات	3.10.3
304	داخلی بر قی رو کے نقطہ کار کردگی پر اثرات	4.10.3
305	خارجی اشارہ کے حدود	5.10.3
306	بدلتی رو، خط پوچھ	6.10.3
319	ٹرانزسٹر ریاضی نمونہ برائے وسیع اشارات	11.3
319	ایپر ز-مال ریاضی نمونہ	1.11.3
329	ٹرانزسٹر کا ایپر ز-مال باذل pnp	2.11.3
330	مال برداری ریاضی نمونہ	3.11.3
337	نئی کار	12.3
342	باریک اشاراتی تجربہ	13.3
343	ترسمی تجربہ	1.13.3
344	باریک اشاراتی داخلی مزاحمت r_e اور r_{be}	2.13.3
345	تحمیلی تجربہ	3.13.3
355	پست تعدادی ٹرانزسٹر ریاضی نمونہ برائے باریک اشارات	14.3
359	T^{\ddagger} ریاضی نمونہ	1.14.3
361	پائے ریاضی نمونہ بمحض خارجی مزاحمت r_o	2.14.3
363	یک سمتی اور بدلتے متغیرات کی عملیتگی	15.3

368	16.3	باریک اشاراتی ادوار کا پائے ریاضی نمونے کی مدد سے حل
391	1.16.3	زنجیری ضرب کا طریقہ
414	17.3	برقی بار، داخلی مزاحمت اور ایکسپلیغیٹر کی افزائش
417	18.3	زنجیری ایکسپلیغیٹر
427	19.3	بیٹر مشترک، مکلف مشترک اور میں مشترک ایکسپلیغیٹر
441	20.3	خطی لفاظ سے ایکسپلیغیٹر کی درجہ بندی
442	21.3	ٹرانزسٹر سے ڈائیوڈ کا حصول
444	22.3	منج بر قی دباؤ
447	23.3	ٹرانزسٹر لوگاریتمی ایکسپلیغیٹر
448	24.3	شاکی ٹرانزسٹر
450	25.3	قوی ٹرانزسٹر
452	26.3	قاپوی ایکسپلیغیٹر
463	4	میدانی ٹرانزسٹر
464	1.4	n ماسیٹ کی ساخت (بڑھاتا n ماسیٹ)
466	2.4	n ماسیٹ کی بنیادی کارکردگی
466	1.2.4	گیٹ پر بر قی دباؤ کی عدم موجودگی
467	2.2.4	گیٹ کے ذیل پر بر قی روکے لئے راہ کی تیاری
476	3.4	n ماسیٹ کی مساوات
483	1.3.4	قابل برداشت بر قی دباؤ

485	درج حرارت کے اثرات	2.3.4
485	بڑھاتا pMOSFET ماسفیٹ	4.4
488	غیر افراندہ	1.4.4
489	گھناتا n ماسفیٹ	5.4
490	مقطوع صورت	1.5.4
490	غیر افراندہ	2.5.4
491	دبوچ	3.5.4
491	افراندہ	4.5.4
491	گھناتا p ماسفیٹ	6.4
492	جڑو ماسفیٹ CMOS	7.4
492	ماسفیٹ کے یک سمتی ادوار کا حل	8.4
515	ماسفیٹ ایک پلیٹیار کا تجزیہ	9.4
516	ماسفیٹ ایک پلیٹیار کا تحلیلی تجزیہ	10.4
516	یک سمتی تجزیہ	1.10.4
517	بدلتی رو تجزیہ	2.10.4
521	ماسفیٹ ریاضی نمونہ	11.4
521	خارجی مزاحمت r_0	1.11.4
523	وسیع اشاراتی ماسفیٹ ریاضی نمونہ	2.11.4
523	باریک اشاراتی ماسفیٹ π ریاضی نمونہ	3.11.4
526	باریک اشاراتی ماسفیٹ θ ریاضی نمونہ	4.11.4

528	یک سمتی اور بدلتے متغیرات کی علیحدگی	5.11.4
537	سیماں نئی کار	12.4
541	جوڑدارفیٹ (JFET)	13.4
545	برقی رو بالقابل برقی دباد	1.13.4
546	pJFET	2.13.4
547	باریک اشاراتی ریاضی نمونہ	3.13.4
554	مغلوط ادوار میں ماسفیٹ کا نقطہ کار کر دیگی تعین کرنے کے ادوار	14.4
554	منع مستقل برقی رو	1.14.4
561	مراحت کے عکس	15.4
564	تالیح سورس (ڈرین مشترک ایپلینیٹر)	16.4
571	گیٹ مشترک ایپلینیٹر	17.4
572	زنجیری ایپلینیٹر	18.4
578	قوی ماسفیٹ	19.4

591	تفرقی ایک پلیگز	5
591	دو جوڑٹر انزسٹر کا تفرقی جوڑا	1.5
591	تفرقی اشارہ کی عدم موجودگی	1.1.5
595	تفرقی اشارہ موجود	2.1.5
597	باریک داخلي تفرقی اشارہ پر تفرقی جوڑے کی بنیادی کارکردگی	2.5
598	وسعی داخلي اشارہ پر تفرقی جوڑے کی کارکردگی	3.5
603	باریک اشارہ پر تفرقی جوڑے کے کارکردگی پر تفصیلی غور	4.5
603	باریک اشاراتی مساوات	1.4.5
606	برقی روکا حصول بذریعہ ٹرائنزسٹر ریاضی نمونہ	2.4.5
608	داخلی تفرقی مراجحت	3.4.5
612	داخلی مشترک کے مراجحت اور مشترک کے افرائش	4.4.5
615	غیر کامل تفرقی جوڑے کا ناقص پن	5.5
615	داخلی اخراجی برقی دباؤ	1.5.5
618	داخلی میلان برقی رو اور اخراجی داخلی میلان برقی رو	2.5.5
620	ٹکٹوٹ ادوار میں دو جوڑٹر انزسٹر کے مائل کرنے کے طریقے	6.5
620	یک سمتی منبع برقی رو	7.5
622	آئینہ برقی رو	8.5
629	متعدد یک سمتی منبع رو	1.8.5
630	ٹرائنزسٹر بوجھ سے لدا دو جوڑٹر انزسٹر کا تفرقی ایک پلیگز	9.5
646	وائندلر منبع برقی رو	10.5
650	ولسن آئینہ	11.5
655	کیکوڑا ایک پلیگز	12.5
658	ماسفیٹ کے تفرقی جوڑے	13.5
668	داخلی اخراجی برقی دباؤ	14.5
672	ماسفیٹ آئینہ برقی رو	15.5
676	منبع دباؤ کے اثرات سے آزاد منبع رو	1.15.5
678	ماسفیٹ کیکوڑا تفرقی ایک پلیگز	16.5

685	ایکپلیفار کا تعددی رو عمل اور فلٹر	6
685	پست تعددی رو عمل	1.6
687	میں سرے پر کپیسٹر C_B	2.6
696	ایکٹر سرے پر کپیسٹر C_E	3.6
703	کلکٹر سرے پر کپیسٹر C_C	4.6
705	بودھ خطوط	5.6
712	میں اور کلکٹر بیرونی کپیسٹر	6.6
717	میں اور ایکٹر بیرونی کپیسٹروں کا مجموعی اثر	7.6
725	میں، ایکٹر اور کلکٹر بیرونی کپیسٹروں کا مجموعی اثر	8.6
728	پست انتظامی تعددیزدرا ریجہ سورس کپیسٹر	9.6
736	مسئلہ ملر	10.6
740	بلند تعددی رو عمل	11.6
740	بلند تعددی پائے آریاضی نمونہ	1.11.6
744	مشترک ایکٹر بلند انتظامی تعدد	2.11.6
748	مشترک میں بلند انتظامی تعدد	3.11.6
749	f_T کا تحریکی تجربہ	4.11.6
750	برقی بوجھ کے موجودگی میں بلند تعددی رو عمل	5.11.6
759	مشترک سورس ماسفیٹ ایکپلیفار کا بلند تعددی رو عمل	6.11.6
763	مشترک کلکٹر ایکپلیفار کا بلند تعددی رو عمل	12.6
767	مشترک میں ایکپلیفار کا بلند انتظامی تعدد	13.6
772	کسیکوڈا ایکپلیفار	14.6
785	فلٹر یا چینی	15.6
786	بڑورت فلٹر (چینی)	16.6
794	بڑورت فلٹر کا دور	1.16.6

809	واپسی ادوار	7
810	ایک پلیناٹر کی جماعت بندی	1.7
811	برقی دباؤ ایک پلیناٹر	1.1.7
813	برقی روایک پلیناٹر	2.1.7
815	موصل نما ایک پلیناٹر	3.1.7
816	مراحت نما ایک پلیناٹر	4.1.7
818	والیکی اشارہ	2.7
821	بنیادی کارکردگی	3.7
824	افرا کشی دائرہ	1.3.7
824	بنیادی مفروضے	2.3.7
825	والیکی ایک پلیناٹر کی خوبیاں	4.7
825	مُسَخَّم افرا کش	1.4.7
830	تعددی بگاڑ	2.4.7
830	دائرہ کارکردگی کے پنی میں وسعت	3.4.7
832	داخلی مراجحت	5.7
832	والیکی برقی دباؤ ایک پلیناٹر کا داخلی مراجحت	1.5.7
835	والیکی برقی روایک پلیناٹر کا داخلی مراجحت	2.5.7
837	والیکی موصل نما ایک پلیناٹر کا داخلی مراجحت	3.5.7
839	والیکی مراجحت نما ایک پلیناٹر کا داخلی مراجحت	4.5.7
841	غارجی مراجحت	6.7

841	واپسی بر قی دباؤ ایکلیپسیفار کا خارجی مراجعت	1.6.7
842	واپسی بر قی روابط ایکلیپسیفار کا خارجی مراجعت	2.6.7
844	واپسی موصل نما ایکلیپسیفار کا خارجی مراجعت	3.6.7
846	واپسی مراجعت نما ایکلیپسیفار کا خارجی مراجعت	4.6.7
848	واپسی ایکلیپسیفار کے جماعت بندی کی مثالیں	7.7
849	واپسی بر قی دباؤ ایکلیپسیفار	1.7.7
851	واپسی مراجعت نما ایکلیپسیفار	2.7.7
853	واپسی موصل نما ایکلیپسیفار	3.7.7
855	واپسی بر قی روابط ایکلیپسیفار	4.7.7
857	واپسی مراجعت نما ایکلیپسیفار	5.7.7
860	واپسی ایکلیپسیفار کا تفصیلی تجزیہ	8.7
862	واپسی بر قی دباؤ ایکلیپسیفار	9.7
865	واپسی بر قی دباؤ زنجیری ایکلیپسیفار	10.7
871	مرتعش	8
874	مرتعش کی تجھیق	1.8
877	مراحت-کپیسٹر RC مرتعش	2.8
884	وائن مرتعش	3.8
887	nJFET پر مبنی الہامی-کپیسٹر LC ہمسر مرتعش	4.8
890	خود-مال دور	1.4.8
891	ٹرانزیستر ہمسر مرتعش	5.8
896	عمومی مرتعش	6.8
899	ہارٹی اور کالپٹس مرتعش	7.8
905	قلی مرتعش	1.7.8
913	فرہنگ	

دیباچہ

برقی آلات اور عددي ادوار کے بعد مماثل برقيات میری تيسری 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 طلبہ و طالبات اس سے استفادہ کر سکیں گے۔

اس کتاب میں تقریباً 503 اشکال اور 174 حل شدہ مثال دے گئے ہیں۔ اس کے علاوہ مشق کے لئے 175 سوالات بیع جوابات بھی دیے گئے ہیں۔

یہ کتاب Ubuntu استعمال کرتے ہوئے XeLatex میں تشكیل دی گئی۔ یہ کتاب خطِ جمیل نوری نستعلیق میں لکھی گئی ہے۔ پر زہ جات کے خط Octave جبکہ ادوار کو gEDA کی مدد سے بنایا گیا ہے۔ کئی ادوار پر GnuCap کی مدد سے غور کیا گیا۔ میں ان سافٹ ویر لکھنے والوں کا دل سے شکر گزار ہوں۔ میں طلبہ و طالبات سے گزارش کرتا ہوں کہ وہ آگے بڑھیں اور اس قسم کے سافٹ ویر لکھیں یا ان کا تزبہ علاقائی زبانوں میں کریں۔

اس کتاب کی تشكیل میں ہر موڑ پر کئی کتابوں کا سہارا 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 لغت 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 جنہوں نے اس کتاب کو مکمل کرنے میں میری مدد کی، بالخصوص کامیشیں میں میرے ساتھی ڈاکٹر عابد حسن مجتبی جنہوں نے کتاب کی شکل تکمیلی اور میرے شاگرد سید زین عباس، حافظہ مریم اسلم، حرا خان اور سبجیہ شوکت جنہوں 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 ذاہد، عبد اللہ رضا، عائشہ رباب، سمیا الرحمن، صحیح صادق، فیصل پروین، جران شیر اور شاہ زیب 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 سے زیادہ طلبہ و طالبات تک پہنچائیں اور کتاب میں غلطیوں کی نشاندہی میرے بر قیاتی پڑھ کر khalidyousafzai@comsats.edu.pk پر کریں۔ میری تمام کتابوں کی مکمل XeLatex معلومات

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

سے حاصل کی جا سکتی ہیں جنہیں آپ مکمل اختیار کے ساتھ استعمال کر سکتے ہیں۔

خالد خان یوسفزئی

9 نومبر 2014ء

میری پہلی کتاب کا دیباچہ

گزشتہ چند برسوں سے حکومتِ پاکستان اعلیٰ تعلیم کی طرف توجہ دے رہی ہے جس سے ملک کی تاریخ میں پہلی مرتبہ اعلیٰ تعلیمی اداروں میں تحقیق کا رجحان پیدا ہوا ہے۔ امید کی جاتی ہے کہ یہ سلسلہ جاری رہے گا۔

پاکستان میں اعلیٰ تعلیم کا نظام انگریزی زبان میں رانج ہے۔ دنیا میں تحقیقی کام کا بیشتر حصہ انگریزی زبان میں ہی چھپتا ہے۔ انگریزی زبان میں ہر موضوع پر لاتعدداد کتابیں پائی جاتی ہیں جن سے طلبہ و طالبات استفادہ کرتے ہیں۔

ہمارے ملک میں طلبہ و طالبات کی ایک بہت بڑی تعداد بنیادی 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 طلبہ و طالبات ذہین ہونے کے باوجود آگے بڑھنے اور قوم و ملک کی بھر پور خدمت کرنے کے قابل نہیں رہتے۔ ایسے طلبہ و طالبات کو اردو زبان میں نصاب کی اچھی کتابیں درکار ہیں۔ ہم نے قوی سطح پر ایسا کرنے کی کوئی خاطر خواہ 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 ناممکن تھا۔ آخر کار ایک دن میں نے اپنی اس کمزوری کو کتاب نہ لکھنے کا جواز بنانے سے انکار کر دیا اور یوں یہ کتاب وجود میں آئی۔

یہ کتاب اردو زبان میں تعلیم حاصل کرنے والے طلبہ 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 تحقیقی الفاظ ہی استعمال کئے جائیں۔ جہاں ایسے الفاظ موجود نہ تھے وہاں روز مرہ میں استعمال ہونے والے الفاظ پڑھنے کے لئے تحقیقی الفاظ کی چانی کے وقت اس بات کا دہان رکھا گیا کہ ان کا استعمال دیگر مضامین میں بھی ممکن ہو۔

کتاب میں بین الاقوامی نظام اکائی استعمال کی گئی ہے۔ اہم متغیرات کی عالمیں وہی رکھی گئی ہیں جو موجودہ نظام تعلیم کی نصابی کتابوں میں راجح ہیں۔ یوں اردو میں لکھی اس کتاب اور انگریزی میں اسی مضمون پر لکھی کتاب پڑھنے والے طلبہ و طالبات کو ساتھ کام کرنے میں دشواری نہیں ہو گی۔

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

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

اس کتاب میں تمام غلطیاں مجھ سے ہی سرزد ہوئی ہیں البتہ انہیں درست کرنے میں بہت لوگوں کا ہاتھ ہے۔ میں ان سب کا شکریہ ادا کرتا ہوں۔ یہ سلسلہ ابھی جاری ہے اور مکمل ہونے پر ان حضرات کے تاثرات یہاں شامل کئے جائیں گے۔

میں یہاں کامسیٹ یونیورسٹی اور ہائر ایجوکیشن کمیشن کا شکریہ ادا کرنا چاہتا ہوں جن کی وجہ سے ایسی سرگرمیاں ممکن ہوئیں۔

خالد خان یوسفزی

28 اکتوبر 2011

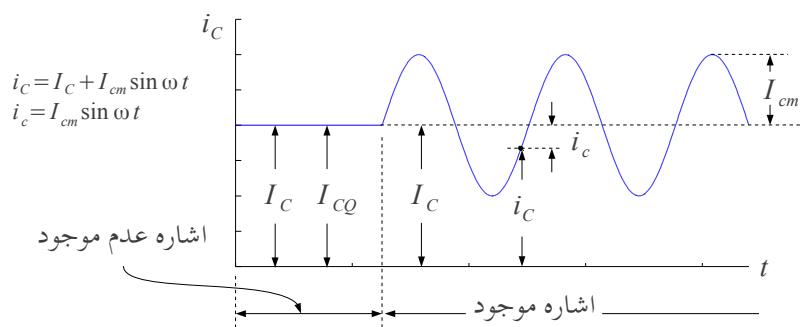
علامات

اس کتاب میں بین الاقوامی نظام اکائی SI استعمال کیا گیا ہے۔ یوں میٹر، کلو گرام اور سینٹر کے علاوہ وولٹ، ایمپیر، اوہم اور واط کو جوں کا توں استعمال کیا جائے گا۔

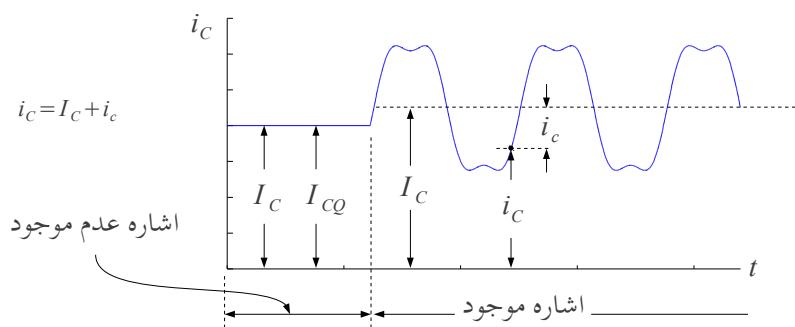
برقی دباؤ، برقی رو اور ان کی مخصوص خصائص اجاگر کرنے کی خاطر مختلف علامتیں استعمال کی جاتی ہیں۔ ان علامتوں کو، جن سے بخوبی وقف ہونا ضروری ہے، یہاں پیش کرتے ہیں۔

منع یک سمی برقی دباؤ $V_{DD}, V_{CC}, V_{EE}, V_{BB}$
 یک سمی برقی دباؤ اور برقی رو (اشارہ موجود یا عدم موجود) V_{BE}, V_{CE}, I_D, I_C
 نقط کارکردگی پر یک سمی برقی دباؤ اور برقی رو (اشارہ عدم موجود) V_{CEQ}, I_{CQ}
 بدلتا اشارہ (اوسط قیمت صفر) $v_d, v_{be}, i_d, i_c, i_e$
 سائن نما برقی رو کی موثر قیمت (rms) I_d, I_c, I_e, I_b
 اشارے کی چوٹی $V_{dm}, V_{cem}, I_{dm}, I_{cm}$
 لمحاتی برقی دباؤ $v_D, v_{BE}, v_{CE}, v_{BC}$
 لمحاتی برقی رو i_D, i_C, i_E, i_B

ان کی مزید وضاحت شکل 1.0 اور شکل 2.0 میں کی گئی ہے۔



شکل 1.0: سائن نمایش



شکل 2.0: غیرسائن نمایش

اصطلاحات

voltage	برقی دباد
current	برقی رو
resistance	برقی مزاحمت
capacitor	برقی گیر (کپیسٹر)
inductor	ماله گیر
impedance	برقی رکاوٹ
voltage source	منبع برقی دباد
current source	منبع برقی رو
dependent voltage source	تابع منبع برقی دباد
independent voltage source	غیر تابع منبع برقی دباد
OPAMP	حبابی اینکلیپیٹور
difference pair	تفرقی جوڑا
signal	اشارہ
signal generator	منبع اشارہ
frequency	تعداد
BJT transistor	دو جوڑ ٹرانزیستر
diode	ڈائیوڈ
mosfet	ماسفیٹ
AM signal	جیٹھ سوار اشارہ

باب 1

حسابی ایمپلیفائر

ٹرانزسٹر¹ کی ایجاد سے اب تک الکٹرائیکس کے میدان میں ناقابل یقین اور حیرت انگیز ترقی ہوئی ہے۔ شروع میں الگ الگ ٹرانزسٹر استعمال کر کے الکٹرائک ادوار بنائے جاتے تھے۔ بعد میں سلیکان کی پتھری² پر ایک سے زیادہ ٹرانزسٹر بنانے کا رجحان پیدا ہوا۔ اس طرح مخلوط ادوار³ وجود میں آئے۔ ایک مریع سنئی میٹر رقبہ کی سلیکان پتھری⁴ پر اربوں ٹرانزسٹر بنانا ممکن ہوا اور دیکھتے ہی دیکھتے الکٹرائک اشیاء زندگی کے ہر شعبے پر چھا گئیں۔

اس کتاب میں الکٹرائک پر زہ جات کی کارکردگی اور ان کے استعمال سے الکٹرائک ادوار بنانے پر غور کیا جائے گا۔ پہلے باب میں حاملہ ایمپلیفائر⁵ پر غور کیا جائے گا۔ حسابی ایمپلیفائر در حقیقت کئی ٹرانزسٹر پر بنی ایک نہایت مقبول مخلوط دور ہے جس کا استعمال، بر قی پر زہ جات مثلاً مراحت، کپیٹر وغیرہ کی طرح، نہایت آسان ہے۔ حسابی ایمپلیفائر کی اندروفنی ساخت پر اس کتاب میں آگے جا کر ایک مکمل باب ہے۔

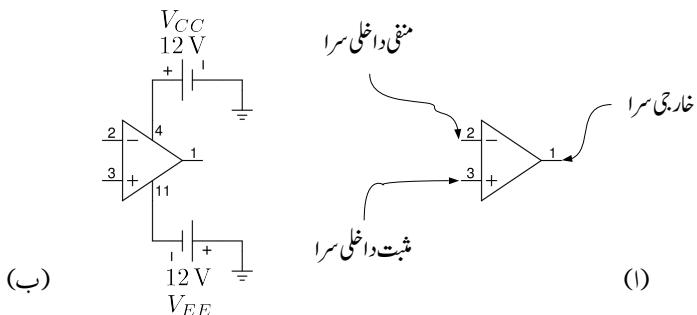
transistor¹

silicon chip²

integrated chip (IC)³

⁴ ہائڈروجن اور آئیجن کے ملپ سے پانی H₂O ملتا ہے۔ اسی طرح سلیکان اور آئیجن کے ملپ سے SiO₂ یعنی ریت یا مٹی ملتی ہے۔

operational amplifier (OPAMP)⁵



شکل 1.1: حسابی ایکلینیفار کی علامت

1.1 حسابی ایکلینیفار کے سرے یا پنیے

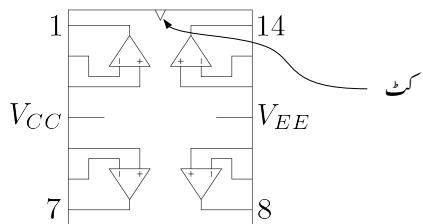
حسابی ایکلینیفار کی علامت شکل 1.1 الف میں دکھائی گئی ہے۔ حسابی ایکلینیفار کے عموماً تین سرے ہوتے ہیں جن میں سے دو اس کے داخلی اور ایک خارجی سرا ہوتا ہے۔ یوں شکل-الف میں ایک نمبر پیا، اس کا خارجی سرا ہے جبکہ دو اور تین نمبر پنیے اس کے داخلی سرے ہیں۔ شکل الف میں حسابی ایکلینیفار کی علامت میں دو مزید طاقت کے سرے بھی دکھائے گئے ہیں جو حسابی ایکلینیفار کو برقی طاقت مہیا کرنے کی خاطر استعمال ہوتے ہیں۔ حسابی ایکلینیفار اُسی وقت کام کر سکتا ہے جب ان طاقت کے پنیوں پر درکار برقی طاقت مہیا کی جائے۔ شکل 1.1 ب میں چار نمبر سرا ثبت برقی طاقت کا سرا ہے لہذا اس پر ثبت برقی دباؤ مہیا کی گئی ہے جبکہ گیارہ نمبر سرا منفی طاقت کا سرا ہے لہذا اس پر منفی برقی دباؤ مہیا کی گئی ہے۔ حسابی ایکلینیفار ان مہیا کردہ برقی دباؤ سے برقی طاقت حاصل کرتا ہے۔ روایتی طور پر ثبت برقی دباؤ کو V_{CC} اور منفی برقی دباؤ کو V_{EE} پکارا جاتا ہے۔ یوں شکل میں $V_{CC} = 12V$ اور $V_{EE} = -12V$ ہیں۔ حسابی ایکلینیفار کو عموماً شکل 1.1 الف کی علامت سے ظاہر کرتے ہوئے طاقت پنیوں کو نہیں دکھایا جاتا۔

ثبت برقی دباؤ اور منفی برقی دباؤ عموماً منبع برقی دباؤ سے مہیا کیا جاتا ہے۔ اس کتاب میں اس آلم کو منبع برقی دباؤ، برقی دباؤ کو منبع⁶ یا طاقت کو منبع⁷ پکارا جائے گا۔

⁶پنیوں کو نہیں کرنے کا طریقہ جلد بتایا جائے گا

⁷voltage source

⁸power supply



شکل 2.1: حسابی ایمپلیفائر کی ڈبیا

صنعت کار ایک یا ایک سے زیادہ تعداد میں حسابی ایمپلیفائر پلاٹک کی ڈبیا میں بند کرتے ہیں۔ شکل 2.1 میں ایک ہی ڈبیا میں چار حسابی ایمپلیفائر دکھائے گئے ہیں۔ ڈبیا میں بند تمام حسابی ایمپلیفائر کے V_{CC} آپس 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 باریک کٹ لگایا جاتا ہے۔ اس کٹ سے گھٹڑی کی الٹ سمت گھومتے ہوئے پنیوں کو نمبر کیا جاتا ہے۔ شکل 1.1 میں حسابی ایمپلیفائر کے پنیوں پر لکھے گئے نمبر ڈبیا کے پنیوں کو ظاہر کرتے ہیں۔

2.1 حسابی ایمپلیفائز کی بنیادی کار کردنگی

حسابی ایمپلیکیٹر کی بنیادی کارکردگی کچھ یوں ہے۔ اگر حسابی ایمپلیکیٹر کے دو داخلی سروں کے مابین تفریقہ برقرار اشارہ v_d ⁹ مہیا کیا جائے تو یہ خارجی سرے پر v_d کو A_d کنا بڑھا کر خارج کرے گا، یعنی خارجی اشارہ v_0 اور داخلی اشارہ v_d کا تعلق مندرجہ ذیل ہے

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

جہاں

$$(2.1) \quad v_d = v_2 - v_1$$

differential voltage signal⁹

کے برابر ہے۔ شکل 3.1 میں اس حقیقت کو دکھایا گیا ہے۔ A_d کو ایمپلیفائر کا تفرقہ بر قہ دبادکہ افراٹر¹⁰ یا بر قہ دبادکہ تفرقہ افراٹر کہتے ہیں۔ یوں حسابی ایمپلیفائر کو تفرقہ ایمپلیفائر¹¹ بھی کہتے ہیں۔ مساوات 1.1 میں اگر داخلی اشارہ کو دگنا کر دیا جائے تو خارجی اشارہ بھی دگنا ہو جائے گا۔ یوں حسابی ایمپلیفائر کی کارکردگی خطی¹² نوعیت کی ہے۔

یہاں اس بات کا ذکر کرنا ضروری ہے کہ حسابی ایمپلیفائر کے خارجی اشارہ v_o کی قیمت کسی صورت ثابت بر قہ دباؤ V_{CC} سے زیادہ یا منفی بر قہ دباؤ V_{EE} سے کم نہیں ہو سکتی۔ حقیقت میں v_o کی زیادہ سے زیادہ ممکنہ حد V_{CC} سے، 1 تا 3 ولٹ کم ہوتا ہے۔ اسی طرح v_o کی کم سے کم ممکنہ حد V_{EE} سے، 1 تا 3 ولٹ زیادہ ہوتا ہے۔ یعنی

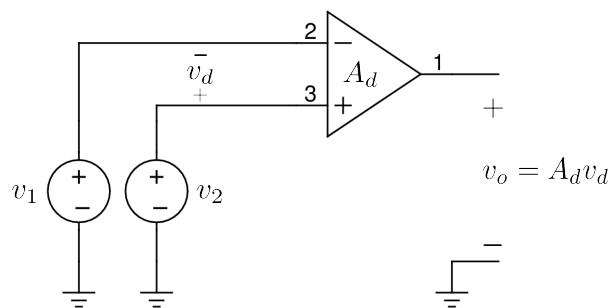
$$(3.1) \quad (V_{EE} + \Delta_-) < v_o < (V_{CC} - \Delta_+)$$

اس مساوات میں Δ_+ اور Δ_- ایک سے تین ولٹ کو ظاہر کرتے ہیں۔ اس کتاب میں جب تک کہانے جائے ہم Δ_+ اور Δ_- کی قیمت صفر تصور کریں گے۔ یوں v_o ثابت بر قہ دباؤ V_{CC} سے لے کر منفی بر قہ دباؤ V_{EE} تک کی قیمت اختیار کر سکتا ہے۔ حصہ 1.6.1 میں اس عمل پر تذکرہ کیا جائے گا۔

اگر حسابی ایمپلیفائر کو مہیا تفرقہ اشارہ v_d کی قیمت اتنی ہو کہ مساوات 1.1 سے حاصل v_o کی قیمت مساوات 3.1 میں دیے حدود سے تجاوز کرے تو اس صورت میں حسابی ایمپلیفائر مساوات 1.1 پر پورا نہیں اترے گا جبکہ اس کی v_o مساوات 3.1 میں دیے حدود کے اندر ہی رہے گی۔ اس صورت میں ثابت جانب بڑھتے ہوئے v_o کی قیمت $(V_{CC} - \Delta_+)$ تک پہنچ کر رک جائے گی یا پھر منفی جانب بڑھتے ہوئے v_o کی قیمت $(V_{CC} - \Delta_-)$ تک پہنچ کر رک جائے گی۔ اس صورت میں $|v_d|$ کو مزید بڑھانے سے v_o کی قیمت پر کوئی اثر نہیں ہوتا۔ اس صورت میں حسابی ایمپلیفائر کی کارکردگی غیر خطی ہو گی اور اس کو حسابی ایمپلیفائر کا لبریز¹³ ہونا کہتے ہیں۔

مثال 1.1: ایک حسابی ایمپلیفائر جس کی تفرقہ افراٹر بر قہ دباؤ A_d کی قیمت $100\frac{V}{V}$ ہے کو اس کے داخلی سروں پر مندرجہ ذیل بر قہ دباؤ مہیا کئے جاتے ہیں۔

differential voltage gain¹⁰
difference amplifier¹¹
linear relation¹²
saturation¹³



نکھل 3.1: حسابی ایکلینیکر کی کار کردگی

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

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

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

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

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

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

حسابی ایکلینیکر کی صورت میں جبکہ $V_{EE} = -12 \text{ V}$ اور $V_{CC} = 12 \text{ V}$ دوسری دو محدود کے اندر رہے، $v_o = A_d (v_2 - v_1)$ کی دریافت کریں۔

حل: جب تک v_o مساوات 3.1 میں دیے گئے حدود کے اندر رہے، حسابی ایکلینیکر داخلی برقی دباؤ کو ایک لاکھ مرتبہ بڑھا کر خارج کرے گا۔ یوں

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

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

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

v_0 کی قیمت مساوات 3.1 میں دیے گئے حدود سے تجاوز کر گئی جو کہ ناممکن صورت حال ہے۔ لہذا اس جواب کو رد کیا جاتا ہے۔ اس صورت میں حسابی ایکلیپس فار کی کوشش ہو گی کہ v_0 کی قیمت بیس وولٹ ہو لیکن حسابی ایکلیپس فار ایسا کرنے سے عاجز ہے کیونکہ اس کے خارجی اشارے کی قیمت V_{CC} کی قیمت سے زیادہ نہیں ہو سکتی۔ لہذا $\Delta_+ = \Delta_- = 0$ لیتے ہوئے اس صورت میں v_0 زیادہ سے زیادہ ممکنہ برقی دباؤ کے برابر ہو گا یعنی $v_0 = +12V$ ہو گا۔ حقیقت میں v_0 کی زیادہ سے زیادہ ممکنہ قیمت V_{CC} سے ایک یا دو وولٹ کم ہوتی ہے۔ حسابی ایکلیپس فار بنانے والے یہ معلومات فراہم کرتے ہیں۔

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

v_0 کی قیمت مساوات 3.1 میں دیے گئے حدود سے تجاوز کر گئی جو کہ ناممکن صورت حال ہے۔ اس صورت میں v_0 کی قیمت V_{EE} سے قدر زیادہ قیمت اختیار کرے گی۔ $\Delta_+ = \Delta_- = 0$ لیتے ہوئے اس صورت $v_0 = -12 \text{ V}$ ہو گی۔

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

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

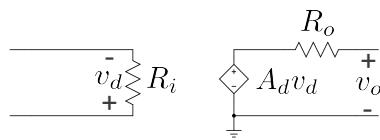
یہاں آپ نے دیکھا کہ دونوں داخلی سروں پر برابر برقی دباؤ مہیا کرنے سے حسابی ایکلیپسیفار صفر ولٹ خارج کرتا ہے۔ دونوں داخلی سروں پر برابر مہیا کردہ برقی دباؤ کو مشترکہ برقی دباؤ¹⁴ کہتے ہیں۔ حسابی ایکلیپسیفار مشترکہ برقی دباؤ کو رد کرتا ہے۔

یہاں یہ بتلاتا چلوں کہ کسی بھی داخلی برقی دباؤ کو مشترکہ برقی دباؤ v_{CM} اور تفرقی برقی دباؤ¹⁵ v_d میں تقسیم کیا جا سکتا ہے۔ پانچیں جزو میں $v_1 = 2.05 \text{ V}$ اور $v_2 = 2.03 \text{ V}$ کو یوں بیان کیا جا سکتا ہے کہ حسابی ایکلیپسیفار کو $\frac{2.05+2.03}{2} = 2.04 \text{ V}$ بطور مشترکہ برقی دباؤ فراہم کئے گئے جبکہ اسے $2.03 - 2.05 = -0.02 \text{ V}$ بطور تفرقی برقی دباؤ مہیا کئے گئے۔

اس مثال میں آپ نے دیکھا کہ چند مائیکرو ولٹ¹⁶ برقی دباؤ کو حسابی ایکلیپسیفار بڑھا کر ولٹ کی حد میں لے آتا ہے۔ یہاں آپ کی دلچسپی کی غاطر بتلاتا چلوں کہ انسانی اعصابی نظام ستر ملی ولٹ 70 mV کے لگ بھگ برقی دباؤ پر کام کرتا ہے۔ یوں حسابی ایکلیپسیفار استعمال کرتے ہوئے آپ اعصابی نظام کے کارکردگی پر تحقیق کر سکتے ہیں۔

اس مثال کے پہلے دو حصوں میں آپ نے دیکھا کہ اگر داخلی برقی دباؤ کو حسابی ایکلیپسیفار کے شبکے دالنڈ سرے¹⁷ پر مہیا کیا جائے تو اس سے حاصل خارجی برقی دباؤ کی علامت تبدیل نہیں ہوتی۔ یعنی اگر ثبت برقی دباؤ مہیا کی جائے تو اس کے بر عکس اگر برقی دباؤ کو حسابی ایکلیپسیفار کے منفی دالنڈ سرے¹⁸ پر مہیا کیا جائے تو اس سے حاصل خارجی برقی دباؤ کی علامت تبدیل ہو جاتی ہے۔ یعنی اگر ثبت برقی دباؤ مہیا کی جائے تو منفی برقی دباؤ خارج کی جاتی ہے۔

common mode voltage¹⁴differential mode voltage¹⁵ μV^{16} non-inverting input¹⁷inverting input¹⁸



شکل 4.1: حسابی ایکپلیفار کا مساوی دور (ریاضی نمونہ)

3.1 حسابی ایکپلیفار کا مساوی دور یا ریاضی نمونہ

حسابی ایکپلیفار کا مساوی دور شکل 4.1 میں دکھایا¹⁹ گیا ہے۔ جیسا کہ شکل سے واضح ہے داخلی جانب سے حسابی ایکپلیفار بالکل ایک مزاحمت R_i کی طرح معلوم ہوتا ہے جبکہ خارجی جانب یہ تابع منبع دباؤ²⁰ جس کے ساتھ سلسلہ وار مزاحمت R_o جڑی ہو معلوم ہوتا ہے۔ تابع منبع دباؤ، داخلی جانب مہیا اشارہ v_d کے تابع ہے۔

حسابی ایکپلیفار کے صفت کاروں کی کوشش ہوتی ہے کہ حسابی ایکپلیفار کے داخلی مزاحمت R_i کی قیمت زیادہ سے زیادہ جبکہ خارجی مزاحمت R_o کی قیمت کم سے کم ہو۔ اسی طرح کوشش کی جاتی ہے کہ تفرقی افراٹر برقہ دباؤ A_d کی قیمت زیادہ سے زیادہ ہو۔ جدول 1.1 میں آپ کے اندازے کی خاطر ایک عام دستیاب حسابی ایکپلیفار²¹ کے ریاضی نمونے²² کے اجزاء دئے گئے ہیں۔ ان مقداروں کو مثال بناتے ہوئے شکل 4.1 پر غور کرتے ہیں۔

جدول 1.1: عام دستیاب حسابی ایکپلیفار کے ریاضی نمونے کی مقررہ مقداریں

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

¹⁹ اس شکل میں تفرقی برقہ دباؤ کا ثابت سر ایچی جانب ہے۔

²⁰ depended voltage source

²¹ عام دستیاب ایکپلیفار کی قیمت بازار میں فروخت ہونے والی تندو کی درودیوں کے لگ بھگ ہے

model²²

1.3.1 داخلي سروں پر برابر برقي دباؤ رہتا ہے

حسابی ایمپلیفائر کو عام طور خطی کارکردگی کے احاطے میں استعمال کیا جاتا ہے یعنی اسے استعمال کرتے ہوئے v_d کی قیمت اتنی رکھی جاتی ہے کہ $v_0 = v_d$ مساوات 3.1 میں دیے حدود کے اندر رہے۔ $V_{EE} = -12V$ اور $V_{CC} = 12V$ لیتے ہوئے کی زیادہ سے زیادہ ممکنہ قیمت تقریباً $12V$ اور کم سے کم ممکنہ قیمت تقریباً $-12V$ ہے۔ جب $v_0 = 12V$ ہو، اس وقت مساوات 1.1 کے تحت $v_d = 120\mu V$ ہو گا اور جب $v_0 = -12V$ ہو اس وقت $v_d = -120\mu V$ ہو گا۔ یوں حسابی ایمپلیفائر کو خطی نظر میں استعمال کرتے ہوئے $|v_d| < 120\mu V$ رہے گا۔ شکل 3.1 کو دیکھتے ہوئے اس بات کو یوں بیان کر سکتے ہیں کہ

$$(4.1) \quad |v_d| = |v_2 - v_1| < 120\mu V$$

رکھتے ہوئے حسابی ایمپلیفائر خطی نظر میں رہتا ہے۔ $120\mu V$ اتنی کم برقی دباؤ ہے کہ اسے نظر انداز کیا جا سکتا ہے۔ ایسا کرنے سے حسابی ایمپلیفائر پر مبنی ادوار کو حل کرنا نہایت آسان ہو جاتا ہے۔ یوں اس مساوات کو اس طرح لکھا جا سکتا ہے

$$(5.1) \quad |v_2 - v_1| \approx 0 \\ v_2 \approx v_1$$

یہ نہایت اہم مساوات ہے جسے بار بار استعمال کیا جائے گا۔ اس مساوات کے تحت جب تک حسابی ایمپلیفائر کو خطی احاطے میں استعمال کیا جائے اس وقت تک اس کے دونوں داخلي سروں پر تقریباً برابر برقی دباؤ ہو گا۔

اوپر مثال کو دوبارہ دیکھتے ہوئے پہلی دو صورتوں میں $v_2 \approx v_1 \approx 0$ ہے جبکہ تیسرا صورت میں $v_2 \approx v_1 \approx 2V$ ہے۔ ان میں حسابی ایمپلیفائر خطی احاطے میں کام کر رہا ہے۔ چوتھی اور پانچیں صورتوں میں یہ غیر خطی احاطے میں کام کر رہا ہے۔ پانچیں صورت میں یہ بات زیادہ واضح سامنے آتی ہے کہ v_2 اور v_1 برابر نہیں۔ یہاں ان میں $20mV$ کا فرق ہے جسے نظر انداز نہیں کیا جا سکتا۔

2.3.1 داخلي سروں پر برقی روصاف ہوتی ہے

آپ نے دیکھا کہ حسابی ایکلینیک کو خطی احاطے میں استعمال کرتے ہوئے $|v_d| < 120 \mu\text{V}$ رہتا ہے۔ اگر $R_i = 10^{12} \Omega$ ہو تو شکل 4.1 کو دیکھتے ہوئے مزاحمت R_i میں برقی رو i کی قیمت

$$(6.1) \quad i = \frac{v_d}{R_i} = \frac{|120 \times 10^{-6}|}{10^{12}} = 1.2 \times 10^{-16} \text{ A}$$

ہو گی جو کہ قبل نظر انداز قیمت ہے۔ یوں ہم کہہ سکتے ہیں کہ حسابی ایکلینیک کے داخلي سروں پر برقی رو کی قیمت صفر ایکسیم ہو گی یا یہ کہ ان سروں کو مکمل طور منقطع تصور کیا جا سکتا ہے۔ یوں

$$(7.1) \quad i \approx 0 \text{ A}$$

تصور کیا جاتا ہے۔

3.3.1 داخلي مزاحمت کو لا محدود تصور کیا جاتا ہے

جیسا کہ جدول میں ذکر ہوا حسابی ایکلینیک کے داخلي مزاحمت R_i کی قیمت نہایت بڑی ہوتی ہے۔ اتنی مزاحمت کو یقیناً لا محدود تصور کیا جا سکتا ہے یعنی

$$(8.1) \quad R_i \rightarrow \infty$$

اس کا مطلب ہے کہ داخلي سروں کو آپس میں مکمل طور منقطع سمجھا جا سکتا ہے۔

4.3.1 تفرقی افراکش کو لا محدود تصور کیا جاتا ہے

جدول 1.1 میں تفرقی افراکش برقی دباؤ کی مثل $A_d = 100000 \frac{\text{V}}{\text{V}}$ دی گئی ہے جسے لا محدود تصور کیا جا سکتا ہے یعنی

$$(9.1) \quad A_D \rightarrow \infty$$

اس مساوات کو دیکھتے یہ خیال آتا ہے کہ لامددو افراٹش کی صورت میں اسے استعمال کیے کیا جائے گا۔ درحقیقت حسابی ایمپلینیٹر کو عموماً واپسی اشارہ²³ مہیا کرتے ہوئے استعمال کیا جاتا۔ اس بات کی وضاحت حصہ 5.1 میں ہو جائے گی۔

5.3.1 خارجی مزاحمت کو صفر اور ہم تصور کیا جاسکتا ہے

آپ دیکھیں گے کہ عام استعمال میں حسابی ایمپلینیٹر کے خارجی جانب ہر چند بیرونی مزاحمتوں کی قیمتیں کلو اُوہم $k\Omega$ کے حدود میں ہو گی جو کہ R_o کی قیمت سے کئی گناہ زیادہ ہے۔ یوں حسابی ایمپلینیٹر پر مبنی ادوار حل کرتے وقت اگر R_o کو بالکل نظر انداز کر دیا جائے تو حاصل جواب پر خاص فرق نہیں پڑے گا۔ عام استعمال میں ایسا ہی تصور کیا جاتا ہے یعنی

$$(10.1) \quad R_o \approx 0\Omega$$

4.1 کامل حسابی ایمپلینیٹر

خطی خطے میں استعمال ہوتے ہوئے حسابی ایمپلینیٹر کی کارکردگی پر غور کرتے ہوئے کچھ حقائق سامنے آئے جنہیں مساوات 5.1، 7.1، 8.1 اور 10.1 میں بیان کیا گیا۔ ان مساوات کو یہاں کیجا کر کے پیش کرتے ہیں۔

$$(11.1) \quad \begin{aligned} v_2 &= v_1 && \text{خطی خطے} \\ i &= 0 \\ R_i &= \infty \\ R_o &= 0 \end{aligned}$$

ایسا کرتے وقت \approx اور \rightarrow کے علامات کی جگہ = کی علامت استعمال کی گئی ہے۔ ان مساوات کے پہلے جزو میں خطی خطے لکھ کر اس بات کی یاد دہانی کرائی جاتی ہے کہ داخلی سرے صرف اس صورت برابر برقی دباؤ پر رہتے ہیں جب تک ایمپلینیٹر خطی

²³ feedback signal



شکل 5.1: کامل حسابی ایکلیپسیفار کا مساوی دور یا ریاضی نمونہ

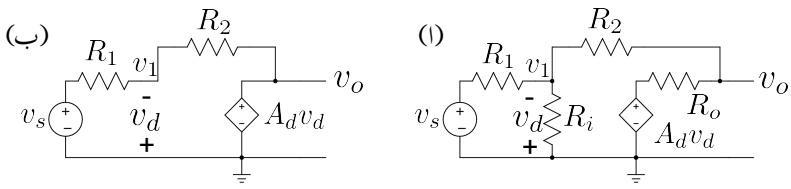
خطے میں رہے۔ اس بات کی وضاحت مثال 5.1 میں ہو گی۔ ان مساوات کو مد نظر رکھتے ہوئے ہم شکل 4.1 کو دوبارہ بناتے ہیں۔ ایسا کرنے سے شکل 5.1 حاصل ہوتا ہے جو کہ کامل حسابی ایکلیپسیفار²⁴ کا مساوی دور یا ریاضی نمونہ²⁵ ہے۔ اس شکل سے واضح ہے کہ داخلی سروں پر برقرار رہ صفر ایکسپیسٹر ہے، داخلی مزاحمت لامحدود جبکہ خارجی مزاحمت صفر اور ہم ہے۔

مثال 2.1

- جدول 1.1 میں دیے مقدار اور حسابی ایکلیپسیفار کا غیر کامل مساوی دور (ریاضی نمونہ) استعمال کرتے ہوئے $v_s = 1V$ پر شکل 7.1 میں v_o کی قیمت حاصل کریں۔ اور $R_2 = 10k\Omega$ اور $R_1 = 1k\Omega$ ہیں۔
- حسابی ایکلیپسیفار کا کامل مساوی دور اور جدول 1.1 میں دیے گئے A_d کی قیمت استعمال کرتے ہوئے دوبارہ v_o کی قیمت حاصل کریں۔
- دونوں جوابات کا موازنہ کریں۔

حل: شکل 6.1-الف میں حسابی ایکلیپسیفار کا غیر کامل مساوی دور جبکہ شکل 6.1-B میں اس کا کامل مساوی دور استعمال کرتے ہوئے شکل 7.1 کو بنایا گیا ہے۔

ideal²⁴
model²⁵



شکل 6.1: حسابی ایکلپینگاٹر کے مساوی دور (ریاضی نمونے) کا استعمال

• شکل-الف میں کرخوف کے قانون برائے برقی رو استعمال کرتے ہوئے

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

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

حاصل ہوتا ہے۔ دیے گئے قسمیں استعمال کرتے ہوئے اور لکھ کر حل کرتے ہیں۔

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

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

کو نظر انداز کرتے ہوئے حاصل ہوتا ہے۔

$$\frac{v_d}{10^{12}}$$

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

$$v_o = \frac{10000001}{101} v_d$$

اور یوں

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

حاصل ہوتا ہے۔

• شکل 6.1 ب پر کرخوف کے قانون برائے برقی رو کے استعمال کرتے ہوئے حل

کرتے ہیں۔

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

اور یہ کھٹکتے ہوئے

$$(12.1) \quad v_o = \frac{-A_d v_s}{1 + \frac{R_1}{R_2} (1 + A_d)}$$

یعنی

$$v_o = \frac{-100000 v_s}{1 + \frac{1000}{10000} (1 + 100000)} = -9.9989 \text{ V}$$

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

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

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

کا فرق ہے جو کہ قابل نظر انداز ہے۔ یوں اس مثال میں غیر کامل اور کامل مساوی ادوار استعمال کرتے ہوئے یکساں جوابات حاصل ہوتے ہیں۔

مساوات 12.1 میں $\frac{R_1}{R_2} (1 + A_d) \gg 1$ اور $A_d \gg 1$ ہے۔ یوں اس مساوات کو با آسانی اس طرح بھی حل کیا جا سکتا ہے

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

بھی جواب $A_d \gg 1$ اور $\frac{R_1}{R_2}(1 + A_d) \gg 1$ کے حقائق (یا شرائط) کی بجائے $A_d \rightarrow \infty$ تصور کرتے ہوئے بھی حاصل کیا جا سکتا تھا۔

اس مثال میں حسابی ایکلینیفار کے ساتھ یہ ورنی جڑے کے مزاحمت R_1 اور R_2 کی قیمتیں حسابی ایکلینیفار کے اندر ورنی مزاحمت R_i سے بہت کم اور اندر ورنی مزاحمت R_0 سے بہت زیادہ تھیں۔ مزید یہ کہ A_d کی قیمت کو لامحدود تصور کرتے ہوئے زیادہ آسانی سے جواب حاصل ہوتا ہے۔

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

$$\begin{aligned} R_{\text{یہ ورنی}} &\ll R_i \\ (13.1) \quad R_{\text{یہ ورنی}} &\gg R_0 \\ A_d &\rightarrow \infty \end{aligned}$$

حسابی ایکلینیفار کے استعمال میں یہ ورنی مزاحمتوں کی قیمتیں تعین کرتے وقت اس بات کو یقینی بنایا جاتا ہے کہ یہ مساوات 13.1 پر پورا اتریں۔ اسکیں اب ایسے ادوار دیکھیں جو مساوات 13.1 پر پورا اترتے ہوں۔

مثال 3.1: شکل 7.1 میں حسابی ایکلینیفار کا کامل مساوی دور (ریاضی نمونہ) استعمال کرتے ہوئے داخلی مزاحمت کی مساوات حاصل کریں۔

حل: شکل 6.1 ب میں کامل دور استعمال کرتے ہوئے اسی کو دوبارہ دکھایا گیا ہے۔ مقنی داخلی سرے پر کرخوف کے قانون برائے برقی رو استعمال کرتے ہوئے اس میں $v_o = A_d v_d$

$$\text{لینی} \quad v_o = -A_d v_1 \quad \text{ڈالنے میں۔}$$

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

اس نتیجے کو استعمال کرتے ہوئے v_1 سے v_s کی جانب برقرار رہیں یوں حاصل ہو گی۔

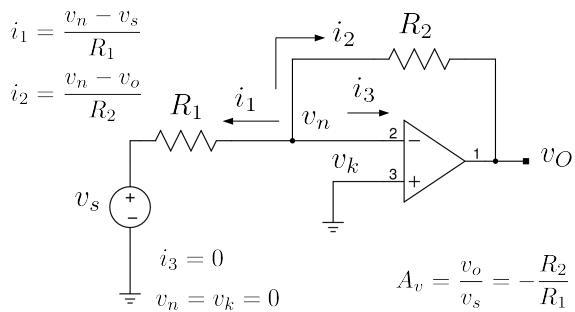
$$i_s = \frac{v_s - v_1}{R_1} = \frac{v_s}{R_1} - \frac{v_s}{R_1^2} \left(\frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1 + A_d}{R_2}} \right)$$

جس سے داخلی مزاحمت کی مساوات یوں حاصل ہوتی ہے۔

$$(14.1) \quad R_{\text{داخلی}} = \frac{v_s}{i_s} = R_1 + \frac{R_2}{1 + A_d}$$

5.1 حسابی ایکسپلینیفار کے ادوار

حسابی ایکسپلینیفار کو استعمال کرتے خارجی اشارہ کا کچھ حصہ لے کر اسے دوبارہ داخلی اشارہ کے طور استعمال کیا جاتا ہے۔ ایسے ادوار کو والپھر ادوار کہتے ہیں اور ایسے والپھر کردہ اشارے کو والپھر اشارہ²⁶ کہتے ہیں۔ اس بات کی وضاحت جلد ہو گی۔



شکل 7.1: منفی ایمپلیفیٹر

1.5.1 منفی ایمپلیفیٹر

شکل 7.1 میں دکھائے دور کو مثال بناتے ہوئے ہم حسابی ایمپلیفیٹر پر مبنی ادوار حل کرنا سمجھتے ہیں۔ شکل میں حسابی ایمپلیفیٹر کے داخلی سروں پر برقیِ دباؤ کو v_o اور v_n اور v_k کہا گیا ہے۔ اس کتاب میں یہی علامتیں استعمال کی جائیں گی۔ اس دور کو منفی ایمپلیفیٹر²⁷ کہتے ہیں۔

ایسے ادوار حل کرنے کی خاطر ہم حسابی ایمپلیفیٹر کے داخلی سروں پر کرخوف کے قوانین²⁸ کا سہارا لیتے ہیں۔ جوڑ²⁹ v_n سے تین شاخیں نکلتی ہیں۔ شکل میں ان شاخوں میں برقی رو کو i_1 ، i_2 اور i_3 کہا گیا ہے۔ کرخوف کا قانون برائے جوڑ³⁰ کہتا ہے کہ کسی بھی جوڑ پر اندر کی جانب کل برقی رو اس جوڑ پر باہر کی جانب کل برقی رو کے برابر ہو گی۔ چونکہ ہم نے جوڑ پر تمام برقی رو کو باہر کی جانب نکلتے تصور کیا ہے لہذا اس صورت میں ان کا مجموعہ صفر ہو گا یعنی

$$(15.1) \quad i_1 + i_2 + i_3 = 0$$

feedback signal²⁶
inverting amplifier²⁷
Kirchoff's laws²⁸
node²⁹
Kirchoff's current law³⁰

مساوات 11.1 کے تحت حسابی ایکلینیک کے داخلی سرے پر برقی رو کی قیمت صفر ہوتی ہے۔ اس مثال میں اس برقی رو کو i_3 کہا گیا ہے لہذا

$$(16.1) \quad i_3 = 0$$

ہے۔ اُوہم کا قانون استعمال کرتے ہم i_1 اور i_2 حاصل کرتے ہیں۔

$$(17.1) \quad i_1 = \frac{v_n - v_s}{R_1}$$

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

مساوات 16.1 اور 17.1 کو مساوات 15.1 میں استعمال کرتے حاصل ہوتا ہے

$$(18.1) \quad \frac{v_n - v_s}{R_1} + \frac{v_n - v_o}{R_2} + 0 = 0$$

جوڑ v_n پر کرخوف کا قانون برائے برقی رو استعمال کرتے ہم نے مساوات 18.1 حاصل کی۔ اگر جوڑ v_k پر بھی برقی ارکان مثلاً مزاحمتیں یا برقی اشارات جڑے ہوتے، تب اس جوڑ کو بھی بالکل جوڑ v_n کی طرح حل کرتے۔ موجودہ مثال میں ایسا نہیں۔ جوڑ v_k برقی زمینہ³¹ کے ساتھ جڑا ہے اور یوں ہم اس جوڑ کے لئے لکھ سکتے ہیں

$$(19.1) \quad v_k = 0$$

حسابی ایکلینیک کے دونوں داخلی برقی سروں والے جوڑوں کے لئے یوں مساواتیں حاصل کرنے کے بعد ہم مساوات 11.1 کی پہلی شرط استعمال کرتے ہیں۔ مساوات 19.1 سے v_k کی قیمت کو مساوات 18.1 میں v_n میں استعمال کرتے حل کرتے ہیں۔

$$(20.1) \quad \frac{0 - v_s}{R_1} + \frac{0 - v_o}{R_2} = 0$$

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

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

اس مساوات کو عموماً یوں لکھا جاتا ہے۔

$$(21.1) \quad A_v = \frac{v_o}{v_s} = -\frac{R_2}{R_1}$$

یہ مساوات شکل 7.1 میں دیے گئے منفی ایکلینیکر کے خارجی اشارہ v_o اور مہیا کردہ داخلی اشارہ v_s کا تعلق بیان کرتا ہے۔ اس مساوات میں v_o اور v_s کے کسر کو منفی ایکلینیکر کے بر قہ دباؤ کے افراٹھ³² A_v کہا گیا ہے۔ اس اصطلاح کو عموماً چھوٹا کر کے منفی افراٹھ³³ یا صرف افراٹھ³³ کہا جاتا ہے۔ اس مساوات میں منفی کی علامت اس حقیقت کو بیان کرتا ہے کہ خارجی اور داخلی اشارے آپس میں 180° کے زاویہ پر ہیں۔

مثال 4.1: شکل 7.1 میں دکھائے گئے منفی ایکلینیکر میں $R_1 = 1\text{ k}\Omega$ اور $R_2 = 10\text{ k}\Omega$ تصور کریں۔ اس منفی ایکلینیکر کو باری باری مندرجہ ذیل بر قہ اشارات بطور v_s مہیا کیا جاتا ہے۔ ان تمام کے لئے حسابی دور کا خارجی اشارہ v_o حاصل کریں۔ حل کرتے وقت $V_{EE} = -15\text{ V}$ اور $V_{CC} = 15\text{ V}$ تصور کریں۔

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

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

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

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

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

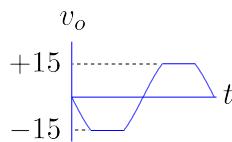
حل: جب تک خارجی اشارہ v_o مساوات 3.1 میں دیے گئے حدود کے اندر رہتا ہے، اس وقت تک مساوات 21.1 منفی ایکلینیکر کی خارجی اشارہ v_o حاصل کرنے کے لئے استعمال ہو گا یعنی

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

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

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

voltage gain³²
gain³³



شکل 8.1: حسابی ایمپلینیٹر کے لبریز ہونے سے خارجی اشارہ تراشاجاتا ہے

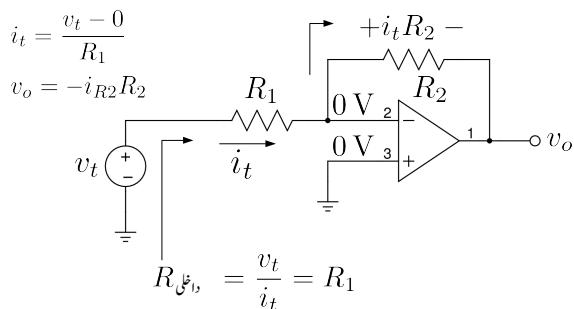
$$v_o = -10 \times (-0.52) = 5.2 \text{ V} .3$$

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

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

اس مثال کی پہلی چار صورتوں میں مساوات 21.1 سے صحیح جواب حاصل ہوتا ہے۔ آخری صورت میں پونکہ حاصل v_o کی قیمت حسابی ایمپلینیٹر کے خطی حدود سے تجاوز کرتی ہے لہذا اس جواب کو رد کیا جاتا ہے۔ اس جواب کے نیچے غیر خطی خطہ 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 3.1 میں دیے ہوئے حدود کے اندر رہے اسے صحیح تصور کیا جاتا ہے۔ جہاں v_o کی قیمت V_{CC} سے بلند ہونے کی کوشش کرے وہاں $v_o = V_{CC}$ لیا جاتا ہے۔ اسی طرح جہاں v_o کی قیمت V_{EE} سے تجاوز کرے وہاں $v_o = V_{EE}$ لیا جاتا ہے۔ اس بات کی وضاحت شکل 8.1 میں کی گئی ہے۔ اس شکل کی مدد سے آپ دیکھ سکتے ہیں کہ حسابی ایمپلینیٹر V_{CC} تا V_{EE} کے حدود میں خطی رد عمل رکھتا ہے جبکہ ان حدود کے باہر یہ غیر خطی رد عمل رکھتا ہے جس سے خارجی اشارہ تراشنا جاتا ہے۔

اس مثال میں آپ نے دیکھا کہ v_s کے ثابت ہونے کی صورت میں v_o کی قیمت منفی ہوتی ہے جبکہ v_s کے منفی ہونے کی صورت میں v_o کی قیمت ثابت



شکل 9.1: متفہ حسابی ایمپلیفیائر کی داخلی مراحت

ہوتی ہے یعنی متفہ ایمپلیفیائر مہیا کردہ داخلی اشارے v_s کی قیمت کو اُنٹ کرتا ہے۔ اسی لئے اسے متفہ ایمپلیفیائز³⁴ کہا جاتا ہے۔

اسی مثال میں آپ نے دیکھا کہ v_o کی قیمت v_s کے متفہ دس -10 گنا ہے یعنی یہ دور مہیا کردہ اشارہ کے جیط کو بڑھا کر خارج کرتا ہے۔ اس مثال میں متفہ ایمپلیفیائز کی برقی دباؤ کی افزائش کی قیمت -10 ہے۔ متفہ ایمپلیفیائز کی افزائش مساوات 21.1 سے حاصل ہوتی ہے۔

مثال 5.1: مثال 4.1 کے پہلے اجزاء میں ایمپلیفیائز خطی نظرے میں رہتا ہے جبکہ آخری جزو میں یہ غیر خطی نظرے میں داخل ہوتا ہے۔ انہیں پر مزید غور کرتے ہیں۔

کی صورت میں $v_n = 2\text{ V}$ اور $v_s = 0.52\text{ V}$

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

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

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

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 ثابت داخلی سرا برقی زمین کے ساتھ جڑا $v_k = 0 \text{ V}$ رہتا ہے۔

آپ دیکھ سکتے ہیں کہ جب تک ایکلیپسیناٹر خطي نخطے میں رہے $v_n = v_k$ رہتا ہے جبکہ غیر خطي نخطے میں داخل ہوتے ہی $v_n \neq v_k$ ہو جاتا ہے۔

$$(22.1) \quad \text{خطے خطي} \quad v_d = 0$$

$$(23.1) \quad \text{خطے خطي غير} \quad v_d \neq 0$$

منفی حسابی ایکلیپسیناٹر کا داخلی مزاحمت $R_{\text{داخلی}}$ حاصل کرنے کی خاطر شکل 9.1 سے رجوع کریں۔ داخلی مزاحمت حاصل کرنے کی خاطر دور پر v_t لاؤ کرتے ہوئے i_t ناپا جاتا ہے۔ ان دو مقداروں 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 جڑا ہے لہذا $v_k = 0$ ہو گا اور یوں بھی صفر ولٹ پر ہو گا۔ اس طرح R_1 کا دایاں سرا صفر ولٹ پر ہے جبکہ اس کے باہمی سرے پر v_t لاؤ کیا گیا ہے لہذا $i_t = \frac{v_t}{R_1}$ ہو گا۔ اس قیمت کو مندرجہ بالا مساوات میں استعمال کرتے ہوئے

$$(24.1) \quad R_{\text{داخلی}} = R_1$$

حاصل ہوتا ہے۔ جیسا شکل میں دکھایا گیا ہے، مزاحمت R_1 سے گزرتی برقی رو جوڑ v_n پر صرف R_2 کے جانب جائی گی جس سے اس مزاحمت کے دو سروں کے درمیان $i_t R_2$ برقی رو پائی جائے گی۔ اس مزاحمت کے دو سروں کے درمیان $i_t R_2$ برقی رو دباؤ پیدا ہو گا۔ چونکہ R_2 کا دایاں سرا صفر ولٹ پر ہے لہذا اس کا دایاں سرا یعنی جوڑ v_o پر $-i_t R_2$ برقی دباؤ پایا جائے گا۔ اس طرح

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

ہو گا جس سے مقنی حسابی ایکلینیکر کی جانی پہچانی مساوات

$$(25.1) \quad A_v = \frac{v_o}{v_t} = -\frac{R_2}{R_1}$$

حاصل ہوتی ہے۔

مقنی حسابی ایکلینیکر کی افزائش برقرار رکھتے ہوئے اس کے داخلی مزاحمت کو بڑھانے کی خاطر 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 پیدا ہوتے ہیں۔ آئیں دیکھیں کہ ایسی صورت حال سے کیسے نپٹا جاسکتا ہے۔

مثال 6.1: شکل 10.1 میں دکھائے دور کی افزائش حاصل کریں۔

حل: $v_k = 0$ کی وجہ سے $i_1 = \frac{v_s}{R_1}$ ہے لہذا $v_n = 0$ ہو گا۔ $i_2 = i_1$ کے جانب مڑ جائے گی۔ یوں v_n پر $v_1 = -i_1 R_2$ یعنی $v_1 = -i_1 R_2$

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

اور

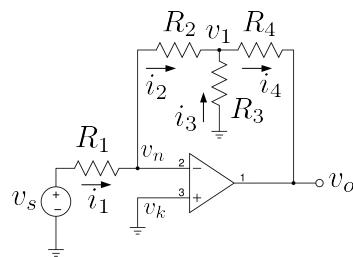
$$i_3 = \frac{0 - v_1}{R_3} = \frac{R_2}{R_1 R_3} v_s$$

یعنی $i_4 = i_2 + i_3$ ہوں گے۔

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

ہو گا جو مزاحمت $i_4 R_4$ میں سے گزرتے ہوئے اس پر R_4 برقرار دباو پیدا کرے گا۔ یوں

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



شکل 1.10: مفہی حسابی ایکلینیک کا داخلی مزاحمت بڑھایا گیا ہے

کی قیمت کے استعمال سے v_1

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

لیکن

$$(26.1) \quad A_v = \frac{v_o}{v_s} = -\frac{R_2}{R_1} \left[1 + \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) R_4 \right]$$

حاصل ہوتا ہے۔

اس ایکلینیک کے داخلی مزاحمت کی قیمت R_1 ہے۔

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

مثال 7.1: شکل 10.1 میں داخلی مزاحمت درکار ہے۔ تمام مزاحمت حاصل کریں۔

حل: داخلی مزاحمت کی شرط کی وجہ سے $R_1 = 300\text{k}\Omega$ رکھی جاتی ہے۔ ایسی صورت میں R_2 اور R_4 کو بھی $300\text{k}\Omega$ ہی رکھتے ہوئے R_3 کی قیمت مساوات 26.1 سے 3061Ω حاصل ہوتی ہے۔

مزاحمت کو اس کے قیت سے پکارا جاتا ہے۔ یوں $1\text{k}\Omega$ مزاحمت کے مزاحمت کو $1\text{k}\Omega$ کا مزاحمت پکارا جائے گا۔ $\pm 5\%$ مزاحمت سے مراد ایسا مزاحمت ہے جس کی قیمت پکارے قیت سے پانچ فی صد زیادہ یا کم ممکن ہے۔ یوں $1\text{k}\Omega \pm 5\%$ مزاحمت کی قیمت $0.95\text{k}\Omega$ تا $1.05\text{k}\Omega$ ممکن ہے۔ $1\text{k}\Omega$ کو مزاحمت کی پکارنے کے لئے $\pm 5\%$ جبکہ 35 کو قیت میں غلطی³⁵ کہا جاتا ہے۔

مزاحمت R کی قیت 5% بڑھنے سے $\frac{5}{100}R$ بڑھ کر $(1 + 0.05)R$ ہو جائے گی۔ اسی طرح R کی قیت 5% کم ہونے سے $(1 - 0.05)R$ ہو جائے گی۔ ان دو قیتوں کو ہم $(1 + \epsilon)R$ اور $(1 - \epsilon)R$ لکھ سکتے ہیں جہاں $\epsilon = 0.05$ کے برابر ہے۔

مثال 8.1: منفعت حاملہ ایمپلیفائر میں $R_1 = 1\text{k}\Omega$ جبکہ $R_2 = 47\text{k}\Omega$ رکھا گیا۔ دونوں مزاحمتوں کے قیت میں $\pm 5\%$ غلطی کی گنجائش ہے۔ اس ایمپلیفائر کے ممکنہ افزائش کے حدود حاصل کریں۔

nominal value³⁵
tolerance³⁶

حل: منفی حسابی ایمپلینیٹر کی افزائش $A = -\frac{R_2}{R_1}$ کے برابر ہے۔ اس کا حقیقی قیمت اس وقت کم سے کم ہو گا جب R_2 کی حقیقی قیمت 5% کم یعنی $(1-\epsilon) R_2$ جبکہ R_1 کی حقیقی قیمت 5% زیادہ یعنی $(1+\epsilon) R_2$ ہو جہاں $\epsilon = 0.05$ کے برابر ہے۔ اسی طرح افزائش کی زیادہ سے 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

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

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

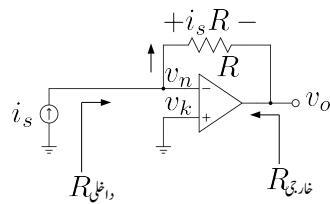
اس مثال میں آپ نے دیکھا کہ مزاحموں کے قیمت میں غلطی کے گنجائش کی وجہ سے افزائش کی قیمت درکار قیمت سے انحراف کر سکتی ہے۔ موجودہ مثال میں ایمپلینیٹر کے افزائش کی پکاری گئی قیمت $-47 \frac{\text{V}}{\text{V}}$ ہے جبکہ حقیقت میں یہ $-42.524 \frac{\text{V}}{\text{V}}$ تا $-51.947 \frac{\text{V}}{\text{V}}$ کے درمیان کہیں پر بھی ہو سکتی ہے۔ یوں حقیقی افزائش، پکاری گئی قیمت سے

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

زیادہ یا کم ممکن ہے۔

مثال 9.1: شکل 11.1 میں دکھائے دور کا داخلی مزاحمت، خارجی مزاحمت اور مزاحمت نما افزائش³⁷ $R_m = \frac{v_o}{i_s}$ حاصل کریں۔ اس دور کو استعمال کرتے ہوئے برتنی رو اشارے i_s سے برتنی دباؤ کا اشارہ v_o حاصل کیا جاتا ہے۔

transconductance gain³⁷



شکل 11.1: حسابی مزاحمت نما ایمپلینیٹر

حل: جوڑ v_k برقی زمین کے ساتھ جڑا ہے لہذا $v_k = 0$ اور یوں ہو گا۔ داخلي جانب برقی رو i_s جبکہ برقی دباؤ v_n ہے لہذا

$$R = \frac{v_n}{i_s} = \frac{0}{i_s} = 0 \Omega$$

حاصل ہوتا ہے۔

خارجی مزاحمت حاصل کرنے کی خاطر کامل حسابی ایمپلینیٹر کا دور ہے شکل 5.1 میں دکھایا گیا ہے کو زیر استعمال لاتے ہیں۔ $v_d = 0$ ہونے کی صورت میں اس کے خارجی جانب صفر اُوہم حاصل ہوتا ہے لہذا

$$R_{\text{خارجی}} = 0 \Omega$$

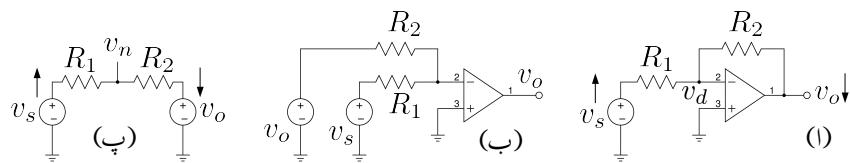
حاصل ہوتا ہے۔

آئیں اب مزاحمت نما افزاش R_m حاصل کریں۔ جیسے شکل میں دکھایا گیا ہے، جوڑ v_n پر آمد برقی رو i_s صرف مزاحمت R کی جانب جا سکتی ہے۔ یوں اس مزاحمت پر $i_s R$ برقی دباؤ پیدا ہو گا۔ مزاحمت کا بیان سرا برقی زمین پر ہے لہذا

$$v_o = -i_s R$$

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

ہو گا۔



شکل 12.1: وابستہ حسابی منفی ایکلیپسیناٹر

حسابی منفی ایکلیپسیناٹر کو شکل 12.1 الف میں دوبارہ دکھایا گیا ہے جبکہ شکل الف میں اسی کو قدر مختلف طرز پر بنایا گیا ہے۔ شکل الف میں یہ بات کھل کر سامنے آتی ہے کہ خارجی اشارہ v_o کو بھی بطور داخلی اشارہ استعمال کیا جا رہا ہے۔

ایسے ادوار جن میں خارجی اشارہ کو بطور داخلی اشارہ استعمال کیا گیا ہو کو واپسی ادوار³⁸ کہتے ہیں اور جن خارجی اشارات کو یوں بطور داخلی اشارات استعمال کیا گیا ہو انہیں واپسی اشارات³⁹ کہتے ہیں۔ یوں منفی ایکلیپسیناٹر واپسی ادوار کی ایک مثال ہے۔

حسابی ایکلیپسیناٹر کے ترقی افراش برقی دباؤ A_d کی قیمت لامحدود ہونے کے وجہ سے نہایت کم داخلی اشارے پر بھی اس کو غیر خطی نظرے میں داخل ہونا چاہیے۔ حقیقت میں ایکلیپسیناٹر استعمال ہی خطی نظرے میں ہوتا ہے اور واپسی اشارے کی شمولیت اس کو ممکن بناتی ہے۔

حسابی منفی ایکلیپسیناٹر پر دوبارہ غور کریں۔ داخلی اشارہ v_s کو منفی داخلی سرے پر مہیا کیا گیا ہے۔ جیسا شکل میں تیر کے نشانوں سے دکھایا گیا ہے کہ اگر داخلی اشارہ v_s کو ثابت جانب (\uparrow) لے جایا جائے تو خارجی اشارہ v_o منفی جانب (\downarrow) حرکت کرتا ہے۔ اسی طرح اگر داخلی اشارہ v_s کو منفی جانب (\downarrow) لے جایا جائے تو خارجی اشارہ v_o ثابت جانب حرکت کرتا ہے۔ منفی داخلی سرے پر کرخوف کے قانون برائے برقی رو سے

$$(27.1) \quad \frac{v_n - v_s}{R_1} + \frac{v_n - v_o}{R_2} = 0$$

$$(28.1) \quad v_o = \frac{R_2}{R_1} v_s$$

feedback circuits³⁸
feedback signals³⁹

حاصل ہوتا ہے جہاں دوسرے قدم پر $v_k = 0$ کی وجہ سے $v_n = 0$ کا استعمال کیا گیا۔ اسی حقیقت کو یوں بھی دیکھا جا سکتا ہے کہ حسابی ایکلیپسیفار v_o کو یوں رکھتا ہے کہ $v_d = 0$ یعنی $v_k = v_n$ حاصل ہو۔ چونکہ منفی حسابی ایکلیپسیفار میں $v_k = 0$ ہے لہذا حسابی ایکلیپسیفار v_o کو یوں رکھے گا کہ $v_n = 0$ حاصل ہو۔ شکل 12.1 پ میں v_n کی مساوات حاصل کرتے ہوئے اس مساوات پر $v_n = 0$ کی شرط لاگو کریں۔ ایسا کرنے سے مساوات 27.1 ہی حاصل ہوتے ہیں۔

مثال 10.1: حسابی منفی ایکلیپسیفار میں $R_2 = 5\text{k}\Omega$, $R_1 = 1\text{k}\Omega$, $v_s = 2\text{V}$ اور $v_s = 1.5\text{V}$ کرتے ہوئے شکل 12.1 پ میں v_n کی قیمت حاصل کریں۔

حل: ان داخلی 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 داخلی-خارجی برقی دباؤ کے جوڑے کو استعمال کرتے ہوئے شکل 12.1 پ میں v_n حاصل کریں۔ کرخوف کے قانون برائے برقی رو سے

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

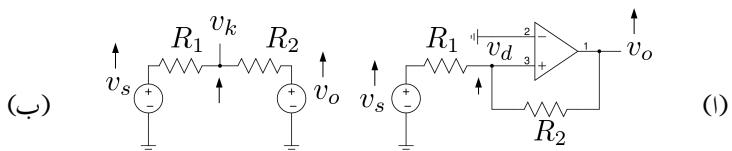
$$v_n = \frac{R_2 v_s + R_1 v_o}{R_1 + R_2}$$

حاصل ہوتا ہے اور یوں

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

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

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



شکل 13.1: ثبت و اپسی دور کی مثال

حاصل ہوتے ہیں۔

مندرجہ بالا مثال میں ہم نے دیکھا کہ v_0 اس جانب حرکت کرتا ہے جس جانب $v_n - v_k$ یعنی v_d کی قیمت صفر حاصل ہو۔ وہ واپسی دور جس کا خارجی اشارہ، دور کے داخلی اشارے کے الٹ کام کرے کو منفی واپسی دور⁴⁰ 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۔ شبیہ واپسی کا استعمال باب 8 میں دیکھا جائے گا۔

شکل 13.1 میں شبہ و اپکھے دور کی مثال دکھائی گئی ہے۔ یہاں v_s حسابی ایمپلیکیٹر کے شبہ داخلی سرے پر مہیا کیا گیا ہے۔ پوں v_s بڑھانے سے v_d بڑھے گا اور یوں v_0 بھی شبہ جانب بڑھے گا۔ جیسے شکل الف میں دکھایا گیا ہے کہ v_s اور v_0 دونوں بڑھنے سے v_k صرف بڑھ ہی سکتا ہے۔ اگر v_0 کو بطور واپسی اشارہ داخلی سرے پر مہیا نہ کیا جاتا تب بھی v_s بڑھانے سے v_d اور v_0 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 جانب کو حرکت کریں کو شبہ و اپکھے ادوار⁴¹ کہتے ہیں۔ شبہ و اپکھے ادوار کا خارجی اشارہ عموماً مکمل شبہ یا مکمل منفی جانب غیر خطی نظرے میں رہتا ہے ما سوائے ان لمحات کے جب یہ منفی سے شبہ یا شبہ سے منفی جانب حرکت کر رہا ہو۔ آئیں شکل 13.1 کو مثال بناتے ہوئے شبہ و اپکھے ادوار حل

negative feedback circuit⁴⁰
positive feedback circuit⁴¹

کرنا دیکھتے ہیں۔ تصور کریں کہ $v_o = 0$ اور $v_s = 0$ 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 $v_d = v_k - v_n$ بھی صفر رہے گا۔ جیسا کہ ہم اب دیکھیں گے کہ اس حال میں ثابت واپسی دور نہیں تصور کریں کہ کسی وجہ سے v_s کی قیمت بڑھ کر $v_s = \Delta v$ ہو جاتی ہے۔ حسابی ایکلینیکر 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 ایکلینیکر v_d کو A_d گناہ بڑھانا چاہے گا۔ آئیں v_o کے بڑھنے کے عمل کو دیکھیں۔ تصور کریں کہ خارجی اشارہ بڑھتے بڑھتے ہے۔ اس طرح $v_o = \Delta v_{o1}$ ہو جاتا ہے۔

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

ہو جائے گا۔ جیسا کہ آپ دیکھ سکتے ہیں v_d کی قیمت پہلے سے بڑھ گئی ہے۔ یوں v_o مزید بڑھے گا جس سے v_d مزید بڑھے گا۔ آخر کار v_o ثابت منع پر رکھ جائے گا یعنی $v_o = V_{CC}$ 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 واپسی دور میں

$$(29.1) \quad v_k \neq v_n$$

ہوتے ہیں۔ اسی وجہ سے ثابت ادوار کو اس باب میں استعمال ہونے والے طریقے سے حل نہیں کیا جا سکتا جہاں ہم v_k اور v_n کے مساوات حاصل کرنے ہوئے $v_k = v_n$ تصور کر کے v_o کے لئے حل کرتے ہیں۔

ثابت واپسی دور کی پہچان یہ ہے کہ اس کا خارجی اشارہ جب بھی حرکت کرے تو یہ اسی جانب حرکت کرتا ہے جس جانب دور کا داخلی اشارہ (بغیر واپس آئے) حرکت کرے۔

مثلاً شکل 13.1 میں :

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

لیتے ہوئے v_s کی وہ قیمت حاصل کریں جس پر خارجی اشارہ کامل منفی سے کامل ثابت جانب حرکت کرے گا۔ اسی طرح v_s کی وہ قیمت حاصل کریں جس پر خارجی اشارہ کامل ثابت سے کامل منفی جانب حرکت کرے گا۔

حل: تصور کریں کہ خارجی اشارہ کامل منفی جانب ہے یعنی $v_o = -12 \text{ V}$ جبکہ $v_s = 0$

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

ہو گا۔ v_o اس لمحے منفی جانب حرکت کرے گا جب v_d کی قیمت منفی ہو جائے۔ آئیں $v_s = 0$ 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 خارجی اشارہ اس وقت ثابت جانب حرکت 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 14.1 میں دو منفی حسابی ایکپلیفائر سلسلہ وار جوڑتے ہوئے زنجیری ایکپلیفائر حاصل کیا گیا ہے۔ زنجیر کے پہلی کڑی کا داخلی اشارہ v_{s1} جبکہ اس کا خارجی اشارہ v_{o1} اور اس کی افزائش $A_{v1} = -\frac{R_2}{R_1}$ ہے۔ زنجیر کے دوسری کڑی کا داخلی اشارہ v_{s2} جبکہ اس کا خارجی اشارہ v_{o2} اور اس کی افزائش $A_{v2} = -\frac{R_4}{R_3}$ ہے۔ پہلے کڑی کے خارجی اشارے کو دوسرے کڑی کو بطور داخلی اشارہ مہیا کیا گیا ہے لہذا $v_{s2} = v_{o1}$ ہے۔ یوں ہم لکھ سکتے ہیں۔

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

اور

$$\begin{aligned} v_{o2} &= A_{v2}v_{s2} \\ &= A_{v2}v_{o1} \end{aligned}$$

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

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

لکھا جا سکتا ہے۔ زنجیری ایکپلیفائر کا داخلی اشارہ v_{s1} جبکہ اس کا خارجی اشارہ v_{o2} ہے۔ یوں زنجیری ایکپلیفائر کی افزائش $A_v = \frac{v_{o2}}{v_{s1}}$ کو مندرجہ بالا مساوات سے یوں حاصل کر سکتے ہیں۔

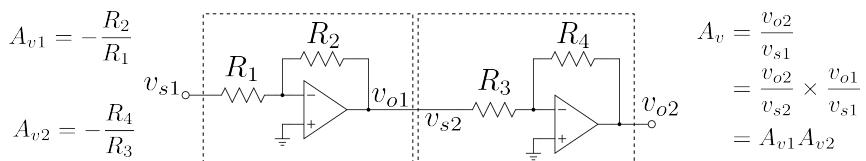
$$(30.1) \quad A_v = \frac{v_{o2}}{v_{s1}} = A_{v1}A_{v2}$$

یہ ایک اہم نتیجہ ہے جس کے مطابق ایکپلیفائر سلسلہ وار جوڑنے سے ان کی افزائش آپس میں ضرب ہوتی ہے۔ زنجیری ایکپلیفائر میں مزید کڑیاں اسی طرح سلسلہ وار جوڑی جا سکتی ہیں۔

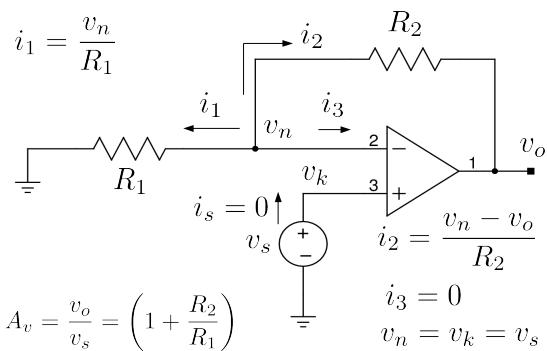
2.5.1. ثابت ایکپلیفائر

شکل 15.1 میں ایک اور واپسی دور دکھایا گیا ہے جسے ثابت ایکپلیفائر⁴² کہتے ہیں۔ آئیں اس دور کو کرخوف کے قوانین کی مدد سے حل کرتے ہیں۔ اس شکل میں جوڑ v_n سے

non-inverting amplifier⁴²



شکل 14.1: زنجیری حسابی ایمپلیفیاٹر



شکل 15.1: ثبت ایمپلیفائز

باہر کی جانب تین برقی رو i_1 , i_2 اور i_3 نکتے دکھائے گئے ہیں۔ i_3 چونکہ حسابی ایکلیپسیفار کے داخلی سرے پر اندر کی جانب جاتی برقی رو ہے لہذا یہ مساوات 11.1 کے شق نمبر دو کی وجہ سے صفر کے برابر ہے۔ باقی دو برقی رو کو اُہم کے قانون کی مدد سے حاصل کیا جاتا ہے۔ یوں

$$(31.1) \quad \begin{aligned} i_1 &= \frac{v_n}{R_1} \\ i_2 &= \frac{v_n - v_o}{R_2} \\ i_3 &= 0 \end{aligned}$$

جوڑ v_k چونکہ سیدھا فراہم کردہ برقی اشارہ v_s کے ساتھ جڑا ہے لہذا اس کے لئے ہم لکھ سکتے ہیں

$$(32.1) \quad v_k = v_s$$

کرخوف کے قانون برائے برقی رو کو مساوات 31.1 کے ساتھ مل کر استعمال کرتے حاصل ہوتا ہے

$$(33.1) \quad \begin{aligned} i_1 + i_2 + i_3 &= 0 \\ \frac{v_n}{R_1} + \frac{v_n - v_o}{R_2} + 0 &= 0 \end{aligned}$$

مساوات 11.1 کی پہلی شق کے مطابق v_n اور v_k کی قیمتیں برابر رہتی ہیں۔ یوں مساوات 32.1 میں دیے گئے v_k کی قیمت کو مساوات 33.1 میں v_n کی جگہ استعمال کرتے ہم مساوات 33.1 کو حل کرتے ہیں۔

$$(34.1) \quad \begin{aligned} \frac{v_s}{R_1} + \frac{v_s - v_o}{R_2} &= 0 \\ \frac{v_s}{R_1} + \frac{v_s}{R_2} - \frac{v_o}{R_2} &= 0 \\ \left(\frac{v_s}{R_1} + \frac{v_s}{R_2} \right) R_2 &= v_o \\ \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) v_s &= v_o \end{aligned}$$

اس مساوات کو عموماً یوں لکھا جاتا ہے۔

$$(35.1) \quad A_v = \frac{v_o}{v_s} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right)$$

v_o اور v_s کے کسر کو ثابت ایکلیپسیفار کی برقی دباوکہ افزائش⁴³ A_v کہتے ہیں۔ اس اصطلاح کو عموماً چھوٹا کر کے اسے صرف ثابت افزائش کہتے ہیں۔

اس ایکلیپسیفار کا داخلی مزاحمت حاصل کرنے کی خاطر v_s لاگو کرتے ہوئے i_s ناپتے ہیں۔ چونکہ حسابی ایکلیپسیفار کا داخلی برقی رو صفر ہوتا ہے لہذا $i_s = 0$ ہو گا۔ یوں

$$(36.1) \quad R_{\text{داخلی}} = \frac{v_s}{i_s} = \frac{v_s}{0} \rightarrow \infty$$

حاصل ہوتا ہے۔

مثال 12.1: شکل 15.1 میں دکھلائے ثبت ایکلیپسیفار میں $R_1 = 2 \text{ k}\Omega$ اور $R_2 = 15 \text{ k}\Omega$ تصور کریں۔ اس ثبت ایکلیپسیفار کو باری باری مندرجہ ذیل برقی اشارات بطور v_s مہیا کیا جاتا ہے۔ ان تمام کے لئے حسابی دور کا خارجی اشارہ v_o حاصل کریں۔ حل کرتے وقت $V_{EE} = -15 \text{ V}$ اور $V_{CC} = 15 \text{ V}$ تصور کریں۔

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

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

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

حل: مساوات 35.1 سے اس ثبت ایکلیپسیفار کی افزائش حاصل کرتے ہیں۔

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

یوں

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

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

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

voltage gain⁴³

اس مثال میں داخلی اشارہ ثبت ہونے کی صورت میں خارجی اشارہ ثبت ہے جبکہ داخلی اشارہ منفی ہونے کی صورت میں خارجی اشارہ بھی منفی ہے۔ یوں ثبت ایکلینیکر داخلی اشارہ کو بغیر لٹائے بڑھا کر خارج کرتا ہے۔ اسی لئے اسے ثبت ایکلینیکر⁴⁴ کہتے ہیں۔

3.5.1 مستحکم کار

ثبت ایکلینیکر کی افزائش یہاں دوبارہ پیش کرتے ہیں۔

$$(37.1) \quad A_v = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

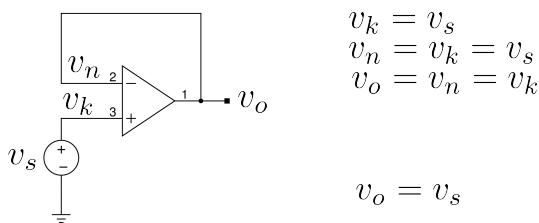
اگر ثبت ایکلینیکر میں R_1 کی قیمت لاحدود لی جائے اور R_2 کی قیمت صفر اُوہم لی جائے تو اس مساوات کے مطابق اس کی افزائش

$$(38.1) \quad A_v = 1 + \frac{0}{\infty} = 1$$

ہو گی۔ ایسا دور جسے مستحکم کار⁴⁵ کہتے ہیں کو شکل 16.1 میں دکھایا گیا ہے۔ اس دور کی افزائش ایک کے برابر جبکہ داخلی مزاحمت لاحدود ہے۔ اس دور کو یوں بھی سمجھا جا سکتا ہے کہ ثبت داخلی سرے پر برقی دباؤ v_s ہے۔ یوں منفی داخلی سرے پر بھی اتنا ہی برقی دباؤ ہو گا مگر یہ سرا آپس میں جڑے ہیں۔ یوں خارجی سرے پر بھی یہی برقی دباؤ ہو گا یعنی $v_o = v_s$ ہو گا جس سے افزائش $1 - \frac{v_o}{v_s} = 1$ حاصل ہوتی ہے۔ آئیں مستحکم کار کا استعمال جانیں۔

طبعی متغیرات⁴⁶ مثلاً کیت، حرارت وغیرہ کی برقياتی پیمائش سے پہلے انہیں عموماً مبدل توانائی⁴⁷ کے مدد سے برقی اشارات میں تبدیل کیا جاتا ہے اور ان برقی اشارات کو پیمائش آلة⁴⁸ سے ناپا جاتا ہے۔

non-inverting amplifier⁴⁴
buffer⁴⁵
variables⁴⁶
transducer⁴⁷
measuring instrument⁴⁸



شکل 16.1: مسکم کار

جیسا کہ آپ جانتے ہیں کہ کسی بھی دور کا تھوڑے مساوی دور⁴⁹ بنایا جا سکتا ہے جسے ایک عدد منع بر قی دباؤ اور ایک عدد مزاحمت کی شکل دی جاتی ہے۔ مبدل تو انی کا تھوڑن دور شکل 17.1 اف میں باسیں جانب نقطہ دار لکیر میں گھیرا دکھایا گیا ہے جہاں v_s اس کی تھوڑن بر قی دباؤ اور R_S اس کی تھوڑن مزاحمت ہے۔ پیائشی آلہ 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 جانب کا تھوڑن دور صرف ایک عدد مزاحمت R_M پر مبنی ہوتا ہے جیسے شکل-الف میں دائیں جانب دکھایا گیا ہے۔ شکل-الف میں مبدل تو انی کے خارجی سروں کو پیائشی آلہ کے داخلی سروں کے ساتھ جوڑا گیا ہے تا کہ مبدل تو انی کا اشارہ v_s ناپا جا سکے۔ پیائشی آلہ داخلی سروں پر لاگو بر قی دباؤ v_m ناپتا ہے۔ شکل-الف میں پیائشی آلہ کے داخلی سروں پر

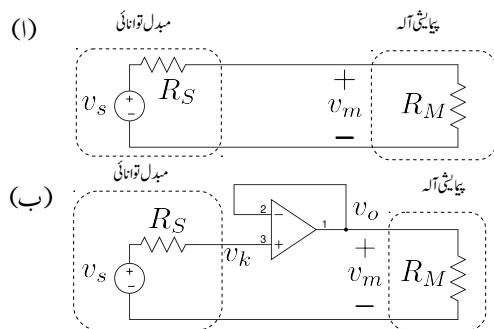
$$v_m = \left(\frac{R_M}{R_M + R_S} \right) v_s$$

پایا جاتا ہے جسے پیائشی آلہ پڑھے گا اگرچہ حققت میں اشارہ کی اصل قیمت v_s ہے۔

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

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

پڑھے گا۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ یہ ناقابل قبول صورت حال ہے۔



شکل 17.1: مسکم کار کی مدد سے حساس اشارہ کی پیمائش

مبدل توانائی تخلیق دیتے وقت کوشش کی جاتی ہے کہ اس کے تھوڑن مساوی مزاحمت R_S کی قیمت کم سے کم ہو۔ اسی طرح پیمائشی آله تخلیق دیتے وقت کوشش کی جاتی ہے کہ اس کے داخل مزاحمت R_M کی قیمت زیادہ سے زیادہ ہو۔ یوں آپ دیکھ سکتے ہیں کہ اگر $R_M \gg R_S$ ہو تو $v_m \approx v_s$ ہو گا۔

آپ دیکھ سکتے ہیں کہ پیمائشی آله کی داخلی مزاحمت مبدل توانائی پر بوجھ ڈالتی ہے جس سے مبدل کے بیرونی سروں پر میر اشارے کی قیمت میں کمی رونما ہوتی ہے۔ یوں بوجھ کو ہلاکرنے کی خاطر R_M کی قیمت بڑھانی ہو گی۔ اس مثال میں مبدل توانائی کو پیمائشی آله بطور برقرار بوجھ⁵⁰ نظر آتا ہے۔ یہ بوجھ جتنا کم ہو اتنا بہتر ہو گا۔

اس مسئلے کو مسکم کار کی مدد سے با آسانی حل کیا جا سکتا ہے۔ شکل 17.1 ب میں مبدل توانائی اور پیمائشی آله کے وسط میں مسکم کار نسب کیا گیا ہے۔ چونکہ حسابی ایکلینیکر کا داخلی مزاحمت لامحدود ہوتا ہے اور اس کی داخلی برقی رو صفر ہوتی ہے لہذا اس دور میں مزاحمت R_S میں اُوہم کے قانون کے تحت صفر برقی دباؤ کھٹے گا اور یوں $v_k = v_s$ اور $v_o = v_s$ ہو گا۔ چونکہ مزاحمت R_M کو یہی برقی دباؤ فراہم کیا جاتا ہے لہذا $v_m = v_o = v_s$ ہو گا۔

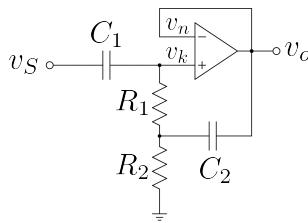
مُسْتَحْكِم کار کا کمال یہ ہے کہ یہ برقی بوجھ R_M کو از خود اٹھا لیتا ہے اور اس کا بوجھ مبدل تو انائی پر نہیں ڈالتا۔ یوں یہ حاس اشارات کو مُسْتَحْكِم کرتا ہے۔

آپ نے دیکھا کہ مُسْتَحْكِم کار کی مدد سے اشارہ کی صحیح قیمت حاصل ہوتی ہے۔ حاس اور باریک اشارات کی پیمائش عموماً مُسْتَحْكِم کار کے مدد سے ہی کی جاتی ہے۔

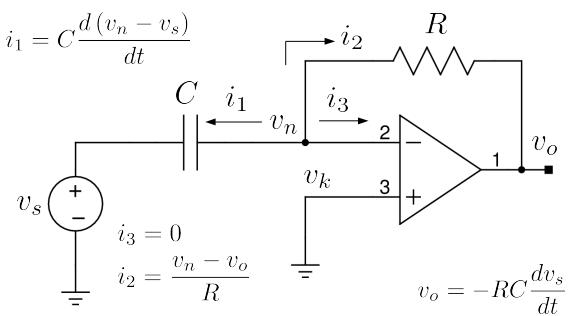
1.3.5.1 بدلتی رو مُسْتَحْكِم کار

عموماً اشارے کے یک سمتی حصے کو روکتے ہوئے اس کے بدلتے حصے کو مُسْتَحْكِم بنانے کی ضرورت ہوتی ہے۔ ایسی صورت میں بدلتا رو مُسْتَحْكِم کار جسے شکل 18.1 میں دکھایا گیا ہے استعمال کیا جائے گا۔ C_1 اور C_2 کی قیمت اتنی رکھی جاتی ہے کہ درکار تعداد پر انہیں قصر دور تصور کیا جاسکے۔ مزاحمت R_1 اور R_2 حسابی ایکسپلینیٹر کے ثبت داخلی سرے کے داخلی میلان برقی رو⁵¹ کے لئے راستہ فراہم کرتے ہیں۔ C_1 داخلی اشارے کے بدلتے جزو کو حسابی ایکسپلینیٹر کے ثبت داخلی سرے تک پہنچنے کا راستہ فراہم کرتے ہوئے یک سمتی جزو کو روکتا ہے۔ C_2 کے عدم موجودگی میں داخلی اشارے کو بدلتا داخلی مزاحمت $R_1 + R_2$ نظر آتا جبکہ مُسْتَحْكِم کار سے توقع کی جاتی ہے کہ اس کا داخلی مزاحمت بہت زیادہ ہو۔ آئیں دیکھیں کہ C_2 کی شمولیت سے داخلی مزاحمت کیسے بڑھتی ہے۔ v_s کا بدلتا جزو v_s ثبت داخلی سرے پر پہنچتا ہے۔ یوں $v_n = v_s$ ہو گا جس سے $v_n = v_k = v_s$ اور $v_0 = v_s$ ہو گا۔ C_2 درکار تعداد پر قصر دور ہو گا اور یوں R_1 اور R_2 کے جوڑ پر بھی v_s اشارہ پایا جائے گا۔ اب دوبارہ داخلی جانب سے سوچیں۔ حسابی ایکسپلینیٹر کا ثبت داخلی سرے از خود کوئی برقی رو گزرنے نہیں دیتا۔ چونکہ مزاحمت R_1 کے دونوں سروں پر v_s برقی رو دباد پایا جاتا ہے لہذا اس میں گزرتی برقی رو بھی صفر ہے۔ یوں v_s سے کسی قسم کا برقی رو حاصل نہیں کیا جاتا جو کہ منقطع صورت کی نشانی ہے۔ یوں بدلتا مُسْتَحْكِم کار درکار تعداد پر لامحدود داخلی مزاحمت پیش کرتے ہوئے حاس اشارے پر بالکل بوجھ نہیں ڈالتا۔

⁵¹ داخلی میلان برقی پر حصہ 1.7.2 میں غور کیا جائے گا۔



شکل 18.1: بدلتارو معمکم کار



شکل 19.1: تفرق کار

کسی بھی ایمپلیفیاٹر جس کی $A_v \approx 1$ ہو، کے خارجی سرے سے داخلی جانب یوں کپیسٹر نسب کر کے اس کا داخلی مزاحمت بڑھایا جا سکتا ہے۔ شرط صرف یہ ہے کہ درکار تعداد پر کپیسٹر قصر دور کام کرتے ہوئے مکمل خارجی اشارے کو داخلی جانب مزاحمت R_1 تک پہنچا سکے۔ مزاحمت R_1 کے ایک سرے کو جس جانب داخلی اشارہ کھینچتا ہے، خارجی اشارہ بھی اسی جانب مزاحمت کا دوسرا سرا کھینچتا ہے۔

4.5.1 تفرق کار

ایک اور اہم دور ہے تفرق کار⁵² کہتے ہیں کو شکل 19.1 میں دکھایا گیا ہے۔ اس دور کو

differentiator⁵²

باکل پہلی دو ادوار کی طرح حل کرتے ہیں۔ جوڑ پر تین برقی رو کے لئے لکھ سکتے ہیں۔

$$(39.1) \quad \begin{aligned} i_1 &= C \frac{d(v_n - v_s)}{dt} \\ i_2 &= \frac{v_n - v_o}{R} \\ i_3 &= 0 \end{aligned}$$

جبکہ جوڑ کے لئے لکھ سکتے ہیں۔

$$(40.1) \quad v_k = 0$$

کرخوف کے قانون برائے برقی رو کو جوڑ پر یوں لکھا جا سکتا ہے۔

$$(41.1) \quad i_1 + i_2 + i_3 = 0$$

مساوات 39.1 میں دیے گئے قیتوں کو مساوات 41.1 میں پر کرتے ہیں

$$\begin{aligned} C \frac{d(v_n - v_s)}{dt} + \frac{v_n - v_o}{R} + 0 &= 0 \\ \text{کرتے ہوئے } v_n &= 0 \quad v_n = v_k \\ -C \frac{dv_s}{dt} - \frac{v_o}{R} &= 0 \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے جسے یوں لکھ سکتے ہیں۔

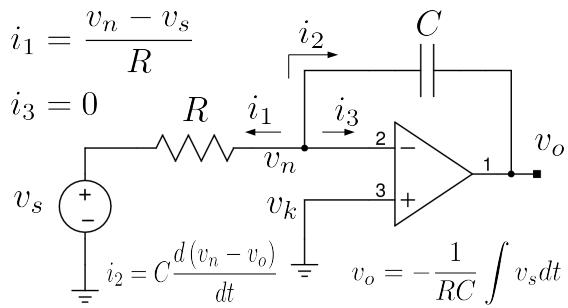
$$(42.1) \quad v_o = -RC \frac{dv_s}{dt}$$

اس مساوات کے تحت یہ دور مہیا کردہ اشارہ v_s کے تفرقی کے نسبت سے خارجی اشارہ v_o پیدا کرتا ہے۔ اسی سے اس دور کو تفرقی کار⁵³ کہتے ہیں۔

5.5.1 کمل کار

تفرقی دور کو دیکھنے کے بعد خیال آتا ہے کہ کیا حابی ایمپلینگر کو استعمال کرتے کسی تفاضل کا تسلیم⁵⁴ حاصل کیا جا سکتا ہے۔ جواب ہے جی ہاں۔ تسلیم کار⁵⁵ کو شکل 20.1 میں دکھایا گیا ہے۔ اس دور کے لئے ہم لکھ سکتے ہیں

differentiator⁵³
integral⁵⁴
integrator⁵⁵



مکمل کار: 20.1

$$(43.1) \quad \begin{aligned} i_1 &= \frac{v_n - v_s}{R} \\ i_2 &= C \frac{d(v_n - v_o)}{dt} \\ i_3 &= 0 \end{aligned}$$

اور

$$(44.1) \quad v_k = 0$$

کرخوف کا قانون برائے برقی رو استعمال کرتے ہوئے اور $v_k = v_n$ میں v_n 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 تکمیلہ 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

$$(45.1) \quad v_o = -\frac{1}{RC} \int v_s dt$$

اس مساوات میں v_o حاصل کرنے کی خاطر مساوات کے نشان کے دونوں جانب کا تکمیلہ لیا گیا ہے۔ اس طرح تکمیل کار کا خارجی اشارہ v_o اسے مہیا کئے گئے اشارہ v_s کے تکمیلہ کے برابر راست متناسب ہوتا ہے۔ اسی خاصیت کی وجہ سے اس دور کو تکمیل کار⁵⁶ کہتے ہیں۔

کی $v_s = V_p \sin \omega t$ اور $C = 6.8 \mu F$ اور $R = 1 k\Omega$: 13.1 مثال صورت میں

- تکمیل کار کا خارجی اشارہ حاصل کریں۔
- کتنی تعداد پر خارجی اشارے کا جیط داخلي اشارے کے جیطے کے برابر ہو گا۔
- خارجی اور داخلي اشارے کا زاویاتی تعلق کیا ہے۔

حل:

• مساوات 45.1 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 جیطے برابر اس وقت ہوں گے جب

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

$$\omega = 147$$

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

ہو گا۔

• داخلي اشارے کو یوں لکھتے ہوئے

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

ہم دیکھتے ہیں کہ داخلي اشارے سے خارجي اشارہ 90° آگے ہے۔⁵⁷

مثلاً 14.1 صورت میں v_o حاصل کریں۔

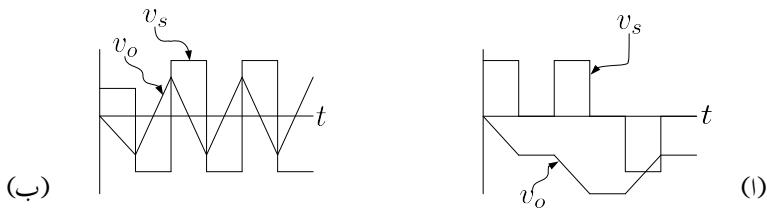
حل:

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

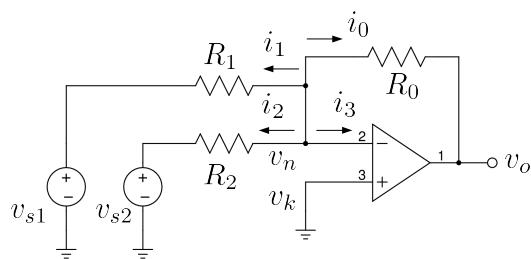
حاصل ہوتا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ خارجي اشارہ وقت کے راست تناسب بڑھتا ہے۔ یہ ایک سینٹر میں دس ولٹ بڑھ رہا ہے۔ اگر داخلي اشارہ ثبت کر دیا جائے تو خارجي اشارہ منفی جانب روایت ہو جائے گا۔

شکل 21.1 میں دو مختلف داخلي اشارات پر تکمل کار کا رد عمل دکھایا گیا ہے۔ آپ یہاں رک کر تسلی کر لیں کہ خارجي اشارات آپ کے موقع کے عین مطابق ہیں۔

leading⁵⁷



شکل 21.1: مکمل کارکردنگی کے مثال



شکل 22.1: جمع کار

6.5.1 جمع کار

حسابی ایکلینیفار کو دو یا دو سے زیادہ اشارات کا مجموع حاصل کرنے کے لئے بھی استعمال کیا جا سکتا ہے۔ ایسے ہی مجموع کار⁵⁸ کو شکل 22.1 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 ایکلینیفار کے v_n سرے کے ساتھ جڑا ہے۔ اسی طرح اشارہ v_{s2} مزاحمت R_2 کے ذریعہ حسابی ایکلینیفار کے v_n سرے کے ساتھ جڑا ہے۔ مزید اشارات کو بھی اسی

adder⁵⁸

ترکیب سے جوڑا جا سکتا ہے۔ شکل میں دھائی گئی برقی رو کے لئے یوں لکھ سکتے ہیں۔

$$(46.1) \quad \begin{aligned} i_1 &= \frac{v_n - v_{s1}}{R_1} \\ i_2 &= \frac{v_n - v_{s2}}{R_2} \\ i_3 &= 0 \\ i_o &= \frac{v_n - v_o}{R_0} \end{aligned}$$

اسی طرح جوڑ v_k کے لئے لکھ سکتے ہیں

$$(47.1) \quad v_k = 0$$

جوڑ v_n پر کرخوف کے قانون برائے برقی رو استعمال کرتے ہوئے حل کرتے ہیں۔

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

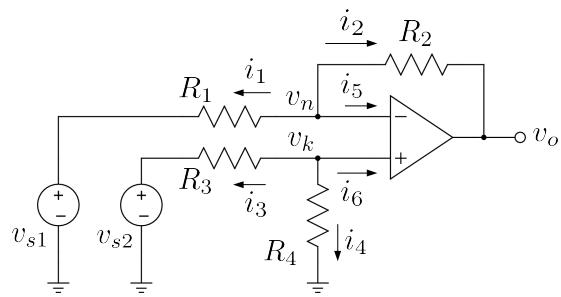
حاصل ہوتا ہے بے

$$(48.1) \quad v_o = -R_0 \left(\frac{v_{s1}}{R_1} + \frac{v_{s2}}{R_2} \right)$$

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

$$(49.1) \quad v_o = -R \left(\frac{v_{s1}}{R} + \frac{v_{s2}}{R} \right) = -(v_{s1} + v_{s2})$$

اس صورت میں آپ دیکھ سکتے ہیں کہ منفی علامت کے علاوہ، v_o دونوں اشارات کا مجموع ہے۔ اسی لئے اس دور کو مجھ کار⁵⁹ کہتے ہیں۔



شکل 23.1: منفی کار

منفی کار 7.5.1

حسابی ایکلیپسینگر سے دو اشارات منفی کرنے والے دور پر اس حصہ میں غور کرتے ہیں۔ اس دور کو شکل 23.1 میں دکھایا گیا ہے۔ شکل کو دیکھتے ہم لکھ سکتے ہیں۔

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

انہیں کرخوف کے قانون برائے برقی رو میں استعمال کرتے ہوئے، جوڑ کے لئے یوں لکھ سکتے ہیں۔

$$(51.1) \quad \begin{aligned} i_1 + i_2 + i_5 &= 0 \\ \frac{v_n - v_{s1}}{R_1} + \frac{v_n - v_o}{R_2} + 0 &= 0 \\ v_n \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) &= \frac{v_{s1}}{R_1} + \frac{v_o}{R_2} \\ v_n &= \frac{\frac{v_{s1}}{R_1} + \frac{v_o}{R_2}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}} \end{aligned}$$

اسی طرح جوڑ پر کرخوف کا قانون برائے برقی رو لاگو کرتے ہوئے اسے یوں حل کر سکتے ہیں۔

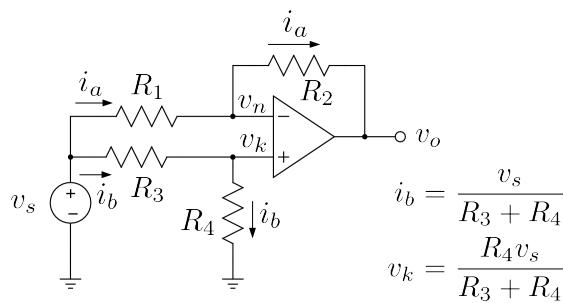
$$(52.1) \quad \begin{aligned} i_3 + i_4 + i_6 &= 0 \\ \frac{v_k - v_{s2}}{R_3} + \frac{v_k}{R_4} + 0 &= 0 \\ v_k \left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} \right) &= \frac{v_{s2}}{R_3} \\ v_k &= \frac{\frac{v_{s2}}{R_3}}{\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}} \end{aligned}$$

مساوات 11.1 کی پہلی شق کے تحت یوں مساوات 52.1 اور 51.1 کو برابر ڈالتے ہوئے ہوتے ہیں۔

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

یعنی

$$(53.1) \quad \begin{aligned} v_o &= \frac{R_4}{R_1} \left(\frac{R_1 + R_2}{R_3 + R_4} \right) v_{s2} - \frac{R_2}{R_1} v_{s1} \\ &= \left(\frac{1 + \frac{R_2}{R_1}}{1 + \frac{R_3}{R_4}} \right) v_{s2} - \frac{R_2}{R_1} v_{s1} \end{aligned}$$



شکل 24.1: منقی کار کا مشترک داخلي مزاحمت

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

$$(54.1) \quad v_o = \frac{R_b}{R_a} (v_{s2} - v_{s1})$$

حاصل ہوتا ہے۔ اگر $R_b = R_a$ اور R_b کی قیمتیں برابر ہوں تو اس صورت میں دور دونوں اشارات کو منقی کرے گا۔ اسی لئے اس دور کو منقی کار⁶⁰ کہتے ہیں۔ اگر R_a اور R_b برابر نہ ہوں تو دونوں اشارات میں فرق کو بڑھانے یا کھٹانے کی صلاحیت بھی رکھتا ہے

مثال 15.1: منقی کار کا مشترک داخلي مزاحمت تمام مزاحمت برابر ہونے کی صورت میں حاصل کریں۔ تمام مزاحمت مختلف ہونے کی صورت میں جواب کیا ہو گا۔

حل: مشترک داخلي مزاحمت حاصل کرنے کی خاطر دونوں داخلي سروں کو آپس میں جوڑتے ہوئے ان پر مشترک داخلي مزاحمت v_o لاؤ کیا جاتا ہے۔ اشارے سے i_a اور

i_b برقی رو منفی کار میں داخل ہوں گے۔ مشترکہ مزاحمت داخلی برقی دباد اور داخلی برقی رو کے مجموعہ کی شرح کو کہتے ہیں یعنی

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

آئین داخلي 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۔ حسابی ایکلیفیاٹ کے دونوں داخلی سروں پر داخلی برقی رو صفر ہوتی ہے۔ v_k پر داخلی برقی رو صفر ہونے کی وجہ سے اسے کھلے سرے تصور کیا جا سکتا ہے۔ اس طرح R_3 اور R_4 کو v_s اور برقی زمین کے مابین سلسلہ وار جڑا تصور کیا جا سکتا ہے۔ تمام مزاحمت برابر ہونے کی وجہ سے $v_o = 0V$ ہے لہذا اسے برقی زمین تصور کیا جا سکتا ہے۔ v_n پر برقی رو صفر ہونے کی وجہ سے اس داخلی سرے کو بھی کھلے سرے تصور کیا جا سکتا ہے۔ یوں R_1 اور R_2 کو بھی v_s اور برقی زمین کے مابین سلسلہ وار جڑا تصور کیا جا سکتا ہے۔ اس

طرح سلسلہ وار جڑے R_2 اور R_3 کو سلسلہ وار جڑے R_1 اور R_4 کے متوازی تصور کیا جا سکتا ہے لہذا

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

$$R_{\text{اغلی}} = R$$

حاصل ہوتا ہے۔

تمام مزاحمت مختلف ہونے کی صورت میں مساوات 53.1 سے خارجی اشارہ یوں حاصل ہوتا ہے۔

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

حسابی ایکلینیک کے دونوں داخلی سروں پر داخلی برقی رو صفر ہونے کی وجہ سے اور R_2 میں یکساں برقی رو i_a پایا جائے گا۔ اسی طرح R_3 اور R_4 میں i_b پایا جائے گا جہاں

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

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

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

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

کے برابر ہیں۔ یوں

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

حاصل ہوتا ہے۔

اسی جواب کو قدر آسان طریقے سے یوں حاصل کیا جا سکتا ہے۔ حسابی ایکلینیک کے ثبت داخلی سرے کو کھلے سرے تصور کیا جا سکتا ہے۔ اس طرح R_3 اور R_4 کو

v_s اور برقی زمین کے مابین دو سلسلہ وار جڑے مزاحمت تصور کیا جا سکتا ہے۔ ان دو مزاحموں میں برقی دباؤ کے تقسیم سے

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

حاصل ہوتا ہے۔ اسی طرح ان میں برقی رو

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

حاصل ہوتا ہے۔ v_n ہونے کی بدولت $v_k = v_n$ 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_n کی قیمت v_k تعین کرتا ہے۔ چونکہ v_k کا دارومند مزاحمت R_3 اور R_4 پر ہے جبکہ i_a کا دارومند 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 16.1: منفی کار کے تمام مزاحمت برابر ہونے کی صورت میں دونوں داخلی سروں پر مشترکہ داخلی اشارہ v_s مہیا کرنے سے $v_0 = 0V$ حاصل ہوتا ہے۔ اس صورت میں منفی کار کی مشترکہ افزائش صفر حاصل ہوتی ہے۔ $6.8 k\Omega \pm 5\%$ کے مزاحمت استعمال کرتے ہوئے ایمپلیکیٹر کی خراب سے خراب تر مشترکہ افزائش کیا ممکن ہے۔ مشترکہ افزائش جتنی زیادہ ہو اتنا ہی اسے خراب سمجھا جاتا ہے۔

حل: مساوات 53.1 کے مطابق مشترکہ داخلی اشارے کی صورت) میں مشترکہ افزائش (

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

حاصل ہوتی ہے۔ اس مساوات میں v_o 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۔ کم کی قیمت کم سے کم تب ہو گی جب R_3 پانچ فی صد کم اور R_4 پانچ فی صد زیادہ ہو یعنی جب $R_4 = 7.14 \text{ k}\Omega$ اور $R_3 = 6.46 \text{ k}\Omega$ کم تب ہو گی جب $R_1 = 7.14 \text{ k}\Omega$ اور $R_2 = 6.46 \text{ k}\Omega$ ہوں گے۔ ان قیتوں کے استعمال سے خراب سے خراب تر مشترکہ افزائش

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

حاصل ہوتی ہے۔

مثال 17.1: مثال 16.1 میں تمام مزاحمت مختلف ہونے کی صورت میں مزاحمت کے قیمت میں غلطی کی وجہ سے خراب تر مشترکہ افزائش کی عمومی جواب حاصل کریں۔

حل: گزشتہ مثال میں

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

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

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

حاصل ہوتا ہے۔ نام مراجحت 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 بنی کئی ادوار دیکھے۔ یہ ادوار جمع، منفی، تفرق اور تکملہ جیسے حسابی اعمال سر انجام دیتے ہیں یا پھر اشارات کی افزائش کرتے ہیں۔ انہیں خوبیوں کی بدولت ہم اسے حسابی ایمپلیفائز پکارتے ہیں۔⁶¹

8.5.1 جمع و منفی کار

شکل 25.1 میں متعدد داخلی سروں والا جمع و منفی کار دکھایا گیا ہے۔ ثابت داخلی سروں پر v_{j1} تا v_{js} جبکہ منفی داخلی سروں پر v_{m1} تا v_{mn} اشارات مہیا کئے گئے ہیں۔ آئیں اس دور کو حل کریں۔ جوڑ v_n پر کرخوف کے قانون برائے برتن رو سے 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

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

لکھتے ہوئے

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

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

حاصل ہوتا ہے۔ اسی طرح جوڑ کے لئے حل کرتے ہیں۔

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

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

جس میں

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

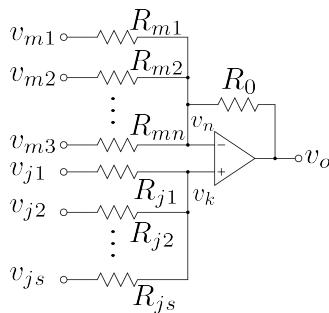
استعمال کرتے ہوئے

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

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

$$(55.1) \quad v_0 = \left(1 + \frac{R_0}{R_m} \right) \left(\frac{R_j}{R_{j1}} v_{j1} + \frac{R_j}{R_{j2}} v_{j2} + \cdots \right.$$

$$(56.1) \quad \left. \cdots + \frac{R_j}{R_{js}} v_{js} \right) - \left(\frac{R_0}{R_{m1}} v_{m1} + \frac{R_0}{R_{m2}} v_{m2} + \cdots + \frac{R_0}{R_{mn}} v_{mn} \right)$$



شکل 25.1: جمع و منفی کار

9.5.1 آلاتی ایمپلیفائر

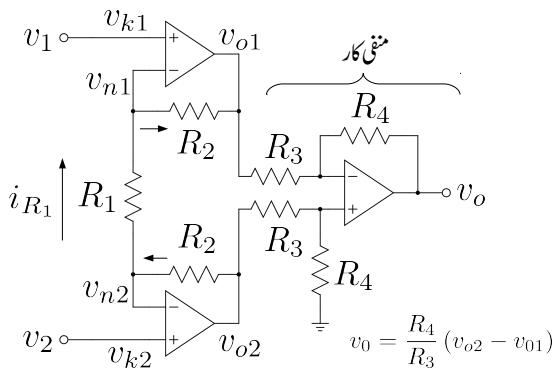
حسابی ایمپلیفائر پر تبصرہ کرتے ہوئے آلاتی ایمپلیفائز⁶² کا ذکر کرنا لازم ہے۔ آلاتی ایمپلیفائز باریک اور حساس اشارات کے حصول کے لئے استعمال کیا جاتا ہے۔ موجودہ دور میں ہر قسم کے طبیعی متغیرات کو برتنی اشارات میں تبدیل کر کے ان پر کمپیوٹر کی مدد سے غور کیا جاتا ہے۔ آپ برتنی قلبے نگار⁶³ سے مخوبی واقع ہوں گے جو دل کے کارکردگی کے اشارات کھینچتا ہے۔ برتنی قلبے نگار کو آلاتی ایمپلیفائز کے مدد سے ہی بنایا جاتا ہے۔

ان حساس اشارات کے حصول کے لئے زیادہ سے زیادہ داخلی برتنی رکاوٹ⁶⁴ والے ادوار استعمال کئے جاتے ہیں۔ ایسے بجھوں پر عموماً آلاتی ایمپلیفائز استعمال کیا جاتا ہے جس کا داخلی برتنی رکاوٹ لامحدود تصور کیا جا سکتا ہے۔ آلاتی ایمپلیفائز کو شکل 26.1 میں دکھایا گیا ہے۔

اس دور میں v_1 اور v_2 داخلی اشارات ہیں۔ کسی بھی حسابی ایمپلیفائز کے داخلی سروں پر برتنی دباؤ برابر رہتا ہے۔ یوں $v_{n2} = v_{k2} = v_2$ اور $v_{n1} = v_{k1} = v_1$ ہو گا۔ اس طرح مزاحمت R_1 کے نیچے جانب سرے پر برتنی دباؤ کی قیمت

instrumentation amplifier⁶²
ecg⁶³

64 ان مورخ 21 مارچ 2014 کو میری بیٹی عفت برینز نے انجینئرگ کے آخری سال کے پڑھائی کے دوران آلاتی ایمپلیفائز سے برتنی قلبے نگار بناتے ہوئے دل کی دھڑکن کے اشارات حاصل کئے
input impedance⁶⁵



شکل 26.1: آلتی ایکلپسیٹر

اور اس کے اوپر جانب سرے پر برقی دباؤ کی قیمت v_1 ہو گی۔ یوں R_1 کے سروں کے مابین برقی دباؤ کی قیمت $(v_2 - v_1)$ ہو گی اور اس میں برقی رو

$$(57.1) \quad i_{R_1} = \frac{v_2 - v_1}{R_1}$$

ہو گی۔

جوڑ v_{n1} پر کرخوف کے قانون برائے برقی رو لاؤ کرنے سے ثابت ہوتا ہے کہ اس جوڑ پر نسب i_{R_1} میں R_2 کے برابر برقی رو گزرسے گی جسے شکل میں تیر کے نشان سے دکھایا گیا ہے۔ اسی طرح جوڑ v_{n2} پر کرخوف کے قانون سے ثابت ہوتا ہے کہ اس جوڑ پر نسب i_{R_1} میں بھی R_2 گزرسے گی جسے تیر کے نشان سے دکھایا گیا ہے۔ اس طرح i_{R_1} تین سلسلہ وار جڑی مزاحمت، R_2 اور R_1 اور R_2 سے گزرتی ہے۔ ان سلسلہ وار جڑی مزاحمت کے آخری سروں کے مابین برقی دباؤ کو یوں لکھ سکتے ہیں۔

$$(58.1) \quad \begin{aligned} v_{o2} - v_{o1} &= i_{R_1} \times (R_2 + R_1 + R_2) \\ &= \frac{(v_2 - v_1)}{R_1} (R_1 + 2R_2) \\ &= \left(1 + \frac{2R_2}{R_1}\right) (v_2 - v_1) \end{aligned}$$

اس برقی دباؤ کو خارجی جانب متفق کار کو مہیا کیا جاتا ہے اور یوں

$$(59.1) \quad v_o = \frac{R_4}{R_3} (v_{o2} - v_{o1}) = \frac{R_4}{R_3} \left(1 + \frac{2R_2}{R_1} \right) (v_2 - v_1)$$

جو کہ آلاتی ایکلینیفار کی درکار مساوات ہے۔

مثال 18.1: ایک آلاتی ایکلینیفار میں

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

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

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

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

ہیں۔ آلاتی ایکلینیفار کے ہر جوڑ پر برقی دباؤ حاصل کریں۔ مشترکہ اشارہ رد کرنے کے صلاحیتے CMRR حاصل کریں۔

حل:

دونوں داخلی سروں پر کیساں برقی دباؤ کو مشترکہ برقی دباؤ کہتے ہیں جبکہ دونوں داخلی سروں کے ماہین برقی دباؤ کو تفرقہ برقی دباؤ کہتے ہیں۔ یوں

$$v_{ مشترک } = 4\text{V}$$

$$v_{ تفرقہ } = 0.06 \sin \omega t$$

ہیں۔ یوں انہیں

$$v_2 = v_{ مشترک } + \frac{v_{ تفرقہ }}{2}$$

$$v_1 = v_{ مشترک } - \frac{v_{ تفرقہ }}{2}$$

لکھا جا سکتا ہے۔

R_1 پیلا جائے گا۔ یوں جبکہ جوڑ پر v_1 پر v_{n1} پر جوڑ رو کی قیمت میں برقی رو کی قیمت

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

ہو گی۔ یوں مزاجت کے دو سروں کے مابین برقی دباؤ کی قیمت R_2 ہے۔ $R_2 = 12 \times 10^{-6} \sin \omega t \times 50 \times 10^3 = 0.6 \sin \omega t$

ہو گی۔ نچلے R_2 میں برقی رو کی سمت مزاجت کے دو سروں سے باجیں سرے کی جانب ہے۔ یوں اس کا دایاں سرا شبت جبکہ بایاں سرا منفی ہو گا۔ چونکہ ان سروں پر برقی دباؤ کو v_{o2} اور v_{n2} کہا گیا ہے لہذا

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

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

ہو گا۔ اسی طرح اوپر والے R_2 میں برقی رو کی سمت v_{o1} سے v_{n1} کے جانب ہے لہذا

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

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

حاصل ہو گا۔ یہاں رک کر نتائج پر غور کریں۔ مشترکہ اشارہ جوں کا توں ہے جبکہ تفرقی اشارہ دونوں خارجی سروں پر بڑھ گیا ہے۔ v_{o2} اور v_{n2} کو منفی کار کے حوالے کیا جاتا ہے۔ منفی کار کے شبت داخلی سرا v_k پر کرخوف کے قانون برائے برقی رو لکھتے 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 یہی ہو گا۔ مندرجہ بالا جواب R_3 اور R_4 کو سلسلہ وار v_{o2} اور برقی زمین کے مابین

جزاً تصور کرتے ہوئے برقی دباؤ کے تقسیم کی مساوات سے بھی حاصل ہوتا ہے۔ منقی 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 مشترکہ اشارے کا نام و نشان تک نہیں الہذا مشترکہ افزائش صفر کے برابر ہے یعنی $A_m = 0$ جبکہ تفرقی افزائش کو مندرجہ بالا مساوات سے یوں حاصل کیا جا سکتا ہے۔

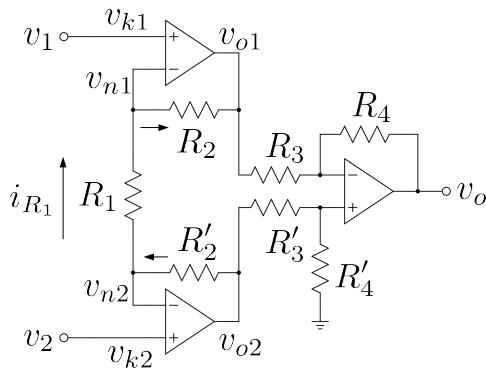
$$A_d = \frac{v_o}{v_d} = \frac{1.206 \sin \omega t}{0.06 \sin \omega t} = 20.1 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

اس طرح مشترکہ اشارہ رد کرنے کی صلاحیت

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

حاصل ہوتا ہے۔

اس مثال میں آلاتی ایکلینیکر نے مشترکہ اشارے کو کمل رد کرتے ہوئے تفرق اشارے کو 201 گنا بڑھایا۔ یہاں اس بات پر توجہ دیتے ہوئے ذہن نشین کریں کہ مزاحتوں کے قیمتیں جس طرح بھی رکھی جائیں v_{o2} اور v_{o1} میں کسی صورت بھی مشترکہ اشارہ بڑھتا نہیں۔ یہ جوں کا توں ان دو خارجی سروں پر پایا جاتا ہے۔ آلاتی ایکلینیکر کا دوسرا حصہ یعنی منقی کار v_{o2} سے v_{o1} منقی کرتے ہوئے مشترکہ اشارے کو کمل طور رد کر دیتا ہے۔ تفرق اشارے کو آلاتی ایکلینیکر کے دونوں حصے بڑھانے کی صلاحیت رکھتے ہیں۔ اگلے مثال میں ان حقائق پر مزید غور کیا جائے گا۔



شکل 27.1: آلاتی ایکلپیٹنر کی مثال

آلاتی ایکلپیٹنر میں دونوں مزاحمت جنبیں R_2 لکھا گیا ہے کے قیمتیں برابر رکھی جاتی ہیں۔ البتہ مزاحمت کے قیمتوں میں غلطی کی بنا پر ان کی قیمت $(1-\epsilon)R_2$ تا ممکن ہوتی ہیں۔ مزاحمت کے قیت میں $\pm 1\%$ غلطی کی صورت میں $(1+\epsilon)R_2$ کے برابر ہو گا۔ شکل 27.1 میں آلاتی ایکلپیٹنر کو دوبارہ دکھاتے ہوئے ان حقائق کو واضح کیا گیا ہے جہاں ایک مزاحمت کو R_2 جبکہ دوسرے کو R'_2 لکھا گیا ہے۔ اسی طرح R_3 اور R_4 کو بھی دکھایا گیا ہے۔

مثال 19.1:

• شکل 27.1 کو استعمال کرتے ہوئے آلاتی ایکلپیٹنر کے مشترکہ افزائش A_m اور تفرق افزائش A_d کے مساوات حاصل کریں۔

• مزاحموں کے قیت مکمل طور درست ہونے کی صورت میں $A_m = 0$ اور یوں $CMRR = \infty$ حاصل ہوتا ہے۔ مندرجہ ذیل $\pm 1\%$ مزاحمت استعمال کرتے ہوئے مشترکہ اشارہ رد کرنے کی صلاحیت $CMRR$ کی کمتر قیمت کیا ممکن ہے۔

$$R_1 = 10 \text{ k}\Omega \quad R_2 = R'_2 = 100 \text{ k}\Omega$$

$$R_3 = R'_3 = 10 \text{ k}\Omega \quad R_4 = R'_4 = 10 \text{ k}\Omega$$

کر دینے سے جواب کی حاصل ہوتا ہے۔

۰ مزاجت کے ان قیتوں سے مشترکہ اشارہ رکنے کی صلاحیت CMRR کی کمتر قیمت کیا ممکن ہے۔

$$R_1 = 10 \text{ k}\Omega \quad R_2 = R'_2 = 10 \text{ k}\Omega$$

$$R_3 = R'_3 = 10 \text{ k}\Omega \quad R_4 = R'_4 = 100 \text{ k}\Omega$$

حل:

• مشترکہ اشارے کو v_c جبکہ تفرقہ اشارے کو v_d لکھتے ہوئے

$$v_1 = v_c - \frac{v_2}{2}$$

لیتے ہوئے حل کرتے ہیں۔

۰ آلاتی ایکلپیفار کے پہلے حصے کے لئے ہم لکھ سکتے ہیں۔

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

آلاتی ایکلینیک کے دوسرے حصے کو مساوات 53.1 بیان کرتا ہے جس میں مراحتوں 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 60.1 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 مشترکہ افزائش بلند تر جبکہ تفرق افزائش کمتر ہو یعنی

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

A_c کی بلند تر قیمت اس وقت حاصل ہو گی جب

سے کم ہو یعنی

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

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

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

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

اسی طرح A_d کی کمتر قیمت اس وقت حاصل ہو گی جب

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

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

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

حوالہ ان سے

$$CMRR_{کم} = 1030$$

حاصل ہوتا ہے۔

$$\text{کرنے سے } R_1 = 1 \text{ k}\Omega \bullet$$

$$CMRR_{کم} = 9852$$

ہو جاتا ہے۔

• ان نے قیتوں سے

$$R'_4 = (1 + 0.01) 100000 = 101000$$

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

$$R_4 = (1 - 0.01) 100000 = 99000$$

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

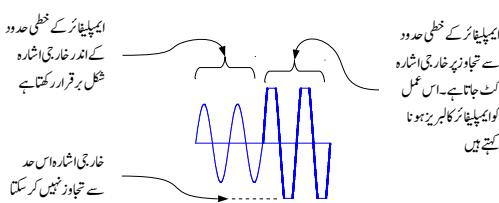
$$R1 = (1 + 0.01) 10000 = 10100$$

$$R_2 = R'_2 = (1 - 0.01) 10000 = 9900$$

اور

$$CMRR_{کم} = 814$$

حاصل ہوتا ہے۔



شکل 1.28: حسابی ایمپلینیٹر کا بریز ہونا

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 ایمپلینیٹر کے A_d کو پہلے حصے سے حاصل کرنا زیادہ بہتر ہے۔

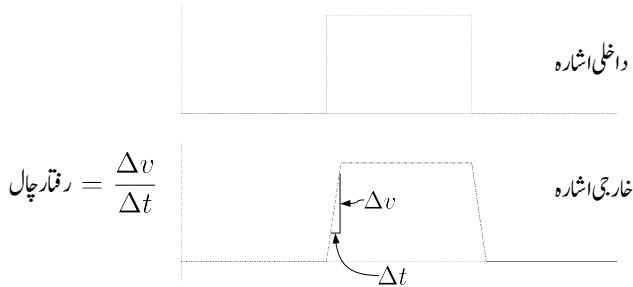
6.1 حسابی ایمپلینیٹر کا ناقص پن

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

1.6.1 حسابی ایمپلینیٹر کا بریز ہونا

حسابی ایمپلینیٹر کا v_o ہر صورت مساوات 3.1 میں دیے گئے حدود کے اندر رہتا ہے۔ v_o ان حدود سے تجاوز کرنے کی کوشش کرتے ہی غیر خطی صورت اختیار کر لیتا ہے۔ حسابی ایمپلینیٹر کے اس غیر خطی عمل کو حسابی ایمپلینیٹر کا بریز⁶⁶ ہونا کہتے ہیں۔ شکل 28.1 میں یہ عمل دکھایا گیا ہے۔

saturation⁶⁶



شکل 1.29: حسابی ایکلیپسیفار کا رفتار چال

2.6.1 حسابی ایکلیپسیفار کی رفتار چال

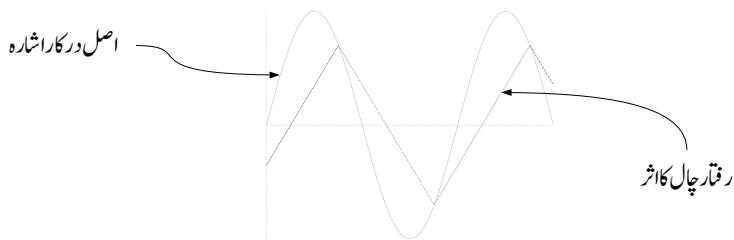
کوئی بھی اشارہ لامدد رفتار سے تبدیل نہیں ہو سکتا۔ یہی حسابی ایکلیپسیفار کے خارجی اشارے کے لئے بھی درست ہے۔ اگر حسابی ایکلیپسیفار کو مستطیلی اشارہ بطور داخلی اشارہ فراہم کیا جائے تو اس کا خارجی اشارہ ترچھی شکل کا ہو گا۔ آئین اس عمل کو مستحکم کار کی مدد سے سمجھیں۔ اگر مستحکم کار کا شکل 29.1 میں دکھایا مستطیلی داخلی اشارہ فراہم کیا جائے تو اس کا خارجی اشارہ ترچھا ہو گا۔ خارجی اشارے کو کسی ایک بر قی دباؤ سے کسی دوسرے بر قی دباؤ کو حاصل کرنے کے لئے وقت درکار ہوتا ہے۔ خارجی اشارہ جس رفتار سے حرکت کرتا ہے اسے حسابی ایکلیپسیفار کا رفتار چال⁶⁶ پکارا جائے گا۔ رفتار چال کی وضاحت شکل میں کی گئی ہے۔ رفتار چال کو عموماً ولٹ فی مائیکرو سیکنڈ $\frac{V}{\mu s}$ لکھا جاتا ہے۔

$$(61.1) \quad \text{رفتار چال} = \left| \frac{\Delta v}{\Delta t} \right|$$

سائن نما اشارہ $V_p \sin \omega t$ کے تفرق کی زیادہ سے زیادہ قیمت $t = 0$ پر پائی جاتی ہے یعنی

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

slew rate⁶⁷



شکل 30.1: رفتار چال کا اثر

جب تک یہ مقدار حسابی ایکلیپسیفار کے رفتار چال سے کم ہو اس وقت تک حسابی ایکلیپسیفار خوش اسلوبی سے اس اشارے کو خارج کرے گا۔ جیسے ہی یہ مقدار رفتار چال سے بڑھ جائے، حسابی ایکلیپسیفار کے خارجی اشارے میں خلل پیدا ہو جائے گا۔ حسابی ایکلیپسیفار کے رفتار چال کو اس کی پوری طاقت پر تعدد دائرہ کارکردگہ⁶⁸ کی شکل میں یوں بیان کیا جاتا ہے

$$(62.1) \quad \omega_{\text{چال رفتار}} = \frac{\omega_{\text{کارکردگی دائرہ}}}{V_p}$$

$$(63.1) \quad f_{\text{چال رفتار}} = \frac{f_{\text{کارکردگی دائرہ}}}{2\pi V_p}$$

جہاں V_p حسابی ایکلیپسیفار کی زیادہ سے زیادہ ممکنہ خارجی برقی دباؤ ہے۔ کم برقی دباؤ خارج کرتے ہوئے اس تعداد کی قیمت بڑھ جاتی ہے۔ یوں V_0 برقی دباؤ خارج کرتے ہوئے

$$(64.1) \quad \omega_{\text{چال رفتار}} = \frac{\omega_{\text{تبند}}}{V_0}$$

ہو گا۔ شکل 30.1 میں خارجی اشارے پر رفتار چال کا اثر دکھایا گیا ہے۔ یہ اشارہ اپنی اصل صورت کھو کر نکونی شکل اختیار کر گیا ہے جہاں نکون کے اطراف سے بلند اور پست ہو رہے ہیں۔

مثال 20.1: ایک حسابی ایکلیپسیفار جس کی رفتار چال $100 \frac{\text{V}}{\mu\text{s}}$ ہے کا مسحکم کار

full power band width⁶⁸

بنایا جاتا ہے جسے نہایت کم دورانیے والے 5V چوٹی کے موٹا مستطیلی پتلے اشارات⁶⁹ مہیا کئے جاتے ہیں۔

۰ اشارے کے چوٹی کی کم سے کم وہ دورانیہ t_p دریافت کریں جس پر خارجی اشارہ بھی 5V تک پہنچ پاتا ہے۔

۰ اگر داخلی اشارہ متواتر تبدیل ہوتے ہوئے حاصل کردہ دورانیہ t_p کے لئے 5V اور اتنے ہی دورانیے کے لئے 0V پر رہتا ہو تو خارجی اشارے کی شکل کیا ہو گی۔

حل:

۰ رفتار چال کے مطابق خارجی اشارہ ایک مائیکرو سینڈ میں سو ولٹ حاصل کرنے کی صلاحیت رکھتا ہے۔ پانچ ولٹ حاصل کرنے کے لئے یوں 50 ns درکار ہیں۔ داخلی اشارے کی چوٹی کم سے کم 50 ns کے لئے برقرار رہے گی تو ممکن کار کا خارجی اشارہ بھی پانچ ولٹ تک پہنچ جائے گا۔

۰ اس صورت میں جیسے ہی خارجی اشارہ پانچ ولٹ پر پہنچتا ہے اسی لمحے داخلی اشارہ صفر ولٹ ہو جاتا ہے اور یوں حسابی ایمپلیفائر کا خارجی اشارہ $100 \frac{\text{V}}{\mu\text{s}}$ کے رفتار سے اب 5V سے 0V کی جانب روانہ ہوتا ہے۔ یوں خارجی اشارہ ممکن کار کا شکل کا ہو گا جو متواتر 50 ns لیتے ہوئے 5V تک اور اسی طرح لیتے ہوئے 0V کے درمیان ارتباش کرتا رہے گا۔

مثال 21.1: ایک منفی حسابی ایمپلیفائر $0.1 \sin \omega t$ کا اشارہ تیس گناہ بڑھاتا ہے۔ اگر حسابی ایمپلیفائر کا رفتار چال $1000 \frac{\text{V}}{\mu\text{s}}$ ہو تو داخلی اشارے کی وہ بلند ترین تعداد حاصل کریں جس پر خارجی اشارہ نہ گزٹے۔

pulses⁶⁹

حل: خارجی اشارہ $-3 \sin \omega t$ رفتار

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

ہے۔ یوں

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

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

7.1 عددی اشارے سے مماثل اشارے کا حصول

شکل 31.1 میں عددی اشارے سے مماثل اشارہ حاصل کرنے والا دور دکھایا گیا ہے جسے ہم عددی سے مماثل کار⁷⁰ کہیں گے۔ اس دور کے چار داخلی اشارات d_0 ، d_1 ، d_2 اور d_3 ہیں جنہیں انفرادی طور پر برقی زمین یعنی $0V$ یا شب برقی دباؤ یعنی $5V$ کے ساتھ جوڑا جا سکتا ہے۔ شکل میں $d_2 = 0V$ پر جکہ d_0 ، d_1 اور d_3 کو $5V$ پر دکھایا گیا ہے۔ آئیں اس دور کو حل کرتے ہیں۔

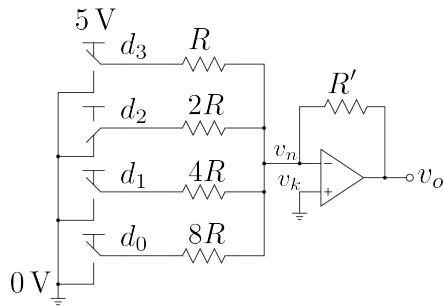
$$v_k = 0$$

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

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

جسے یوں بہتر طریقے سے لکھا جا سکتا ہے۔

$$(65.1) \quad v_0 = -\frac{R'}{8R} (2^3 d_3 + 2^2 d_2 + 2^1 d_1 + 2^0 d_0)$$



31.1.1: چار بیت کا عددی سے مماثل کار

عددی سے مماثل کار عددی⁷¹ متغیرہ لیتے ہوئے اس کا مماثل⁷² متغیرہ خارج کرتا ہے۔ عددی متغیرات کو دہری نظام اعداد⁷³ میں لکھا جاتا ہے۔ دہری نظام اعداد کے دو ہی ہندسے ہیں یعنی 0 (صفر) اور 1 (ایک)۔ 0 کو 0 V اور 1 کو 5 V سے ظاہر کیا جاتا ہے۔ $d_0 d_1 d_2 d_3$ کو $d_3 d_2 d_1 d_0$ لکھتے ہوئے چار بیٹے⁷⁴ کا دہری 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 گنتھ⁷⁵ میں گیارہ 11_{10} کے برابر ہے۔

اگر تمام داخلی دہرے ہندسے صفر کر دیے جائیں تو مساوات 65.1 کے مطابق عددی سے مماثل کار $v_o = 0V$ خارج کرے گا جبکہ اگر تمام داخلی دہرے ہندسے ایک کر دیے

digital⁷¹
analog⁷²
binary number system⁷³
bit⁷⁴
decimal number system⁷⁵

جانبیں یعنی انہیں 5V سے ظاہر کیا جائے تب دور

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

خارج کرے گا۔

$R' = \frac{8R}{15}$ اور R کی قیمت سے درکار قیمت تعین کی جا سکتی ہے۔ مثلاً $v_0 = -5V$ خارج کرے رکھتے ہوئے مندرجہ بالا مساوات کے مطابق عددی سے ماٹھر کار گا۔ چونکہ d_0 تا d_3 کے چار ہندسوں پر بینی دھرا عدد سولہ 16_{10} مختلف قیمتیں ظاہر کر سکتا ہے لہذا عددی سے ماٹھر کار صفر ولٹ تا منفی پانچ ولٹ سولہ مختلف قیمتیں خارج کر سکتا ہے۔

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

مثال 22.1: $d_3d_2d_1d_0$ کی قیمت ہوئے $R' = \frac{8R}{15}$ ہونے کی صورت میں عددی سے ماٹھر کار کتنی برقی دباو خارج کرے گا۔ حل:

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

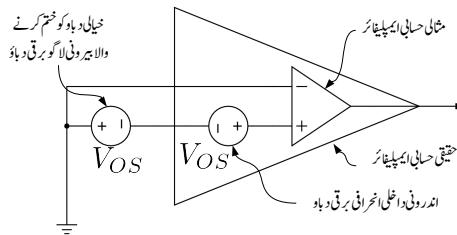
1.7.1 یک سمی اندر وی داخلی اخراجی بر قی دباؤ کا مسئلہ

اگر کامل حسابی ایکسپلیفار کے دونوں داخلی 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 خارجی اشارہ صفر ولٹ کا ہو گا، یعنی $v_0 = A_d v_d = 0$ ہو گا۔ حقیقت میں ایسا نہیں ہوتا⁷⁶ اور عموماً اس طرح جڑا حسابی ایکسپلیفار ثبت یا مقنی جانب لبیز پایا جاتا ہے۔ حسابی ایکسپلیفار کے v_0 کو صفر ولٹ پر لانے کی خاطر حسابی ایکسپلیفار کے دونوں داخلی سروں کے مابین بر قی دباؤ V_{OS} مہیا کرنا پڑتا ہے۔

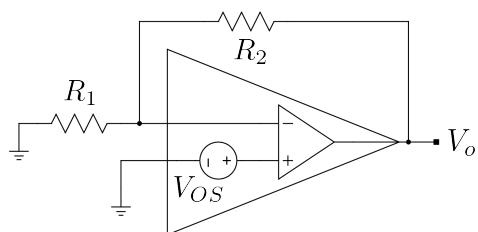
اس حقیقت کو یوں بھی بیان کیا جا سکتا ہے کہ حسابی ایکسپلیفار بناتے وقت پوری کوشش کے باوجود اسے کامل بنانا ناممکن ہوتا ہے اور اس میں کچھ کمی رہ جاتی ہے جس کی وجہ سے اس کا عمل یوں پایا جاتا ہے جیسے اس کے داخلی سروں کے مابین بر قی دباؤ V_{OS} جڑی ہو۔ اس خیالی بر قی دباؤ V_{OS} اس کے دونوں داخلی سروں کے مابین فراہم کرنی پڑتی ہے۔ اس خیالی بر قی دباؤ کو اندر وی داخلی اخراجی بر قی دباؤ⁷⁷ کہتے ہیں۔ شکل 32.1 میں اس کی وضاحت کی گئی ہے۔

اندر وی داخلی اخراجی بر قی دباؤ کی موجودگی غیر پسندیدہ حقیقت ہے جسے ختم کرنے کی تمام تر کوشش کی جاتی ہے۔ حسابی ایکسپلیفار بنانے والے صنعت کار اپنے بنائے گئے حسابی ایکسپلیفار میں پائے جانے والے اندر وی داخلی اخراجی بر قی دباؤ کے حدود کی معلومات فراہم کرتے ہیں۔ یہ حدود عموماً $V \pm 1\text{mV}$ تا $\pm 5\text{mV}$ تک ہوتے ہیں۔ اندر وی داخلی اخراجی بر قی دباؤ کی علامت نہیں بتائی جاتی چونکہ قبل از استعمال اس کا جانا ممکن نہیں ہوتا۔ اندر وی داخلی اخراجی بر قی دباؤ کا تجھیہ لگانے کی خاطر ثبت ایکسپلیفار استعمال کیا جا سکتا ہے۔ شکل 33.1 میں اسے دکھایا گیا ہے۔ اس شکل میں ثبت سرے کو بر قی زمین کے ساتھ جوڑا گیا ہے۔ مزاحمت R_2 کی قیمت کو R_1 کی قیمت سے اتنا بڑا رکھا جاتا ہے کہ خارجی سرے پر چند ولٹ کی یک سمی بر قی دباؤ V_{OS} پایا جائے۔ اس دور میں

⁷⁶ اس مسئلہ کے پیدا ہونے کی وجہ پر حصہ 1.5.5 میں تفصیل تصریح کیا جائے گا
⁷⁷ input offset voltage



شکل 1.32.1: داخلي انحرافی برقي دباؤ اور اس کا ناتامہ



شکل 1.33.1: داخلي انحرافی برقي دباؤ کی پیمائش

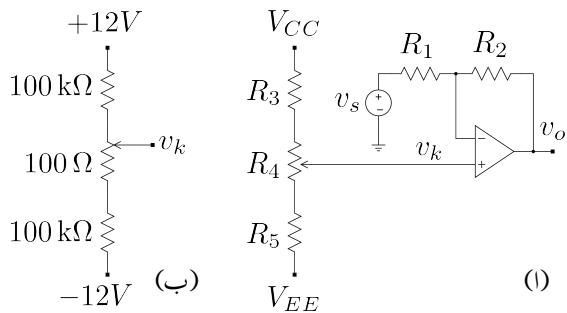
اندروني داخلي انحرافی برقي دباؤ کو بطور داخلي اشاره استعمال کیا گیا ہے۔ اگر اس اندروني داخلي انحرافی برقي دباؤ کی قيمت V_{OS} ہو تو شبت ایکپلینیٹر کے لئے یوں لکھا جا سکتا ہے۔

$$(66.1) \quad V_o = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) V_{OS} = \frac{(R_1 + R_2)}{R_1} V_{OS}$$

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

$$(67.1) \quad V_{OS} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_o$$

شکل 34.1 الف میں اندروني داخلي انحرافی برقي دباؤ کے اثر کو ختم کر کے منفی ایکپلینیٹر کا استعمال دکھایا گیا ہے۔ ایسے ادوار میں R_5 اور R_3 کی قیمتیں کئی کلو اوم $k\Omega$ ہوتی ہیں جبکہ متغير مراحت R_4 کی قيمت اتنی رکھی جاتی ہے کہ اس کے درمیانی پنیا



شکل 34.1: داخلی انحرافی برقی دباؤ سے پاک، منفی ایکپلینیفار

سے قبل حصول برقی دباؤ استعمال کردہ حسابی ایکپلینیفار کے اندر وہی داخلی انحرافی برقی دباؤ V_{OS} کے حدود سے قدر زیادہ ہو۔ ایسے متغیر مزاحمت پر چیز نسب ہوتا ہے جسے گھماتے ہوئے حسابی ایکپلینیفار کے خارجی اشارے v_o کو صفر ولٹ کرتے ہوئے اندر وہی داخلی انحرافی برقی دباؤ کے اثر کو ختم کیا جاتا ہے۔

مثال 34.1 الف میں اگر شکل 34.1 الف میں

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

ہیں۔ داخلی انحرافی برقی دباؤ کے خاتمے کے لئے درکار مزاحمت R_3 ، R_4 اور R_5 منتخب کریں۔

حل: چونکہ داخلی انحرافی برقی دباؤ کی قیمت معلوم ہونے کے باوجود اس کا رخ 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 یعنی گل 4 mV کی تبدیلی حاصل کر سکیں۔ ہم

R_4 کی قیمت حاصل کرتے ہیں۔ $R_3 = R_5 = 100 \text{ k}\Omega$

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

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

$$R_4 = 33.34 \Omega$$

ہم اس سے قدر زیادہ مراجحت منتخب کرتے ہیں مثلاً $R_4 = 100 \Omega$

آئیں دیکھیں کہ ان قیمتوں سے v_k میں کن حدود کے مابین تبدیلی ممکن ہے۔ R_4 کے متغیر سرے کو ایک جانب پورا گھما کر شکل الف میں دکھایا گیا ہے۔ اس صورت میں کرخوف کے قانون برائے برقی رو کی مدد سے ہم لکھ سکتے ہیں

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

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

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

اسی طرح اگر R_4 کو دوسری جانب پورا کھایا جائے تو

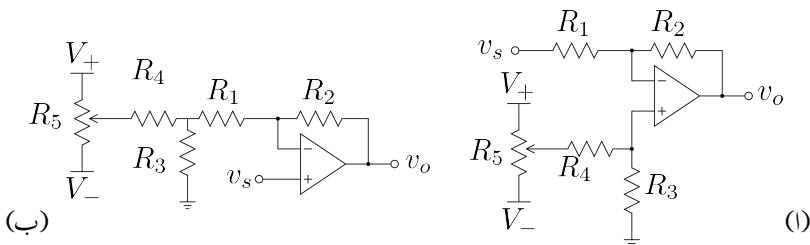
$$\frac{v_k - V_{CC}}{R_3 + R_4} + \frac{v_k - V_{EE}}{R_5} = 0$$

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

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

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

شکل 35.1 میں داخلی انحرافی برقی دباؤ سے پاک منقی اور ثبت ایکلینیک دکھائے گئے ہیں۔ ان ادوار میں $V_+ = 12 \text{ V}$ ، $R_5 = 50 \text{ k}\Omega$ ، $R_4 = 150 \text{ k}\Omega$ ، $R_3 = 100 \text{ }\Omega$ اور $V_- = -12 \text{ V}$ کی صورت میں $\pm 8 \text{ mV}$ کے داخلی انحرافی برقی دباؤ کا خاتمه ممکن ہو گا۔



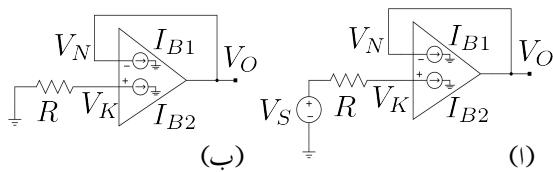
شکل 35.1: داخلی اخراجی برقی دباؤ سے پاک ایکپلینیٹر

2.7.1 داخلی برقی روکا مسئلہ

اگرچہ حسابی ایکپلینیٹر کی داخلی برقی رو I_B کی قیمت عموماً قبل نظر انداز ہوتی ہے البتہ کبھی کبھار نہیں تھا یا باریک اشارات کی قیمت بھی I_B کے لگ بھگ ہوتی ہے۔ ایسی صورت میں I_B کو نظر انداز کرنا ممکن نہیں ہوتا۔ اس طرح کے مجبوری کے علاوہ بھی ادوار بناتے وقت اگر I_B کو مد نظر رکھا جائے تو کچھ حرج نہیں۔ داخلی برقی رو یک سستی نوعیت کی ہوتی ہے۔ حسابی ایکپلینیٹر کے درست کارکردگی کے لئے یہ ضروری ہے کہ اس کے دونوں داخلی سروں پر یک سستی برقی رو کے لئے راستہ موجود ہو۔ آئیں دیکھتے ہیں کہ اس I_B کے بارے میں عموماً کیا کیا جاتا ہے۔

حسابی ایکپلینیٹر کی اندرونی ساخت کی وجہ سے اس کے داخلی سروں پر یک سستی برقی رو درکار ہوتی ہے۔ مزید یہ کہ دونوں داخلی سروں پر برقی رو کا رخ ایک ہی سست میں ہوتا ہے۔ اگر کسی ایک قسم کے ایکپلینیٹر میں برقی رو کا رخ داخلی سروں پر اندر کی جانب ہو تو کسی دوسرے قسم کے ایکپلینیٹر میں دونوں یک سستی داخلی برقی رو کا رخ باہر کی جانب ہو سکتا ہے۔ اس داخلی برقی رو جسے داخلی میلانہ برقی رو⁷⁸ کہتے ہیں کے مقدار کا دارومند ایکپلینیٹر کی ساخت پر ہوتا ہے۔ شکل 36.1 الف میں مستحکم کار دکھایا گیا ہے جہاں حسابی ایکپلینیٹر کے داخلی برقی رو I_{B1} اور I_{B2} کو منع مستقل برقی رو⁷⁹ تصور کیا گیا ہے۔ یک سستی داخلی اشارہ V_S کی قیمت صفر ہونے کی صورت میں شکل الف

input bias current⁷⁸
constant current source⁷⁹



شکل 36.1: داخلی برقی روکامسلہ

حاصل ہوتا ہے۔ مسختم کار کی خاصیت یہ ہے کہ یہ داخلی اشارہ کو بغیر تبدیلی خارج کرتا ہے۔ یوں ہم توچ رکھتے ہیں کہ $V_S = 0$ کی صورت میں $V_O = 0$ ہو گا مگر ایسا نہیں ہوتا۔ شکل الف پر غور کرنے سے معلوم ہوتا ہے کہ داخلی برقی رو کی وجہ سے

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

حاصل ہوتا ہے۔ $V_N = V_K$ ہونے سے

$$(68.1) \quad V_O = -I_{B2}R$$

حاصل ہو گا۔ جیسا کہ پہلے ذکر ہوا، چونکہ عام حالات میں داخلی میلانہ برقی رو کی قیمت نہایت کم ہوتی ہے لہذا اس برقی رو کو عموماً نظر انداز کرنا ممکن ہوتا ہے۔ اس وقت ہم کوئی ایسی ترکیب جاننا چاہیں گے کہ ناقابل نظر انداز داخلی میلانہ برقی رو کی صورت میں یہ دور $V_O = 0$ خارج کرے۔

شکل 37.1 میں مسختم کار کو ذرا تبدیل کرتے ہوئے اس میں مزاحمت R_1 شامل کیا گیا ہے۔ مسختم کار کی کارکردگی ایسا کرنے سے ہرگز متاثر نہیں ہوتی۔ اس دور میں بھی

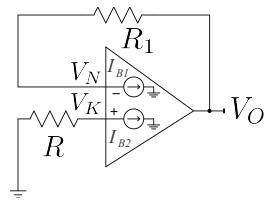
$$V_K = -I_{B2}R$$

اور

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

حاصل ہوتا ہے۔ البتہ R_1 پر اوہم کے قانون سے

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



شکل 37.1: داخلی برقی روکے مٹے کا حل

لکھا جا سکتا ہے جس سے

$$V_O = V_N + I_B1 R_1$$

($I_{B1} = I_{B2} = I_B$) قیمتیں برابر ہوں (تب ہم اس مساوات کو یوں لکھ سکتے ہیں۔

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

دور میں

(69.1)

$$R_1 = R$$

لینے سے $V_O = 0$ حاصل ہوتا ہے یعنی

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

پس ہم نے دیکھا کہ دور میں دونوں دخول پر یک سمتی برقی رو کے لئے برابر مزاحمت نسب کرنے سے داخلی میلانہ برقی رو کا مسئلہ حل ہو جاتا ہے۔

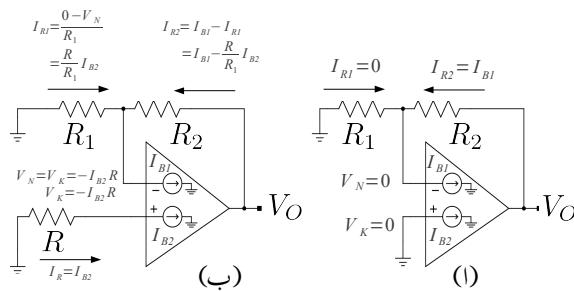
اگر $R_1 = R$ لیتے ہوئے اس حقیقت کو مد نظر رکھا جائے کہ دونوں داخلی برقی رو کے قیمتیں برابر نہیں ہوتیں تو اس صورت میں گزشتہ مساوات سے

(70.1)

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

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

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



شکل 38.1: منقی ایمپلیفائر میں مسئلہ داخلی برقی رو اور اس کا حل

ہوتا ہے لہذا مساوات 70.1 سے حاصل V_O کی قیمت مساوات 68.1 سے حاصل V_O کی قیمت سے زیادہ بہتر (یعنی کم) ہے۔

مثال 24.1: منقی ایمپلیفائر میں مسئلہ داخلی برقی دباؤ کی نشاندہی کریں اور اس سے پہنچنے کا حل دریافت کریں۔

حل: شکل 7.1 میں منقی ایمپلیفائر دکھایا گیا ہے جس میں داخلی اشارہ کی قیمت صفر کرنے سے شکل 38.1 الف حاصل ہوتا ہے۔ شکل-الف میں ثبت داخلی سرا برقی زمین کے ساتھ جڑا ہے لہذا $V_N = V_K = 0$ ہے اور یوں $V_N = V_K = 0$ ہو گا۔ $I_{R1} = 0$ ہونے کی وجہ سے $I_{R2} = I_{B1}$ ہو گا اور یوں منقی داخلی سرے کی داخلی برقی رو تمام کی تمام مزاحمت R_2 سے گزرے گی یعنی $I_{R2} = I_{B1}$ ہو گا۔ مزاحمت R_2 پر اُوہم کے قانون سے یوں حاصل ہوتا ہے۔

$$\begin{aligned}
 V_O - V_N &= I_{R2}R_2 \\
 V_O &= V_N + I_{R2}R_2 \\
 V_O &= 0 + I_{B1}R_2 \\
 V_O &= I_{B1}R_2
 \end{aligned}
 \tag{71.1}$$

شکل 38.1 ب میں ثبت داخلی سرے سے برقی زمین تک مزاحمت R جوڑ کر داخلی برقی رو کے مسئلے کو حل کرنے کی کوشش کی گئی ہے۔ جیسا شکل میں دکھایا گیا ہے

$I_R = I_{B2}$ ہونے کی وجہ سے $V_K = -I_{B2}R$ ہو گا۔ یوں منفی داخلی سرے پر بھی اتنا ہی برقی دباؤ ہو گا (یعنی $V_N = V_K = -I_{B2}R$)۔ مراجحت R_1 کا بایاں سرا برقی زمین پر ہے جب کہ اس کا دایاں سرے پر منفی برقی دباؤ ہے لہذا اس میں بائیں سرے سے دائیں سرے کی جانب برقی رو گزرنے گا

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

منفی داخلی سرے پر کرخوف کے قانون برائے برقی رو کی مدد سے I_{R2} یوں حاصل کیا جا سکتا ہے۔

$$I_{R1} + I_{R2} = I_{B1}$$

$$\frac{R}{R_1} I_{B2} + I_{R2} = I_{B1}$$

$$I_{R2} = I_{B1} - \frac{R}{R_1} I_{B2}$$

مراجحت R_2 پر اُوہم کا قانون استعمال کرتے ہوئے V_O حاصل کرتے ہیں۔

$$V_O - V_N = I_{R2} R_2$$

$$(72.1) \quad V_O = V_N + I_{R2} R_2$$

$$V_O = -I_{B2}R + \left(I_{B1} - \frac{R}{R_1} I_{B2} \right) R_2$$

اگر دونوں داخلی میلان برقی رو کی قیمتیں برابر ہوں یعنی $I_{B1} = I_{B2}$ تو اس مساوات سے حاصل ہوتا ہے۔

$$(73.1) \quad V_O = -I_B R + \left(I_B - \frac{R}{R_1} I_B \right) R_2 \\ = I_B \left(-R + R_2 - \frac{RR_2}{R_1} \right)$$

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

$$(74.1) \quad R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

پس منفی ایکلیفائز کے ثبت داخلی سرے اور برقی زمین کے درمیان متوالی جڑے R_1 اور R_2 کے برابر مزاحمت نسب کرنے سے داخلی میلان برقی رو کا مسئلہ حل ہو جاتا ہے۔

اگر دونوں داخلی میلان برقی رو برابر نہ ہوں تب مساوات 72.1 میں

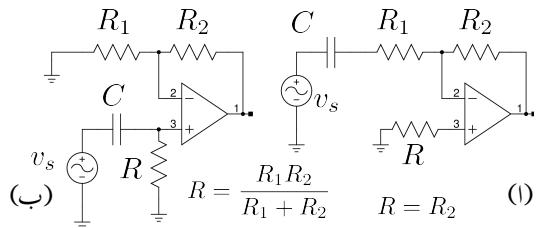
$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

لیتے ہوئے

$$(75.1) \quad V_O = (I_{B1} - I_{B2}) R_2$$

حاصل ہوتا ہے۔ یوں اس صورت میں اگرچہ داخلی میلان برقی رو کا مسئلہ پوری طرح حل نہیں ہوتا لیکن مساوات 71.1 کے ساتھ موازنہ کرنے سے (چونکہ $|I_{B1}| \gg |I_{B1} - I_{B2}|$ ہے) ہم دیکھتے ہیں کہ V_O میں خاطر خواہ کمی آتی ہے۔

ہم دیکھتے ہیں کہ حابی ایکلیفائز کے دونوں داخلی سروں پر یک سمتی میلان برقی رو کو برقی زمین تک پہنچنے کی خاطر برابر مزاحمت فراہم کرنے سے داخلی برقی رو کا مسئلہ حل ہوتا ہے۔ یہاں یک سمتی میلان برقی رو کے راستے کی بات کی گئی نہ کہ بدلتے برقی رو کے راستے کی۔ اس بات کی وضاحت شکل 39.1 کی مدد سے کرتے ہیں۔ یاد رہے کہ کپیسٹر میں یک سمتی برقی رو نہیں گزر سکتا اور یہ بالکل لامحدود مزاحمت کی طرح کردار ادا کرتا ہے۔ شکل 38.1 الف میں منفی ایکلیفائز دکھایا گیا ہے جس کا عمومی طور پر ثبت داخلی سرا برقی زمین کے ساتھ جڑا ہوتا ہے۔ منفی داخلی سرے کے یک سمتی میلان برقی رو کا برقی زمین تک راستہ R_2 ہے اور یوں ثبت داخلی سرے اور برقی زمین کے درمیان $R = R_2$ جوڑ کر داخلی میلان برقی رو کا مسئلہ حل کیا گیا ہے۔ شکل 38.1 ب میں ثبت ایکلیفائز دکھایا گیا ہے۔ یہاں اشارہ کو کپیسٹر کے ذریعہ ایکلیفائز کے ساتھ جوڑا گیا ہے جس سے اس داخلی سرے کے میلان برقی رو کو برقی زمین تک راستہ میر نہیں ہو گا اور یوں یہ ایکلیفائز کام کرنے سے قاصر ہے۔ اس کی صحیح کارکردگی کے لئے ضروری ہے کہ اس داخلی سرے سے برقی زمین تک یک سمتی میلان برقی رو کے لئے راستہ موجود



شکل 1.39: مسئلہ داخلی بر قی روکے چند مشالیں اور یک سمتی بر قی روکا بر قی زمین تک رسائی کا راستہ

ہو۔ چونکہ منفی داخلی سرے کے یک سمی میلان برقی رو کا برقی زمین تک راستہ R_1 اور R_2 کے ذریعہ ہے اور یک سمی میلان برقی رو کے نقطہ نظر سے یہ دونوں مزاحمت متوازی ہڑے ہیں لہذا ثابت داخلی سرے اور زمین کے درمیان مزاحمت

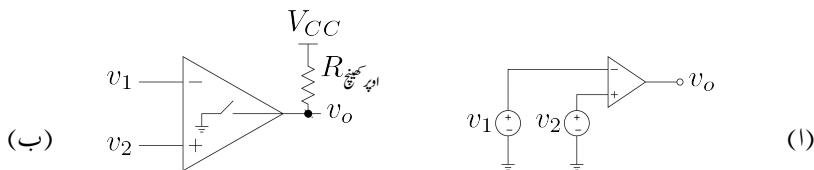
$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

نسب کر کے اس داخلی سرے کے یک سمی 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 بتلانا ضروری ہے کہ ثبت داخلی سرے اور زمین کے درمیان مزاحمت R نسب کرنے سے اس داخلی سرے کا داخلی مزاحمت کم ہوتا ہے جو کہ عموماً قابل برداشت نہیں ہوتا۔

موائزہ کار 8.1

شکل 40.1 اف کے حسابی ایکسپلیگیٹر میں $v_1 > v_2$ کی صورت میں v_o مکمل شب
یعنی V_{CC} پر ہو گا جبکہ $v_2 < v_1$ کی صورت میں v_o مکمل متغیر یعنی
 V_{EE} پر ہو گا۔ حسابی ایکسپلیگیٹر داخلی اشارات کا موازنہ کرتے ہوئے V_{CC} یا
خارج کرتا ہے۔ یہ عمل نہایت اہم ہے اور اس عمل کی رفتار تیز تر درکار ہوتی ہے۔ موازنہ
کار⁸⁰ ایسا مخلوط دور ہے جسے خاص اسی مقصد کے لئے تخلیق دیا گیا ہے۔

comparator⁸⁰



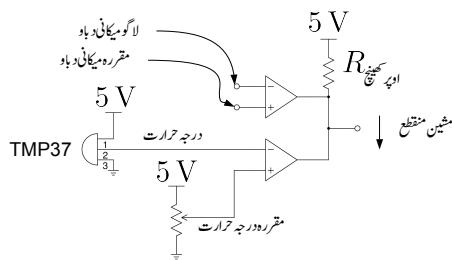
شکل 40.1: موازنہ کار

موازنہ کار کی علامت وہی ہے جو حسابی ایکلیپسیفار کی ہے۔ حسابی ایکلیپسیفار ثابت یا منفی اشارہ خارج کر سکتا ہے جبکہ موازنہ کار داخلی اشارات کا موازنہ کرتے ہوئے دو مختلف صورت اختیار کر سکتا ہے۔ ایک صورت میں یہ مقطوع ہو جاتا ہے جبکہ دوسری صورت میں یہ مقرر برتنی دباؤ خارج کرتا ہے جو عموماً 0V یا V_{EE} ہوتا ہے۔

موازنہ کار کی کارکردگی کو شکل الف میں دکھایا گیا ہے جہاں اس کے مکانہ خارجی صورت مقطوع ہو 0V یا $v_1 > v_2$ کی صورت میں سوچ مقطوع رہتا ہے جبکہ $v_1 < v_2$ کی صورت میں سوچ چالو ہو کر خارجی سرے کو برتنی زمین کے ساتھ جوڑتا ہے۔ خارجی سرے اور V_{CC} کے درمیان مزاحمت سخت اور R جوڑنے سے مقطوع صورت میں $v_o = V_{CC}$ حاصل کیا جا سکتا ہے۔

آئیں موازنہ کار کے استعمال کی ایک مثال دیکھیں۔

مثال 25.1: اس مثال میں چالو مشین کے درجہ حرارت اور اس میں میکانی دباؤ پر نظر رکھا جاتا ہے۔ اگر ان میں کوئی ایک یا دونوں مقررہ حد فسے تجاوز کریں تو مشین کو مقطوع کر دیا جاتا ہے۔ مشین اس وقت تک چالو رہتا ہے جب تک اسے چالو رکھنے والا 5V کا اشارہ ملتا رہے۔ مشین اسی دم مقطوع ہو جاتا ہے جب اسے مقطوع کرنے والا $v_o = 0V$ کا اشارہ ملے۔ مقطوع کر دینے والے اشارے کو نیر کے نشان سے دکھایا گیا ہے۔



شکل 41.1: موائزہ کار کی مثال

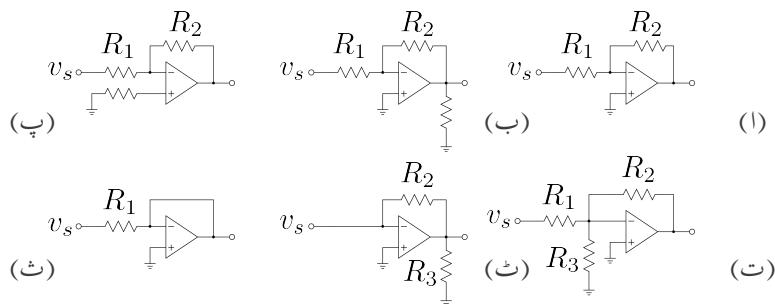
شکل 41.1 میں دو موائزہ کار متوازی جوڑے گئے ہیں۔ نچلے موائزہ کار کے منفی داخلی سرے پر ⁸¹TMP37 کا خارجی اشارہ جوڑا گیا ہے جسے شکل میں درج حرارت کہا گیا ہے۔ ایسا خطوط دور ہے جو درجہ حرارت کے راست تناسب برتنی دباؤ خارج کرتا ہے۔ 0°C پر 0V اور 100°C پر یہ 1V خارج کرتا ہے۔ اس کو 5V کی درکار طاقت مہیا کی گئی ہے۔ اسی موائزہ کار کے ثبت داخلی سرے پر قابل تبدیل مزاحمت نسب کی گئی ہے۔ قابل تبدیل مزاحمت پر نسب بیچ کو گھماتے ہوئے موائزہ کار کے ثبت داخلی سرے پر 0V تا 5V برتنی دباؤ دیا جا سکتا ہے جسے شکل میں مقررہ درجہ حرارت کہا گیا ہے۔ مقررہ درجہ حرارت کو 0.5V پر رکھا گیا ہے۔ 50°C پر TMP37 اشاریہ پانچ 0.5V خارج کرے گا۔

موائزہ کار اس وقت تک منقطع رہے گا جب تک درجہ حرارت 50°C سے کم رہے۔ جیسے ہی درجہ حرارت اس حد سے تجاوز کرے، موائزہ کار $v_o = 0\text{V}$ خارج کرتے ہوئے مشین کو منقطع کر دیگا۔

شکل میں دکھائے دوسرے موائزہ کار کو بھی اسی طرح استعمال کیا گیا ہے۔ اس کا ثبت داخلی سرے کو مقررہ میکانی دباؤ کے حد پر رکھا جاتا ہے جبکہ اس کے منفی داخلی سرے کو مشین میں پائے جانے والے میکانی دباؤ کا اشارہ مہیا کیا جاتا ہے۔ جیسے ہی میکانی دباؤ مقررہ حد سے تجاوز کرے، موائزہ کار خارجی اشارے v_o کو نیچے کھینچ کر برتنی زمین 0V پر لاتے ہوئے مشین کو منقطع کر دیگا۔

آپ دیکھ سکتے ہیں کہ دونوں موازنہ کار خارجی اشارے کو صرف بر قی زمین پر لانے کی صلاحیت رکھتے ہیں۔

اسی طرح مزید موازنہ کار متوازی جوڑتے ہوئے دیگر متغیرات پر نظر رکھی جا سکتی ہے۔



شکل 42.1: حسابی متفہ ایمپلیفیاٹر کے سوالات

سوالات

سوال 1.1: شکل 42.1 میں

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

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

ہیں۔

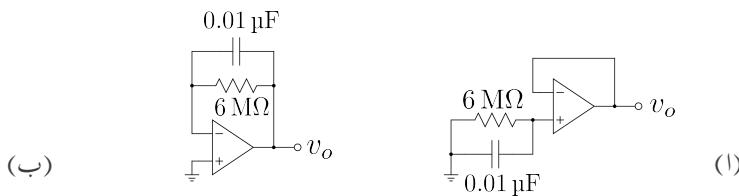
- کامل حسابی ایمپلیفیاٹر تصور کرتے ہوئے ان تمام ادوار کے داخلي مزاحمت اور خارجي اشارے حاصل کریں۔
- غیر کامل حسابی ایمپلیفیاٹر تصور کرتے ہوئے دوبارہ حل کریں۔ غیر کامل حسابی ایمپلیفیاٹر کے جزو

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

ہیں۔

جوابات: داخلي مزاحمت: $10 \text{ k}\Omega$, $10 \text{ k}\Omega$ اور 0Ω اور 0 V خارجي اشارہ: -12 V , -10 V , -10 V , -10 V , -10 V اور 0 V

سوال 2.1: کامل حسابی ایمپلیفیاٹر تصور کرتے ہوئے $10 \text{ M}\Omega$ سے کم مزاحمت کے استعمال سے صفحہ 17 پر دیے شکل 7.1 کے طرز پر منفی حسابی ایمپلیفیاٹر تخلیق دیں۔



شکل 43.1: حسابی ایکلیپسینگر کے میلان برقی روکا حصول

سوال 3.1: $A_v = -25 \frac{V}{V}$ کی صورت میں R_2 ، R_1 اور زیادہ سے زیادہ ممکنہ داخلی مزاحمت کیا ہو گی۔

جوابات: $A_v = -1000 \frac{V}{V}$ کی صورت میں زیادہ سے زیادہ ممکنہ داخلی مزاحمت کیا ہو گی۔

سوال 3.2: $R_2 = 10 k\Omega$ اور $R_1 = 400 k\Omega$ ، $R_2 = 10 M\Omega$ اور $R_1 = 400 k\Omega$ جوابات:

سوال 3.1: $A_v = -1000 \frac{V}{V}$ سے کم مزاحمت استعمال کرتے ہوئے کا منقی ایکلیپسینگر بنانے سے زیادہ سے زیادہ ممکنہ داخلی مزاحمت صرف 200Ω حاصل ہوتی ہے۔ صفحہ 24 پر دیے شکل 10.1 کے طرز پر ایکلیپسینگر بنائیں جس کی داخلی مزاحمت زیادہ سے زیادہ ہو۔

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

سوال 4.1: حسابی ایکلیپسینگر کی میلان برقی رو حاصل کرنے کی خاطر شکل 43.1 استعمال کیا جاتا ہے۔ کپسیٹر کے استعمال سے برقی شور کا خاتمه ہوتا ہے۔

سوال 4.2: شکل-الف میں $V_o = -1.21 V$ جبکہ شکل الف میں $V_o = -1.21 V$ پایا جاتا ہے۔ ثابت داخلی سرے کی میلان برقی رو I_{B1} اور منقی داخلی سرے کی میلان برقی رو I_{B2} اور ان کی سمتیں حاصل کریں۔

I_{B1} اور I_{B2} سے انحراف برقرار رو حاصل کریں۔

0. ایک حسابی ایمپلینیٹر جس کی میلان برقی رو 100nA کے لگ بھگ ہے کی مکمل درست میلان برقی رو حاصل کرنے کی خاطر شکل کو استعمال کیا جاتا ہے۔ قابل 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۔

جوابات: 200nA ، 201.66nA ، $15\text{M}\Omega$ ، داخلي سروں سے باہر جانب،

- سوال 5.1: عفت بریخنہ نے انجنئرنگ کے آخری سال میں آلاتی ایمپلینیٹر کو استعمال کرتے ہوئے برقی قلبے نگار⁸² بنانے کا منصوبہ بنایا۔ پہلے مرحلے میں انہوں نے شکل 26.1 میں $R_3 = R_4 = 39\text{k}\Omega$ اور $R_2 = 2.5\text{k}\Omega$ ، $R_1 = 250\Omega$ کو رکھ کر دائیں ہاتھ کی کلامی کو v_1 جبکہ باعیں ہاتھ کی کلامی کو v_2 کے ساتھ جوڑا۔ ایسا کرنے کی خاطر ہم محویہ تمار⁸³ استعمال کئے گئے جن کی بیرونی تابی کی چادر کو دور کے برقی زمین کے ساتھ جوڑا گیا تا کہ تار میں حساس اشارات پر بیرونی نالپندیدہ برقی شور کے اثرات کم سے کم کئے جائیں۔ دیاں ٹھنڈے بھی برقی زمین کے ساتھ جوڑا گیا جس سے 50Hz کا برقی شور نہیت کم ہو جاتا ہے۔ حساس اشارات میں واپڈا کے 50Hz کا شور عموماً پایا جاتا ہے جس سے نپٹا ضروری ہوتا ہے۔

انہوں نے دیکھا کہ v_o پر دل کی دھڑکن کی چوٹی 0.6V تھی۔

- 0. اصل اشارہ $v_2 - v_1$ کی قیمت دریافت کریں۔
- 0. دل کا کون سا طرف دھڑکتے وقت ثبت برقی دباؤ پر تھا۔

- سوال 6.1: برقی قلب نگار میں برقی شور کے مسئلہ پر تحقیق کرنے کی خاطر عفت نے سائنس نما داخلي اشارے کے حیطے کو سو گنا بڑھانے کی خاطر شکل 7.1 میں دکھائے مفہی حسابی ایمپلینیٹر استعمال کیا جس میں $R_1 = 1\text{k}\Omega$ اور $R_2 = 100\text{k}\Omega$ رکھے

⁸² ecg
⁸³ co-axial cable

گئے۔ بغیر زیادہ غور کئے لمبیض⁸⁴ پر دیکھا گیا کہ $0.1V$ کا اشارہ بڑھاتے وقت دور نہایت عمدگی سے کام کرتے ہوئے $10V$ خارج کرتا ہے۔ عفت نے امید رکھی کہ $10mV$ کے اشارے کو بھی دور خوش اسلوبی سے بڑھاتے ہوئے $1V$ خارج کرے گا۔ لمبیض میں غور سے دیکھتے ہوئے معلوم ہوا ہے کہ خارجی اشارے کی ثابت چوٹی $1.2V$ جبکہ اس کی منقی چوٹی $-0.8V$ پر تھی۔

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

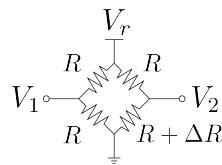
• اگر مسئلہ میلارٹر فرقہ رو کی وجہ سے پیدا ہوا ہو تو حسابی ایمپلیفائر کے ثبت داخلی سرے پر کتنی مزاحمت نسب کرنے سے مسئلہ حل ہو گا۔

• ثبت داخلی سرے پر درکار مزاحمت نسب کرنے سے $v_s = 0V$ کی صورت میں $v_o = 0.19V$ حاصل ہوتا ہے۔ یوں میلارٹر فرقہ رو کی وجہ سے خارجی اشارے میں $10mV$ کا فرق پیدا ہو رہا تھا۔ میلارٹر فرقہ رو کی قیمت حاصل کریں۔

• توقع کی جاتی ہے کہ بقايا $v_o = 0.19V$ داخلی انحرافی بر قی دباؤ کی وجہ سے ہے۔ استعمال کئے گئے حسابی ایمپلیفائر کی داخلی انحرافی بر قی دباؤ V_{OS} حاصل کریں۔

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

سوال 7.1: مال لادنے سے پہلے اور لادنے کے بعد ٹرک کا وزن کرتے ہوئے لدے گئے مال کا وزن حاصل کیا جاتا ہے۔ ٹرک کا وزن نانپے کی خاطر لوڈ سیل⁸⁵ استعمال کیا جاتا ہے جو در حقیقت ویٹ سٹوون چکور⁸⁶ پر مشتمل ہوتا ہے۔ ویٹ سٹوون چکور⁸⁷ کو شکل 44.1 میں دکھایا گیا ہے۔ عام صورت میں اس کے چاروں مزاحموں کی قیمت برابر R ہوتی ہے۔ وزن پڑنے پر ان میں سے ایک مزاحمت کی مزاحمت تبدیل ہو کر $R + \Delta R$ ہو جاتی ہے۔ ویٹ سٹوون چکور سے اشارات V_1 اور V_2 حاصل کرتے ہوئے آلاتی ایمپلیفائر کو مہیا کئے جاتے ہیں جو ان میں نہایت باریک فرق $V_2 - V_1$ کو بڑھا کر



شکل 44.1: ویٹ سٹون چکور

خارج کرتا ہے۔ ویٹ سٹون چکور کو آلاتی ایکلیفائر کے ساتھ جوڑ کر خارجی اشارہ v_o کی مساوات حاصل کریں۔ آلاتی ایکلیفائر کو صفحہ 58 پر شکل 1 9.5.1 میں دکھایا گیا ہے۔

جواب: ویٹ سٹون چکور کا

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

کے برابر ہے۔ اس کو آلاتی ایکلیفائر کی افزائش 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 8.1: شبت حابی ایکلیفائر میں رکھے $R_2 = 14.7 \text{ k}\Omega$ اور $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$ اور $v_s = 0.5 \text{ V}$ اشارے پر متوقع ہے۔ مزاحمتوں کے قیتوں میں $\pm 5\%$ غلطی کے نتائج کی صورت میں

v_o کے ممکنے حدود حاصل کریں۔

oscilloscope⁸⁴
load cell⁸⁵
Wheatstone bridge⁸⁶
⁸⁷ ویٹ سٹون چکر کا نام چار اس ویٹ سٹون سے منو شہ بے جنبوں نے اس کا استعمال عام بنایا

- کل غلطی اصل جواب کے کتنے فی صد ہے۔
- اگر کل غلطی کو 5% سے کم رکھا جائے تو مزاحموں کے قیمت میں زیادہ سے زیادہ کتنے فی صد غلطی قابل برداشت ہو گی۔

جوابات: خارجی اشارہ $V_o = 7.15 \text{ V}$ تا 8.62368 V ممکن ہے۔ زیادہ سے زیادہ اس وقت حاصل ہو گا جب R_2 کی قیمت 5% زیادہ اور R_1 کی قیمت $\pm 1.33\%$ کم ہو۔ کل غلطی 18.77% ہے۔

سوال 9.1: غیر کامل حسابی ایمپلیفائر استعمال کرتے ہوئے منقی حسابی ایمپلیفائر بنایا جاتا ہے جس میں $R_1 = 5 \text{ k}\Omega$ اور $R_2 = 50 \text{ k}\Omega$ رکھے جاتے ہیں۔ غور کرنے پر معلوم ہوتا ہے کہ $\frac{v_o}{v_s} = -9.99 \frac{\text{V}}{\text{V}}$ حاصل ہوا ہے۔ کامل حسابی ایمپلیفائر کا مساوی دور استعمال کرتے ہوئے حسابی ایمپلیفائر کی A_d حاصل کریں۔

$$\text{جوابات: } A_d = 10989 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

سوال 10.1: صفحہ 27 پر مزاحمت نما ایمپلیفائر دکھایا گیا ہے۔ $A_d \rightarrow \infty$ صورت میں مزاحمت نما ایمپلیفائر کی $\frac{v_o}{i_s} = -R$ کے برابر ہوتی ہے۔ محدود A_d کی صورت میں حسابی ایمپلیفائر کے کامل مساوی دور کے استعمال سے $\frac{v_o}{i_s}$ اور داخلی مزاحمت حاصل کریں۔

$$R_{\text{داخلی}} = \frac{R}{A_d + 1}, \quad \frac{v_o}{i_s} = -\frac{A_d R}{A_d + 1} \quad \text{جوابات:}$$

سوال 11.1: ایک منقی حسابی ایمپلیفائر جس کی $A_d = 60000 \frac{\text{V}}{\text{V}}$ ہو خطی خطے میں رہتے ہوئے 12 V خارج کر رہا ہے۔ کامل مساوی دور استعمال کرتے ہوئے منقی داخلی سرے پر برقی دباؤ حاصل کریں۔ اگر $A_d = 1000 \frac{\text{V}}{\text{V}}$ ہوتا تب جواب کیا ہوتا۔

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

سوال 12.1: لامحدود A_d کی صورت میں منقی حسابی ایمپلیفائر کی حاصل ہوتی ہے۔

• محدود A_d کی صورت میں صفحہ 12 پر شکل 4.1 میں دیے کامل مساوی دور استعمال کرتے ہوئے A_v حاصل کریں۔

• لا محدود A_d کے جواب کی نسبت سے A_v میں غلطی کافی حد حاصل کریں۔

$$\text{کی صورت میں } A_d = 10000 \frac{V}{V} \cdot \frac{R_2}{R_1} \text{ میں } 0.1\% \text{ میں غلطی } A_v$$

• $A_d = 10000 \frac{V}{V}$ کی صورت میں $R_1 = 9 k\Omega$ رکھتے ہوئے $R_2 = 50 \frac{V}{V}$ باتل برابر ہو۔ اگر ایمپلینیٹر میں $R_1 = 180 \Omega$ پہلے سے نسب ہو تو R_1 کے متوازی کتنی مزاحمت جوڑنے سے باکل صحیح درکار R_1 حاصل ہوتی ہے۔

جوابات: $\frac{R_2}{R_1} = \frac{1}{0.111} \approx 9.009$ ، $A_v = \frac{-A_d R_2}{1 + R_1(A_d + 1)}$ ۔ آخری جواب سے ظاہر ہے کہ $A_v = -9 \frac{V}{V}$ سے زیادہ افزائش پر فرق 0.1% سے زیادہ ہو گا۔ $R_1 = 179.9819 \Omega$

سوال 13.1: صفحہ 43 پر تکمیل کار دکھایا گیا ہے۔ اس میں اور $R = 14.7 k\Omega$ رکھیں۔ حابی ایمپلینیٹر کی داخلی انحرافی برقی دباؤ $V_{OS} = 2 mV$ ہونے کی وجہ سے خارجی اشارہ صفر ولٹ سے کتنی دیر میں $V_{EE} = -12 V$ یا $V_{CC} = 12 V$ یا $C = 0.01 \mu F$ تک پہنچ جائے گا۔ اگر $C = 0.1 \mu F$ کر دیا جائے تو جواب کیا ہو گا۔

جواب: $0.882 s$ ۔ $8.82 s$ ۔ ان جوابات سے آپ دیکھ سکتے ہیں کہ داخلی اشارے کی عدم موجودگی یعنی $v_s = 0$ کی صورت میں تکمیل کار صفر ولٹ خارج نہیں کرتا بلکہ خارجی اشارہ تکمیل ثابت یا تکمیل منفی جانب پہنچنے کی کوشش کرتا ہے۔ RC کی قیمت بڑھا کر v_o کی رفتار آہستہ کرتے ہوئے اس عمل کو دیکھنے کی وضاحت دوسرا جزو میں کی گئی۔

ایسا بدلتا داخلی اشارہ جس کے ثبت اور منفی حصے برابر ہوں کے ایک چکر کا اوسط صفر ہوتا ہے۔ تکمیل کار ایسے اشارے کا تکمیل لیتے ہوئے V_{OS} کا بھی تکمیل لیتا ہے۔ نتیجتاً

تمکمل کار کا خارجی اشارہ اوستھا صفر ولٹ پر نہیں رہتا بلکہ اس کی ثبت چوٹی V_{CC} یا منفی چوٹی V_{EE} پر رہتے ہوئے یہ داخلی اشارے کا تمکمل لیتا ہے۔

سوال 14.1: صفحہ 70 پر عدد ۱۵ سے ماثل کار دکھایا گیا ہے۔ ۱۵₁₀ سرول پر ۱۲V خارج کرنے کی خاطر R' کی قیمت حاصل کریں۔ اس صورت ۹₁₀ پر کتنی مماثل برقی دباؤ خارج کیا جائے گا۔

جواب: ۱۵₁₀ در حقیقت 1111_2 کو ظاہر کرتا ہے۔ $R' = 1.28R$ در کار قیمت ہے۔ ۹₁₀ پر $v_o = -7.2 \text{ V}$ خارج کیا جائے گا۔

سوال 15.1: چالو ٹریکٹر پر بیٹھے ڈرائیور سے ٹی وی پر نشیات کی خاطر سوال و جواب کیا جاتا ہے۔ ٹریکٹر کی شور کو ختم کرنے کی خاطر دو ماںک کا استعمال کیا جاتا ہے۔ ایک ماںک کو ڈرائیور کے منہ سے دو فٹ کے فاصلے پر جبکہ دوسرا کے قریب رکھا جاتا ہے۔ دور ماںک صرف ٹریکٹر کا شور سنتے ہوئے v_{s1} اشارہ خارج کرتا ہے جبکہ قریب ماںک ٹریکٹر کے شور کے ساتھ ساتھ ڈرائیور کی گفتگو بھی حاصل کرتے ہوئے اشارہ v_{s2} خارج کرتا ہے۔ ٹریکٹر کے شور کو $V_t \cos \omega_t t$ جبکہ ڈرائیور کے گفتگو کو $V_d \cos \omega_d t$ لکھتے ہوئے

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

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

اشارات حاصل ہوتے ہیں۔ صفحہ 48 پر دکھائے منفی کار استعمال کرتے ہوئے شور سے پاک اشارہ حاصل کریں۔

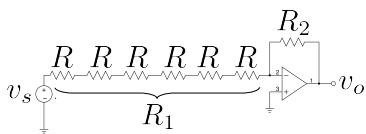
جواب: تمام مزاحمت برابر قیمت کے رکھیں۔

سوال 16.1: سوال 15.1 کے سوال و جواب لیتے وقت دیکھا گیا کہ ذور ماںک میں نسبتاً زیادہ شور پایا جاتا ہے۔ یوں

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

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

اشارات حاصل ہوتے ہیں۔ حل تجویز کریں۔



شکل 45.1: بلند برقی دباؤ کے اشارے کا حصول

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

سوال 17.1: لوہا گھٹلانے والی بھٹی تخلیق دیتے وقت معلوم ہوا کہ 3kV سے زیادہ برقی دباؤ پر مسائل پیدا ہوتے تھے۔ برقی دباؤ کو 3kV سے کم رکھنے کی خاطر برقی دباؤ کا واپسی اشارہ درکار ہے۔ واپسی اشارے کو شکل 45.1 کے منفی ایکلیفیٹر میں $R_2 < R_1$ رکھتے ہوئے حاصل کیا جاتا۔ 3kV پر 6V کا اشارہ درکار ہے۔ کسی بھی مزاحمت میں 30mW سے زیادہ برقی طاقت ضائع نہیں ہونا چاہئے۔

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

سوال 18.1: $V_{EE} = -12 \text{ V}$ اور $V_{CC} = 12 \text{ V}$ ، $R_1 = 2 \text{ k}\Omega$ ، $R_2 = 10 \text{ k}\Omega$ رکھتے ہوئے منفی حسابی ایکلیفیٹر کے داخلی سائنس نما اشارے کی زیادہ سے زیادہ چوٹی کیا ہو گی جس پر ایکلیفیٹر نظری نظری میں رہتا ہو۔ ثابت ایکلیفیٹر کے لئے بھی جواب حاصل کریں۔

$$2 \text{ V} \quad \text{اور} \quad 2.4 \text{ V} \quad \text{جوابات:}$$

سوال 19.1: مستطیل پتے اشارات⁸⁸ کے دورانیہ چوٹی⁸⁹ سے مراد اشارے کا 10% سے 90% چوٹی تک پہنچنے کا دورانیہ ہے۔ اسی طرح دورانیہ اترانہ⁹⁰ سے مراد اشارے کا چوٹی کے 90% سے 10% تک پہنچنے کا دورانیہ ہے۔

5V چوٹی اور $1 \mu\text{s}$ دورانیہ عرصے⁹¹ والا چکور اشارہ⁹² مستحکم کار کو فراہم کیا جاتا ہے۔ دورانیہ چوٹی اور دورانیہ اترانہ کا مجموعہ دورانیہ عرصے کے 5% سے کم ہونا درکار ہے۔ رفتار پالٹھ حاصل کریں۔

pulses⁸⁸
rise time⁸⁹
fall time⁹⁰
time period⁹¹
square wave⁹²

جواب: $160 \frac{V}{\mu s}$

سوال 20.1: صفحہ 57 پر بجھ و منفج کار دکھایا گیا ہے۔ بجھ و منفج کار کے ثبت داخلی سروں سے جڑے v_{j1} تا v_{js} کو قصر دور کرتے ہوئے مزاحمت R_{j1} تا R_{js} کے داخلی سرے برقی زمین کے ساتھ جوڑتے ہوئے دور کا خارجی اشارہ v_{om} حاصل کریں۔ اسی طرح منفج داخلی سرے قصر دور کرتے ہوئے دور کا خارجی اشارہ v_{oj} حاصل کریں۔ تمام داخلی اشارات کے موجودگی میں خارجی اشارہ $v_{oj} + v_{om}$ کے برابر ہو گا۔ اس طرح مساوات 55.1 حاصل کریں۔

سوال 21.1: لامحدود A_d کی صورت میں مشتمل کار کا خارجی اشارہ اس کے داخلی اشارے کے برابر ہوتا ہے۔ $A_d = 1000 \frac{V}{V}$ اور $A_d = 10000 \frac{V}{V}$ کی صورت میں خارجی اشارہ کتنے فی صد کم یا زیادہ ہو گا۔

جوابات: خارجی اشارہ $9.999 \times 10^{-3} \%$ ، 0.0999% فی صد کم ہو گا۔

سوال 22.1: منفج کار اور بجھ کار میں تمام 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 بغیر حساب و کتاب کے بتلائیں۔

جوابات: $2R$ ، R ، اور R

سوال 23.1: صفحہ 48 پر منفج کار دکھایا گیا ہے۔ مساوات 53.1 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 منفج کار کو مہیا کئے جاتے ہیں جہاں v_m کو مشترکہ اشارہ⁹³ جبکہ v_f کو تفرقہ اشارہ⁹⁴ کہتے ہیں۔ خارجی مساوات کو

$$(76.1) \quad v_o = A_s v_m + A_{\text{شترک}} v_f$$

common mode signal⁹³
differential mode signal⁹⁴

صورت میں لکھیں۔ مشترکہ افراش تقسیم تفرق افراش کو مشترکہ اشارہ رد کرنے کے صلاحیتے⁹⁵ CMRR کہتے ہیں۔ ثابت کریں کہ

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

کے برابر ہے۔

سوال 24.1: منفی کار بناتے وقت $\frac{R_2}{R_1} = \frac{R_3}{R_4}$ رکھا جاتا ہے جس سے اس کی مشترکہ اشارہ رد کرنے کے صلاحیتے کی قیمت لاحدہ حاصل ہوتی ہے۔ حقیقی مزاجتوں کی قیمت ان کے پکارے گئے قیمتوں سے اوپر نیچے ہوتیں ہیں۔ سوال 23.1 میں حاصل جواب کو استعمال کرتے ہوئے ثابت کریں کہ ایسی صورت میں کم سے کم مشترکہ اشارہ رد کرنے کے صلاحیتے کی قیمت $A = \frac{R_2}{R_1} = \frac{R_4}{R_3}$ کے برابر ہو گی جہاں $A = \frac{A+1+\epsilon^2}{4\epsilon}$ کے برابر ہے اور مراجحت کے قیمتوں میں غلطی کے لئے $\epsilon = 0.05$ 5% ہو گا۔

سوال 24.2: $R_2 = R_4 = 21\text{k}\Omega$ اور $R_1 = R_3 = 1\text{k}\Omega$ کی صورت میں اگر مزاجتوں کے قیمتوں میں $\pm 5\%$ غلطی کی گنجائش ہو تو مشترکہ اشارہ رد کرنے کے صلاحیتے کی قیمت کیا حاصل ہو گی۔ $\pm 0.1\%$ کی صورت میں جواب کیا ہو گا۔

جوابات: 5500، 110، 110

سوال 25.1: $V_{\text{out}} = 10.5V \pm 12V$ پر چلنے والے ایک حسابی ایکلینیفار کا خارجی اشارہ $-10.5V$ تا $10.5V$ بغیر گٹرے تبدیل ہو سکتا ہے۔ اسے استعمال کرتے ہوئے $A_v = -40 \frac{V}{V}$ کا منفی حسابی ایکلینیفار بنایا جاتا ہے۔ داخلی اشارے کی وہ چوتھی V_p حاصل کریں جس پر خارجی اشارہ گٹر جائے گا۔

جواب: $|V_p| > 0.2625V$

باب 2

ڈائیوڈ

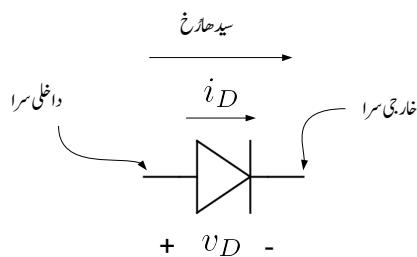
الکٹرانک پر زہ جات میں ڈائیوڈ کلیدی مقام رکھتا ہے۔ ڈائیوڈ کی علامت شکل 1.2 میں دکھائی گئی ہے۔ ڈائیوڈ کی خاصیت یہ ہے کہ اس کے دو سروں کے مابین، برقی رو صرف ایک رُخ میں گزر سکتی ہے۔ ڈائیوڈ کی علامت میں تیر کا نشان اسی رُخ کو ظاہر کرتا ہے۔ اس رُخ کو ڈائیوڈ کا سیدھا رُخ کہتے ہیں۔ ڈائیوڈ کے دو اہم اقسام سلیکان ڈائیوڈ اور جرمینیم ڈائیوڈ ہیں۔ سلیکان ڈائیوڈ کے خصوصیات جرمینیم 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 دو سروں کے مابین برقی دباؤ v_D اور ڈائیوڈ میں سیدھے رُخ برقی رو i_D کو نانپنے کا درست طریقہ اسی شکل میں دکھایا گیا ہے۔ ڈائیوڈ کے کارکردگی کی مساوات مندرجہ ذیل ہے۔

$$(1.2) \quad i_D = I_S \left(e^{\frac{qv_D}{nkT}} - 1 \right)$$

اس مساوات میں حرارتی برقی دباؤ¹ V_T کو

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

¹ diode¹
² thermal voltage²



شکل 1.2: ڈائیوڈ کی علامت

لکھتے ہوئے مساوات کو عموماً یوں لکھا جاتا ہے

$$(3.2) \quad i_D = I_S \left(e^{\frac{v_D}{nV_T}} - 1 \right)$$

جہاں

 I_S لبرینچ برقہ رو³ q الکٹرون کا برقہ بار⁴ k بولٹزمن⁵ کا مستقل T کیلوانچ پیاکش حرارت⁶ V_T حرارتی برقہ دباؤ

n اڑامچ جزو⁷ جس کی قیمت ایک تا دو ہوتی ہے۔ مخلوط ادوار میں بنائے گئے ڈائیوڈ کا عموماً $n = 1$ جبکہ انفرادی دو سروں والے ڈائیوڈ کا $n = 2$ ہوتا ہے۔ اس کتاب میں $n = 1$ تصور کیا جائے گا۔

saturation current³charge⁴Boltzmann constant⁵Kelvin⁶emission coefficient⁷

لیتے ہوئے $n = 1$

$$(4.2) \quad i_D = I_S \left(e^{\frac{v_D}{V_T}} - 1 \right)$$

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

مثال 1.2: مندرجہ ذیل حرارت پر حرارتی برتنی دباؤ V_T کی قیمت حاصل کریں۔

1. پانی الٹنے کے درجہ حرارت یعنی 100°C پر
2. پانی مجمد ہونے کے درجہ حرارت یعنی 0°C پر
3. تیس ڈگری سیلیسیس یعنی 27°C پر

حل:

1. پانی سو ڈگری سیلیسیس یعنی 100°C پر البتا ہے۔ اس درجہ حرارت جو کہ ڈگری سنتی گریڈ یا ڈگری سیلیسیس $^\circ\text{C}$ میں ہے کو کیلوین K حرارتی پیکاش میں تبدیل کرتے ہیں۔ چونکہ $K = {}^\circ\text{C} + 273$ ہوتا ہے لہذا V_T کی قیمت پر درکار ہے۔ یوں

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

2. پانی صفر ڈگری سیلیسیس یعنی 273K پر مجمد ہوتا ہے۔ اس حرارت پر

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

کے برابر ہے۔ 23.6 mV یعنی

Celsius^8

3. تین ڈگری سلسلیس میں ہے عام زندگی کا رہائشی درجہ حرارت لیا جاتا ہے پر حرارتی برقی 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 ڈائیوڈ کی مساوات میں حرارتی برقی دباؤ کو 25 mV لیا جاتا ہے جسے یاد رکھنا قدر آسان ہے یعنی

$$(5.2) \quad V_T = 25 \text{ mV}$$

مثال 2.2: ایک ایسے ڈائیوڈ جس کا برابر ہو کی برقی دباؤ ان برقی رو پر حاصل کریں۔

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

$$i_D = 10 \text{ mA} .2$$

$$i_D = 100 \text{ mA} .3$$

حل: مساوات 3.2 میں لیتے ہوئے

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

$$v_D = V_T \ln \left(\frac{i_D}{I_S} + 1 \right) = 0.025 \times \ln \left(\frac{10 \times 10^{-3}}{5.1 \times 10^{-15}} + 1 \right) = 0.708 \text{ V} .2$$

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

مثال میں دئے ڈائیوڈ سے گزرتے ثبت برقی رو i_D کی قیمت سو گتھے سے اس کے برقی دباؤ v_D کی قیمت $0.65V$ سے بڑھ کر $0.767V$ ہوئی۔ یہ ایک نہایت اہم اور عمومی نتیجہ ہے جسے استعمال کرتے ہم عام طور ایک ایسے سلیکان ڈائیوڈ جس میں سیدھے رُخ برقی رو کا بہاؤ ہو، کے دو سروں کے مابین برقی دباؤ کو $0.7V$ ہی تصور کرتے ہیں یعنی

$$(6.2) \quad v_D = 0.7V$$

یہاں بتاتا چلوں کہ سیدھے مائل جرمینیم ڈائیوڈ⁹ پر $0.2V$ پائے جاتے ہیں۔

مساوات 3.2 میں $I_S = 5.1 \times 10^{-15} A$ لیتے ہوئے اسے ثبت برقی دباؤ کے لئے شکل 2.2 میں گراف کیا گیا ہے جہاں افتنی محور پر v_D کو ولٹ میں اور عمودی محور پر i_D کو ایمپیر میں دکھایا گیا ہے۔ اس گراف سے واضح ہے کہ $0.5V > v_D > 0V$ کے احاطے میں ڈائیوڈ سے گزرتی برقی رو قابل نظر انداز ہے۔ اگرچہ جب بھی $v_D > 0V$ ہو ڈائیوڈ کو سیدھا مائل¹⁰ تصور کیا جاتا ہے، حقیقت میں ڈائیوڈ کو $v_D > 0.5V$ کی صورت میں ہی پالو تصور کیا جاتا ہے۔ یوں $v_D = 0.5V$ کو ڈائیوڈ کی پالوبر قدر دباؤ¹¹ کہتے ہیں۔ چالو ڈائیوڈ کی مساوات میں چونکہ

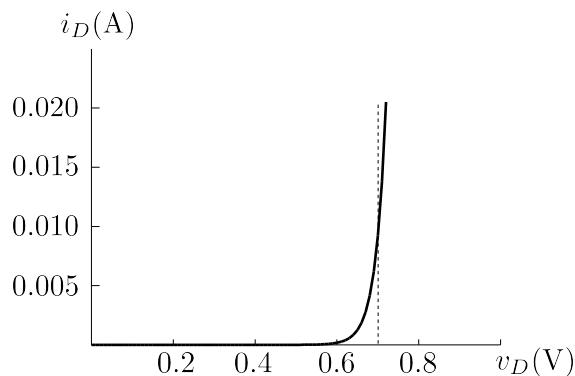
$$e^{\frac{v_D}{V_T}} >> 1$$

ہوتا ہے لہذا چالو ڈائیوڈ کی مساوات یوں لکھی جا سکتی ہے۔

$$(7.2) \quad i_D \approx I_S e^{\frac{v_D}{V_T}}$$

شکل 2.2 میں $0.7V$ پر نقطہ دار لکیر لگا کر اس بات کی وضاحت کی گئی ہے کہ سیدھے مائل ڈائیوڈ کی برقی دباؤ v_D تقریباً $0.7V$ ولٹ رہتی ہے۔ ڈائیوڈ پر سیدھے رُخ برقی دباؤ کو سیدھے رُخ ڈائیوڈ پر برقی دباؤ کا گھٹناو کہتے ہیں جسے عموماً چھوٹا کر کے سیدھا برقی دباؤ کا گھٹناو یا مزید چھوٹا کر کے صرف سیدھا گھٹناو کہتے ہیں۔ یوں ڈائیوڈ کا سیدھا گھٹناو تقریباً $0.7V$ ولٹ تصور کیا جاتا ہے۔

germanium diode⁹
forward biased¹⁰
cut-in voltage¹¹



کل 2.2: مکمل ڈائیوڈ کا خط

مثال 3.2: پچھلے مثال کے ڈائیوڈ کی برقی رو i_D ان برقی دباؤ پر حاصل کریں۔

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

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

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

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 4.2: I_S کی قیمت درجہ حرارت بڑھنے سے 15% فی کیلوں بڑھتی ہے۔ 5°C درجہ حرارت بڑھنے سے I_S کی قیمت کتنی ہو جائے گی۔

حل: درجہ حرارت 1°C بڑھنے سے نئی قیمت $1.15I_S$ ہو جائے گی۔ مزید I_S بڑھ کر $1.15 \times 1.15I_S$ 15% بڑھ ہے اور یعنی $1.15^2 I_S$ ہو جائے گی۔ یوں 5°C بڑھنے سے

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

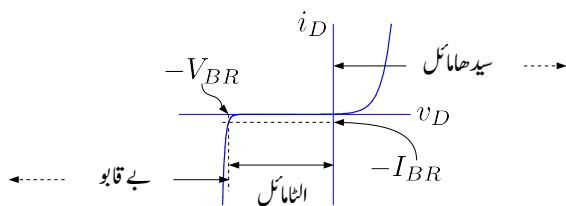
ہو جائے گا۔

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

مشق 1.2: I_S پر 125°C ہے۔ $I_S = 10^{-15} \text{ A}$ پر 25°C کی قیمت حاصل کریں۔

$$2^{20} \times I_S \approx 1 \text{ nA}$$

آپ نے مثال 4.2 میں دیکھا کہ منقی v_D کی صورت میں برقی رو کی قیمت تقریباً $-I_S$ کے برابر ہوتی ہے یعنی برقی رو کا بہاؤ ڈائپڈ میں الٹی رُخ کی جانب ہوتا



شکل 3.2: ڈائیوڈ کا برقی دباؤ بال مقابل برقی رو کا خط

ہے جبکہ اس کا کل مقدار $|I_S|$ رہتا ہے۔ یاد رہے کہ I_S ایک نہایت چھوٹی مقدار ہے جسے عموماً صفر ہی تصور کیا جاتا ہے۔ حقیقت ڈائیوڈ میں الٹے رخ برقی رو کی قیمت I_S سے کئی درجہ زیادہ ہوتی ہے۔ مثلاً جہاں الٹے مائل ڈائیوڈ کے مساوات کے مطابق $I_S = 10^{-15} \text{ A}$ برقی رو گزرنما چاہئے وہاں حقیقت میں الٹے رخ 10^{-9} A برقی رو بھی ممکن ہے۔ مزید یہ کہ الٹا مائل کرنے والا برقی دباؤ بھی الٹے رخ برقی رو کی مقدار پر اثر انداز ہوتا ہے۔

الٹے رخ برقی رو کا بیشتر حصہ ڈائیوڈ میں الٹے رخ رستا برقی رو¹² ہے جو ڈائیوڈ کے جوڑ کے رقبے کے ساتھ راہ راست تناسب رکھتا ہے۔ I_S بھی ڈائیوڈ کے pn جوڑ کے رقبے کے ساتھ راہ راست تناسب رکھتا ہے۔ درجہ حرارت 5°C بڑھنے سے I_S کی قیمت دگنا ہو جاتی ہے جبکہ الٹے رخ رستا برقی رو کی قیمت 10°C بڑھنے سے دگنا ہوتی ہے۔

جب ڈائیوڈ پر بیرونی لاؤ برقی دباؤ ڈائیوڈ میں الٹے رخ برقی رو گزارنے کی کوشش کرے ہم کہتے ہیں کہ ڈائیوڈ الٹامائل¹³ کیا گیا ہے اور اسی طرح بیرونی لاؤ برقی دباؤ ڈائیوڈ میں سیدھے رخ برقی رو گزارنے کی کوشش کرے تو ہم کہتے ہیں کہ ڈائیوڈ سیدھا مائل¹⁴ کیا گیا ہے۔ شکل 3.2 میں ڈائیوڈ کا برقی دباؤ بال مقابل برقی رو ($v_D - i_D$) کا خط دکھایا گیا ہے جس میں ڈائیوڈ کے سیدھے مائل اور الٹے مائل خطے دکھائے گئے ہیں۔ اس شکل میں بے قابو خلہ¹⁵ بھی دکھایا گیا ہے جو مساوات 3.2 سے کسی صورت اخذ نہیں کیا جا سکتا۔

reverse leakage current¹²

reverse biased¹³

forward biased¹⁴

breakdown region¹⁵

درachi مساوات 3.2 حاصل کرتے وقت ڈائیوڈ کی کئی پیچیدگیاں نظر انداز کی گئیں اور یوں اگرچہ 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 قابو خطے کو سراسر خطا کر جاتا ہے۔ بے قابو خطے پر آگے تبصرہ کیا جائے گا۔ یہاں صرف اتنا بتانا ضروری ہے کہ اگر ڈائیوڈ پر الٹے رخ برقی دباؤ لਾگو کر کے اسے الٹا مائل کیا جائے تو ڈائیوڈ اس برقی دباؤ کو برداشت کرتا ہے اور الٹے رخ برقی رو نہیں گزرنے دیتا۔ اگر اس الٹا مائل کرنے والے برقی دباؤ کو بذریعہ بڑھائی جائے تو آخر کار یہ ڈائیوڈ کے برداشت کے حد سے تجاوز کر جائے گا اور ڈائیوڈ یک دم الٹے رخ بے قابو برقی رو گزارنے دے گا۔ جس برقی دباؤ پر ایسا ہو اسے ڈائیوڈ کی ناقابل برداشت V_{BR} ¹⁶ کہتے ہیں۔ اگرچہ گراف میں ناقابل برداشت برقی دباؤ منفی محور پر ہے، اس کی قیمت ثابت لکھی اور پڑھی جاتی ہے۔ مختلف ڈائیوڈ کی ناقابل برداشت برقی دباؤ مختلف ہوتی ہے اور یہ چند ولٹ سے ہزاروں ولٹ تک ممکن ہے۔

شکل 3.2 میں دکھائے تین خطوں کی نشاندہی یوں کی جاتی ہے۔

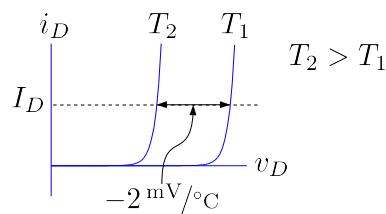
$$\bullet \text{ سیدھا مائل} \quad 0 < v_D$$

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

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

ڈائیوڈ کی مساوات میں V_T واضح طور پر درجہ حرارت پر مختصر ہے۔ اگرچہ I_S کو مستقل سمجھا گیا ہے، حقیقت میں یہ بھی درجہ حرارت پر مختصر ہوتا ہے۔ اگر ڈائیوڈ میں سیدھے رخ برقی رو کی قیمت تبدیل نہ کرتے ہوئے درجہ حرارت بڑھایا جائے تو مساوات 3.2 میں V_T کی وجہ سے ہم توقع کرتے ہیں کہ ڈائیوڈ پر برقی دباؤ کی قیمت بھی بڑھے گی۔ جیسا شکل 4.2 میں دکھایا گیا ہے، حقیقت میں ایسا نہیں ہوتا اور ہم دیکھتے ہیں کہ برقی رو بدلتے بغیر، 1°C درجہ حرارت بڑھانے سے ڈائیوڈ پر برقی دباؤ کی قیمت 2mV گھٹتی ہے۔ درachi درجہ حرارت بڑھانے سے I_S کی قیمت بھی بڑھتی ہے اور I_S کا اثر V_T کے اثر پر غالب ہے۔ مزید یہ کہ حقیقت میں الٹے رخ برقی رو کی مقدار

reverse breakdown voltage¹⁶



شکل 4.2: برقی دباؤ بالقابل درجہ حرارت

اٹھ رخ برقی دباؤ کی قیمت بڑھانے سے معمولی بڑھتی ہے۔ درجہ حرارت کے ساتھ ڈائیوڈ پر برقی دباؤ کی قیمت کی تبدیلی کو برقیانی تحرما میر¹⁷ بنانے میں بروئے کار لایا گیا ہے۔

مثال 5.2: میں نے لاہور میں ٹھوکر نیاز بیگ کے مقام پر واقع عطا گروپ آف اندسٹریز¹⁸ میں کام کرتے ہوئے قوی برقيات¹⁹ کے میدان میں 100 kW تا 1.5 MW کے لوہا پگھالنے کی بھیان²⁰ بنائیں۔ قوی برقيات میں ہزاروں اینکیسٹر اور ولٹ کے صلاحیت رکھنے والے ڈائیوڈ استعمال کئے جاتے ہیں۔ یہ مثال مجھے اُس وقت درپیش مسائل میں سے لیا گیا ہے۔

ایک ڈائیوڈ میں کیدم 1000A گزارنے سے اس پر شروع میں $V_D = 0.724 \text{ V}$ پائے جاتے ہیں جو کچھ دیر میں گھلتے ہوئے 0.708 V ہو کر اسی قیمت پر برقرار رہتے ہیں۔

- برقی رو گزرنے سے ڈائیوڈ کی اندروںی درجہ حرارت میں کتنا اضافہ پیدا ہوا۔
- گرم ہونے کے بعد ڈائیوڈ میں برقی طاقت کا ضایع حاصل کریں۔

thermometer¹⁷
Atta group of industries¹⁸
power electronics¹⁹
induction furnaces²⁰

• فی وات طاقت کے ضیاء سے درجہ حرارت میں اضافے کو ڈائیوڈ کا حرارتی مراہمہ²¹ کہتے ہیں۔ ڈائیوڈ کا حرارتی مراہمہ حاصل کریں۔

حل:

• V_D میں $0.708 - 0.724$ لینی کی تبدیلی پیدا ہوئی۔ چونکہ 1°C درجہ حرارت بڑھنے سے V_D میں -2mV کی تبدیلی رونما ہوتی ہے لہذا ڈائیوڈ کے اندرونی درجہ حرارت میں $\frac{0.016}{0.002}$ لینی 8°C کا اضافہ پیدا ہوا۔

• ڈائیوڈ میں برقی طاقت کا ضیاء $1000 \times 0.708 = 708 \text{ W}$ ہے۔

• حرارتی مراہمہ $\frac{8}{708} = 0.011 \frac{{}^{\circ}\text{C}}{\text{W}}$ ہے۔

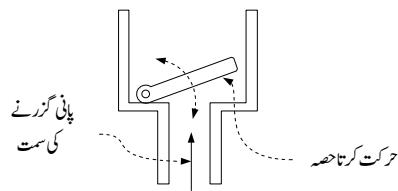
1.2 کامل ڈائیوڈ

ڈائیوڈ سمجھنے کی خاطر ہم کامل ڈائیوڈ کی بات کرتے ہیں۔ کامل ڈائیوڈ²² حقیقت میں نہیں پایا جاتا مگر اسے سمجھنا آسان اور اسے سمجھ کر اصل ڈائیوڈ کی کارکردگی سمجھنا زیادہ آسان ہوتا ہے۔

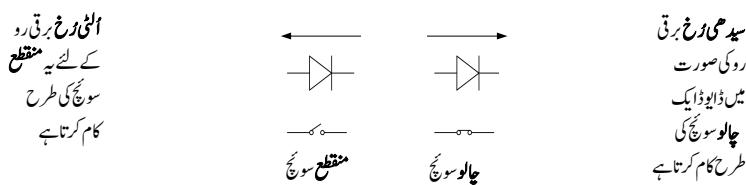
ڈائیوڈ کی کارکردگی دل کے والوں²³ کی مانند ہے۔ دل کا والو خون کو صرف ایک جانب گزرنے دیتا ہے اسی طرح ڈائیوڈ برقی رو کو صرف سیدھے رُخ گزرنے دیتا ہے۔ شکل 5.2 میں پانی کے پاسپ پر نسب والو دکھایا گیا ہے جس کی کارکردگی شکل سے ہی واضح ہے۔

برقی نقطہ نظر سے کامل ڈائیوڈ کو ایک ایسا خود کار برقی سوچ²⁴ تصور کیا جا سکتا ہے جو ڈائیوڈ میں سے گزرتی برقی رو کی سمت کو دیکھتے ہوئے چالو یا منقطع²⁵ ہو سکے۔ ڈائیوڈ میں

thermal resistance²¹
ideal diode²²
valve²³
switch²⁴
switch OFF²⁵

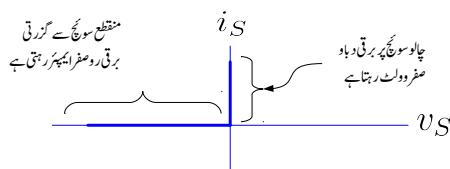


شکل 5.2: پانی کے پانچ پر نسب وابو

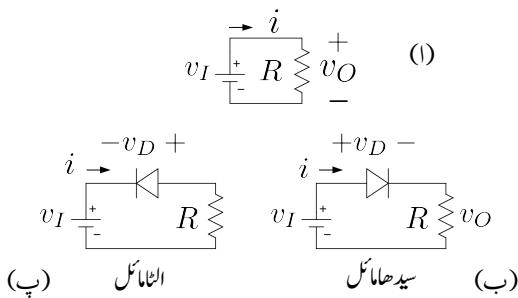


شکل 6.2: ڈائیوڈ بطور برقی سوچ

سیدھے رخ برقی رو اسے چالو کرتی ہے جبکہ الٹی رخ برقی رو اسے منقطع کرتی ہے۔ یوں ڈائیوڈ میں الٹی رخ برقی رو کا گزر ممکن نہیں ہوتا۔ شکل 6.2 میں ایسا دکھایا گیا ہے۔ اس سوچ کا خط شکل 7.2 میں دکھایا گیا ہے۔ اس شکل کا ڈائیوڈ کے خط کے ساتھ موازنہ کریں۔ اگر ڈائیوڈ کے $0.7V$ کو نظر انداز کیا جائے تو یہ دونوں خطوط یکساں معلوم ہوتے ہیں



شکل 7.2: ڈائیوڈ سوچ کا خط



شكل 2: سیدھا مائل ڈائیوڈ اور الشاما مائل ڈائیوڈ

ڈالیوڈ کے چند ادوار 2.2

شکل 8.2 میں تین ادوار دکھائے گئے ہیں۔ شکل اف میں برقی دباؤ¹⁵، گھٹری کی سمت میں برقی رو ن پیدا کرتا ہے جسے تیر کے نشان سے ظاہر کیا گیا ہے۔ شکل ب اور شکل پ میں مزاحمت کے ساتھ سلسلہ وار ڈائیوڈ بھی نسب کر دئے گئے ہیں۔ شکل ب میں ڈائیوڈ یوں جوڑا گیا ہے کہ برقی رو ن کی سمت شکل 1.2 میں دکھائے ڈائیوڈ کے سیدھے رخ کی جانب ہے جبکہ شکل پ میں برقی رو ن کی سمت ڈائیوڈ کی الٹ رخ کی جانب ہے۔ یوں 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 دباؤ¹⁶ ڈائیوڈ کو مائل کرتا ہے کہ یہ برقی رو کو سیدھے رخ گزرنے دے۔ ہم کہتے ہیں کہ ڈائیوڈ سیدھے رخ مائل کیا گیا ہے یا کہ ڈائیوڈ سیدھا مائل²⁶ کیا گیا ہے۔ اس کے برعکس شکل پ میں برقی دباؤ¹⁷ ڈائیوڈ میں الٹے رخ برقی رو گزارنے کی کوشش کرتا ہے۔ اس صورت میں ہم کہتے ہیں کہ ڈائیوڈ الٹے رخ مائل کیا گیا ہے یا کہ ڈائیوڈ الثامائل²⁷ کیا گیا ہے۔ ڈائیوڈ کے سیدھے مائل حال کو پالو عالیہ جبکہ اس کے الٹے مائل حال کو منقٹھ عالیہ بھی کہتے ہیں۔ شکل ب کے لئے کرخوف کی مساوات برائے برقی دباؤ لکھتے ہیں۔

(8.2)

$$v_I = v_D + iR$$

forward biased²⁶
reverse biased²⁷

مثال 6.2: شکل 8.2 ب میں مزاجمت کی قیت $1\text{k}\Omega$ تصور کریں۔ ڈائیوڈ کے برقی دباؤ v_D کو پہلے نظر انداز کرتے ہوئے اور بعد میں اسے 0.7V لیتے ہوئے مندرجہ ذیل صورتوں میں برقی رو حاصل کریں۔

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

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

حل: v_D کو نظر انداز کرتے ہوئے مساوات 8.2 کی مدد سے حل کرتے ہیں۔

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

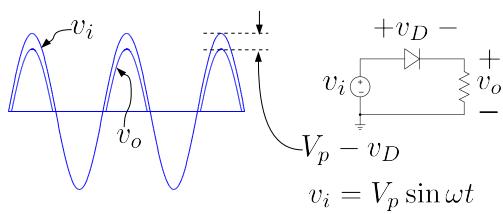
$$i = \frac{v_I}{R} = \frac{1.2}{1000} = 1.2\text{mA} .2$$

اب لیتے ہوئے دوبارہ حل کرتے ہیں۔ $v_D = 0.7\text{V}$

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

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

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



شکل 9.2: نصف اہر مثبت سمت کاری

3.2 بدلتی دباؤ سے یک سمیت دباؤ کا حصول (سمت کاری)

1.3.2 نصف اہر سمت کاری

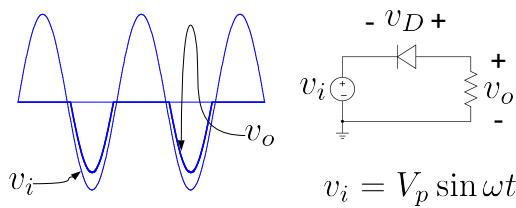
شکل 9.2 میں بدلتی داخلی برقی دباؤ $v_i = V_p \sin \omega t$ کے ثبت حصے ڈائیوڈ کو سیدھا مائل کرتے ہیں۔ یوں اس دوران

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

ہوتا ہے جہاں سیدھے مائل ڈائیوڈ پر برقی دباؤ کو تقریباً 0.7V لیا گیا ہے۔ اس کے بر عکس v_i کے منفی حصے ڈائیوڈ کو اٹھا مائل کر کے منقطع کر دیتے ہیں اور یوں اس دوران $v_o = 0V$ ہوتا ہے۔ شکل 9.2 میں v_i اور v_o بھی گراف کئے گئے ہیں۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ v_o کی چوٹی v_i کے چوٹی سے تقریباً 0.7V کم ہے۔ عمومی استعمال میں v_i کی چوٹی کی قیمت 0.7V سے گئی گناہ زیادہ ہوتی ہے اور یوں v_o کے چوٹی کو v_i چوٹی کے برابر ہی تصور کیا جاتا ہے۔

اس دور کی مدد سے بدلتی داخلی برقی دباؤ جو ثبت اور منفی حصوں پر مشتمل ہے سے ایک ایسی خارجی برقی دباؤ حاصل کی گئی ہے جس میں داخلی برقی دباؤ کے صرف ثبت حصے موجود ہیں۔ بدلتی برقی دباؤ سے نصف اہر کی یک سمیت برقی دباؤ کے حصوں کو نصف اہر سمت کاری²⁸ کہتے ہیں۔ یوں شکل 9.2 میں دئے دور کو نصف اہر ثبت سمت کاری²⁹ کہتے ہیں۔

half wave rectification²⁸
half wave positive rectifier²⁹



شکل 10.2: نصف لہر منفی سمت کار

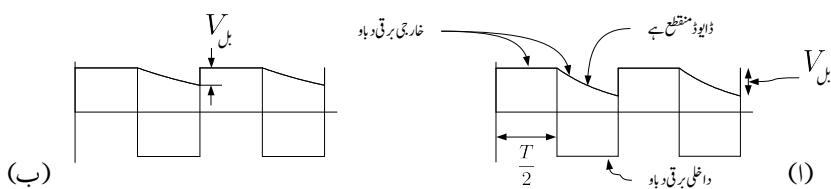
نصف سمت کار جسے عام فہم میں آدھار یکٹیفارز³⁰ کہتے ہیں ایک انتہائی اہم دور ہے جسے استعمال کرتے ہوئے کئی ادوار مثلاً فتح برقی دباؤ³¹، بیٹری چارجر³² وغیرہ بنائے جاتے ہیں۔ شکل 10.2 میں ڈائیوڈ کو قدیر مختلف طریقہ سے جوڑا گیا ہے۔ اس صورت میں داخلی برقی دباؤ v_i کے منفی حصے ڈائیوڈ کو سیدھا مائل کرتے ہیں جبکہ اس کے ثبت حصے ڈائیوڈ کو اٹانا مائل کرتے ہیں۔ یوں خارجی برقی دباؤ میں داخلی برقی دباؤ کے صرف منفی حصے موجود ہوتے ہیں۔ اس دور کو نصف لہر منفی سمت کار³³ کہتے ہیں۔

مثال 7.2: بوجھ سے لدے ثبت نصف لہر سمت کار کو 50 Hz تعداد $\pm 15\text{V}$ حیطے کا مستطیل داخلی اشارہ فراہم کیا جاتا ہے جس کے ثبت اور منفی حصے برابر دورانیہ کے ہیں۔ بوجھ کی مقدار حاصل کریں۔ ڈائیوڈ پر برقی دباؤ کے گھنے کو نظر انداز کریں۔ خارجی برقی دباؤ میں بلہ کو 1V سے کم رکھنے کی خاطر درکار کپیسٹر کی قیمت حاصل کریں۔ حل: شکل 11.2 11 الف میں صورت حال دکھائی گئی ہے جہاں خارجی برقی دباؤ کا بلدار ہونا واضح ہے۔ داخلی برقی دباؤ منفی ہونے کے صورت میں ڈائیوڈ منقطع رہتا ہے۔ اس دوران کپیسٹر C برقی طاقت فراہم کرتا ہے۔ پچاس تعداد کے اشارے کا دوران عرصہ³⁵ میں ملی سینڈ ہے۔ یوں کپیسٹر سے دس ملی سینڈ کے لئے بار کی نکاسی ہوتی ہے۔ داخلی برقی دباؤ کے منفی ہونے

half wave rectifier³⁰voltage source³¹

ڈیوبیک فون رکھنے والے بیٹری چارجر سے تکمیل آگاہ ہوں گے جو نکہ بیٹری بھرنے کے لئے ان کی ضرورت پڑتی ہے۔

half wave negative rectifier³³ripple³⁴time period³⁵



ٹکل 11.2: نصف لہر سست کار کے خارجی بر قی دباد میں بل

کے لمحے کو $t = 0$ لیتے ہوئے کپیسٹر پر بر قی دباد v_C کو یوں لکھا جا سکتا ہے

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

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

$$V_{BL} = 15 - 5.5 = 9.5 \text{ V}$$

حاصل ہوتا ہے۔

$v_C = 15 - 1 = 14 \text{ V}$ رکھنے کی خاطر دس ملی سینڈ لکھی کے بعد درکار ہے۔ یوں

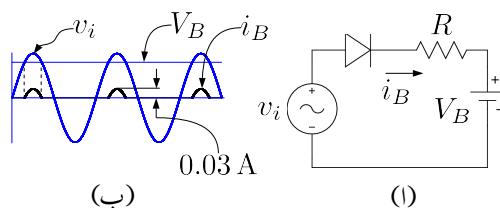
$$14 = 15 e^{-\frac{0.01}{100C}}$$

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

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

آپ نے دیکھا کہ کپیسٹر کی قیمت بڑھانے سے بڑھ میں کم آتی ہوتی ہے۔ یہ حقیقت بر قی دباد کے مخفج³⁶ میں کام آئے گی۔

³⁶ voltage supply



شکل 12.2: بیٹری چارج

مثال 8.2: شکل 12.2-ا میں نصف لہر ثابت سمت کار کے خارجی جانب مزاحمت کی جگہ بیٹری نسب کی گئی ہے۔ یوں نصف لہر کار بیٹری میں بار بھرتا ہے۔ اس دور میں بیٹری کا برقی دباؤ $V_B = 12 \text{ V}$ جبکہ $R = 100 \Omega$ اور $v_i = 15 \sin \omega t$ ہے۔ اس بیٹری چارج کی برقی رو i_B حاصل کر کے جہاں $\omega = 100\pi$ کے برابر ہے۔ اس بیٹری چارج کی برقی رو i_B حاصل کر کے گراف کریں۔ مزاحمت R برقی رو کی چوٹی کو ڈائیوڈ اور بیٹری کے قابل برداشت حد سے نیچے رکھتا ہے۔ حل: داخلی برقی دباؤ v_i کی قیمت مسلسل تبدیل ہوتا ہے۔ جب تک v_i کی قیمت بیٹری کے برقی دباؤ یعنی بارہ ولٹ سے کم رہے ڈائیوڈ مالک رہے گا اور اس میں برقی رو نہیں گزرے گی۔ جیسے ہی v_i کی قیمت 12 V سے تجاوز کرے ڈائیوڈ سیدھا مالک ہو کر برقی رو گزارے گا اور اس دوران v_D کو نظر انداز کرتے ہوئے مزاحمت پر اُوہم کے قانون 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 12.2 - ب میں بیٹری بھرنے والی برقی رو i_B کے علاوہ v_i اور V_B بھی دکھائے گئے ہیں۔ برقی دباؤ اور برقی رو کو ایک ہی جگہ گراف کیا گیا ہے تا کہ وقت t کے ساتھ مختلف متغیرات کے تعلق کیوضاحت ہو سکے۔ جیسا آپ دیکھ

سکتے ہیں بیٹری صرف ان اوقات بھری جاتی ہے جب $v_i > V_B$ ہو۔ شکل میں نقطہ دار کلیروں سے ایسے ایک دورانیہ کی نشاندہی کی گئی ہے جب بیٹری بھر رہی ہو۔ کی چوٹی 30 mA ہے جسے یوں حاصل کیا گیا۔

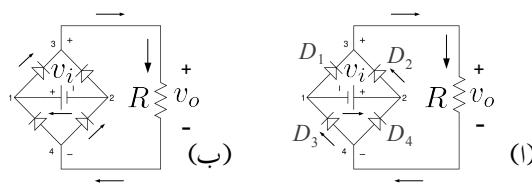
$$0.15 \sin \frac{\pi}{2} - 0.12 = 0.15 - 0.12 = 0.03 \text{ A}$$

2.3.2 مکمل لہر سمت کاری

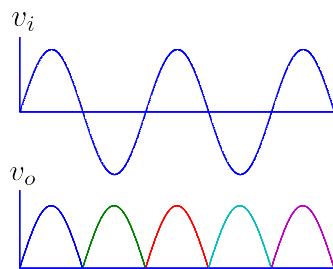
شکل 13.2 میں مکمل لہر سمت کار³⁷ دکھایا گیا ہے۔ اس دور میں چار ڈائیوڈ مرنج کی شکل میں جوڑے گئے ہیں اور دور کو v_i بطور بدلتا داخلی برقی دباؤ دھیا کیا گیا ہے۔ دور کی کارکردگی سمجھنے کی خاطر شکل 14.2 الف پر توجہ رکھیں۔ v_i کی قیمت ثابت ہونے کی صورت میں منع برقی دباؤ کے ثابت (+) سرے سے برقی رو باہر کی جانب ہو گی۔ چونکہ برقی رو ڈائیوڈ میں الٹی جانب نہیں گزر سکتی لہذا یہ ڈائیوڈ D_2 سے گزرے گی جبکہ اس دوران ڈائیوڈ D_4 منقطع حال رہے گا۔ برقی رو D_2 سے خارج ہو کر چونکہ D_1 میں الٹی جانب نہیں گزر سکتی لہذا یہ مزاحمت R میں داخل ہو گی۔

اسی طرح منع برقی دباؤ کے منفی سرے سے برقی رو کی راہ معلوم کرنے کی غاطر ہم دیکھتے ہیں کہ منع برقی دباؤ کے منفی (-) سرے پر برقی رو اندر کی جانب ہو گی۔ یہ برقی رو صرف D_3 کے راستے ہی ممکن ہے چونکہ D_1 میں الٹی برقی رو کا گزر ناممکن ہے۔ ہم دیکھتے ہیں کہ ثابت برقی دباؤ کی صورت میں برقی رو ڈائیوڈ D_2 اور D_4 سے گزرتی ہے جبکہ ڈائیوڈ D_1 اور D_3 منقطع رہتے ہیں۔ اس دوران مزاحمت میں برقی رو کی سمت شکل میں دکھائی گئی ہے۔

اب دیکھتے ہیں کہ منع برقی دباؤ کے برقی دباؤ کی قیمت منفی ہونے کی صورت میں کیا ہوتا ہے۔ یہ صورت حال شکل 13.2 - ب میں دکھائی گئی ہے۔ اس صورت میں برقی



شکل 13.2: مکمل ایم سمت کار



شکل 14.2: مکمل ایم سمت کار کے داخلی اور خارجی خط

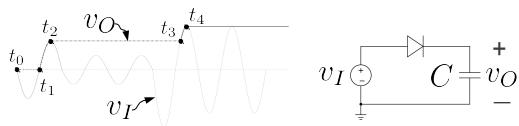
رو ڈائیوڈ D_1 اور D_2 سے گزرے گی جبکہ D_3 اور D_4 منقطع رہیں گے۔ بر قی رو اب بھی مزاحمت میں گزشتہ سمت میں ہی گزرے گی۔

یوں جیسا شکل 14.2 میں دکھایا گیا ہے، بدلتے داخلی دباؤ v_i کی قیت ثابت یا منقی ہو، مزاحمت پر ہر وقت بر قی دباؤ v_o ثبت ہی رہتا ہے۔ چونکہ v_o کی سمت تبدیل نہیں ہوتی لہذا یہ یک سمتی بر قی دباؤ ہے۔

4.2 چوٹی حاصل کار

شکل 15.2 میں چوٹی حاصل کار³⁸ دکھایا گیا ہے۔ اس دور کو ثبت آدھے ایم سمت کار میں ڈائیوڈ کے خارجی جانب مزاحمت کی جگہ کپیسٹر نسب کر کے حاصل کیا گیا ہے۔ ڈائیوڈ پر

peak detector³⁸



شکل 15.2: چوٹی حاصل کار

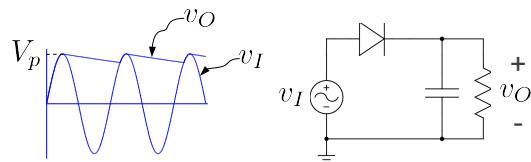
برقی دباؤ کے 0.7V گھنے کو نظر انداز کرتے ہوئے چوٹی حاصل کار کی کارکردگی کچھ یوں ہے۔ وقت $t = 0^{39}$ پر v_I چالو کیا جاتا ہے۔ لمحہ t_0 یعنی $t = 0$ پر داخلی برقی دباؤ v_I اور خارجی برقی دباؤ v_O دونوں صفر وولٹ کے برابر ہیں۔ لمحہ t_0 سے لمحہ t_1 تک داخلی برقی دباؤ ڈائیوڈ کو الٹ مائل کرتے ہوئے منقطع رکھتا ہے اور یوں اس دوران v_O صفر رہے گا۔ t_1 سے t_2 تک خارجی برقی دباؤ v_O خوش اسلوبی سے داخلی برقی دباؤ v_I کی پیروی کرتے ہوئے کپیسٹر کو بھرتا ہے۔ اس دوران دور میں برقی رو کی مساوات مندرجہ ذیل ہے۔

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

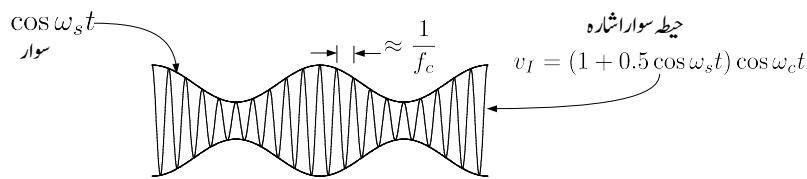
t_2 سے t_3 گزرتے ہی v_I کی قیمت کم ہونا شروع ہو جاتا ہے۔ یوں t_2 سے t_3 تک $v_I < v_O$ رہتا ہے جس کی وجہ سے ڈائیوڈ منقطع رہتا ہے۔ اس دوران کپیسٹر سے بار کے نکاسی کا کوئی راستہ موجود نہیں ہوتا لہذا کپیسٹر پر برقی دباؤ برقرار رہتا ہے جسے افتنی لکیر سے دکھایا گیا ہے۔ t_3 گزرتے ہی v_I کی قیمت کپیسٹر پر پائے جانے والے برقی دباؤ سے بڑھ گیا ہے۔ یوں ڈائیوڈ ایک مرتبہ پھر سیدھا مائل ہوتے ہوئے چالو صورت اختیار کر لیتا ہے۔ t_3 تا t_4 دوران v_O دوبارہ v_I کی پیروی کرتا ہے۔ t_4 کے بعد کپیسٹر پر برقی دباؤ تبدیل نہیں ہوتا۔

اس تجزیہ سے واضح ہے کہ یہ دور داخلی اشارہ کی چوٹی حاصل کر کے اس پر برقرار رہتا ہے۔ اسی لئے اسے ثابت چوٹی حاصل کار کہتے ہیں۔ اگر اس دور میں ڈائیوڈ الٹے رخ لگایا جائے تو خارجی اشارہ v_O منفی چوٹی حاصل کرے گا اور یوں اس دور کو منفی چوٹی حاصل کار کہا جائے گا۔

³⁹ t_0 دغدھ کو تفتیش سے ظاہر کیا گیا ہے۔



شکل 16.2: جیٹ اتار کار



شکل 17.2: جیٹ سوار اشارہ

5.2 جیٹ اتار کار

ثبت چوٹی حاصل کار میں کپیسٹر کے متوازی مزاحمت جوڑنے سے جیٹ اتار کار⁴⁰ حاصل ہوتا ہے جسے شکل 16.2 میں دکھایا گیا ہے۔ جیسا کہ آپ دیکھ سکتے ہیں چوٹی V_p کے فوراً بعد داخلی برقی دباؤ گھٹتا ہے جبکہ خارجی جانب کپیسٹر اسی چوٹی پر رہ جاتا ہے۔ اس سے ڈائیوڈ الٹا مائل ہو جاتا ہے اور اس میں سے برقی رو کا گزر ناممکن ہو جاتا ہے۔ ڈائیوڈ کو منقطع تصور کریں تو ہمارے پاس بار سے بھرا شدہ کپیسٹر C اور اس کے متوازی جڑا مزاحمت R رہ جاتا ہے۔ کپیسٹر کا بار اسی مزاحمت کے راستے خارج ہو کر اس پر برقی دباؤ گھٹتا ہے۔ ایسا مندرجہ ذیل مساوات کے تحت ہوتا ہے۔

$$(9.2) \quad v_O = V_p e^{-\frac{t}{RC}}$$

اس مساوات میں چوٹی کو $t = 0$ تصور کیا گیا ہے۔ کپیسٹر سے بار اس لمحے تک خارج ہوتا ہے جب تک کپیسٹر پر برقی دباؤ v_O دور کے داخلی برقی دباؤ v_I سے

AM demodulator⁴⁰

زیادہ رہے۔ جیسے ہی v_I کی مقدار ایک مرتبہ پھر v_O کی مقدار سے تجاوز کر جائے، اسی لمحہ ڈالیوڈ دوبارہ سیدھا مائل ہو کر کپیسٹر کو دوبارہ بھرنا شروع کر دیتا ہے۔ شکل میں باریک لکیر سے داخلی برقی دباؤ جبکہ موٹی لکیر سے خارجی برقی دباؤ دکھایا گیا ہے۔ جیٹ اتار کار میں RC کو یوں رکھا جاتا ہے کہ کپیسٹر پر v_I کے چوٹیوں کے برابر برقی دباؤ رہے جو دراصل v_s ہی ہے۔ یوں اصل اشارہ دوبارہ حاصل ہوتا ہے۔

کسی بھی اشارہ یعنی اطلاع v_s کو ایک جگہ سے دوسری جگہ منتقل کرنے کی خاطر اسے بلند تعداد کے سائن-نمای اشارہ v_c کے حیطے پر جیٹ سوار کار⁴¹ کی مدد سے سوار کیا جاتا ہے۔ منتقلی کے مقام پر پہنچنے کے بعد جیٹ سوار اشارے سے جیٹ اتار کار کی مدد سے اصل اشارہ یعنی اطلاع v_s کو دوبارہ حاصل کیا جاتا ہے۔ v_c کے حیطے پر سوار کرنے سے مراد v_c کے حیطے کو v_s کے مطابق تبدیل کرنے کو کہتے ہیں۔ اشارہ v_s کو سوار موج⁴² کہتے ہیں جبکہ اس کی تعداد کو تعداد سوار⁴³ کہتے ہیں۔ اسی طرح v_c کو سوار موج⁴⁴ کہتے ہیں جبکہ اس کی تعداد کو تعداد سوار کو⁴⁵ کہتے ہیں۔

$v_s = 0.5 \cos \omega_{st}$ کی خاطر v_c اور v_s کو جیٹ سوار کار سے گزارا جاتا ہے جس سے حاصل ہوتا ہے۔ اس اشارہ جس کو شکل 17.2 میں دکھایا گیا ہے کو جیٹ سوار اشارہ⁴⁶

$$(10.2) \quad v_I = (1 + 0.5 \cos \omega_{st}) \cos \omega_c t = V_p \cos \omega t$$

حاصل ہوتا ہے۔ اس اشارہ جس کو شکل 17.2 میں دکھایا گیا ہے کو جیٹ سوار اشارہ⁴⁶ کہتے ہیں۔

v_I کے دو متواتر چوٹیوں کے درمیان جیٹ اتار کار کے کپیسٹر پر برقی دباؤ گھٹتا ہے۔ یہ وقفہ تقریباً $\frac{1}{f_c}$ کے برابر ہے جسے استعمال کرتے ہوئے مساوات 9.2 سے ملنے مکار کی مدد سے وقفہ کے آخر میں برقی دباؤ

$$(11.2) \quad v_O = V_p e^{-\frac{1}{RCf_c}} \approx V_p \left(1 - \frac{1}{RCf_c} + \dots \right)$$

AM modulator⁴¹
carrier wave⁴²
modulating frequency⁴³
modulating wave⁴⁴
carrier frequency⁴⁵
AM signal⁴⁶

حاصل ہوتا ہے۔ یوں اس دوران برتنی دباؤ میں تبدیلی

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

حاصل ہوتی ہے یعنی اس وقفے کے دوران خارجی اشارے کی وقت کے ساتھ شرح تبدیلی

$$(12.2) \quad \frac{|\Delta v_O|}{\frac{1}{f_c}} = \frac{V_p}{RC}$$

ہے۔ جیطہ اتار کار میں RC کو یوں رکھا جاتا ہے کہ بھیجیے گئے اشارے v_s میں زیادہ سے زیادہ تبدیلی کو بھی کپڑا جائے۔ 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 $\dots, 1, 3, 5, \dots$ ہے۔ یہ قیمت

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

ہے۔ اس زیادہ سے زیادہ داخلی اشارے کے تبدیلی کی شرح کو جیٹہ اتار کار کے تبدیلی کے شرح کے برابر رکھا جاتا ہے۔ $V_p = 1$ میں استعمال کرتے ہوئے یوں مساوات 10.2 کے تحت $\omega_s t = \frac{n\pi}{2}$ پر مساوات حاصل ہوتا ہے جسے مساوات 12.2 میں استعمال کرتے ہوئے یوں

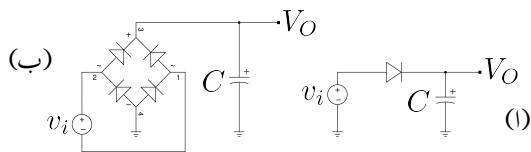
$$(13.2) \quad \frac{1}{RC} = 0.5\omega_s$$

رکھا جاتا ہے۔ یہ مساوات جیٹہ اتار کار کی مساوات ہے۔ اگر کپیسٹر کو اس مساوات سے حاصل قیمت سے زیادہ رکھا جائے تو خارجی اشارہ تیزی سے تبدیل ہونے والے داخلی اشارے کو نہیں کپڑے سکے گا۔ اگر کپیسٹر کی قیمت اس سے کم رکھی جائے تو خارجی اشارے میں بلہ⁴⁷ زیادہ پیاسا جائے گا۔

6.2 منبع برتنی دباؤ

سمت کار کے خارجی جانب زیادہ قیمت کا کپیسٹر نب کر کے منبع برتنی دباؤ⁴⁸ حاصل ہوتا ہے جیسا شکل 18.2 الف میں دکھایا گیا ہے۔ اس پر کپیسٹر کے متوازنی برتنی بوجھ لادا جاتا ہے

ripple⁴⁷
power supply⁴⁸



شکل 18.2: منع برقی دباؤ

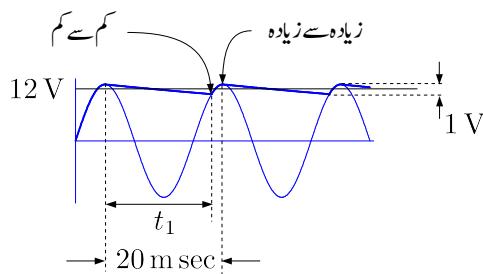
جسے عموماً R_L سے ظاہر کیا جاتا ہے۔ منع برقی دباؤ یعنی برقی طاقت کے منع کو گھریلو بجلی یا صنعتی بجلی فراہم کرتے ہوئے یک سمتی برقی دباؤ یکسنتی V حاصل کیا جاتا ہے۔

بے یوچہ منع برقی دباؤ کی کارکردگی بالکل چوٹی حاصل کار کی طرح ہے جبکہ برقی بوجھ سے لدے منع برقی دباؤ کی کارکردگی جیط اتار کار کی طرح ہے۔ البتہ منع میں ہماری کوشش ہوتی ہے کہ یکسنتی V میں بلہ کم سے کم ہو تاکہ اسے یک سمتی برقی دباؤ کے طور استعمال کرنا ممکن ہو۔ منع برقی دباؤ تقریباً ہر برقبائی آله یا مشین میں پایا جاتا ہے۔

چونکہ منع برقی دباؤ داخلی طاقت 50Hz کے سائز نما v_i سے حاصل کرتا ہے لہذا C بھی اسی تعداد سے بھرتا ہے۔ v_i کے دو چوٹیوں کے مابین $\frac{1}{50} = 20\text{ms}$ (بیس ملی سینڈ) کے وقفے کے دوران R_L کو کپیسٹر C طاقت مہیا کرتا ہے۔

مثال 9.2: ایک عدد 12V کا منع برقی دباؤ درکار ہے جس سے $6\text{k}\Omega$ داخلی مزاحمت کے برقی بوجھ کو طاقت مہیا کرنا ہے۔ برقی بوجھ کو دی جانے والے برقی دباؤ کے قیمت میں کل تبدیلی $\pm 0.5\text{V}$ سے کم ہونا ضروری ہے۔ کپیسٹر C کی قیمت حاصل کریں۔

حل: شکل 19.2 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 پار کی نکاسی ہوتی ہے۔ البتہ t_1 کو دو چوٹیوں کے درمیان وقفے کے برابر ہی عموماً تصور کیا جاتا ہے۔ یوں $t_1 = 20\text{ms}$ لیا جاتا ہے۔



شکل 19.2: مثال منع بر قی دباؤ

اس مسئلے کو دو طریقوں سے حل کرتے ہیں۔ پہلے مثال 7.2 کی طرح حل کرتے ہیں۔ کپیسٹر نکاسی کا دورانیہ میں ملی سینٹڈ ہے۔ اس دورانیہ میں کپیسٹر پر بر قی دباؤ 12.5 V سے گھٹ کر 11.5 V رہ جاتا ہے یوں

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

$$C = 39.98 \mu F$$

حاصل ہوتا ہے۔ آئیں اسی مسئلے کو قدر مختلف اور زیادہ آسان طریقے سے حل کریں۔

درکار بارہ ولٹ کو شکل 19.2 میں پختہ لکیر سے دکھایا گیا ہے۔ بر قی دباؤ اس سے 0.5 V کم یا زیادہ ہو سکتا ہے۔ یوں بر قی بوجھ میں بلج⁴⁹ 0.5 V یا 1 V کے برابر ہے جبکہ زیادہ سے زیادہ بر قی دباؤ 12.5 V اور کم سے کم بر قی دباؤ 11.5 V ہے۔ بارہ ولٹ پر R_L میں $\frac{12}{6000} = 2 \text{ mA}$ جبکہ زیادہ سے زیادہ بر قی دباؤ پر $\frac{12.5}{6000} = 2.08333 \text{ mA}$ اور کم سے کم بر قی دباؤ پر $\frac{11.5}{6000} = 1.9167 \text{ mA}$ کا بر قی رو گزرا گا۔

بر قی دباؤ کے تبدیلی سے بر قی 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 میں گزرتا ہے جس سے کپیسٹر کے بار کی نکاسی ہوتی ہے۔ ہم جانتے ہیں کہ

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

کے برابر ہوتا ہے۔ اس سے کپیسٹر میں t_1 کے دوران کپیسٹر پر پائے جانے والے
دباؤ میں تبدیلی ΔQ حاصل کرتے ہیں۔

$$\Delta Q = I \times \Delta t = (2 \times 10^{-3}) \times (20 \times 10^{-3}) = 40 \times 10^{-6}$$

$\Delta V = 1\text{V}$ $\Delta Q = C\Delta V$ کو $Q = CV$ کپیسٹر کی مساوات
لکھتے ہیں جہاں کے برابر ہے۔ ڈاؤن

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

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 برابر جوابات حاصل ہوتے
ہیں۔ البتہ دوسرا طریقہ استعمال کرتے ہوئے صرف کاغذ اور قلم استعمال کرتے ہوئے جواب
کا حصول ممکن ہے۔

کپیسٹر کی قیمت بڑھانے سے منع کے خارجی برقی دباؤ میں بھر کم کیا جا سکتا ہے۔ حقیقت
میں ڈایوڈ میں برقی دباؤ کا گھٹاؤ اور داخلی بدلتے برقی دباؤ میں تبدیلی ہمارے قابو میں نہیں
ہوتے لہذا اس طرح کی منع برقی دباؤ سے قطعی یک سمتی برقی دباؤ کا حصول ممکن نہیں
ہوتا۔ جہاں درکار یک سمتی برقی دباؤ کی قیمت چند ولٹ زیادہ یا کم قابل برداشت ہو وہاں
اس طرح کی منع استعمال کی جا سکتی ہے۔ یک سمتی برقی دباؤ کی قیمت زیادہ یا کم ہونے
کے باوجود برقی دباؤ میں بھر⁵⁰ کو کپیسٹر سے قابو رکھنا ممکن ہے۔

مشق 2.2: 10 mA کے برقی بوجھ کو چلانے کی خاطر 5V کی منع برقی دباؤ درکار ہے جس میں بھر $\pm 0.1\text{V}$ سے کم ہونا ضروری ہے۔ کپیسٹر کی قیمت حاصل کریں۔ اس قسم کی منع برقی دباؤ⁵¹ برقیاتی ادوار کو چلانے کی خاطر عموماً درکار ہوتی ہے۔

جواب: $1000 \mu\text{F}$

مندرجہ بالا مثال کو مد نظر رکھتے ہوئے ہم دیکھتے ہیں کہ شکل 18.2 ب میں دکھائے منع برقی دباؤ میں درکار کپیسٹر کی قیمت شکل الف کے حوالے سے آدمی ہو گی کیوں کہ اس میں ایک ڈائیوڈ یعنی آدھے سمت کار کی جگہ منع ڈائیوڈ یعنی مکمل سمت کار استعمال کیا گیا ہے۔ مکمل سمت کار میں کپیسٹر ہر 10ms بھرا جائے گا۔ مثال 9.2 کو شکل 18.2 ب کے لئے حل کرتے ہوئے $t_1 = 10\text{ms}$ لیا جائے گا جس سے $C = 20 \mu\text{F}$ حاصل ہوتا ہے۔

کامل ڈائیوڈ تصور کرتے ہوئے خارجی برقی دباؤ کی زیادہ سے زیادہ قیمت V_p جبکہ اس میں کل بھر ΔV لکھتے ہوئے

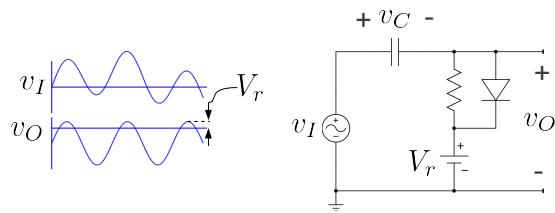
$$(14.2) \quad V_{\text{یکم}} = V_p - \frac{\Delta V}{2}$$

حاصل ہو گا۔

1.6.2 برقیاتی شکنجه

عموماً برقیاتی اشارات مطلوبہ جگہ تک پہنچتے پہنچتے اپنی اصل شکل کھو جاتے ہیں۔ ایک عمومی مسئلہ اشارہ کے حیطہ کا برقرار نہ رہنا ہے۔ آئیں اس کی ایک مثال دیکھیں۔

آپ جانتے ہیں کہ بدلتی برقی رو مقناطیس پیدا کرتی ہے اور بدلتی مقناطیسی میدان برقی دباؤ کو جنم دیتا ہے۔ یوں اگر باریک اشاراتی تاروں کے قریب عام استعمال کے گھریلو یا صنعتی



شکل 20.2: شکنجه

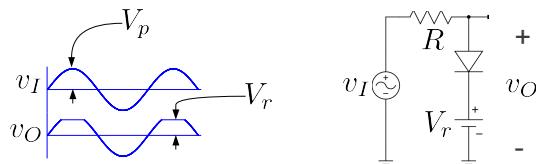
بنجی کے تار گزیریں تو ان میں بدلتی برقی رو باریک اشاراتی تاروں میں برقی دباد پیدا کرتا ہے جس سے اشارہ کا جیٹے متاثر ہوتا ہے۔ شکل 20.2 میں اشارہ v_I کا جیٹے یوں متاثر ہوا دکھایا گیا ہے۔ یہ اشارہ دراصل سائنس شکل کا تھا لیکن یہاں تک پہنچتے پہنچتے اس کا یہ حال ہو چکا ہے۔ شکل 20.2 میں دکھایا دور اشارہ کے ثبت جیٹے کو V_r کی قیمت پر زبردستی رکھتا ہے جس سے اشارہ کی اصل صورت رو نما ہو جاتی ہے۔ گویا یہ دور اشارہ کے جیٹے کو شکنجه میں پکڑے رکھتا ہے۔ اسی سے اس دور کا نام برقیائی شکنجه⁵² نکلا ہے جسے عموماً چھوٹا کر کے صرف شکنجه کہتے ہیں اس دور کی کارکردگی پچھلے حصہ میں دکھلائے دور کی طرح ہے۔ اسے سمجھنے کی خاطر ڈائیوڈ کو کامل ڈائیوڈ اور مراہم R کو لامحدود تصور کریں۔ یہ بھی تصور کریں کہ داخلی اشارہ v_I کے جیٹے v_p کی مقدار خارجی جانب جڑے بیٹری کی برقی دباد V_r سے زیادہ ہے۔

خارجی جانب کی برقی دباد v_O پر غور کرتے معلوم ہوتا ہے کہ یہ کسی صورت V_r سے تجاوز نہیں کر سکتا کیوں کہ جب بھی v_O کی مقدار V_r سے تجاوز کرے، ڈائیوڈ سیدھا مائل ہو جائے گا۔ سیدھے مائل ڈائیوڈ کی صورت میں v_O اور v_r برابر رہیں گے۔ کرخوف کے قانون برقی دباد کے تحت سیدھے مائل ڈائیوڈ کی صورت میں

$$v_I = v_C + v_D + V_r$$

ہو گا۔ داخلی برقی دباد کے چوٹی پر v_D کو صفر ولٹ اور v_I کو v_p لیتے ہوئے اس مساوات سے کپیٹر کا برقی دباد یوں حاصل ہوتا ہے

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



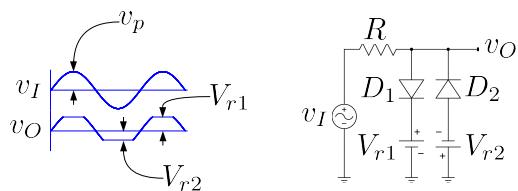
شکل 21.2: ایک طرف کا تراش

یوں کپیسٹر اس برقی دباؤ پر رہتے ہوئے خارجی برقی دباؤ کے شبت جیٹے کو V_r سے تجاوز کرنے سے روکتا ہے۔

جیسا کہ پہلے ذکر ہوا اصل استعمال میں داخلی اشارہ کا جیٹہ از خود کم اور زیادہ ہوتا ہے۔ اس صورت کو شکل میں دکھایا گیا ہے۔ اس صورت سے منٹنے کی خاطر دور میں ڈائیوڈ کے متوازی مراجحت R نسب کی گئی ہے تا کہ اس کے راستے کپیسٹر کا بار خارج ہو سکے اور یہ بعد میں آنے والی کم چوٹی کو بھی قابو کر سکے۔

7.2 برقياتي تراش

شکنخ کے دور میں کپیسٹر کی جگہ مراجحت استعمال کرنے سے برقياتي تراش⁵³ کا دور حاصل ہوتا ہے جسے شکل 21.2 میں دکھایا گیا ہے۔ برقياتي تراش یا تراش ایک ایسا دور ہے جو اشارہ کے چوٹی کو ایک خاص حد سے تجاوز نہیں کرنے دیتا بلکہ اسے کاٹ دیتا ہے۔ دکھایا دور صرف ایک جانب کی چوٹی کاٹتا ہے لہذا اس کو ایک طرف کا تراش کہا جائے گا۔ جب تک داخلی برقی دباؤ کی قیمت V_r سے کم ہو ڈائیوڈ الٹ مائل یعنی منقطع رہتا ہے۔ اس صورت میں خارجی برقی دباؤ داخلی برقی دباؤ کے برابر رہے گا یعنی ہو گا اور مراجحت R میں برقی رو کی مقدار صفر ایکپیسٹر رہے گی۔ جیسے ہی داخلی برقی دباؤ کی قیمت V_r سے تجاوز کر جائے ڈائیوڈ سیدھا مائل ہو جاتا ہے۔ جتنی دیر $v_I > V_r$ رہے اتنی دیر



شکل 22.2: دو اطراف کا تراش

کے لئے ڈائیوڈ کو چالو سوچ سمجھا جا سکتا ہے اور یوں اس دوران خارجی برقی دباؤ کی قیمت رہے گی۔ اس دوران مزاحمت اور ڈائیوڈ دونوں میں برقی رو کی مقدار

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

ہو گی۔

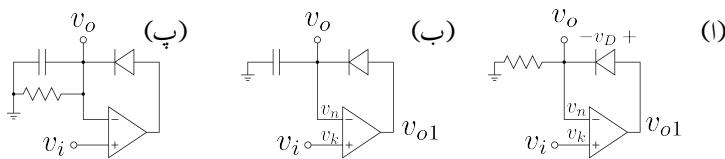
آپ نے دیکھا کہ یہ دور داخلی برقی دباؤ کو V_r پر تراشا ہے۔ اس دور میں دو ڈائیوڈ کے استعمال سے دو اطراف کا تراش حاصل ہوتا ہے جسے شکل 22.2 میں دکھایا گیا ہے۔ اس دور میں جب تک v_I کی قیمت ثابت ہو ڈائیوڈ D_2 الٹا مائل رہتا ہے۔ یوں ثابت داخلی برقی دباؤ کے لئے یہ دور بالکل بچھتے دئے گئے ایک طرف کے تراش کی طرح کام کرتا ہے اور داخلی اشارہ کے ثابت چوٹی کو V_{r1} پر تراشا ہے۔

منفی داخلی برقی دباؤ کی صورت میں ڈائیوڈ D_1 الٹا مائل رہتا ہے اور یہ دور داخلی اشارہ کے منفی چوٹی کو V_{r2} پر تراشا ہے۔ شکل میں داخلی اور تراشے گئے خارجی برقی دباؤ بھی دکھائے گئے ہیں۔

8.2 حسابی ایمپلینفائر کی مدد سے ڈائیوڈ کے کامل ادوار

1.8.2 کامل نصف اہر سمت کار

ڈائیوڈ پر مبنی نصف اہر سمت کار کے خارجی اشارے کی چوٹی مہیا کردہ داخلی اشارے کے چوٹی سے تقریباً $0.7V$ کم ہوتی ہے۔ یہ حقیقت شکل 9.2 میں واضح کی گئی۔ حسابی ایمپلینفائر



شکل 23.2: کامل ادوار

استعمال کرتے ہوئے ایسا کامل نصف لہر سمت کار حاصل ہوتا ہے جس کے خارجی اشارے کی چوٹی داخلی اشارے کے چوٹی کے بالکل برابر ہوتی ہے۔ شکل 23.2 الف میں ایسا کامل نصف لہر ثبت سمت کار دکھایا گیا ہے جس میں خارجی اشارہ v_o کو ڈائیوڈ کے خارجی سرے سے حاصل کیا گیا ہے۔ ڈائیوڈ کی سمت الثانی سے کامل نصف لہر منفی سمت کار حاصل ہو گا۔

تصور کریں کہ $v_i = 0V$ اور یوں حسابی ایمپلیفیائر کا خارجی اشارہ v_{o1} بھی صفر ولٹ ہے۔ اب تصور کریں کہ داخلی اشارہ ثبت جانب بڑھتا ہے۔ حسابی ایمپلیفیائر کا خارجی اشارہ اس قدر ثبت جانب بڑھے گا کہ $v_k = v_n$ یعنی $v_i = v_k$ ہو۔ یوں $v_o = v_i$ ہو گا۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ اس صورت میں ڈائیوڈ سیدھا مائل ہو گا۔ مزید یہ کہ $v_{o1} = v_i + v_D$ کے برابر ہو گا۔

اب تصور کریں کہ داخلی اشارہ منفی جانب بڑھتا ہے۔ حسابی ایمپلیفیائر کا خارجی اشارہ v_{o1} اس قدر منفی جانب بڑھنے کی کوشش کرے گا کہ $v_k = v_n$ ہو۔ البتہ v_{o1} منفی ہوتے ہی ڈائیوڈ الثانی مائل ہو کر منقطع ہو جاتا ہے۔ یوں حسابی ایمپلیفیائر کا خارجی اشارہ v_k پر اثر انداز نہیں ہو پاتا۔ ایسی صورت میں حسابی ایمپلیفیائر کا خارجی اشارہ مکمل منفی یعنی $v_{o1} = V_{EE}$ ہو کر رہ جائے گا۔ ڈائیوڈ منقطع ہونے سے حسابی ایمپلیفیائر کا منفی مداخل مراجحت R کے ذریعہ برقی زمین سے جڑ جاتا ہے۔ حسابی ایمپلیفیائر کا داخلی برقی رو صفر ہونے کے ناطے مراجحت میں بھی برقی رو I کا گزر ممکن نہیں۔ یوں $v_k = IR = 0$ یعنی $v_o = 0V$ ہو گا۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ منفی داخلی اشارے کی صورت میں خارجی اشارہ صفر ولٹ رہتا ہے۔

ثبت داخلی اشارے کی صورت میں $v_o = v_i$ جبکہ منفی داخلی اشارے کی صورت میں $v_o = 0V$ حاصل ہوتا ہے جو کہ ثبت نصف لہر سمت کار کی کارکردگی ہے۔

2.8.2 کامل چوٹی حاصل کار

شکل 23.2 الف میں مزاحمت کی جگہ کپیسٹر نسب کرنے سے شکل ب حاصل ہوتا ہے جو کامل ثبت چوٹی حاصل کار کا دور ہے۔ $v_i = 0V$ اور $v_0 = 0V$ سے شروع کرتے ہوئے اس دور کی کارکردگی دیکھتے ہیں۔ داخلی اشارہ ثبت جانب بڑھنے سے v_{01} اس قدر بڑھتا ہے کہ $v_k = v_n = v_i$ رہے۔ یوں $v_0 = v_i$ رہتا ہے۔ جب داخلی اشارہ اپنے چوٹی V_p پر پہنچتا ہے، اس لمحے $v_k = V_p$ اور یوں $v_n = V_p$ ہوتا ہے۔ اس لمحے کپیسٹر بھی V_p برقی دباؤ تک بھرا جاتا ہے۔ $v_k = v_n$ حاصل کرنے کی خاطر اس لمحے $v_{01} = V_p + v_D$ کے برابر ہو گا۔

داخلی اشارہ اپنے چوٹی تک پہنچنے کے بعد کم ہونا شروع ہوتا ہے۔ حابی ایمپلیفائر کا خارجی اشارہ v_{01} کم ہو کر کوشش کرتا ہے کہ $v_k = v_n$ رکھ سکے۔ البتہ ڈائیوڈ کے خارجی جانب نسب کپیسٹر پر V_p برقی دباؤ پایا جاتا ہے اور v_{01} کی قیمت جیسے ہی V_p سے کم ہوتا ہے اسی لمحے ڈائیوڈ الٹ مائل ہو کر منقطع ہو جاتا ہے۔ ڈائیوڈ منقطع ہونے سے کپیسٹر پر بار کے نکاسی کا کوئی راستہ نہیں رہتا اور یوں اس پر برقرار V_p برقی دباؤ رہتا ہے۔ اس طرح $v_0 = V_p$ رہتا ہے۔

آپ نے دیکھا کہ کپیسٹر پر داخلی اشارے کے چوٹی کے بالکل برابر برقی دباؤ حاصل ہوتا ہے جسے بطور خارجی اشارہ v_0 لیا جاتا ہے۔ صرف ڈائیوڈ پر مبنی چوٹی حاصل کار میں کپیسٹر پر داخلی اشارے کے چوٹی سے v_D برابر کم برقی دباؤ پایا جاتا ہے جبکہ موجودہ دور حقیقی چوٹی حاصل کرتا ہے۔

3.8.2 کامل حیطہ اتار کار

شکل 23.2 پ میں کامل حیطہ اتار کار دکھایا گیا ہے۔ امید کی جاتی ہے کہ اس کی کارکردگی آپ خود سمجھ پائیں گے۔

4.8.2 ڈائیوڈ لوگاریتمی ایکپلیفائر

حسابی منقی ایکپلیفائر میں مزاحمت کی جگہ ڈائیوڈ نسب کرنے سے شکل 24.2 الف کا لوگاریتمی ایکپلیفائر⁵⁴ حاصل ہوتا ہے۔ ثبت v_i کی صورت میں v_0 منقی ہو گا جس سے D_1 سیدھا مائل جبکہ D_2 الٹا مائل ہو گا۔ اسی طرح منقی v_i کی صورت میں v_0 ثبت ہو گا جس سے D_1 الٹا مائل 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 متغیرہ کا لوگاریتم نہیں پایا جاتا اور یوں دور میں صرف D_1 ہونا چاہئے تھا لیکن عموماً دو ڈائیوڈ استعمال کئے جاتے ہیں۔ یوں داخلی اشارہ ثبت یا منقی ممکن ہوتا ہے۔

ثبت v_i کی صورت میں حل کرتے ہیں۔ حسابی ایکپلیفائر کے ثبت مداخل بر قی زمین کے ساتھ جڑا ہے لہذا اس پر بر قی دباؤ v_k صفر ہو گا۔ منقی مداخل پر بر قی دباؤ v_n لکھتے ہوئے کر خوف کے قانون برائے بر قی رو کی مدد سے

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

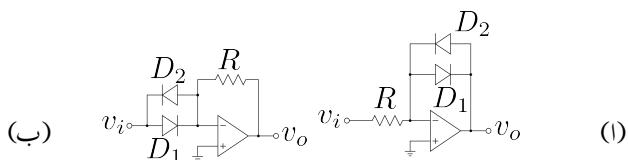
$v_n = 0$ کی بر قی رو ہے۔ اس مساوات میں اور i_D کی جگہ ڈائیوڈ کی مساوات استعمال کرتے ہوئے

$$\begin{aligned} \frac{v_n - v_i}{R} + I_S e^{\frac{v_n - v_0}{V_T}} &= 0 \\ -\frac{v_i}{R} + I_S e^{\frac{-v_0}{V_T}} &= 0 \\ \frac{v_i}{I_S R} &= e^{\frac{-v_0}{V_T}} \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے جہاں ڈائیوڈ پر بر قی دباؤ کو $v_n - v_0$ لیا گیا ہے۔ دونوں جانب قدرتی لوگاریتم⁵⁵ لیتے ہوئے حاصل ہوتا ہے۔

$$v_0 = -V_T \ln \left(\frac{v_i}{I_S R} \right)$$

log amplifier⁵⁴
natural log⁵⁵



شکل 24.2: لوگار تھمی ایمپلیفائر

شکل ب میں قدرتِ اللہ۔ لوگار تھم ایمپلیفائز⁵⁶ دکھایا گیا ہے۔ حسابی ایمپلیٹر کے دونوں مداخل کو برقرار زمین تصور کرتے ہوئے ثبت v_i کی صورت میں ڈالیوڑ D_1 سیدھا مائل ہوتے ہوئے

$$i_D = I_S e^{\frac{v_i - v_n}{V_T}}$$

$$= I_S e^{\frac{v_i}{V_T}}$$

برقی رو گزارے گا جو حسالی ایک پلیفار کے منفی مداخل پر مراجحت کی جانب مڑ جائے گا۔ یوں

$$I_S e^{\frac{v_i}{V_T}} = \frac{v_n - v_o}{R}$$

$$v_o = - I_S R e^{\frac{v_i}{V_T}}$$

حاصل ہوتا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ یہ دور داخلی اشارے کا قدرتِ اللہ۔ لوگوں کی حالت کرتا ہے۔

ضر کار 5.8.2

v_A اور v_B کے لوگاریتم جمع کرنے سے $\ln v_A + \ln v_B = \ln v_A v_B$ حاصل ہوتا ہے جس کا الٹ-لوگاریتم لینے سے $v_A v_B$ یعنی دونوں متغیرات کا حاصل ضرب حاصل ہوتا ہے۔ اسی حقیقت کو استعمال کرتے ہوئے لوگاریتمی اور الٹ لوگاریتمی ایکسل ٹری

natural anti-log⁵⁶

استعمال کرتے ہوئے شکل 25.2 میں ضرب کار⁵⁷ حاصل کیا گیا ہے۔ لوگاریتمی ایکپلینیفار کے مساوات استعمال کرتے ہوئے ہم لکھ سکتے ہیں۔

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

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

اسی طرح جمع کار کے مساوات سے

$$v_{o3} = -(v_{o1} + v_{o2})$$

$$= V_T \ln \frac{v_{i1}}{I_S R} + V_T \ln \frac{v_{i2}}{I_S R}$$

$$= V_T \ln \frac{v_{i1} v_{i2}}{I_S^2 R^2}$$

اور الٹ لوگاریتمی کے مساوات سے

$$v_0 = -I_S R e^{\frac{v_{o3}}{V_T}}$$

$$= -I_S R e^{\ln \frac{v_{i1} v_{i2}}{I_S^2 R^2}}$$

$$= -\frac{v_{i1} v_{i2}}{I_S R}$$

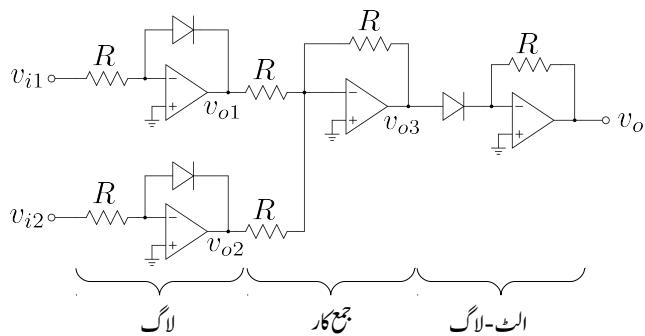
حاصل ہوتا ہے۔ یہ ضرب کار داغلی متغیرات کو آپس میں ضرب دیتے ہوئے سے بھی ضرب دیتا ہے۔

شکل میں جمع کار کی بجائے منفی کار کے استعمال سے تقسیم کار⁵⁸ حاصل ہوتا ہے۔

6.8.2 کامل مکمل لہ سمت کار

شکل 26.2 میں کامل مکمل لہ سمت کار دکھایا گیا ہے۔ آئیں اس کی کارکردگی ثبت اور منفی v_i کی صورت میں دیکھیں۔

multiplier⁵⁷
divider⁵⁸



شکل 25.2: ضرب کار

ثبت v_i کی صورت میں v_{o1} منفی ہو جائے گا جس سے D_1 اٹا مائل ہو کر منقطع جبکہ D_2 سیدھا مائل ہو جائے گا۔ D_2 سیدھا مائل ہونے سے U_1 پر $v_n = v_k$ ہو گا۔ D_1 کو منقطع اور U_1 کے منفی مداخل کو برقی زمین پر تصور کرتے ہوئے شکل 27.2 اف حاصل ہوتا ہے جو کہ سیدھا سادہ جمع کار ہے جس سے

$$v_o = -v_i$$

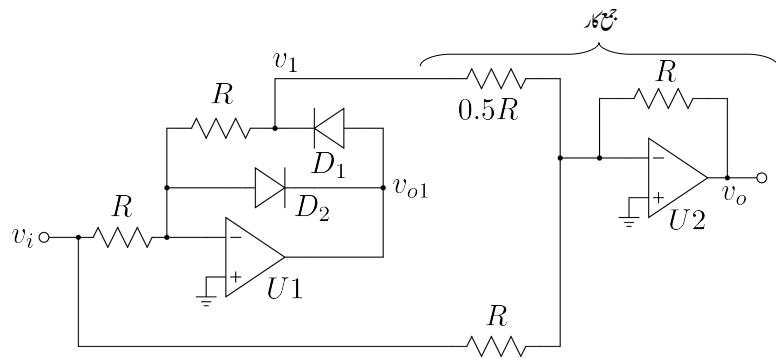
حاصل ہوتا ہے۔ شکل 27.2 اف میں v_1 بھی دکھایا گیا ہے۔ چونکہ اس کے دونوں جانب مراحتوں کے سرے صفر ولٹ پر بین الہذا اس صورت $v_1 = 0V$ رہے گا۔ شکل 27.2 ت میں ثبت v_i کی صورت میں v_o اور v_1 دکھائے گئے ہیں۔

منفی v_i کی صورت میں v_{o1} ثبت ہو جائے گا جس سے D_2 اٹا مائل ہو کر منقطع جبکہ D_1 سیدھا مائل ہو جائے گا۔ یوں U_1 حسابی ایمپلیفیاٹر شکل 27.2 ب صورت اختیار کر لے گا جس کے لئے ہم لکھ سکتے ہیں

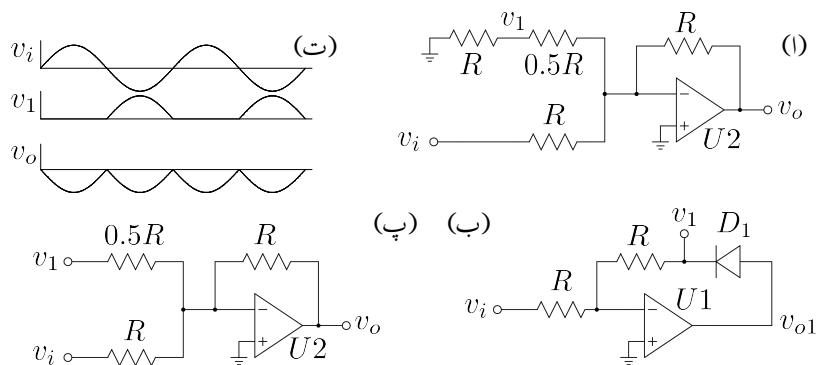
$$\begin{aligned} v_k &= 0 \\ \frac{v_n - v_i}{R} + \frac{v_k - v_1}{R} &= 0 \end{aligned}$$

اور یوں

$$v_1 = -v_i$$



شکل 2.26: کامل مکمل پر سست کار



شکل 2.27: کامل مکمل پر سست کار کارکردگی

حاصل ہوتا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ $v_{o1} = v_1 + v_D$ ہو گا جہاں v_D سیدھے مائل ڈائیوڈ D_1 پر برقی دباؤ ہے۔ v_1 کے استعمال سے جمع کار کو شکل 27.2 پ کے طرز پر بنایا جا سکتا ہے جس سے

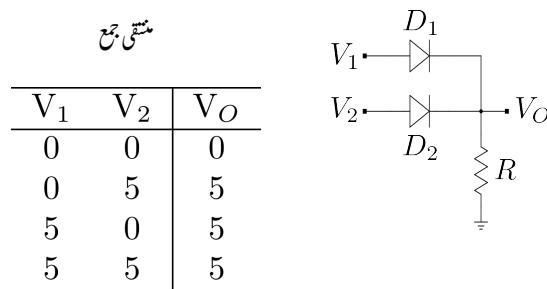
$$v_o = -v_i - 2v_1$$

حاصل ہوتا ہے۔ شکل 27.2 ت میں منفی v_i کی صورت میں v_1 اور v_o دکھائے گئے ہیں۔

9.2 ڈائیوڈ کے منقتوں کے ادوار

ڈائیوڈ پر مبنی ادوار حل کرنے کے طریقہ پر اس حصہ میں غور کیا جائے گا۔ ڈائیوڈ پر مبنی ادوار حل کرتے وقت اگر سیدھے مائل اور اٹھے مائل ڈائیوڈوں کے نشانہ ہی کر دی جائے تو ان ادوار کو حل کرنا نہایت آسان ہو جاتا ہے۔ اس صورت میں سیدھے مائل ڈائیوڈوں کی جگہ چالو سونچ اور اٹھے مائل ڈائیوڈوں کی جگہ منقطع سونچ نسب کر کے دور کو حل کیا جا سکتا ہے۔ بد قسمتی سے قبل از وقت یہ جاننا کہ کون کون سے ڈائیوڈ سیدھے مائل اور کون کون سے ڈائیوڈ اٹھے مائل ہیں عموماً ناممکن ہوتا ہے۔ ڈائیوڈ کے ادوار حل کرنے کا کوئی ایک سادہ طریقہ نہیں پایا جاتا البتہ گھبرانے کی بات نہیں چونکہ ایسے ادوار حل کرنے کے مشق سے یہ اندازہ لگانا کہ کون کون سے ڈائیوڈ سیدھے یا اٹھے مائل ہیں عموماً ناممکن ہوتا ہے۔ اس طریقہ کو مشق سے بہتر سیکھا جا سکتا ہے۔ ایسا کرنے کی خاطر شکل 28.2 میں دئے دور پر غور کریں۔

اس دور میں دو ڈائیوڈ استعمال کئے گئے ہیں۔ دور کے دو غیر تابع داخلی برقی دباؤ (اشرات) کو V_1 اور V_2 جبکہ خارجی برقی دباؤ کو V_O کہا گیا ہے۔ یہ ایک مخصوص دور ہے جس کے داخلی برقی دباؤ کے دو ہی ممکنہ قيمتیں ہیں۔ یہ تو یا صفر وولٹ (0 V) اور یا پھر پانچ وولٹ (5 V) ہو سکتے ہیں۔ یوں داخلی جانب چار ممکنہ صورتیں پائی جاتی ہیں جنہیں شکل میں بطور جدول دکھایا گیا ہے۔ آئین باری باری ان چار صورتوں پر غور کریں۔

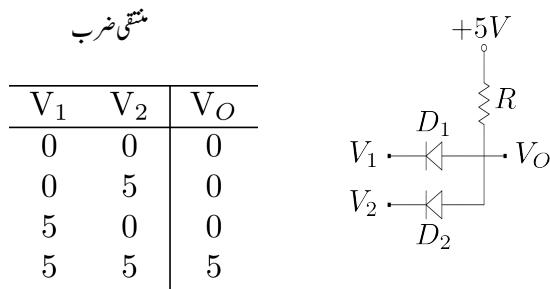


شکل 28.2: متنقی جمع

پہلی صورت میں دونوں داخلی برقی دباؤ صفر ولٹ ہیں یعنی $V_1 = 0$ اور $V_2 = 0$ ہیں۔ یہ جدول کی پہلی صفت میں دکھایا گیا ہے۔ اس صورت میں واضح ہے کہ دور میں برقی رو ممکن نہیں۔ یوں خارجی جانب نسب مزاحمت میں برقی رو صفر ہونے کی وجہ سے اس کے سروں کے مابین برقی دباؤ بھی صفر ولٹ ہو گا۔ جدول کی پہلی صفت میں دیکھی جانب V_O کی صفت میں 0 اسی کو ظاہر کرتا ہے۔

دوسری صورت V_1 صفر ولٹ جبکہ V_2 پانچ ولٹ کے برابر ہے یعنی $V_1 = 0V$ جبکہ $V_2 = 5V$ ہے۔ اس صورت کو جدول کے دوسری صفت میں دکھایا گیا ہے۔ غور کرنے سے آپ دیکھ سکتے ہیں کہ اس صورت میں ڈائیوڈ D_2 سیدھا مائل جبکہ D_1 الٹ مائل ہے۔ یوں D_2 کو چالو سوچ جبکہ D_1 کو منقطع سوچ تصور کر کے یہ واضح ہے کہ خارجی برقی دباؤ پانچ ولٹ ہے یعنی $V_O = 5V$ ہے۔

اسی طرح جدول کی تیسرا صفت کے حوالے سے D_1 سیدھا مائل جبکہ D_2 الٹ مائل ہو گا اور یوں $V_O = 5V$ ہو گا۔ جدول کی آخری صفت میں دونوں ڈائیوڈ سیدھے مائل ہوں گے اور یوں $V_O = 5V$ ہو گا۔ اس دور کی جدول متنقی جمع کو ظاہر کرتی ہے لہذا یہ مختصر گیٹ⁵⁹ ہے۔ اس شکل میں مزید ڈائیوڈ جوڑ کر داخلی اشارات کی تعداد بڑھانی جا سکتی ہے۔



شکل 29.2: متنی ضرب

شکل 29.2 میں ڈائیوڈ پر مبنی ضرب گیٹ⁶⁰ دکھایا گیا ہے۔ پہلے جدول میں دئے آخری صاف پر غور کرتے ہیں۔ اگر دونوں داخلی اشارات کی قیمتیں پانچ ولٹ (5V) ہوں تو مزاحمت میں برقی رو صفر اینپیسٹر ہو گی لہذا خارجی برقی دباؤ بھی پانچ ولٹ ہو گا یعنی $V_O = 5$ ہو گا۔

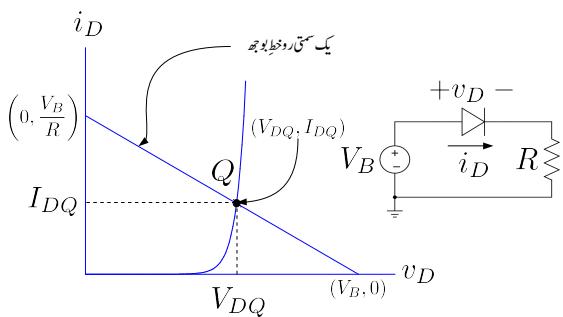
جدول میں دئے بقیا ممکنات پر غور کرتے آپ آسانی سے تمام صورتوں میں خارجی برقی دباؤ حاصل کر سکتے ہیں۔

10.2 یک سمی روندبوچھ

خط بوچھ کا اس کتاب میں آگے جا کر ٹرانزسٹر⁶¹ کے ادوار میں نہایت کارآمد ثابت ہوں گے۔ ڈائیوڈ کے ادوار میں اسے متعارف کرنے سے ان خط کا سمجھنا نسبتاً آسان ہوتا ہے۔

گزشتہ صفحات میں ڈائیوڈ کے ادوار حل کرتے سیدھے ماکل ڈائیوڈ کو چالو سوچ جبکہ اُنکے ماکل ڈائیوڈ کو منقطع سوچ تصور کیا جاتا رہا۔ ایسا کرنے سے ڈائیوڈ کی خاصیت نظر انداز ہو جاتی ہے۔ اگرچہ بیشتر موقع پر ایسا کرنا درست ہوتا ہے، بہر حال کبھی کبھار ڈائیوڈ کی خاصیت کو مد نظر رکھنا ضروری ہوتا ہے۔ اس حصہ میں ایسا ہی کیا جائے گا۔

AND gate⁶⁰
transistor⁶¹



شکل 30.2: خط بوجہ اور نقطہ مائل

شکل 30.2 میں دکھائے گئے دور کو مثال بناتے ہیں۔ کرخوف کے قانون برائے برقی دباؤ کے مطابق اس دور کے لئے ہم یوں لکھ سکتے ہیں۔

$$(15.2) \quad V_B = v_D + i_D R$$

اس مساوات میں i_D اور v_D دو متغیرات ہیں اور یوں اسے حل کرنا ممکن نہیں۔ اسے حل کرنے کی خاطر ہمیں ڈائیوڈ کی مساوات بھی درکار ہے یعنی

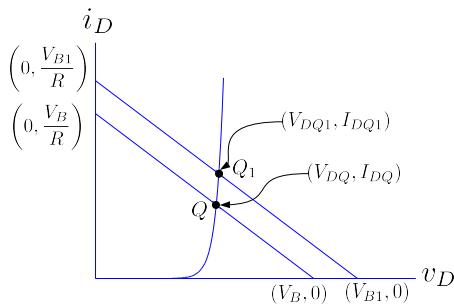
$$(16.2) \quad i_D = I_S \left(e^{\frac{v_D}{V_T}} - 1 \right) \approx I_S e^{\frac{v_D}{V_T}}$$

ان دو مساوات کو کئی طریقوں سے حل کر کے i_D اور v_D اصل کئے جاسکتے ہیں۔ آئیں انہیں حل کرنے کے چند طریقے دیکھیں۔

1.10.2 گراف کا طریقہ

شکل 30.2 میں مساوات 15.2 اور مساوات 16.2 کو گراف کیا گیا ہے۔ جس نقطے پر دونوں مساوات کے خط ٹکراتے ہیں ہمیں ان کا حل ہے یعنی (V_{DQ}, I_{DQ}) ۔ اس نقطے کو یک سمتی نقطہ مائل⁶² یا یک سمتی نقطہ کارکردگی کہتے ہیں۔ ان ناموں کو عموماً چھوٹا کر کے نقطہ مائل یا نقطہ کارکردگی پکارتے ہیں۔ نقطہ کارکردگی کو Q سے ظاہر کیا جاتا ہے۔

DC bias point⁶²



شکل 31.2: داخلی برقی دباؤ کا خط بوجھ پر اثر

شکل 30.2 میں مساوات 15.2 کے خط کو یک سمتی رو خط بوجھ^{64,65} کہا گیا ہے۔ اس نام کو چھوٹا کر کے اسے خط بوجھ بھی کہتے ہیں۔ آئیں اس خط پر غور کرتے ہیں۔ خط بوجھ کی ڈھلوانی⁶⁵

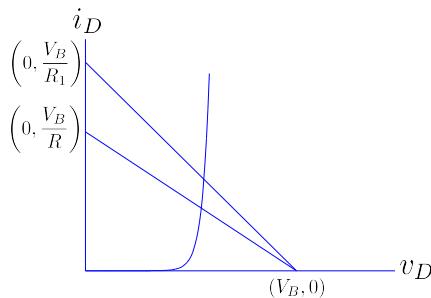
$$\frac{\Delta i_D}{\Delta v_D} = -\frac{1}{R}$$

کے برابر ہے۔ خط بوجھ افقی محور یعنی برقی دباؤ v_D کے محور کو $(V_B, 0)$ پر ٹکراتا ہے جبکہ عمودی محور یعنی برقی دباؤ i_D کے محور کو $\left(0, \frac{V_B}{R}\right)$ پر ٹکراتا ہے۔

یوں اگر مزاحمت برقرار رکھتے ہوئے دور میں داخلی برقی دباؤ V_B کی قیمت بڑھا کر V_{B1} کر دی جائے تو خط بوجھ افقی محور کو موجودہ جگہ سے قدرِ دویں جانب $(V_{B1}, 0)$ پر ٹکرائے گا اور عمودی محور کو $\left(0, \frac{V_{B1}}{R}\right)$ پر ٹکرائے گا۔

شکل 31.2 میں خطوط بوجھ کو داخلی برقی V_B اور V_{B1} کے لئے گراف کیا گیا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ یہ ونی برقی دباؤ V_B بڑھنے سے خط بوجھ کا ڈھلوان تبدیل نہیں ہوتا اور یوں دونوں خطوط آپس میں متوازی ہوتے ہیں۔ اس کے بعد اگر یہ ونی برقی دباؤ V_B برقرار رکھی جائے اور مزاحمت R_1 کر دیا جائے تو خط بوجھ کی ڈھلوان تبدیل ہو گا جبکہ یہ اب بھی محور برقی دباؤ کو $(V_B, 0)$ پر ٹکرائے

⁶³ گوڑے پر بوجھ لا دا جاتا ہے۔ یہاں R بطور برقی بوجھ کردار ادا کرتا ہے اور اس کے مساوات کے گراف کو خط بوجھ کہتے ہیں
⁶⁴ DC load line
⁶⁵ gradient



شکل 2.2: مزاحمت کی تبدیلی کا خطاب جھپٹ پر اثر

گ۔ محور برتنی رو سے نکرانے کا مقام تبدیل ہو کر $\left(0, \frac{V_B}{R_1}\right)$ ہو جائے گا۔ شکل 32.2 میں اس صورت کو دکھایا گیا ہے جہاں مزاحمت کی نئی قیمت R_1 کو اس کی پرانی قیمت R سے کم تصور کیا گیا ہے۔

2.10.2 دہرانے کا طریقہ

عموماً مساوات دہرانے کے طریقے⁶⁶ سے با آسانی حل کئے جاتے ہیں۔ موجودہ مسئلہ بھی کچھ اسی نوعیت کا ہے اور اسے بھی دہرانے کے طریقے سے نپتا جا سکتا ہے۔ اس طریقے کو مثال کی مدد سے دیکھتے ہیں۔

مثلاً شکل 30.2 میں 30.2:10.2 ڈائیوڈ میں $R = 15 \text{ k}\Omega$ اور $V_B = 15 \text{ V}$ پر برتنی رو گزرتا ہے تو اس دور میں برتنی رو حاصل کریں۔

حل: مساوات 16.2 سے

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

حاصل ہوتا ہے۔ جیسیں قبل از وقت ڈائیوڈ کی برقی رو یا اس پر برقی دباؤ معلوم نہیں مگر دئے گئے معلومات سے ہم یہ اخذ کر سکتے ہیں کہ اگر برقی رو دباؤ ملی ایمپیسر کے قریب ہو تو برقی دباؤ اشاریہ چھ ولٹ کے قریب ہو گا۔

$I_{D_0} = 2 \text{ mA}$ کو $V_{D_0} = 0.6 \text{ V}$ کے لئے ہوئے (یعنی $I_{D_0} = 2 \text{ mA}$) اور $I_{D_1} = 15.2 \text{ mA}$ کو $V_{D_1} = 0.6 \text{ V}$ کے لئے ہوئے (یعنی $I_{D_1} = 15.2 \text{ mA}$) ہم 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 15.2 کی مدد سے ہم برقی رو حاصل کریں گے جسے ہم I_{D_1} کہیں کیا جائے گا جسے ہم I_{D_1} کہیں کریں گے۔ مساوات 16.2 میں I_{D_1} کی قیمت استعمال کرتے ہوئے ڈائیوڈ پر برقی دباؤ حاصل 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 گزرتی جگہ ہم دیکھ سکتے ہیں کہ اصل دور میں برقی رو I_{D_1} کے قریب ہو گی اور یوں I_{D_1} کے نسبت سے حاصل شدہ برقی دباؤ V_{D_1} اصل قیمت کے زیادہ قریب برقی دباؤ ہو گا۔ یوں اگر V_{D_1} استعمال کرتے ہوئے یہ سارا سلسلہ دبابرہ دھرا یا جائے یعنی مساوات 15.2 میں V_{D_1} استعمال کرتے ہوئے I_{D_2} حاصل کیا جائے تو حاصل برقی رو مزید بہتر جواب ہو گا اور اگر مساوات 16.2 میں I_{D_2} استعمال کرتے ہوئے V_{D_2} حاصل کیا جائے تو یہ V_{D_1} سے بہتر جواب ہو گا۔ اس طریقے کو اس وقت تک دھرا یا جاتا ہے جب تک حاصل قیمتوں میں تبدیلی قابل نظر انداز ہو جائے۔ آئسکن دھرانے کے اس طریقے کو استعمال کریں۔

مساوات 15.2 میں $V_{D_0} = 0.6 \text{ V}$ استعمال کرنے سے

$$I_{D_1} = \frac{V_B - V_{D_0}}{R} = \frac{15 - 0.6}{15000} = 0.96 \text{ mA}$$

اور مساوات 16.2 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 کردہ قیمت سے زیادہ درست قیمت ہے لہذا اس کو استعمال کرتے ہوئے ہم ایک مرتبہ پھر مساوات 15.2 حل کرتے ہیں۔

$$I_{D_2} = \frac{15 - 0.58165}{15000} = 0.9612233 \text{ mA}$$

یہ جواب بالکل درست تب ہوتا اگر 0.9612233 mA پر ڈائیوڈ کا برقی دباؤ 0.58165077 V ہوتا مگر ایسا نہیں ہے لہذا ہمیں ایک مرتبہ پھر ڈائیوڈ کے برقی دباؤ کا بہتر اندازہ لگانا ہو گا۔ یوں I_{D_2} کو 0.9612233 mA اور ڈائیوڈ پر برقی دباؤ کو لیتے ہوئے V_{D_2}

$$V_{D_2} = V_T \ln \frac{I_{D_2}}{I_S} = -0.025 \times \ln \left(\frac{0.9612233 \times 10^{-3}}{7.550269 \times 10^{-14}} \right) = 0.58168261 \text{ V}$$

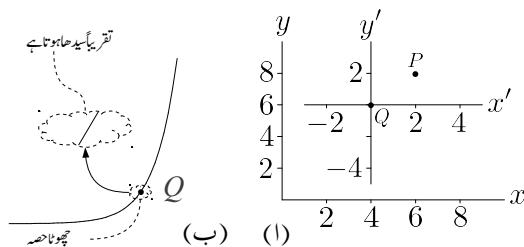
حاصل ہوتا ہے۔ اور اس نئی قیمت کو استعمال کرتے ہوئے

$$I_{D_3} = \frac{V_B - V_{D_2}}{R} = \frac{15 - 0.58168261}{15000} = 0.9612211 \text{ mA}$$

حاصل ہوتا ہے۔ ہم دیکھتے ہیں کہ گزشته دو حاصل 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 قریب ہے اور یوں $I_{D_4} = 0.96122 \text{ mA}$ کو ہم درست جواب تسلیم کر لیتے ہیں۔

11.2 کارتیسی مدد اور ترسیم

اس حصے میں کارتیسی مدد اور ترسیم پر غور کیا جائے گا جس کی اس کتاب میں کئی جگہ ضرورت پیش آئے گی۔ اگرچہ اس حصے کو کتاب کے آخر میں ضمیمہ کے طور رکھنا چاہئے تھا مگر اس کی اہمیت کو دیکھتے ہوئے میں نے اسے اس باب کا حصہ بنا لیا ہے۔ طلبہ سے گزارش کی جاتی ہے کہ وہ اس حصے کو مکونی سمجھیں۔



شکل 33.2: (a) کار تیسی مدد۔ (b) خط کے چھوٹے حصے کا سیدھا پن

1.11.2 محمد کی منتقلی

شکل 33.2 الف میں دو کار تیسی مدد دکھائے گئے ہیں۔ $(x - y)$ کار تیسی مدد میں دو نقطے $P(6,8)$ اور $Q(4,6)$ دکھائے گئے ہیں۔ $(x' - y')$ مدد میں یہی نقطے $P'(2,2)$ اور $Q'(0,0)$ بن جاتے ہیں۔

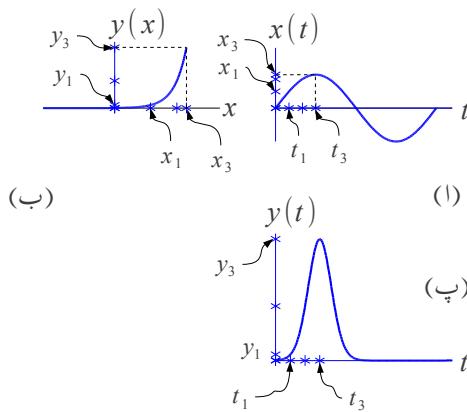
2.11.2 خط کا چھوٹا حصہ سیدھا تصور کیا جاسکتا ہے

شکل 33.2 ب میں یہ حقیقت دکھایا گیا ہے کہ کسی بھی خط کے چھوٹے سے حصے کو سیدھا تصور کیا جا سکتا ہے۔ اگر کبھی آپ کسی خط کا چھوٹا حصہ لیں اور آپ کو لے کہ یہ چھوٹا حصہ سیدھا تصور کرنے کے قابل نہیں ہے تو اس سے مزید چھوٹا حصہ لیجئے۔ اس شکل میں چھوٹے بلبلے میں گھیرے خط کو بڑھے بلبلے میں بڑھا چڑھا کر دکھایا گیا ہے جہاں اس کا سیدھا پن صاف واضح ہے۔

3.11.2 گراف سے قیمت حاصل کرنے کا عمل

شکل 34.2 ب کے گراف سے مختلف x پر $y(x)$ کی قیمت حاصل کر کے انہیں جدول 1.2 میں دکھایا گیا ہے۔ آپ گراف سے قیمت حاصل کرنے کے اس عمل سے بخوبی واقف ہیں۔ اس شکل میں $y(x)$ خم دار خط ہے۔

جدول 1.2: گراف سے حاصل کی گئی قیمتیں						
x	0	1	2	3	4	5
y	0	0.03	0.12	0.44	1.49	4.99



شکل 34.2: وقت کے ساتھ بدلنے والے تغیرات کی مثال

اب تصور کریں کہ وقت کے ساتھ تبدیل ہوتا تفاضل 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 34.2 الف میں $x(t)$ کو سائنس نما تصور کیا گیا ہے۔

شکل 34.2 الف میں مختلف اوقات مثلاً $t_0, t_1, t_2, \dots, t_n$ پر $x(t)$ کی قیمت حاصل کریں جہاں x_0 سے مراد t_0 پر x کی قیمت یعنی $x(t_0)$ ہے۔ t_0 تا t_n نقاط کی گل تعداد یعنی $(n+1)$ کا تعین آپ جیسے اور جتنی چاہیں کر سکتے ہیں۔ اسی طرح کسی دو قریبی نقاط کے مابین فاصلہ مثلاً

$$\Delta t_2 = t_3 - t_2$$

آپ جتنی چاہیں رکھ سکتے ہیں۔ اس کے علاوہ کسی دو قریبی نقاط کے درمیان فاصلہ مثلاً

$$\Delta t_5 = t_6 - t_5$$

اور کسی اور دو قریبی نقاط کے درمیان فاصلہ مثلاً

$$\Delta t_8 = t_9 - t_8$$

ایک دونوں سے مختلف ہو سکتے ہیں۔ اس طرح آپ کے پاس جدول 2.2 حاصل ہو گا۔

جدول 2.2: $x(t)$ بال مقابل t کا جدول					
t_0	t_1	t_2	\dots	t_n	
x_0	x_1	x_2	\dots	x_n	

جدول 2.2 میں دئے x پر شکل 34.2 ب 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 3.2 حاصل ہو گا جسے شکل 34.2 پ کی طرح گراف کریں۔

جدول 3.2: $y(t)$ 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 بتانا چاہوں گا کہ اس مثال میں تفاعل $y(x)$ نغم دار⁶⁷ تھا۔ اس کو استعمال کرتے ہوئے تفاعل $y(t)$ سے تفاعل $x(t)$ حاصل کی گئی۔ اور $y(t)$ کی شکلیں بالکل مختلف ہیں۔

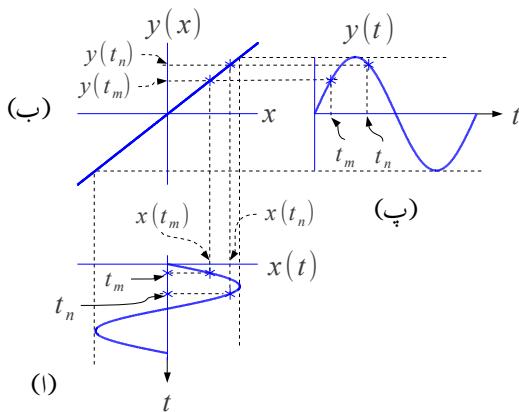
مندرجہ بالا تمام عمل کو نہایت عمدگی اور نسبتاً زیادہ آسانی کے ساتھ بھی سرانجام دیا جا سکتا ہے۔ آئیں اس بہتر طریقے کو شکل 35.2 کی مدد سے دیکھیں جہاں بدلتے اشارہ $x(t)$ کو شکل 35.2 الف میں گھما کر دکھایا گیا ہے۔ اس مثال میں بھی $x(t)$ کو سائنس نما تصور کیا گیا ہے جبکہ تفاعل $y(x)$ کو سیدھا خط یعنی

$$(17.2) \quad y(x) = mx$$

تصور کرتے ہوئے شکل ب میں دکھایا گیا ہے۔⁶⁸ جیسے کہ آپ آگے دیکھیں گے، سیدھا $y(x)$ نہایت انتیت کا حامل ہے اور اس موقع سے فائدہ اٹھاتے ہوئے ہم اسی کو استعمال

curved⁶⁷

⁶⁸ یہ میں خط کی مساوات $y = mx + c$ ہے جہاں c وہ نقطہ ہے جہاں خط y محور کو کھاتا ہے۔ سیدھا خط $(0, 0)$ سے گزرنے کی صورت میں $c = 0$ ہو گا اور یوں یہ میں خط کی مساوات $y = mx$ ہو گی۔



شکل 35.2: سیدھا تفاصیل اشارے کی شکل برقرار رکھتا ہے

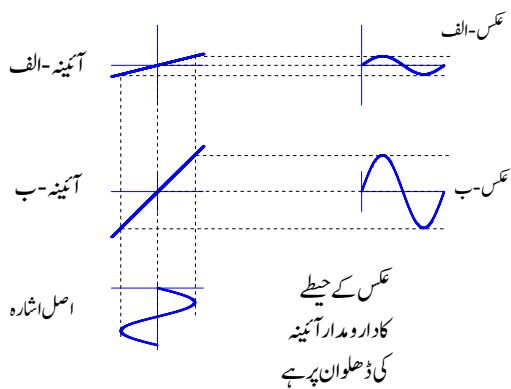
کرتے ہوئے آگے بڑھتے ہیں۔ مساوات 17.2 میں m شکل 33.2 ب میں نقطہ Q پر خط کے چھوٹے سیدھے حصے کی ڈھلوان ہے یعنی

$$(18.2) \quad m = \left. \frac{\partial y}{\partial x} \right|_Q$$

شکل 35.2 الف میں دو نقطے t_m اور t_n کو مثال بناتے ہوئے پورے عمل کو سمجھایا گیا ہے۔ ان دو نقطوں پر $x(t_m)$ اور $x(t_n)$ حاصل کئے جاتے ہیں۔ ان کی قیمت جانتا ضروری نہیں، بلکہ ان کی شناختی گراف پر کر دی جائے۔

شکل الف اور شکل ب یوں بنائے جاتے ہیں کہ شکل ب کا x محدود شکل الف کے x محدود کے متوازی ہو اور ان کی جماعت بھی برابر ہو۔ یوں شکل الف میں $x(t_m)$ اور $x(t_n)$ سے سیدھی لکھیریں شکل ب تک لے جائیں۔ اس طرح شکل ب سے $y(t_m)$ اور $y(t_n)$ اور y حاصل ہوں گے۔

شکل ب اور شکل پ یوں بنائے جاتے ہیں کہ شکل پ کا y محدود شکل ب کے y محدود کے بالکل دائیں جانب برابر رکھا جائے اور ان کی جماعت بھی برابر ہو۔ یوں شکل ب کے $y(t_m)$ اور $y(t_n)$ نقطوں سے شکل پ تک افقی لکھیریں



شکل 36.2: عکس کا جیٹ بال مقابل آئینے کی ڈھلوان

بنائیں۔ شکل پ پر ان نقطوں کو وقت t_m اور t_n کے ساتھ گراف کریں۔ مندرجہ بالا پورا عمل شکل 35.2 کو دیکھتے ہی ایک دم سمجھ آ جانا چاہئے۔

شکل 35.2 میں $y(x)$ ایک خطی (یعنی غیر-خم دار) تفاعل ہے۔ اسے استعمال کرتے ہوئے شکل پ حاصل کی گئی۔ شکل پ اور شکل الف ہو بہو ایک ہی طرح ہیں۔ ان کے صرف حیطے مختلف ہو سکتے ہیں۔ یہ ایک نہایت اہم نتیجہ ہے جس کا بر قیات کے میدان میں کلیدی کردار ہے۔ اس حقیقت کو استعمال کرتے ہوئے غیر-خم دار تفاعل کے اشکال میں چونکہ صرف حیطہ تبدیل ہوتا ہے لہذا عموماً اشارہ $x(t)$ کے چوڑیوں سے شکل ب تک اور یہاں سے شکل پ تک لکیریں کھینچ کر شکل پ مکمل کر دیا جاتا ہے۔

شکل 34.2 اور شکل 35.2 میں $x(t)$ کو داخلی (یا اصل) اشارہ، $y(t)$ کو خارجی (یا منعکس⁶⁹) اشارہ جبکہ $y(x)$ کو آئینہ⁷⁰ تصور کریں۔ یوں ہم کہہ سکتے ہیں کہ غیر-خم دار آئینے میں اشارے کی شکل جوں کی توں رہتی ہے جبکہ خم دار آئینہ شکل بگاڑ دیتا ہے۔ شکل 36.2 میں آئینہ کی ڈھلوان کا عکس کے حیطے پر اثر دکھایا گیا ہے۔ آئینہ الف کی ڈھلوان آئینہ ب کی ڈھلوان سے زیادہ ہے۔ جیسے آپ دیکھ سکتے ہیں کہ

image⁶⁹
mirror⁷⁰

آئینے کی ڈھلوان بڑھنے سے عکس کا جیٹہ بڑھتا ہے جبکہ آئینہ کی ڈھلوان گھٹانے سے عکس کا جیٹہ گھٹتا ہے۔ آئینے کی ڈھلوان یوں بھی رکھی جا سکتی ہے کہ عکس کے جیٹے میں کوئی تبدیلی پیدا نہ ہو اور یہ اصل اشارہ کے جیٹے کے برابر ہی رہے۔

مندرجہ بالا تذکرہ کو تخلیلی جامہ پہناتے ہیں۔ مساوات 17.2 میں $x(t)$ لکھتے ہوئے اس مساوات کو یوں لکھا جا سکتا ہے۔

$$(19.2) \quad y[x(t)] = mx(t) \\ y(t) = mx(t)$$

اس مساوات کے تحت $y(t)$ کا جیٹہ $x(t)$ کے جیٹے کا m گنا ہو گا جہاں m آئینہ کی ڈھلوان ہے۔

برقیات کے میدان میں برقی دباؤ v اور برقی رو i کا استعمال ہوتا ہے۔ روایتی طور پر برقی دباؤ کو $x(t)$ جبکہ برقی رو کو $y(t)$ تصور کیا جاتا ہے۔ شکل 37.2 میں ایسا دکھایا گیا ہے۔ آپ جانتے ہیں کہ یک سمتی برقی دباؤ تقسیم یک سمتی برقی رو کو مزاحمت R جبکہ یک سمتی برقی رو تقسیم یک سمتی برقی دباؤ کو موصلیت G لکھا جاتا ہے۔ مزید یہ کہ باریک اشاراتی مزاحمت کو r جبکہ باریک اشاراتی موصلیت کو g لکھا جاتا ہے۔ یوں مساوات 18.2 میں چھوٹے (یعنی باریک) سیدھے حصے کی ڈھلوں میدان میں استعمال کرتے وقت مندرجہ ذیل طرز پر لکھا جائے گا۔

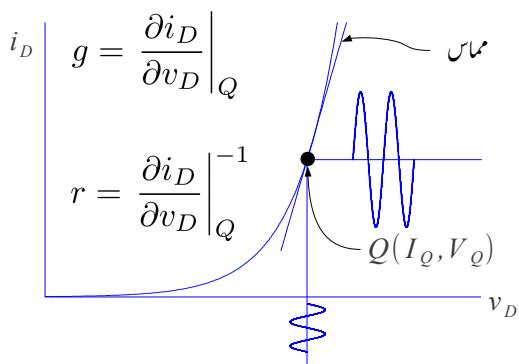
$$(20.2) \quad i(t) = gv(t)$$

اسی طرح مساوات 18.2 کو یوں لکھا جائے گا

$$(21.2) \quad g = \left. \frac{\partial i}{\partial v} \right|_Q$$

اور باریک اشاراتی مزاحمت r کے لئے یوں لکھا جائے گا۔

$$(22.2) \quad r = \left. \frac{\partial i}{\partial v} \right|_Q^{-1}$$



شکل 37.2: باریک اشاراتی موصیت اور باریک اشاراتی مراجعت

12.2 باریک اشاراتی تجزیہ

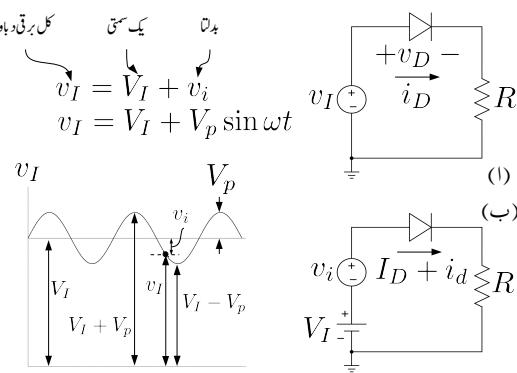
شکل 38.2 الف میں داخلی برقی دباؤ v_I استعمال کی گئی ہے۔ گراف میں v_I کی قیمت ثابت رہتے ہوئے مسلسل تبدیل ہوتی دکھائی گئی ہے۔ جیسا شکل ب میں دکھایا گیا ہے، v_I کو یوں بھی تصور کیا جا سکتا ہے کہ اسے یک سمتی برقی دباؤ V_I اور بدلتے برقی دباؤ v_i کو سلسلہ وار جوڑ کر حاصل کیا گیا ہے یعنی

$$(23.2) \quad v_I = V_I + v_i$$

باریک اشارہ⁷¹ سے مراد وہ بدلتا اشارہ ہے جس کا حیطہ دور میں پائے جانے والے یک سمتی برقی دباؤ یا یک سمتی رو کی قیمتوں سے نہایت کم ہو (یعنی $v_i \ll V_I$)۔

شکل 31.2 میں تغیر پذیر داخلی برقی دباؤ کا خط بوجھ پر اثر دکھایا گیا۔ اسی ترکیب کو یہاں استعمال کرتے ہوئے باریک داخلی اشارہ v_i کی موجودگی میں ڈیوڈ کی کارکردگی پر غور کیا جائے گا۔ تغیر پذیر داخلی برقی دباؤ v_I سے پہنچنے کی خاطر مختلف لمحات پر وقت

small signal⁷¹



شکل 38.2: باریک اشارہ

کو ساکن تصور کرتے ہوئے ان لمحات پر داخلی برقی دباؤ کی کل قیمت لی جاتی ہے۔ ان قیمتیوں پر خطِ بوجھ اور ڈائیوڈ کی مساوات کا خط گراف کیا جاتا ہے۔ یوں مختلف اوقات پر ڈائیوڈ کے مختلف نقطے مائل (V_{DQ}, I_{DQ}) حاصل کئے جاتے ہیں۔

شکل 39.2 میں $v_I(t_0) = V_I$ اور $\omega t_0 = 0$ پر داخلی برقی دباؤ کے زاویہ گھما کر استعمال کرتے خطِ بوجھ گراف کئے گئے ہیں۔

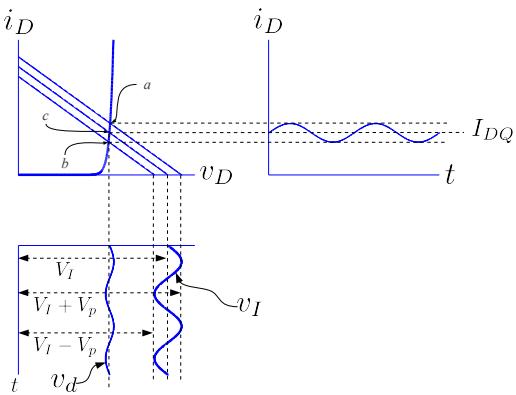
شکل 38.2 کے داخلی برقی دباؤ کے گراف کو گھٹری کی سمت 90 کے زاویہ گھما کر شکل 39.2 میں بنایا گیا ہے۔ یوں تغیر پذیر داخلی برقی دباؤ سے خطِ بوجھ حاصل کرتے ہوئے دور میں بدلتی برقی رو حاصل کی جاتی ہے۔ یہ ترکیب شکل پر غور کرنے سے واضح ہو گی۔

بدلتی رو، خطِ بوجھ 1.12.2

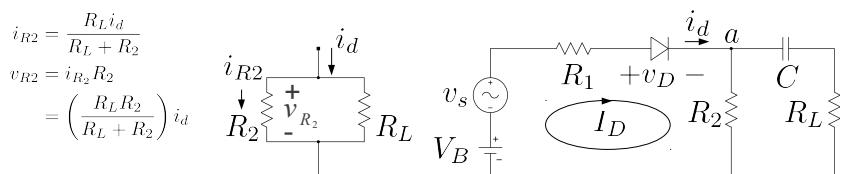
حصہ 10.2 میں یک سمتی خطِ بوجھ پر گفتگو کی گئی۔ اسی کو آگے بڑھاتے ہوئے بدلتی رو، خطِ بوجھ⁷² کو یہاں پیش کیا جائے گا جس کا اگلے بابوں میں کلیدی کردار ہو گا۔ شکل 40.2

12.2. باریک اشاراتی تجزیہ

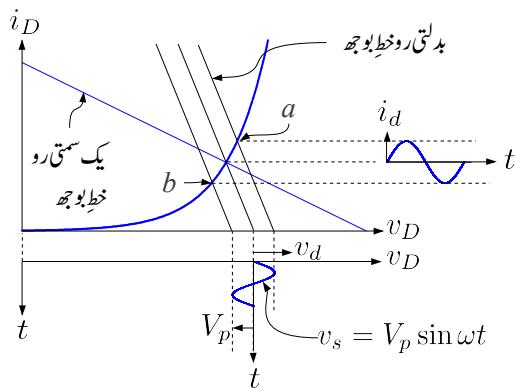
153



شکل 12.2: زایوڈ پر باریک اشارات



شکل 12.40: زایوڈ کے دور میں کپیٹر کے استعمال سے بدلتی رو، خطی بوجھ پیدا ہوتا ہے



شکل 41.2: بدلتی رو خط بوجھ

میں دکھائے ڈائیوڈ کے دور میں کپیسٹر بھی استعمال کیا گیا ہے۔ تصور کریں کہ باریک اشارہ v_s کے تعدد پر کپیسٹر کو قصر دور (یعنی $|X_C| \rightarrow 0$) تصور کیا جا سکتا ہے۔ چونکہ کپیسٹر میں سے یک سمتی برقی رو نہیں گزرتی لہذا یک سمتی برقی رو R_L سے نہیں گزرے گی۔ کپیسٹر کو یک سمتی متغیرات کے لئے کھلے دور تصور کیا جا سکتا ہے۔ ایسا کرنے سے یک سمتی دور حاصل ہوتا ہے جس کے یک سمتی خط بوجھ کی ڈھلوان $\frac{1}{R_1+R_2}$ ہو گی اور R_L کا اس میں کوئی کردار نہیں ہو گا۔

بدلتے اشارہ کے نقطہ نظر سے ڈائیوڈ کے خارجی جانب دو متوازی جڑے مزاحمت پائے جاتے ہیں جن کی کل مزاحمت R_t ہے یعنی

$$(24.2) \quad R_t = \frac{R_L R_2}{R_L + R_2}$$

بدلتے اشارہ کو R_t برقی بوجھ دکھائی دیتا ہے۔ یوں بدلتے اشارہ کے خط بوجھ کی ڈھلوان $-\frac{1}{R_t}$ ہو گی جو کہ یک سمتی رو خط بوجھ کی ڈھلوان سے مختلف ہے۔ یوں بدلتی رو، خط بوجھ کھینچتے کرتے وقت اس کی ڈھلوان $-\frac{1}{R_t}$ رکھی جائے گی۔ بدلتے اشارہ کے تبدیل کے ساتھ بدلتی رو، خط بوجھ بھی جگہ تبدیل کرتا ہے۔ یہ بالکل ایسا ہی ہے جیسے شکل 39.2 میں یک سمتی رو خط بوجھ کے لئے دکھایا گیا۔ چونکہ بدلتی رو خط بوجھ کی ڈھلوان ہمیں معلوم ہے لہذا اسے گراف کرنے کی خاطر ہمیں مزید صرف اس پر ایک

نقطہ درکار ہے۔ اگر بدلتے اشارے کا جیٹ کم کرتے صفر کر دیا جائے تو یک سمتی صورت حال پیدا ہوتی ہے اور ہم جانتے ہیں کہ یک سمتی خطِ بوجھ نقطہ مائل سے گزرتا ہے۔ یوں صاف ظاہر ہے کہ بدلتے خطِ بوجھ بھی نقطہ مائل سے گزرتا ہے۔ شکل 41.2 میں دونوں خطِ بوجھ گراف کئے گئے ہیں۔

اس طرح پہلے یک سمتی رو خطِ بوجھ گراف کیا جاتا ہے جس سے نقطہ مائل حاصل کیا جاتا ہے۔ نقطہ مائل سے گزرتا بدلتی رو، خطِ بوجھ گراف کیا جاتا ہے جس کی ڈھلوان بدلتے اشارہ کی بوجھ سے حاصل کی جاتی ہے۔ بدلتے اشارہ کے موجودگی میں بدلتی رو، خطِ بوجھ ڈایڈ کے خط پر نقطہ Q کے قریب قریب رہتے ہوئے a اور b کے درمیان چال قدمی کرتا ہے۔ یہاں بھی نقطہ کارکردگی پر باریک اشارات کے لئے ڈایڈ کے خط کو سیدھا تصور کرتے ہوئے محدود $v_d - i_d$ بنائے جا سکتے ہیں جن سے v_d اور i_d کو پڑھا جا سکتا ہے۔

v_d اور i_d کو تخلیلی طریقے سے بھی حاصل کیا جا سکتا ہے۔ ایسا کرنے کی خاطر شکل 40.2 پر غور کرتے ہیں۔ اگر یہاں $v_s = 0$ رکھا جائے تو باہیں دائیں میں صرف یک سمتی برقی رو I_D گزرے گی جس سے مراحت R_2 پر برقی دباؤ I_{DR_2} پیدا ہو گا۔ یہی برقی دباؤ جوڑ a پر پایا جائے گا۔ R_L اور کپیسٹر C آپس میں سلسلہ وار جڑے ہیں۔ یوں ان کی برقی رکاوٹ $R_L + \frac{1}{j\omega C}$ ہے۔ یہ برقی رکاوٹ R_2 کے متوازی جڑی ہے۔ R_2 اور کپیسٹر مل کر برقی رکاوٹ Z پیدا کرتے ہیں جہاں

$$(25.2) \quad \frac{1}{Z} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_L + \frac{1}{j\omega C}}$$

$$(26.2) \quad Z = \frac{R_2 \left(R_L + \frac{1}{j\omega C} \right)}{R_2 + R_L + \frac{1}{j\omega C}}$$

کے برابر ہے۔ کپیسٹر یک سمتی برقی رو کے لئے کھلے سرے کردار ادا کرتا ہے لہذا R_L میں یک سمتی برقی رو کی قیمت صفر کپیسٹر ہو گی اور اس پر یک سمتی برقی دباؤ کی قیمت بھی صفر ولٹ ہو گا۔ کپیسٹر C جوڑ a پر پائے جانے والے یک سمتی برقی دباؤ کو برداشت کرے گا اور یوں کپیسٹر پر $V_C = I_{DR_2}$ برقی دباؤ پایا جائے گا۔ کرخوف

کے قانون برائے برقی دباؤ سے لکھا جا سکتا ہے۔

$$(27.2) \quad V_B = I_D R_1 + V_D + I_D R_2$$

اسکیں اب شکل 40.2 میں یک سمیتی برقی دباؤ V_B برقرار رکھتے ہوئے v_s کو صفر سے بڑھایا جاتا ہے تا ہم $v_s \ll V_B$ رکھا جاتا ہے۔ اب کل برقی رو $V_B + v_s$ اب $i_D = I_D + i_d$ پیدا کریں گے۔ I_D کی کہانی تبدیل نہیں ہوتی البتہ i_d پر غور درکار ہے۔ i_d مراجحت R_1 اور ڈائیوڈ سے گزرتے ہوئے جوڑ a پر پہنچتی ہے جہاں اسے دو راستے ملتے ہیں۔ اس مثال کی خاطر کپیسٹر کو یک سمیتی برقی رو کے لئے قصر دور تصور کرتے ہوئے صورت حال کو شکل میں دکھایا گیا ہے۔ i_d کا کچھ حصہ R_2 میں گزرے کا یعنی

$$(28.2) \quad i_{R2} = \left(\frac{R_L}{R_L + R_2} \right) i_d$$

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

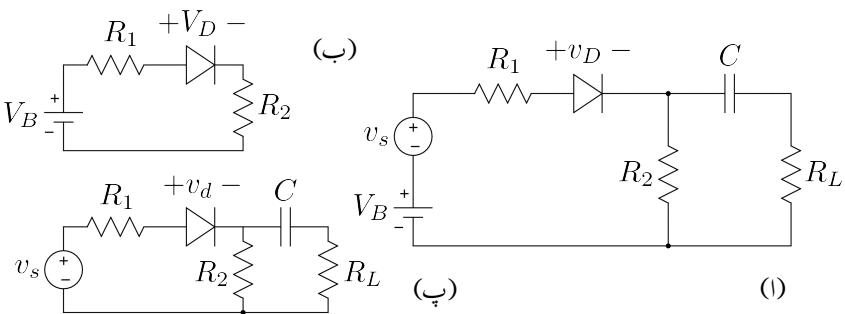
$$\begin{aligned} V_B + v_s &= i_D R_1 + v_D + (I_D + i_{R2}) R_2 \\ &= (I_D + i_d) R_1 + (V_D + v_d) + \left[I_D + \left(\frac{R_L}{R_L + R_2} \right) i_d \right] R_2 \end{aligned}$$

لکھا جائے گا جہاں دوسرے قدم پر $i_D = I_D + i_d$ اور $v_D = V_D + v_d$ استعمال کیا گیا۔ اس مساوات کو دو مساوات میں یوں لکھا جا سکتا ہے۔

$$(29.2) \quad V_B = I_D R_1 + V_D + I_D R_2$$

$$(30.2) \quad v_s = i_d R_1 + v_d + i_d \left(\frac{R_L R_2}{R_L + R_2} \right)$$

مندرجہ بالا مساوات کا پہلا جزو یک سمیتی خط بوجھ کی مساوات ہے جبکہ اس کا دوسرا جزو بدلتی رو خط بوجھ کی مساوات ہے۔ شکل 40.2 کو شکل 42.2 میں دوبارہ دکھایا گیا ہے جہاں اصل دور کے ساتھ ساتھ دو مزید ادوار دکھائے گئے ہیں۔ شکل 42.2 ب میں صرف یک سمیتی منبع V_B استعمال کرتے ہوئے اصل دور کے وہ حصے دکھائے گئے ہیں جن میں یک سمیتی برقی رو I_D گزرتی ہے۔ اس میں کرخوف کے قانون برائے برقی دباؤ سے مساوات 29.2 کا پہلا جزو حاصل ہوتا ہے۔ اسی طرح شکل 42.2 پ میں صرف بدلتا منجع



شکل 42.2: دور کا یک سمتی اور بدلنے حصے میں تقسیم

استعمال کرتے ہوئے اصل دور کے وہ حصے شامل کئے گئے ہیں جن میں بدلتی برقی v_s رو i_d گزرتی ہے۔ اس شکل میں ڈائیوڈ پر برقی دباؤ کو لکھتے ہوئے اس بات کی وضاحت کی گئی ہے کہ ڈائیوڈ پر بدلنے برقی دباؤ کی بات کی جا رہی ہے۔ اس دور پر کرخوف کے قانون برائے برقی دباؤ سے مساوات 29.2 کا دوسرا جزو حاصل ہوتا ہے۔ بدلتی رو خط بوجھ کی مساوات میں ڈائیوڈ کا باریک اشارات مزاحمت r_d استعمال کرتے ہوئے لکھا جا سکتا ہے اور یوں اس خط سے $i_d = i_d r_d$ 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 سمتی اور بدلنے برقی رو (اور بدلنے برقی دباؤ) باری باری حاصل کئے جا سکتے 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۔

2.12.2 باریک اشاراتی مزاحمت

تغیر پذیر داخلی برقی دباؤ میں باریک اشارات کو نظر انداز کرتے ہوئے حاصل نقطہ مائل کو شکل 39.2 میں c سے ظاہر کیا گیا ہے۔ باریک اشارہ کی موجودگی میں یہ نقطہ تبدیل ہوتے ہوئے a اور b کے درمیان رہتا ہے۔ ان دو نکتوں کے مابین ڈائیوڈ کا خط تقریباً ایک سیدھی لکیر کی مانند ہے۔⁷³ یاد رہے کہ مزاحمت کی برقی دباؤ بال مقابل برقی رو کا خط سیدھی لکیر ہوتا ہے۔ اگر نقطہ c پر $v_d - i_d$ کا کارتنی محدود بنایا جائے⁷⁴ اور گراف کو a سے b تک محدود کر دیا جائے تو اس خط میں ڈائیوڈ کے مساوات کا گراف عام مزاحمت کا گراف معلوم ہوتا ہے۔ شکل 43.2 الف کے نقطہ کارکردگی Q کے قریب قریب رہتے ہوئے ڈائیوڈ کے خط کو سیدھا تصور کرتے ہوئے شکل b میں دکھایا گیا ہے۔ یوں ان دو نکتوں کے مابین ڈائیوڈ کو مزاحمت r_d تصور کیا جا سکتا ہے جہاں

$$(31.2) \quad r_d = \frac{v_d}{i_d}$$

شکل 43.2 الف میں وسیع اشاراتی محدود $(i_D - v_D)$ جبکہ شکل 43.2 ب میں باریک اشاراتی محدود $(i_d - v_d)$ استعمال کئے گئے ہیں۔ شکل b میں ہم یہ بھی دیکھتے ہیں کہ نقطہ کارکردگی پر ڈائیوڈ کے باریک اشاراتی مزاحمت r_d کو استعمال کرتے ہوئے ڈائیوڈ کے باریک اشاراتی برقی دباؤ $v_d(t)$ پر اس کے باریک اشاراتی برقی رو $i_d(t)$ کا خط بھی نہایت آسانی کے ساتھ حاصل کیا جا سکتا ہے۔ باریک اشارہ کے موجودگی میں ڈائیوڈ نقطہ مائل کے قریب قریب رہے گا۔ یوں اگر نقطہ c کو (V_{DQ}, I_{DQ}) لکھا جائے تو نقطہ a کو $(V_{DQ} + \Delta V_{DQ}, I_{DQ} + \Delta I_{DQ})$ لکھا جا سکتا ہے۔ یوں نقطہ c پر ڈائیوڈ کی مزاحمت r_d یوں حاصل کی جائے گی۔

$$(32.2) \quad r_d = \left. \frac{\Delta v_D}{\Delta i_D} \right|_{I_{DQ}} = \frac{\Delta V_{DQ}}{\Delta I_{DQ}}$$

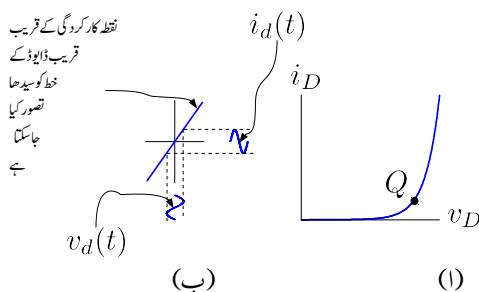
مساوات 31.2 اور مساوات 32.2 اس مزاحمت کو سمجھنے کے مختلف طریقے ہیں۔

r_d کو ڈائیوڈ کا باریک اشاراتی مزاحمت⁷⁵ کہتے ہیں اور اس کی قیمت نقطہ کارکردگی پر منحصر ہے۔

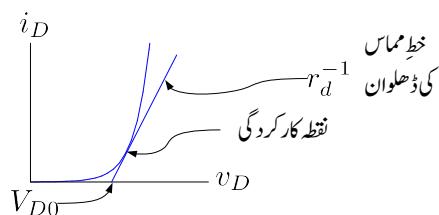
⁷³ حصہ 2.11.2 میں دیکھا گیا کہ کسی بھی خط کے باریک حصے کو سیدھا تصور کیا جاسکتا ہے۔

⁷⁴ حصہ 1.11.2 میں محدود کی منتقلی پر بحث کی گئی

⁷⁵ small signal resistance



شکل 43.2: ڈائیوڈ کے باریک اشارات کا حصول



شکل 44.2: نقطہ کارکردگی پر خط مماس سے باریک اشاراتی مزاحمت کا حصول

3.12.2 خط مماس سے باریک اشاراتی مزاحمت کا حصول

شکل 44.2 میں نقطہ کارکردگی پر خط مماس⁷⁶ دکھایا گیا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ نقطہ کارکردگی پر خط مماس سے ڈائیوڈ کا باریک اشاراتی مزاحمت r_d حاصل کیا جا سکتا ہے۔ آئیں r_d کو چالو ڈائیوڈ کے مساوات (یعنی مساوات 7.2) کے خط مماس سے حاصل کریں۔ نقطہ کارکردگی پر چالو ڈائیوڈ کا خط مماس حاصل کرنے کی خاطر چالو ڈائیوڈ کی مساوات کا تفرقہ⁷⁷ لیں گے۔ اس تفرقہ کی قیمت نقطہ کارکردگی پر حاصل کر کے نقطہ کارکردگی پر مزاحمت r_d حاصل کی جائے گی یعنی

⁷⁶ tangent
⁷⁷ differentiation

$$(33.2) \quad i_D = I_S \left(e^{\frac{v_D}{V_T}} - 1 \right) \approx I_S e^{\frac{v_D}{V_T}}$$

$$\frac{di_D}{dv_D} = \frac{I_S e^{\frac{v_D}{V_T}}}{V_T}$$

چونکہ $i_D = I_S e^{\frac{v_D}{V_T}}$ ہم لکھ سکتے ہیں کہ

$$(34.2) \quad \frac{di_D}{dv_D} = \frac{I_S e^{\frac{v_D}{V_T}}}{V_T} = \frac{i_D}{V_T}$$

$$\left. \frac{di_D}{dv_D} \right|_{I_{DQ}} = \frac{I_{DQ}}{V_T}$$

خط مماس کے اس ڈھلوان سے باریک اشاراتی مزاحمت حاصل کرتے ہیں۔

$$(35.2) \quad r_d = \left. \left(\frac{di_D}{dv_D} \right)^{-1} \right|_{I_{DQ}} = \frac{V_T}{I_{DQ}}$$

مثال: 11.2 ایک ڈائیوڈ جس کا $I_S = 9.32 \times 10^{-14} \text{ A}$ کے برابر ہو کی 15 mA کی برقی رو پر باریک اشاراتی مزاحمت حاصل کریں۔ اور $i_D = 25 \mu\text{A}$

حل: مساوات 35.2 کے تحت

$$(36.2) \quad r_d = \frac{25 \times 10^{-3}}{15 \times 10^{-3}} = 1.667 \Omega$$

$$\text{اور } i_D = 25 \mu\text{A}$$

$$(37.2) \quad r_d = \frac{25 \times 10^{-3}}{25 \times 10^{-6}} = 1000 \Omega$$

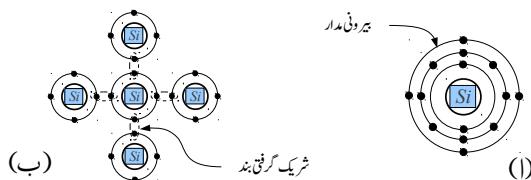
13.2 طبیعت نیم موصل اشیاء

ڈائیوڈ نیم موصل⁷⁸ مواد سے بنائے جاتے ہیں۔ اس حصہ میں نیم موصل اشیاء کی طبیعت پر غور کیا جائے گا۔ اگرچہ بر قیاتی پر زہ جات جرمینیم یا سلیکان دونوں سے بنائے جا سکتے ہیں، حقیقت میں سلیکان کی عمدہ خوبیوں کی بدولت بر قیاتی پر زہ جات زیادہ تر سلیکان سے ہی بنایا جاتا ہے۔ اسی وجہ سے اس کتاب میں صرف سلیکان پر بات کی جائے گی۔

کیمیائی دوری چدھڑے⁷⁹ کے چوتھے قطار یعنی چوتھے جماعت⁸⁰ میں کاربن C⁸¹، سلیکان Si⁸²، جرمینیم Ge⁸³ وغیرہ پائے جاتے ہیں۔ ان تمام عنصر⁸⁴ کے ایسی نمونہ ایٹھی نمونہ⁸⁵ کے بیرونی مدار⁸⁶ میں چار الکیٹران⁸⁷ پائے جاتے ہیں۔ یوں ان کی کیمیائی گرفتہ⁸⁸ +4 یا -4 ممکن ہے۔ اس جماعت کے عنصر شریک گرفتہ بند⁸⁹ بناتے ہیں۔

بر قیاتی پر زہ جات بنانے کی خاطر 99.9999999 فیصد خالص سلیکان درکار ہوتا ہے جسے عموماً نو-وصاف سلیکان پکارا جاتا ہے۔ اتنی خالص سلیکان حاصل کرنا از خود فنی مہارت کی انتہا ہے۔ خالص سلیکان غیر موصل ہوتا ہے البتہ اس میں، نہایت باریک مقدار میں، مختلف اجزاء کی ملاوٹ⁹⁰ سے اس کے موصلیت⁹¹ کو تبدیل کر کے اسے موصل بنایا جا سکتا ہے۔ اسی لئے سلیکان کو نیم موصل⁹² پکارا جاتا ہے۔ وزن کے لحاظ سے زمین کے بیرونی ٹھوس سطح کا 28% سلیکان پر مشتمل ہے۔ عام ریت سلیکان اور آسیجن کا مرکب SiO_2 ہے۔

semiconductor ⁷⁸
periodic table ⁷⁹
group ⁸⁰
carbon ⁸¹
silicon ⁸²
germanium ⁸³
elements ⁸⁴
atomic model ⁸⁵
shell ⁸⁶
electrons ⁸⁷
valency ⁸⁸
covalent bond ⁸⁹
doping ⁹⁰
conductance ⁹¹
semiconductor ⁹²



شکل 2.45: سیلیکان ایٹم اور سیلیکان قلم میں شریک گرفتہ بند

سیلیکان کا انتیٹھ عدد⁹³ یا جوہری عدد 14 ہے۔ یوں اس کے بیرونی مدار میں چار الیکٹران پائے جاتے ہیں۔ اس کے بیرونی مدار میں آٹھ الیکٹران پورا کرنے کی خاطر یہ چار قریبی سیلیکان ایٹموں کے ساتھ شریک گرفتہ بند بنانا کر سیلیکان کا قلم⁹⁴ بناتا ہے۔ شکل 45.2 میں اس کی سادہ صورت دکھائی گئی ہے۔ حتیٰ صفر حرارت K پر موجود سیلیکان کے قلم میں تمام شریک گرفتہ بند برقرار رہتے ہیں اور یوں اس میں آزاد الیکٹران کے عدم موجودگی کی وجہ سے یہ غیر موصل ہوتا ہے۔ جیسے جیسے سیلیکان کا درجہ حرارت بلند کیا جائے، حرارتی توانائی کی بناء پر اس میں جگہ جگہ شریک گرفتہ بند منقطع ہونا شروع ہو جاتے ہیں۔

شریک گرفتہ بند میں قید الیکٹران اس بند کے ٹوٹنے سے آزاد ہو جاتا ہے۔ بند کے ٹوٹنے سے الیکٹران خارج ہو کر آزاد منفی بار کے طور سیلیکان میں حرکت کرتا ہے اور یوں یہ قلم کی موصیلت میں کردار ادا کرتا ہے۔ اس طرح شریک گرفتہ بند کی قید سے آزاد ہوا الیکٹران جو اب سیلیکان میں آزادی سے حرکت کر سکتا ہو کو آزاد الیکٹران⁹⁵ یا متحرک الیکٹران⁹⁶ کہتے ہیں۔ اسی طرح شریک گرفتہ بند ٹوٹنے کی وجہ سے الیکٹران کے اخراج سے اس مقام پر غالباً خلاء رہ جاتا ہے اور یہاں موجود سیلیکان کا ایٹم ثابت بار اختیار کر لیتا ہے۔ ثابت ایٹم قریب موجود شریک گرفتہ بندوں سے الیکٹران کھینچنے کی کوشش کرتا ہے اور کبھی کبھار ایسا کرنے میں کامیاب ہو جاتا ہے۔ یوں اس ایٹم کا بار دوسرے ایٹم کو منتقل ہو جاتا ہے اور ساتھ ہی ساتھ اس خلاء کا مقام بھی تبدیل ہو کر دوسرے ایٹم کے مقام پر منتقل ہو جاتا ہے۔ ایسا بار بار ہونے سے خلاء مسلسل جگہ تبدیل کرتا ہے۔ خلاء

atomic number⁹³
crystal⁹⁴
free electron⁹⁵
mobile electron⁹⁶

اور ثبت ایٹم کا مقام ایک ساتھ حرکت کرتے ہیں گویا کہ خلاء از خود ثبت بار ہو۔ یوں سیکان میں آزادی سے حرکت کرتے ثبت خلاء کو آزاد خلہ⁹⁷ یا متحرک خلہ⁹⁸ کہتے ہیں۔ آزاد خول بالکل آزاد الیکٹران⁹⁹ کی طرح سیکان کی موصیت میں کردار ادا کرتا ہے۔ آزاد خول کا بار الیکٹران کے بار کے برابر مگر ثبت ہوتا ہے۔

حرارت سے شریک گرفتہ بند ٹونے کی وجہ سے پیدا آزاد الیکٹران (منفی بار) کو حرارت الیکٹران⁹⁹ جبکہ اس سے پیدا آزاد خلہ (ثبت بار) کو حرارت خلہ¹⁰⁰ بھی کہتے ہیں۔ چونکہ ایک شریک گرفتہ بند ٹونے سے ایک آزاد الیکٹران اور ایک آزاد خول وجود میں آتے ہیں لہذا حرارتی الیکٹران اور حرارتی خول کی تعداد ہر صورت برابر رہتی ہے۔ حرارت سے پیدا الیکٹران اور خول کو اقلیتی الیکٹران¹⁰¹ اور اقلیتی خلہ¹⁰² بھی کہتے ہیں۔ حرارت سے آزاد الیکٹران اور آزاد خول کے پیدائش کے عمل کو حرارت پیدائش¹⁰³ کہتے ہیں۔ حرارت پیدائش کے شرح¹⁰⁴ کا انحصار درجہ حرارت پر ہے۔

آزاد الیکٹران اور آزاد خول سیکان میں بلا ترتیب حرکت کرتے ہیں اور ایسا کرتے ہوئے کبھی کبھار آپس میں دوبارہ جڑ جاتے ہیں۔ ان کے جڑنے سے ایک آزاد الیکٹران اور ایک آزاد خول کا وجود ختم ہو جاتا ہے۔ اس عمل کو دوبارہ جو نہ¹⁰⁵ جبکہ اس کی شرح کو دوبارہ جو نہ کہ شرح¹⁰⁶ کہتے ہیں۔

جب حرارتی پیدائش کی شرح اور دوبارہ چڑنے کی شرح برابر ہو تو اس صورت کو حرارتی توازن¹⁰⁷ کہتے ہیں۔ نیم موصل اشیاء کی طبیعت سے معلوم ہوتا ہے کہ حرارتی پیدائش سے پیدا آزاد الیکٹران کی تعداد کٹافتے¹⁰⁷ n یا آزاد خول کی تعدادی کثافت p کو مندرجہ ذیل مساوات سے حاصل کیا جا سکتا ہے۔

$$(38.2) \quad p_i^2 = n_i^2 = BT^3 e^{-\frac{E\sigma}{kT}}$$

جہاں

free hole ⁹⁷
mobile hole ⁹⁸
thermal electron ⁹⁹
thermal hole ¹⁰⁰
minority electrons ¹⁰¹
minority hole ¹⁰²
thermal generation ¹⁰³
thermal generation rate ¹⁰⁴
recombination ¹⁰⁵
recombination rate ¹⁰⁶
number density ¹⁰⁷

n_i حرارتی الیکٹران کی تعداد فی مربع سنتی میٹر ہے۔

p_i حرارتی خول کی تعداد فی مربع سنتی میٹر ہے۔

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

T حرارتی حرارت ہے۔ اس کی اکائی کیلوں K ہے۔

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

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

یاد رہے کہ حرارتی الیکٹران اور حرارتی خول کی تعدادی کثافتیں برابر ہوتی ہیں۔ یعنی

$$(39.2) \quad n_i = p_i$$

14.2 منفی قسم کا نیم موصل

کیمیائی دوری جدول کے پانچویں جماعت میں نائزروجن N، فاسفورس P وغیرہ پائے جاتے ہیں۔ ان عناصر کے ایٹموں کے بیرونی مدار میں پانچ الیکٹران پائے جاتے ہیں۔ نائزروجن کو مثل بناتے دیکھتے ہیں کہ سلیکان کے قلم میں ان عناصر کی، نہایت باریک مقدار میں موجودگی کے کیا اثرات مرتب ہوتے ہیں۔

سلیکان کے قلم میں سلیکان کے ایٹم ایک خاص ترتیب سے جڑے ہوتے ہیں۔ سلیکان کے قلم میں شامل کئے جانے والے ملاਊ نائزروجن کے ایٹموں کی تعداد نہایت کم ہوتی ہے اور یوں نائزروجن کے ایٹموں کی موجودگی کا قلم میں ایٹموں کے ترتیب پر کوئی اثر نہیں ہوتا۔ شامل کئے جانے والے ملاਊ نائزروجن کے ایٹم قلم میں جگہ جگہ سلیکان ایٹم کی جگہ لے کر قلم کا حصہ بن جاتے ہیں۔ شکل 46.2 میں نائزروجن کے ایٹم کو سلیکان کے قلم میں لئے دکھایا گیا ہے۔ نائزروجن ایٹم کے بیرونی مدار میں موجود پانچ الیکٹرانوں میں

سے چار الیکٹران قلم میں قریب چار سلیکان ایٹمیوں کے ساتھ شریک گرفتی بند بننے ہیں جبکہ پانچواں الیکٹران فالتو رہ جاتا ہے۔ اس فالتو الیکٹران کا نائٹروجن ایٹم کے ساتھ کمزور بند¹⁰⁸ ہوتا ہے جسے الیکٹران کی حرارتی توانائی جلد منقطع کر کے الیکٹران کو آزاد کر دیتی ہے۔ اس طرح آزاد الیکٹران قلم میں مکمل آزادی کے ساتھ حرکت کر سکتے ہیں جس سے قلم موصل ہو جاتا ہے۔ قلم میں نائٹروجن ایٹمیوں کی تعداد تبدیل کر کے اس کی موصیلت پر قابو رکھا جاتا ہے۔ شکل 46.2 میں ایک آزاد الیکٹران¹⁰⁹ کو سلیکان ایٹمیوں کے مابین دکھایا گیا ہے۔ یوں اگر شامل کئے گئے ملاویٰ نائٹروجن ایٹمیوں کی تعدادی کثافت N_D ایٹم فی مریع سنتی میٹر ہو تو اس سے پیدا آزاد الیکٹرانوں کی کثافت n_{n0} تقریباً اتنی ہی ہو گی یعنی

$$(40.2) \quad n_{n0} \approx N_D$$

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

$$(41.2) \quad n_{n0} p_{n0} = n_i^2$$

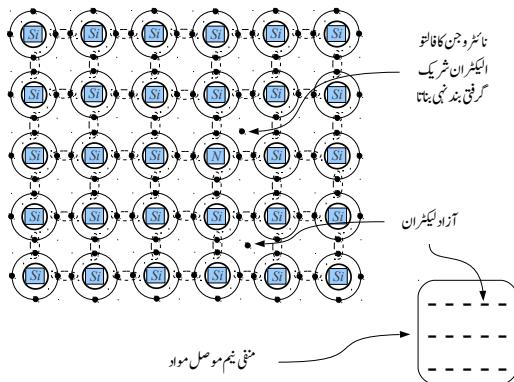
جہاں کسی بھی درجہ حرارت پر n_i^2 کی قیمت مساوات 38.2 سے حاصل ہو گی۔ یوں منفی نیم موصل سلیکان میں آزاد خول کی کثافت

$$(42.2) \quad p_{n0} = \frac{n_i^2}{n_{n0}} \approx \frac{n_i^2}{N_D}$$

ہو گی۔ منفی نیم موصل میں اکثریت الیکٹرانوں¹¹⁰ کی کثافت شامل کئے جانے والے ملاویٰ ایٹمیوں کی تعداد پر مخصر ہے جبکہ اس میں اقلیتی خواہ¹¹¹ کی کثافت درجہ حرارت پر مخصر ہے۔ منفی نیم موصل میں آزاد الیکٹران کی تعداد آزاد خول کی تعداد سے کئی درجہ زیادہ ہو گی۔

اس مثال میں نائٹروجن کی شمولیت سے سلیکان میں متحرک آزاد الیکٹران یعنی متحرک منفی

bond¹⁰⁸
free electron¹⁰⁹
majority electrons¹¹⁰
minority holes¹¹¹



شکل 46.2: ناکروجن کی شمولیت سے منفی قسم کے نیم موصل کا حصول

بار¹¹² نے موصلیت پیدا کی۔ ایسے سیکیان کو منفی قسم کا نیم موصل یا منفی نیم موصل¹¹³ کہتے ہیں۔ یوں منفی نیم موصل تیار کرنے کی خاطر سیکیان میں کیمیائی دوری جدول کے پانچوں جماعت کے عناصر بطور ملاوٹ شامل کئے جاتے ہیں۔ کسی بھی مکمل ایٹم میں پروٹون اور الکٹران کی تعداد برابر ہوتی ہے۔ یوں ایٹم کا کل بار صفر ہوتا ہے۔ سیکیان میں ناکروجن بطور ملاوٹ شامل کرنے سے اس کا کل بار صفر ہی رہتا ہے۔ ناکروجن ایٹم کے فانتو الکٹران کی جدائی کے بعد ناکروجن ایٹم ثابت بار رکھتا ہے۔ یوں اگرچہ قلم کا کل بار اب بھی صفر ہی ہے لیکن جس مقام پر ناکروجن کا ثابت ایٹم موجود ہو اس مقام پر کل بار ثبت ہو گا اور جس مقام پر آزاد الکٹران موجود ہو وہاں کل بار منفی ہو گا۔

قلم میں تمام ایٹم اپنی اپنی جگہ جکڑے رہتے ہیں۔ یہ اپنی اپنی جگہ جھوٹل سکتے ہیں لیکن جگہ تبدیل نہیں کر سکتے۔ ایسے ایٹموں کو ساکن تصور کرتے ہوئے ہم دیکھتے ہیں کہ قلم میں جگہ جگہ ساکن ثابت بار والے ناکروجن ایٹم پائے جاتے ہیں۔ یوں منفی قسم کے نیم موصل قلم میں ثابت بار ساکن رہتے ہیں جبکہ اس میں منفی بار (آزاد الکٹران) حرکت پذیر ہوتے ہیں۔ یوں منفی نیم موصل مواد میں برتنی رو کا بہاؤ آزاد الکٹران کے حرکت سے ہوتا ہے۔ آزاد الکٹران نیم موصل مواد کے وجود میں بالکل اسی طرح حرکت کرتے ہیں

mobile negative charge¹¹²
n-type semiconductor¹¹³

جیسے بند ڈبہ میں گیس کے ایٹم یا مالکیوں حرکت کرتے ہیں۔ اسی وجہ سے آزاد الکیٹران کو کبھی کبھار الکیٹران گھیرے¹¹⁴ بھی کہا جاتا ہے۔

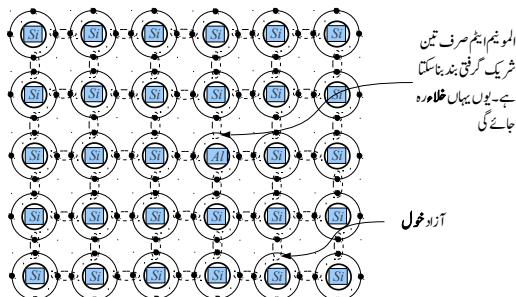
ان دو اقسام کے باروں کا تذکرہ کرتے عوام سائنس بار¹¹⁵ اور متحکم بار¹¹⁶ کی بات کی جاتی ہے۔ یوں منفی قسم کے نیم موصل مادے میں موصلیت صرف متحکم باروں کی وجہ سے پیدا ہوتی ہے۔ ساکن بار کا قلم کے موصلیت پیدا کرنے میں کوئی کردار نہیں۔ منفی نیم موصل مواد کو ظاہر کرنا بھی شکل میں دکھایا گیا ہے جہاں (—) آزاد الکیٹران کے وجود کو اجاگر کرتا ہے نا کہ گل برقی بار کو۔ سیلیکان میں بیرونی مادہ مثلاً ناٹروجن کے شمولیت سے پیدا آزاد الکیٹران کو اکثریتی الکیٹران¹¹⁷ بھی کہتے ہیں۔

15.2 ثبت قسم کا نیم موصل

کیمیائی دوری جدول کے تیرے جماعت میں بوران B، المونیم Al وغیرہ پائے جاتے ہیں جن کے بیرونی مدار میں صرف تین الکیٹران ہوتے ہیں۔ سیلیکان کے قلم میں اس جماعت کے عناصر کی شمولیت کے اثرات دیکھنے کی خاطر المونیم کی شمولیت کو مثال بنتے ہیں۔ سیلیکان کے قلم میں سیلیکان کے ایٹم ایک خاص ترتیب سے جڑے ہوتے ہیں۔ سیلیکان کے قلم میں بطور ملاوٹ شامل کئے جانے والے المونیم ایٹیوں کی تعداد نہایت کم ہونے کی بنا پر یہ قلم میں ایٹیوں کے ترتیب پر اثر انداز نہیں ہوتے۔ شامل کئے جانے والے ملاوٹی المونیم کے ایٹم قلم میں جگہ جگہ سیلیکان ایٹم کی جگہ لے کر قلم کا حصہ بن جاتے ہیں۔

شکل 47.2 میں المونیم کے ایٹم کو سیلیکان کے قلم میں لختے دکھایا گیا ہے۔ قلم میں لختے المونیم ایٹم کے بیرونی مدار میں موجود تین الکیٹران قلم میں قریب تر تین سیلیکان ایٹیوں کے ساتھ شریک گرفتی بند بنائیتے ہیں۔ المونیم ایٹم کے بیرونی مدار میں چوتھے الکیٹران کی عدم موجودگی کی بنا پر قریب چوتھے سیلیکان ایٹم کے ساتھ شریک گرفتی بند بنانا ممکن نہیں ہوتا۔ یوں اس بند کی جگہ خلاء رہ جاتی ہے۔

electron gas¹¹⁴
immobile charges¹¹⁵
mobile charges¹¹⁶
majority electrons¹¹⁷

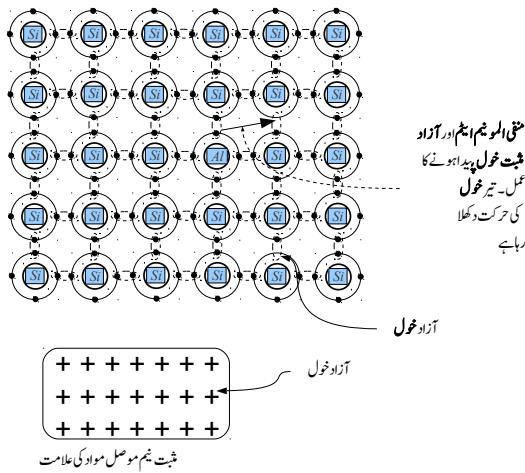


شکل 47.2: المونیم ایٹم قلم میں سیکان ایٹم کی جگہ لیتا ہے

شکل 48.2 کو دیکھتے ہوئے آگے پڑھیں۔ حرارتی توانائی سے عین ممکن ہوتا ہے کہ اس خلاء کے قریب کوئی شرکیک گرفتی بند منقطع ہو جائے اور وہاں سے الکٹران خارج ہو جائے۔ خارج شدہ الکٹران بھکتا بھکتا المونیم کے قریب خلاء کو پُر کر کے یہاں شرکیک گرفتی بند کو جنم دیتا ہے۔ ایسا ہونے سے المونیم ایٹم منقی بار اختیار کر لیتا ہے جبکہ جہاں سے الکٹران خارج ہوا ہو اس مقام پر ثبت آزاد خول¹¹⁸ رہ جاتا ہے۔ اس ثبت آزاد خول کو خول الف کہتے ہوئے گفتگو آگے بڑھاتے ہیں۔ اسی طرح حرارتی توانائی نو پیدا خول الف کے قریب کسی اور شرکیک گرفتی بند کو منقطع کر کے یہاں سے الکٹران خارج کرتے ہوئے خول ب پیدا کرے گا اور خارج الکٹران خول الف تک پہنچ کر اسے پُر کر کے یہاں خول کے وجود کو ختم کر دے گا۔ اسی طرح خول ب پیدا ہونے سے خول ب پُر ہو گا وغیرہ وغیرہ۔ یوں آزاد خول مسلسل جگہ تبدیل کرے گا جبکہ منقی المونیم ایٹم ساکن رہتا ہے۔ مسلسل حرکت پذیر ثبت خول (آزاد خول) کی بدولت قلم کی موصلیت وجود میں آتی ہے جبکہ ساکن منقی بار (المونیم ایٹم) کا قلم کی موصلیت میں کوئی کردار نہیں۔ یوں ثبت نیم موصل مواد میں بر قی رو کا بہاؤ آزاد خول کے حرکت سے ہوتا ہے۔

چونکہ اس طرح کے قلم میں خول بطور ثبت بار کردار ادا کرتا ہے اور یہی موصلیت کو جنم دیتا ہے لہذا اسے ثبت قلم کی نیم موصل مواد یا ثبت نیم موصل¹¹⁹ کہتے ہیں۔ ثبت

free hole¹¹⁸
p-type semiconductor¹¹⁹



شکل 48.2: آزاد خول کی حرکت اور ثبت نیم موصل مواد ظاہر کرنے کی علامت

نیم موصل مواد کو ظاہر کرنا بھی شکل 48.2 میں دکھایا گیا ہے جہاں (+) آزاد خول کے وجود کو اجاگر کرتا ہے نا کہ گُل برقی بار کو۔

اس طرح آزاد خول قلم میں مکمل آزادی کے ساتھ حرکت کر سکتے ہیں جس سے قلم موصل ہو جاتا ہے۔ قلم میں الونیم ایٹموں کی تعداد تبدیل کر کے اس کی موصلیت پر قابو رکھا جاتا ہے۔ آزاد خول نیم موصل مواد کے وجود میں بالکل اسی طرح حرکت کرتے ہیں جیسے بند ڈبے میں گیس کے ایٹم یا مالکیوں حرکت کرتے ہیں۔ اسی وجہ سے آزاد خول کو کبھی کچھار خول لگایہ¹²⁰ بھی کہا جاتا ہے۔ سیلیکان میں بیروفنی مواد مثلاً Al کے شمولیت سے پیدا آزاد خول کو اکثریت خول¹²¹ بھی کہتے ہیں۔ ثبت نیم موصل سیلیکان بناتے وقت اگر اس میں شامل کئے جانے والے مالوٹی ایٹموں کی کثافت N_A ایٹم فی مرلچ سینٹی میٹر³ ہو تو اس میں حرارتی آزاد خول کو نظر انداز کرتے ہوئے اکثریت آزاد خول کی کثافت p_{n0} بھی تقریباً اتنی ہو گی یعنی

$$(43.2) \quad p_{n0} = N_A$$

hole gas¹²⁰
majority holes¹²¹

جبکہ حرارتی متوازن صورت میں اس میں آزاد الکیٹرانوں کی کثافت مساوات 41.2 کے تحت

$$(44.2) \quad n_{p0} = \frac{n_i^2}{p_{p0}} \approx \frac{n_i^2}{N_A}$$

ہو گا۔ ثابت نیم موصل میں اکثریتی خول¹²² کی کثافت شامل کئے جانے والے ملاؤنی ایٹموں کی تعداد پر منحصر ہے جبکہ اس میں اقلیتی الکیٹرانوں¹²³ کی کثافت درجہ حرارت پر منحصر ہے۔

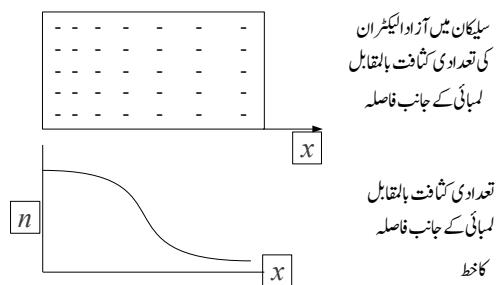
16.2 مالبرداری

آزاد الکیٹران اور آزاد خول نفوذ¹²⁴ اور بہاو¹²⁵ کے ذریعہ سلیکان میں حرکت کر کے ایک مقام سے دوسرے مقام منتقل ہو سکتے ہیں۔ کائنات میں قدرتی مالبرداری¹²⁶ ان دونوں کار طریقوں سے ہوتی ہے۔ پانی میں سیاہی کا پھیلاو اور دریا میں پانی کا بہاؤ انہیں کی بدولت ہے۔

نفوذ 1.16.2

نفوذ سے مراد الکیٹران اور خول کی وہ بلا ترتیب حرکت ہے جو حرارتی توانائی کی وجہ سے پیدا ہوتی ہے۔ سلیکان میں آزاد الکیٹران (آزاد خول) کی یکساں تعدادی کثافت کی صورت میں آزاد الکیٹران (آزاد خول) کے نفوذ سے برقی رو پیدا نہیں ہوتی البتہ اگر کسی طرح آزاد الکیٹران (یا آزاد خول) کی تعدادی کثافت ایک مقام پر زیادہ کر دی جائے تو اس صورت میں زیادہ تعدادی کثافت والے مقام سے کم تعدادی کثافت کے مقام کی جانب آزاد الکیٹرانوں (خولوں) کا بہاؤ ہو گا جس سے برقی رو کو نفوذ برقرار کرنے ہیں۔ اس حقیقت کو شکل 49.2 کی مدد سے بہتر سمجھا جا سکتا ہے جہاں فرضی سلیکان کے ایک سلاخ میں لمبائی کے جانب آزاد الکیٹرانوں کی تعداد تبدیل ہوتے دکھائیں۔

majority holes ¹²²
minority electrons ¹²³
diffusion ¹²⁴
drift ¹²⁵
transportation ¹²⁶
diffusion current ¹²⁷



شکل 49.2: تعدادی کثافت میں نامواری نفوذ پیدا کرتا ہے۔

گئی ہے۔ اسی شکل میں اس کا گراف بھی دکھایا گیا ہے۔ اس شکل میں آزاد الکٹران دائیں جانب نفوذ کریں گے۔ اس طرح سلاخ میں روایتی برقی رو کی سمت بائیں جانب ہو گی۔

پانی میں رنگ نفوذ کے ذریعہ حل ہوتا ہے۔ آزاد خول کے نفوذی برقی رو کی مساوات شکل 50.2 کی مدد سے حاصل کرتے ہیں۔ شکل میں سیکان کی ثبت نیم موصل سلاخ دکھائی گئی ہے جس کا رقبہ عمودی تراش A ہے۔ شکل میں نقطہ الف پر آزاد خولوں کی تعدادی کثافت (p) جبکہ اس کے قریب Δx فاصلہ پر نقطہ ب پر تعدادی کثافت $p + \Delta p$ ہے۔ ان دو نقطوں پر سلاخ کے چھوٹی سی لمبائی Δx میں کل خولوں کی تعداد $pA\Delta x$ اور $(p + \Delta p)A\Delta x$ ہو گی۔ ہم تصور کرتے ہیں کہ سلاخ میں خول صرف لمبائی کے جانب حرکت کرتے ہیں۔ اس طرح حصہ الف کے آدھے خول، یعنی $pA\Delta x/2$ ، بائیں جانب اور آدھے دائیں جانب حرکت کریں گے۔ اسی طرح حصہ ب کے آدھے خول، یعنی $(p + \Delta p)A\Delta x/2$ ، بائیں اور آدھے دائیں جانب حرکت کریں گے۔ یوں ان دو نقطوں کے درمیان نقطہ دار لکیر پر دائیں جانب گزرتے کل خولوں کی تعداد

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

ہو گی۔ خول کے بار کو q لکھتے ہوئے اس لکیر سے دائیں جانب گزرتے کل بار کی مقدار کو یوں لکھا جا سکتا ہے۔

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

تصور کریں کہ باروں کی یوں منتقلی وقت Δt میں عمل میں آتی ہے۔ اس طرح سلاخ میں برتنی رو $I_p = \Delta Q_p / \Delta t$ ہو گی یعنی

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

اس برتنی رو کی کثافت J_p کو یوں لکھا جا سکتا ہے۔

$$(45.2) \quad J_p = \frac{I_p}{A} = -\frac{q \Delta p \Delta x}{2 \Delta t}$$

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

$$(46.2) \quad \Delta p = \frac{dp}{dx} \Delta x$$

ان دو مساواتوں سے حاصل ہوتا ہے

$$(47.2) \quad J_p = \frac{I_p}{A} = -q \frac{dp}{dx} \frac{\Delta x^2}{2 \Delta t}$$

اس مساوات میں

$$(48.2) \quad D_p = \frac{\Delta x^2}{2 \Delta t}$$

لکھ کر حاصل ہوتا ہے

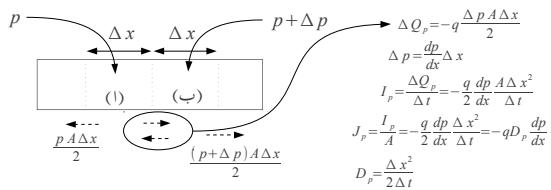
$$(49.2) \quad J_p = -q D_p \frac{dp}{dx}$$

یہ مساوات نفوذی برتنی رو کی کثافت یا کلٹاف نفوذی رو¹²⁸ کو بیان کرتا ہے۔¹²⁹ جہاں

J_p آزاد خلوں سے پیدا نفوذی برتنی رو کی کثافت ہے۔¹³⁰

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

diffusion current density¹²⁸
نفوذ کے ذریعہ مال برداری کے اس قابل کو اول فنی FickAdolf نے دریافت کیا¹²⁹
diffusion current density¹³⁰



فکل 2.50: آزاد خول سے حاصل نفوذی برقی رو

D_p خول کے نفوذ کا مستقل¹³¹ ہے۔ سیلکان میں $D_p = 12 \text{ cm}^2/\text{s}$ کے برابر ہوتا ہے۔ p آزاد خول کی تعدادی کثافت ہے۔

آزاد الکیٹرانوں کے لئے نفوذی برقی رو کی کثافت کی مساوات مندرجہ ذیل ہے۔

$$(50.2) \quad J_n = q D_n \frac{dn}{dx}$$

اس مساوات میں منفی کی علامت استعمال نہ کرنے سے ہی برقی رو کی صحیح سمت حاصل ہوتی ہے۔ D_n آزاد الکیٹران کے نفوذ کا مستقل¹³² ہے جس کی قیمت سیلکان کے لئے $34 \text{ cm}^2/\text{s}$ ہے۔

بہاؤ 2.16.2

آزاد الکیٹران اور آزاد خول کے حرکت کرنے کا دوسرا ذریعہ بہاؤ¹³³ ہے۔ بہاؤ سے پیدا برقی رو کو بہاؤ برقی رو¹³⁴ کہتے ہیں۔

اگر سیلکان کے ایک سلاخ، جس کی لمبائی L ہو، کے دو سروں کے مابین برقی دباؤ V مہیا کی جائے تو اس سلاخ میں برقی اشدت¹³⁵ E پیدا ہو گی جہاں

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

hole's diffusion constant¹³¹
electron's diffusion constant¹³²
drift¹³³
drift current¹³⁴
electric field intensity¹³⁵

کے برابر ہے۔ برقی دباؤ کی شدت آزاد الیکٹران اور آزاد خول کو اسراع دے گا۔ آزاد خول کا رفتار برقی شدت کی سمت میں جبکہ آزاد الیکٹران کا رفتار اس کے الٹ سمت میں بڑھے گا۔ برقی شدت سے پیدا ہاروں کے رفتار کو رفتارہماو¹³⁶ کہتے ہیں۔ آگے صرف آزاد الیکٹران پر گفتگو کرتے ہیں اگرچہ یہ سب کچھ آزاد خول کے لئے بھی درست ہے۔ اس گفتگو میں آزاد الیکٹران کو صرف الیکٹران کہیں گے۔

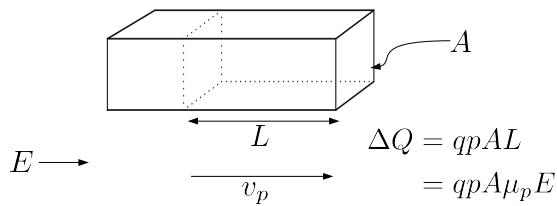
الیکٹران کی رفتار کے دو اجزاء ہیں۔ ایک جزو حرارتی رفتار ہے جبکہ دوسرا جزو بہاؤ کی رفتار یا رفتارہماو ہے۔ اگر سلیکان کے سلاخ میں ہر مقام پر حرارت یکساں ہو تو اس سلاخ میں حرارتی رفتار کی اوسط قیمت ہر مقام پر برابر ہو گی۔ حرارتی رفتار بلا ترتیب ہے اور یوں سمتی حرارتی رفتار کی اوسط قیمت صفر ہوتی ہے۔ لہذا اس صورت میں سمتی حرارتی رفتار کا سلیکان میں برقی رو پیدا کرنے میں کوئی کردار نہیں۔ اس کے برعکس الیکٹران کی سمتی رفتارہماو¹³⁷ برقی شدت کے الٹ سمت میں ہوتی ہے اور اس کی اوسط قیمت برقی شدت پر منحصر ہوتی ہے۔ یوں برقی شدت کے موجودگی میں سلیکان میں برقی رو سمتی رفتار بہاؤ کے وجہ سے ہوتی ہے۔ سمتی رفتارہماو پر اب گفتگو کرتے ہیں۔

برقی شدت کی وجہ سے حرکت کرتے بار وقاً فوقاً ساکن ایٹم کے ساتھ ٹکرنا کر اپنی تو اتنائی ضائع کر دیتے ہیں اور ان کی لمحاتہ سمتی رفتارہماو¹³⁸ صفر ہو جاتی ہے۔ ٹکرانے کے بعد یہ ایک مرتبہ پھر برقی شدت کی وجہ سے رفتار پکڑتے ہیں۔ یوں ٹکرانے کی وجہ سے الیکٹران کی رفتار لگاتار نہیں بڑھتی بلکہ یہ کسی اوسط رفتار سے سلیکان میں برقی شدت کے الٹ سمت حرکت کرتے ہیں۔ اس اوسط سمتی رفتار کو اوسط سمتی رفتارہماو یا صرف سمتی رفتارہماو کہتے ہیں۔

سلیکان کے قلم میں برقی شدت E کے موجودگی میں الیکٹران پر قوت $F = -qE$ عمل کرے گا۔ اس قوت کی وجہ سے الیکٹران اسراع a پکڑے گا جسے نیوٹن¹³⁹ کے مساوات $F = m_n a$ سے حاصل کیا جا سکتا ہے یعنی

$$a = -\frac{qE}{m_n}$$

drift speed¹³⁶
drift velocity¹³⁷
instantaneous drift velocity¹³⁸
Newton' law¹³⁹



شکل 51.2: بر قی شدت سے بر قی روکا کا پیدا ہونا

اگر الیکٹران کے تکڑانے کا اوسط وقفہ t_n ہو تو اتنے وقت میں ساکن حال سے چلا الیکٹران 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 الیکٹران کا اوسط رفتار اس کے آدھا ہو گا یعنی

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

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

$$(51.2) \quad v_n = -\mu_n E$$

جہاں μ_n کو الیکٹران کی حرکت پذیری¹⁴⁰ کہتے ہیں۔ اگر سمیٰ رفتار بہاو کو cm/s اور بر قی شدت کو V/cm میں ناپا جائے تو سیلیکان میں الیکٹران کی حرکت پذیری μ_n کی قیمت $1350 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ ہے۔ اسی طرح آزاد خول کے لئے ہم لکھ سکتے ہیں۔

$$(52.2) \quad v_p = \mu_p E$$

جہاں سیلیکان میں آزاد خول کی حرکت پذیری μ_p کی قیمت $480 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ کے لگ بھگ ہے۔ سیلیکان کے سطح پر حرکت پذیری کی قیمت گہرائی پر حرکت پذیری کے قیمت سے دس گنا تک کم ہو سکتی ہے۔ بیہاں گہرائی پر الیکٹران کی حرکت پذیری اور گہرائی پر خول کی حرکت پذیری کی بات کی گئی۔ شکل 51.2 میں ثابت نیم موصل سیلیکان کا سلاخ دکھایا گیا ہے جس میں

electron mobility¹⁴⁰

آزاد خول کی تعدادی کثافت p نے مریع سنٹی میٹر ہے۔ اگر اس سلاخ میں برقی شدت E ہو تو اس میں آزاد خول کی سمتی رفتار بہاو v_p اسی سمت میں ہو گی۔ یوں ایک سینٹہ میں آزاد خول اس سلاخ میں v_p سنٹی میٹر کا فاصلہ طے کریں گے۔ سلاخ کے لمبائی L کا جم $A \times L$ ہے اور اتنے جم میں $p \times A \times L$ آزاد خول ہوں گے۔ یوں اتنے جم میں کل آزاد بار $\Delta Q = qpAL$ ہو گا۔ اگر v_p سنٹی میٹر لمبائی کی بات کریں تو اتنے سلاخ میں موجود آزاد خول کا بار $\Delta Q = qpAv_p$ ہو گا۔ سلاخ کے دوسری جانب سطح A سے یوں ہر سینٹہ $qpAv_p$ بار گزرسے گا اور یوں اس سلاخ میں برقی رو I_p کی قیمت $qpAv_p$ ہو گی۔ اس برقی رو کی کثافت

$$(53.2) \quad J_p = \frac{I_p}{A} = qp v_p = qp \mu_p E \quad \text{ہو گا۔}$$

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

$$(54.2) \quad J_n = \frac{I_n}{A} = (-q)n v_n = (-q)n(-\mu_n)E = qn\mu_n E$$

آزاد الکٹران اور آزاد خول کے موجودگی میں برقی رو دونوں باروں کی وجہ سے پیدا ہو گی اور یوں اس صورت میں ہم لکھ سکتے ہیں۔

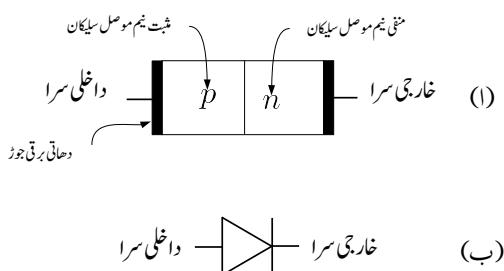
$$(55.2) \quad J_\sigma = qn\mu_n E + qp\mu_p E = q(n\mu_n + p\mu_p)E \quad \text{اس مساوات میں}$$

$$(56.2) \quad \sigma = (n\mu_n + p\mu_p) \quad \text{لکھنے سے اسے یوں لکھا جا سکتا ہے۔}$$

$$(57.2) \quad J_\sigma = q\sigma E$$

یہ مساوات برقی شدت کی بدولت بہاو سے پیدا برقی رو کی مساوات ہے جس میں σ سیکان کے موصلیت کا مستقل ¹⁴¹ ہے۔ مساوات 57.2 درحقیقت قانون اوہم ¹⁴² ہے۔

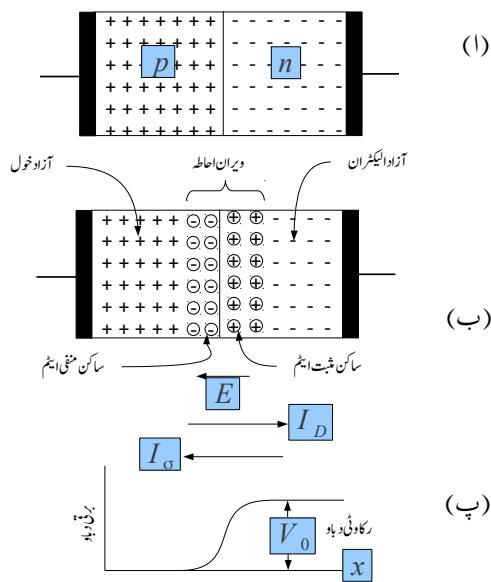
conductivity¹⁴¹
Ohm's law¹⁴²



شکل 2.52: ڈائیوڈ کی بناؤٹ اور اس کی علامت

17.2 ثبت اور منقی اقسام کے نیم موصل مواد کا ملاب پ

ثبت نیم موصل مواد اور منقی نیم موصل مواد کے ملاب سے ڈائیوڈ وجود میں آتا ہے۔ شکل 52.2 میں اس کی بناؤٹ اور علامت دکھائی گئی ہے۔ حقیقت میں ڈائیوڈ تیار کرتے وقت سلیکان کی ایک ہی پتھری پر منقی اور ثبت قسم کے نیم موصل احاطے ملا کر بنائے جاتے ہیں۔ تصور کریں کہ ثبت نیم اور منقی نیم موصل سلیکان کو جوڑا جاتا ہے۔ اس وقت کا صورت حال شکل 1-53.2 میں دکھایا گیا ہے۔ نفوذ کی وجہ سے ثبت نیم موصل حصے سے آزاد خول منقی نیم موصل حصے کی جانب حرکت کریں گے اور اسی طرح منقی نیم موصل حصے سے آزاد ایکٹران ثبت نیم موصل حصے کی جانب حرکت کریں گے۔ ثبت نیم موصل حصے سے خولوں کے نکل جانے سے یہاں سرحد کے قریب ساکن منقی ایٹم نمودار یا بے پرده ہوں گے۔ اسی طرح منقی نیم موصل حصے سے ایکٹران کے نکل جانے سے یہاں سرحد کے قریب ساکن ثبت ایٹم نمودار یا بے پرده ہوں گے۔ ثبت نیم موصل حصے میں داخل ایکٹرانوں میں سے چند سرحد کے قریب آزاد خولوں سے مل کر ختم ہو جائیں گے جبکہ بقیا اس حصے میں بطور اقلیتی بار اس وقت تک بیس گے جب تک یہ کسی خول کے ساتھ مل کر ختم نہ ہو جائیں۔ اسی طرح منقی حصے میں داخل آزاد خولوں میں سے جند یہاں آزاد ایکٹرانوں سے مل کر ختم ہو جائیں گے جبکہ بقیا اس حصے میں بطور اقلیتی بار اس وقت تک بیس گے جب تک یہ کسی آزاد خول کے ساتھ مل کر ختم نہ ہو جائیں۔ یہ صورت حال شکل 53.2 ب میں دکھائی گئی ہے جہاں ساکن ایٹموں کو گول دائرے میں بند دکھایا



حکم 53.2: رکاوٹی برقی دباؤ

گیا ہے۔ آزاد اکٹرانوں اور آزاد خولوں کے اس حرکت سے پیدا نفوذی برقی رو کو لکھتے ہیں جہاں نیچے کر کے نفوذ کے مستقل D لکھنے سے اس برقی رو کی بطور نفوذی برقی رو پہچان کی گئی ہے۔ نیم موصل سیلیکان از خود بے بار¹⁴³ ہوتا ہے۔ شکل ب کے دونوں جانب بے بار ایم موصل سیلیکان ہے جبکہ ان کے درمیانی سرحد پر بار بردار ساکن ایم نمودار ہو چکے ہیں۔ اس درمیانے خطے کو دیران احاطہ¹⁴⁴ کہتے ہیں۔ یوں سرحد کے دوینیں جانب ثابت ایم جبکہ اس کے باینیں جانب منفی ایم موجود ہیں۔ آپ جانتے ہیں کہ ایک جانب ثابت بار اور دوسرے جانب منفی بار کا وجود برقی شدتے¹⁴⁵ E پیدا کرتا ہے اور ان کے ماینیں برقی دباؤ¹⁴⁶ V_0 پایا جاتا ہے۔ یوں دیران احاطے میں برقی شدت E پایا جائے گا۔

neutral¹⁴³
depletion region¹⁴⁴
electric field intensity¹⁴⁵
voltage¹⁴⁶

اگر منفی نیم موصل حصے سے حرارتی توانائی کی بدولت حرکت کرتا آزاد خول¹⁴⁷ بھکتا ہوا ویران خطے میں داخل ہو جائے تو اس پر برقی شدت کی وجہ سے برقی قوت $F = qE$ عمل کرے گی جو اسے ثبت نیم موصل حصے میں دھکیل دے گی۔ اسی طرح اگر ثبت نیم موصل حصے سے آزاد خول ویران خطے میں داخل ہو جائے تو اسے بھی ثبت نیم موصل حصے میں دھکیل دیا جاتا ہے۔

اگر ثبت نیم موصل حصے سے آزاد الکٹران حرارتی توانائی کی بدولت حرکت کرتا ویران خطے پہنچ جائے تو اس پر برقی قوت $F = -qE$ عمل کر کے اسے منفی نیم موصل حصے میں دھکیل دے گی۔ اسی طرح اگر منفی نیم موصل حصے سے آزاد الکٹران ویران خطے میں داخل ہو جائے تو اسے بھی منفی نیم موصل حصے میں دھکیل دیا جاتا ہے۔

آپ دیکھ سکتے ہیں کہ یہ برقی شدت سے پیدا بہاو کا عمل ہے۔ اس عمل سے پیدا برقی رو I_S کو شکل میں دکھایا گیا ہے۔ چونکہ اس خطے میں کسی قسم کا آزاد بار زیادہ دیر نہیں ٹھر سکتا اس لئے اسے ویران خطے¹⁴⁸ کہتے ہیں۔

برقی رو I_S کی مقدار کا دارودار حرارتی توانائی سے حرکت کرتے ان آزاد الکٹرانوں اور آزاد خلوں پر ہے جو ویران خطے میں بھک جائیں۔ اس کے بر عکس برقی رو I_D کی مقدار دونوں نیم موصل خلوں میں شامل کئے گئے ملاوی ایٹوں کی تعدادی کثافت اور رکاوٹی برقی دباؤ V_0 پر ہے۔ یوں I_D کی مقدار V_0 بڑھنے سے کم ہوتی ہے۔

جس لمحہ ثبت اور منفی نیم موصل سیلکان کو آپس میں جوڑا جائے اس لمحہ¹⁴⁹ صرف I_D برقی رو پائی جائے گی۔ جیسے جیسے ویران خطے کے حدود بڑھیں گے ویسے ویسے E اور V_0 کی مقداریں بڑھیں گے اور یوں I_D کی مقدار گھٹے گی جبکہ I_S کی مقدار بڑھے¹⁵⁰ گی۔ آخر کار ان دو قسموں کی برقی رو کی مقداریں برابر ہو جائیں گی (یعنی $I_D = I_S$) اور نیم موصل جڑوا سیلکان متوازن صورت اختیار کر لے گا۔

متوازن صورت حال کے حصول کے بعد اگر کسی وجہ سے I_D کی قیمت بڑھ جائے تو اس سے مزید بار بردار ایٹم نمودار ہوں گے جس سے E اور V_0 کی قیمت

¹⁴⁷ یاد ہے کہ نیم موصل سیلکان میں حرارتی توانائی کی بدولت ہوتے حرارتی بار بیدا ہوتے رہتے ہیں۔ depletion region¹⁴⁸

¹⁴⁹ ایک ویران خطے پیدا نہیں ہوا ہو تا پہلا I_S ضغط ہوتا ہے۔ ¹⁵⁰ I_S کی قیمت حرارتی توانائی سے حرکت کرتے آزاد باروں کے ویران خطے میں سمجھنے پر مختص ہے۔ ویران خطے کے حدود بڑھنے سے ایسا ہونے کے امکانات بڑھ جاتے ہیں۔

میں اضافہ ہو گا جس سے I_D کے اضافے کی روک تھام ہو گی اور ایک مرتبہ دوبارہ متوازن صورت حال پیدا ہو گا۔ اس کے برعکس اگر کسی وجہ سے I_D کی قیمت میں کمی آئے تو چونکہ I_S مسلسل چالو¹⁵¹ رہتا ہے لہذا بار بار ایٹھوں کی تعداد میں کمی آئے گی جس سے E اور V_0 کی قیتوں میں کمی آئے گی۔ رکاوٹی دباؤ میں کمی I_D کے کھنٹنے کو روکے گی اور ایک مرتبہ دوبارہ متوازن صورت حال پیدا ہو گا۔

شکل میں دکھایا برقی دباؤ V_0 نفوذ کے عمل کو روکتا ہے۔ اسی لئے اسے رکاوٹی برقی دباؤ¹⁵² کہتے ہیں۔ سیلکان میں رکاوٹی برقی دباؤ کی عمومی قیمت 0.6 V تا 0.8 V رہتی ہے۔ اس کی اوسطاً قیمت کو عموماً 0.7 V لیا جاتا ہے۔

مثال 12.2: اگر ڈائیوڈ کے سروں کے مابین برقی تار جوڑی جائے تو کیا رکاوٹی برقی دباؤ کی وجہ سے برقی تار میں برقی رو پیدا ہو گی؟ حل: ہرگز نہیں۔ اگر ایسا ممکن ہوتا تو ہم ڈائیوڈ سے لگاتار تو ناتی حاصل کر سکتے ہوتے جو کہ قانون برائے بقائے تو ناتی کے خلاف ہے۔

حقیقت میں ڈائیوڈ کے سروں پر نیم موصل اور دھاتی برقی تار کے جوڑ پر برقی دباؤ پیدا ہوتا ہے جو رکاوٹی برقی دباؤ کے عین برابر اور اس کے الٹا جانب ہوتا ہے۔ اس طرح بیرونی برقی تار میں برقی رو نہیں پیدا ہوتی۔ نیم موصل اور برقی تار کے جوڑ پر پیدا برقی دباؤ ان کے آپس میں چھوٹے سے پیدا ہوتا ہے۔

مثال 13.2: رکاوٹی برقی دباؤ V_0 کو ولٹ میٹر¹⁵³ سے کیسے ناپا جاتا ہے۔ حل: رکاوٹی برقی دباؤ کو ولٹ میٹر سے ناپنا ممکن نہیں۔ رکاوٹی برقی دباؤ ناپتے وقت جیسے

¹⁵¹ عام حالات میں دیر ان بخطے کے حد و نہایت کم تبدیل ہوتے ہیں لہذا I_S کی قیمت کو غیر تجھ پذیر لفظ امثل تصور کیا جاتا سکتا ہے۔

¹⁵² blocking voltage¹⁵²
volt meter¹⁵³

ہی میٹر کی برقی تاریں ڈائیوڈ کے سروں کو چھوتتے ہیں، ان سروں پر برقی دباؤ پیدا ہوتا ہے جو رکاوٹی برقی دباؤ کے بالکل برابر اور اس کے الٹ سمت میں ہوتا ہے۔ یوں وولٹ میٹر صفر وولٹ جواب دیتا ہے۔

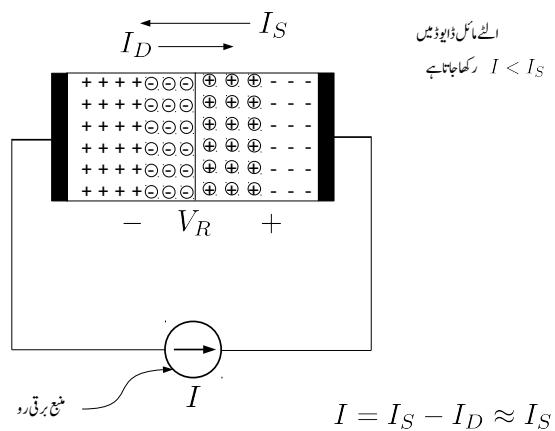
18.2 اُٹھا مائل ڈائیوڈ

الٹے مائل ڈائیوڈ میں برقی رو نہیں گزرتی یعنی اٹھا مائل ڈائیوڈ منقطع¹⁵⁴ رہتا ہے۔ اس حقیقت پر اس حصہ میں غور کیا جائے گا۔ الٹے مائل ڈائیوڈ کی کارکردگی سمجھنا اس میں الٹی جانب برقی رو پر غور کرنے سے زیادہ آسان ہوتا ہے۔

الٹے مائل ڈائیوڈ پر شکل 54.2 کی مدد سے غور کرتے ہیں جہاں بیرونی منبع برقی رو¹⁵⁵، ڈائیوڈ میں الٹی جانب برقی رو I گزارتا ہے۔ منبع برقی رو اس آلہ کو کہتے ہیں جو درکار برقی رو مہیا کر سکے۔ تصور کریں کہ I کی قیمت ڈائیوڈ کے اندرونی بھاؤ سے پیدا برقی رو IS سے کم ہے۔ عام حالات میں الٹے مائل ڈائیوڈ میں ایسا ہی ہوتا ہے۔ حصہ 19.2 میں اس صورت پر غور ہو گا جب I کی قیمت IS سے تجاوز کر جائے۔

بیرون ڈائیوڈ، برقی رو موصل تار میں الکٹرانوں کی حرکت سے پیدا ہوتی ہے۔ برقی تار میں الکٹران برقی رو I کے الٹ جانب حرکت کرتے ہیں۔ یوں شکل میں ڈائیوڈ کے داعین جانب یعنی اس کے منفی نیم موصل حصے سے آزاد الکٹران نکل کر برقی تار میں داخل ہوتے ہیں جس سے اس خطے میں مزید ایٹم بے پرده یعنی بار بردار ہو کر ویران خطے کی لمبائی بڑھاتے ہیں۔

اسی طرح شکل میں ڈائیوڈ کے باکیں جانب یعنی اس کے ثابت نیم موصل حصے میں برقی تار سے الکٹران پہنچتے ہیں۔ آزاد خول اس سرے کے جانب حرکت کر کے ان الکٹرانوں کے ساتھ مل کر ختم ہوتے ہیں۔ ثابت نیم موصل میں آزاد خولوں کے خاتمے کی وجہ سے یہاں بار بردار ایٹموں کی تعداد بڑھتی ہے اور یہاں کے ویران خطے کا رقبہ بھی بڑھتا ہے۔



شکل 2.54: اثنامائل ڈائیوڈ

ڈائیوڈ میں دیران نھٹے کے بڑھنے سے رکاوٹی برقی دباؤ کی قیمت میں V_R کا اضافہ ہوتا ہے جس سے نفوذی برقی رو I_D کی قیمت نہیت کم ہو جاتی ہے۔ یہ اضافی رکاوٹی برقی دباؤ یعنی V_R کے سروں پر نمودار ہو جاتا ہے جسے ولٹ میٹر کی مدد سے ناپا جا سکتا ہے۔

کرنوف کے قانون برائے برقی رو کے تحت

$$(58.2) \quad I = I_S - I_D$$

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

$$(59.2) \quad I \approx I_S$$

اس مساوات کے تحت اٹھ مائل ڈائیوڈ میں اٹھی جانب برقی رو کی قیمت I_S کے برابر ہوتی ہے۔ مساوات 4.2 بھی یہی کہتا ہے۔ I_S کی قیمت نہیت کم ہوتی ہے اور اسے عموماً صفر تصور کیا جاتا ہے۔

یوں ڈائیوڈ کو اثنامائل کرنے سے اس میں اٹھی جانب لحاظی برقی رو¹⁵⁶ ¹⁵⁷ گزرتی ہے

برداشتہ اٹھ مائل دورانیہ
reverse recovery time¹⁵⁷

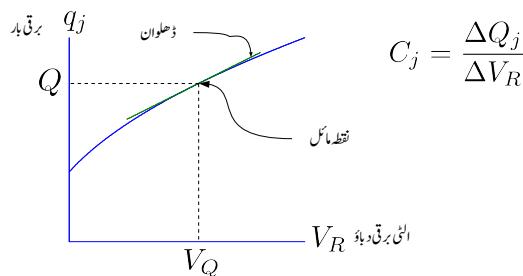
جو رکاوٹی برقی دباؤ کو تیزی سے اتنا بڑھا دیتا ہے کہ ڈائیوڈ میں صرف I_S کے برابر برقی رو رہ جائے۔

آپ نے دیکھا کہ اگر منع برقی دباؤ¹⁵⁸ کے ذریعہ ڈائیوڈ کو الٹا مائل کیا جائے تو جب تک الٹے برقی دباؤ کی قیمت ڈائیوڈ کے برداشت کی حد سے تجاوز نہ کر جائے اس وقت تک ڈائیوڈ میں الٹی جانب صرف I_S برقی رو گزرنے لگی جو کہ ایک نہایت کم مقدار ہے۔ اس لئے الٹے مائل ڈائیوڈ کو مفقط¹⁵⁹ تصور کیا جاتا ہے۔

یہاں یہ بتانا ضروری ہے کہ حقیقت میں الٹے مائل ڈائیوڈ میں I_S سے کمی گنا زیادہ برقی رو گزرتی ہے اور اس کی قیمت درحقیقت الٹے لاگو برقی دباؤ پر منحصر ہوتی ہے۔ اس کی وجہ یہ ہے کہ اوپر دیا گیا نظریہ حقیقی حالات کا ایک سادہ نمونہ ہے جو الٹے مائل صورت کی پیچیدگیاں نظر انداز کرتا ہے۔ ایک ڈائیوڈ جس کی I_S کی قیمت 10^{-15} A کے برابر ہو حقیقت میں الٹی جانب 10^{-9} A تک برقی رو گزار سکتا ہے۔ چونکہ حقیقت میں الٹی جانب گزرتی برقی رو کی قیمت بھی نہایت کم ہوتی ہے لہذا الٹے مائل ڈائیوڈ کو مفقط ہی تصور کیا جاتا ہے۔

1.18.2. الٹا مائل ڈائیوڈ بطور کپسیٹر

آپ نے دیکھا کہ ڈائیوڈ میں جوڑ کے ایک جانب ثبت ایٹم اور دوسری جانب منفی ایٹم نمودار ہو جاتے ہیں۔ یوں جوڑ کے ایک جانب ویران خطے میں ثبت بار (+q) اور دوسری جانب ویران خطے میں اس کے برابر مگر منفی بار یعنی (-q) پیدا ہوتا ہے۔ ان دو اقسام کے باروں کے درمیان رکاوٹی برقی دباؤ V_0 پیدا ہوتا ہے۔ اگر ڈائیوڈ پر الٹی برقی دباؤ V_R باہر سے لاگو کی جائے تو مزید بار بردار ایٹم نمودار ہوتے ہیں جس سے جوڑ کے دونوں جانب بار کی مقدار بڑھ جاتی ہے اور رکاوٹی برقی دباؤ میں V_R کا اضافہ ہو جاتا ہے۔ جوڑ پر بار q_i اور بیرونی برقی دباؤ V_R کا خط شکل 55.2 میں دکھایا گیا ہے۔ یہاں ایک لمحہ رک کر غور کریں کہ کیا ویران خطے کے دونوں جانب



شکل 55.2: بار بال مقابل انابر قی دباؤ اور کپیسٹنس

بار کے تہہ اور ان کے مابین رکاوٹی برقی دباؤ ایک کپیسٹر¹⁶⁰ نہیں بن جاتے۔ یقیناً ایسا ہی ہے۔ آپ کپیسٹر کی مساوات

$$(60.2) \quad Q = CV$$

سے بخوبی آشنا ہوں گے۔ اس مساوات میں برقی دباؤ اور بار خطي تعلق رکھتا ہے اور مساوات کا مستقل یعنی C کپیسٹر کی قیمت ہے۔ شکل 55.2 میں برقی دباؤ اور بار کا تعلق قدر مختلف ہے۔ اس خط پر کسی بھی نقطہ پر C_j کو یوں بیان کیا جاتا ہے۔

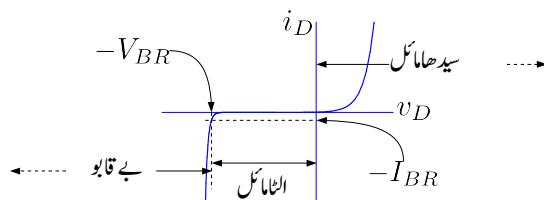
$$(61.2) \quad C_j = \left. \frac{dq_j}{dV_R} \right|_{V_Q}$$

شکل میں آپ دیکھ سکتے ہیں کہ کسی بھی نقطہ پر کپیسٹر کی قیمت درحقیقت اس نقطہ پر خط کے ڈھلوان کے برابر ہوتا ہے۔ یوں اس خط کی مدد سے کسی بھی نقطہ پر ڈائیوڈ کی کپیسٹنس حاصل کرنے کی خاطر اس نقطہ پر مماس کا خط بنائیں اور اس خط کی ڈھلوان حاصل کریں۔ یہی ڈائیوڈ کی کپیسٹنس ہو گی۔

ڈائیوڈ کی کپیسٹنس C_j کی قیمت مساوات 62.2 سے بھی حاصل کی جا سکتی ہے۔ یہ مساوات درحقیقت شکل 55.2 کے خط کو الجبرائی طور سے حل کرنے سے حاصل ہوتا ہے۔

$$(62.2) \quad C_j = \frac{C_{j0}}{\left(1 + \frac{V_R}{V_0}\right)^m}$$

capacitor¹⁶⁰



شکل 56.2: ڈائیوڈ کے برقی دباؤ بالمقابل برقی روکاخط

جوڑ کے ایک جانب n ملاوی ایٹموں کی تعدادی کثافت کو جس انداز سے تبدیل کرتے ہوئے جوڑ کے دوسرے جانب p ملاوی ایٹموں کی تعدادی کثافت حاصل کی جاتی ہے، m کی قیمت اسی پر منحصر ہوتی ہے۔ m کو شرح جزو بندھ کہتے ہیں۔ m کی عمومی قیمت $\frac{1}{3}$ تا $\frac{1}{2}$ ہے۔ C_j کو ڈائیوڈ کے جوڑ کی کپیسٹنس یا جوڑ کی کپیسٹنس¹⁶¹ کہتے ہیں۔

سیدھے مائل ڈائیوڈ کی الٹی کپیسٹنس C_j مساوات 62.2 میں V_R کی جگہ $-V_{DQ}$ کے استعمال سے حاصل کرتے وقت دیکھا گیا ہے کہ صحیح حاصل نہیں ہوتا لہذا سیدھے مائل ڈائیوڈ میں اس کی قیمت مندرجہ ذیل مساوات سے حاصل کی جاتی ہے۔

$$(63.2) \quad C_j = 2C_{j0}$$

19.2 بے قابو صورت

اگر ڈائیوڈ انٹا مائل کرنے والے برقی دباؤ کو بتدریج بڑھایا جائے تو آخر کار یہ ڈائیوڈ کے برداشت کی حد سے تجاوز کر جائے گا اور ڈائیوڈ یکدم الٹی جانب بے قابو برقی رو گزرنے دے گا۔ اس برقی دباؤ کو ناقابل برداشت برقی دباؤ¹⁶² V_{BR} کہتے ہیں۔ ڈائیوڈ میں یکدم الٹی جانب برقی رو کا گزرننا دو مختلف وجوہات کی بنا پر عمل میں آ سکتا ہے۔ نیم موصل سیلیکان میں باروں کے تودہ¹⁶³ کی وجہ سے یا پھر زینر اف¹⁶⁴ سے ڈائیوڈ میں یکدم بے قابو برقی رو

junction capacitance¹⁶¹break down voltage¹⁶²avalanche¹⁶³

کارنس میل و نزیر ZenerMelvinClarence نے زینر ڈائیوڈ ایجاد کیا

گزار سکتا ہے۔ آئین ان دونوں کو سمجھیں۔

جب بھی اٹھ مائل ڈائیوڈ کے ویران خطے میں آزاد بار داخل ہو، اس پر بر قی شدت E عمل کرتا ہے جس کی وجہ سے یہ تیزی سے ایک جانب ویران خطے سے نکل جاتا ہے۔ یوں اگر ایک آزاد الکیٹران ویران خطے میں داخل ہو تو یہاں کی بر قی شدت E اس الکیٹران کو منفی نیم موصل خطے کی جانب دھکیل دیتا ہے۔ آزاد الکیٹران بر قی شدت سے میکانی توانائی حاصل کرتے ہوئے اور ایٹھوں کے ساتھ بار بار ٹکراتے ہوئے ویران خطے سے باہر جانب حرکت کرتا ہے۔

اگر آزاد الکیٹران بر قی شدت سے اتنی میکانی توانائی حاصل کرے کہ اس کے ٹکراتے سے سلیکان ایٹھ ایک الکیٹران کھو بیٹھے تو اس صورت میں ویران خطے میں ایک آزاد الکیٹران جلد دوسرا آزاد الکیٹران پیدا کرے گا۔ یہ دو آزاد الکیٹران بر قی شدت سے میکانی توانائی حاصل کرتے ہوئے دو مزید ایٹھوں سے ٹکراتے ہوئے دو اور آزاد الکیٹران پیدا کریں گے اور یوں آزاد الکیٹرانوں کی تعداد بے قابو بڑھے گی جس سے ڈائیوڈ میں الٹی جانب بے قابو بر قی رو گز رے گی۔ یہ تمام بالکل برفانی تودہ گرنے کی طرح کا عمل ہے اور اسی لئے اس عمل کو بے قابو بوجہ تودہ¹⁶⁵ کہتے ہیں۔

ڈائیوڈ کے الٹی جانب بے قابو ہونے کا دوسرا ذریعہ زینر علٹھ کہلاتا ہے۔ اگر اٹھ مائل کرنے والے بر قی دباؤ کے بڑھانے سے ویران خطے میں بر قی شدت کی قیمت اتنی بڑھ جائے کہ اس کے سختی سے ہی الکیٹران ایٹھوں سے جدا ہو سکیں تو اس بر قی دباؤ پر کیدم الٹی جانب بے قابو بر قی رو گز رے گی۔ اس طرح الٹی جانب بر قی رو گزارنے والے ڈائیوڈ کو زینر ڈائیوڈ¹⁶⁶ کہتے ہیں اور اس بر قی دباؤ V_Z کو زینر بر قی دباؤ¹⁶⁷ کہتے ہیں۔ زینر ڈائیوڈ عموماً زینر عمل سے بے قابو حال میں ہی استعمال کئے جاتے ہیں۔ زینر ڈائیوڈ کے خط کے بے قابو حصے کی ڈھلوان انتہائی زیادہ ہوتی ہے۔ زینر ڈائیوڈ اس کے علاوہ بالکل عام ڈائیوڈ کی مانند ہوتا ہے اور اسے عام ڈائیوڈ کی جگہ استعمال کیا جا سکتا ہے۔

عمومی طور پر پانچ ولٹ سے کم بر قی دباؤ پر بے قابو ہونا زینر عمل کی نشانی ہوتی ہے جبکہ سات ولٹ سے زیادہ بر قی دباؤ پر بے قابو ہونا تودہ کے عمل کی نشانی ہوتی ہے۔ پانچ تا سات ولٹ کے مابین بے قابو ہونا زینر اور تودہ دونوں کی وجہ سے ممکن ہوتا ہے۔

avalanche breakdown¹⁶⁵

zener diode¹⁶⁶

zener voltage¹⁶⁷

1.19.2 زیز برقی دباؤ بالقابل درجہ حرارت

تقریباً 6V زیز برقی دباؤ کے زیز ڈائیوڈ کی زیز برقی دباؤ درجہ حرارت تبدیل ہونے سے تبدیل نہیں ہوتا۔ اس سے زیادہ زیز برقی دباؤ والے زیز ڈائیوڈ کی زیز برقی دباؤ درجہ حرارت بڑھانے سے بڑھتا ہے جبکہ اس سے کم زیز برقی دباؤ والے زیز ڈائیوڈ کی زیز برقی دباؤ درجہ حرارت بڑھانے سے گھٹتا ہے۔ یوں برقی دباؤ کے تبدیلی کی عمومی شرح کو ایک فن اکائی سیلیسیس لیتے ہوئے درجہ حرارت 1°C بڑھانے سے 7V زیز ڈائیوڈ کی زیز برقی دباؤ 7.07V ہو جائے گا۔

20.2 سید حامان کل ڈائیوڈ

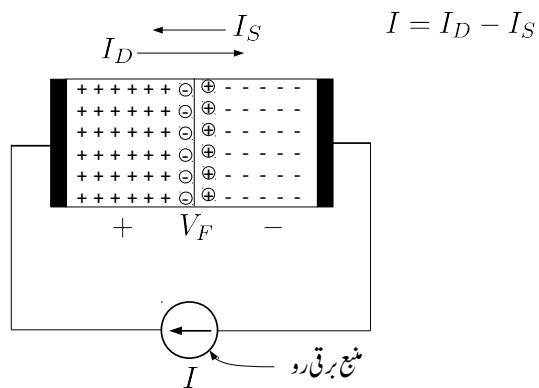
سید ہے مائل چالو حال ڈائیوڈ پر شکل 57.2 کی مدد سے غور کرتے ہیں جہاں ڈائیوڈ کو بیروفی منبع برقی رو¹⁶⁸ کی مدد سے I فراہم کی گئی ہے۔ بیروفی برقی رو، I، ڈائیوڈ کے دونوں سروں پر اکثریتی بار فراہم کرتی ہے یعنی منفی نیم موصل کو آزاد الکیٹران اور ثابت نیم موصل کو آزاد خول۔ منفی نیم موصل کو فراہم کردہ آزاد الکیٹران اس جانب ویران خطے میں ثابت ایٹھوں کے ساتھ مل کر انہیں بے بار بناتے ہیں جبکہ ثابت نیم موصل خطے میں مہیا کردہ آزاد خول اس جانب ویران خطے میں منفی ایٹھوں کے ساتھ مل کر انہیں بے بار بناتے ہیں۔ یوں ویران خطے کی لمبائی کم ہو جاتی ہے اور بیہاں کی رکاوٹی برقی دباؤ کی قیمت بھی کم ہو جاتی ہے۔ رکاوٹی برقی دباؤ کی قیمت کم ہونے سے نفوذی برقی رو I_D میں اضافہ ہوتا ہے۔ کرخوف کے مساوات برائے برقی رو کے مطابق یوں

(64.2)

$$I = I_D - I_S$$

ہو گا۔ سید ہے مائل ڈائیوڈ کی رکاوٹی برقی دباؤ میں V_F ولٹ کی کمی آتی ہے۔ یہ برقی دباؤ یعنی V_F ڈائیوڈ کے سروں پر نمودار ہوتا ہے جسے ولٹ میٹر¹⁶⁹ کی مدد سے ناپا جا سکتا ہے۔ V_F ناپتے وقت ڈائیوڈ کا ثابت نیم موصل سرا زیادہ برقی دباؤ پر ہوتا ہے۔

current source¹⁶⁸
volt meter¹⁶⁹



57.2: سیدھا مائل ڈائیوڈ

اسی طرح اگر ڈائیوڈ کو منع برقی دباؤ V_F سے سیدھا مائل کیا جائے تو ڈائیوڈ کی اندروںی رکاوٹی برقی دباؤ میں V_F ولٹ کی کمی پیدا ہو گی اور اس میں مساوات 64.2 کے تحت برقی رو گزرا گی۔

1.20.2 سیدھے مائل ڈائیوڈ کی نفوذی کپیسٹنس

حصہ 1.18.2 میں اللئے مائل ڈائیوڈ کے دیران نقطے کی دونوں جانب پاروں کے جمع ہونے سے پیدا کپیسٹنس پر غور کیا گیا جہاں آخر میں سیدھے مائل ڈائیوڈ کی کپیسٹنس کا بھی ذکر کیا گیا۔ 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 کپیسٹنس¹⁷⁰ پکارا جائے گا۔

آپ جانتے ہیں کہ ڈائیوڈ میں الکٹران ایک خالی جگہ سے دوسری خالی جگہ منتقل ہو کر برقی رو کو جنم دیتا ہے۔ اگر ایک خالی جگہ سے دوسری خالی جگہ منتقل ہونے کے لئے درکار

diffusion capacitance¹⁷⁰

اوست دورانیہ τ سینڈ ہو تو اوسط برقی رو $I_D = \frac{Q}{\tau}$ ہو گی جہاں Q اوسط بار ہے۔ یوں ڈائیوڈ کی مساوات کو یوں لکھا جا سکتا ہے

$$(65.2) \quad I_D = \frac{Q}{\tau} = I_S e^{\frac{V_D}{V_T}}$$

اگر ہم سیدھے کپیسٹر کی تعریف کریں تو مندرجہ بالا مساوات سے

$$(66.2) \quad C_d = \frac{I_D \tau}{V_T}$$

حاصل ہوتا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ اس کپیسٹر کی قیمت سیدھے برقی رو کے برائے راست تناسب ہے اور یوں اس کی قیمت کافی زیادہ ممکن ہے۔ مثال کے طور پر اگر $\tau = 1\text{s}$ اور $I_D = 1\text{mA}$ ہو تو $C_d = 40\text{pF}$ ہو گا۔ ڈائیوڈ استعمال کرتے تیر رفتار عددی ادوار¹⁷¹ میں یہ وہ کپیسٹنس ہے جو بلند تر تعدد کی حد تعین کرتا ہے۔

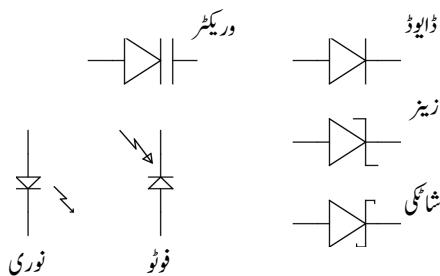
21.2 ڈائیوڈ کے دیگر اقسام

زیز ڈائیوڈ کی علاوہ دیگر اقسام کے ڈائیوڈ بھی پائے جاتے ہیں۔ اس حصہ میں ان کا تعارف کرایا جائے گا۔ شکل 58.2 میں ان کے علامتیں دی گئی ہیں۔

1.21.2 شاکنگی ڈائیوڈ

منقی نیم موصل اور ثابت نیم موصل کے ملپ سے ڈائیوڈ وجود میں آتا ہے۔ نیم موصل کے ساتھ دھات جوڑنے سے بھی ڈائیوڈ وجود میں آتا ہے جسے شاکنگ ڈائیوڈ¹⁷² کہتے ہیں۔ ڈائیوڈ کے علامت میں انگریزی حروف تھجی S کی شمولیت سے شاکنگ ڈائیوڈ کی علامت حاصل ہوتی ہے۔ شاکنگ ڈائیوڈ منقی نیم موصل اور دھات مسکلہ پلائیم¹⁷³ کے ملپ سے بنایا جاتا

digital circuits¹⁷¹
schottky diode¹⁷²
platinum¹⁷³



شکل 58.2: مختلف ڈائیوڈ کے علامت

ہے۔ شاگنی ڈائیوڈ میں رکاوٹی برقی دباؤ کی قیمت 0.12V تا 0.45V ہوتا ہے جسے عمومی طور پر 0.3V تصور کیا جاتا ہے۔

سیدھے مائل شاگنی ڈائیوڈ میں منفی نیم موصل سے الیکٹران کی ویران خطے سے گزر کر دھات تک پہنچنے سے برقی رو وجود میں آتی ہے۔ جو کہ دھات میں الیکٹران کی حرکت با آسانی ہوتی ہے لہذا دوبارہ جرنے کا دورانیہ اور نہایت کم ہوتا ہے۔ اور کی قیمت 10ps کے لگ بھگ ہوتا ہے جو کہ pn ڈائیوڈ کے دورانیہ سے کئی درجے کم ہے۔ اس طرح $I_D = 1\text{ms}$ پر شاگنی ڈائیوڈ کا نفوذی کپیسٹر مساوات 66.2 سے $C_d = 0.4\text{pF}$ حاصل ہوتا ہے۔

ان ڈائیوڈ میں نہایت کم بار ذخیرہ ہوتا ہے۔ یوں انہیں انتہائی تیزی سے سیدھے مائل چالوں سے ائے مائل مقطوع حال یا ائے مائل مقطوع حال سے سیدھے مائل چالوں حال میں لایا جا سکتا ہے۔ نہایت بلند تعداد پر چلنے والے ادوار میں ان کا استعمال عام ہے۔

یہاں یہ بتانا ضروری ہے کہ نیم موصل اور دھات کا ہر جوڑ شاگنی ڈائیوڈ نہیں بناتا۔ کسی بھی ڈائیوڈ کو استعمال کرنے کی خاطر اس کے سروں پر دھاتی برقی تار جوڑا جاتا ہے۔ ایسے جوڑ جہاں شاگنی ڈائیوڈ پیدا نہیں ہوتا کو مراجمت جوڑ¹⁷⁴ کہتے ہیں۔ مراجمتی جوڑ نہایت زیادہ ملاوٹ والے نیم موصل سطح پر دھات جوڑ کر بنائے جاتے ہیں۔

ohmic contact¹⁷⁴

2.21.2 وریکٹر ڈائیوڈ

الٹا مائل ڈائیوڈ کے ویران نھٹے کے دونوں جانب بار پائے جاتے ہیں جس سے کپیسٹر کا اثر پیدا ہوتا ہے۔ اس کپیسٹر C_j کی کی قیمت الٹا مائل کرنے والے برقی دباؤ V_R پر مخصر ہے۔ یوں V_R تبدیل کر کے C_j کی قیمت تبدیل کی جا سکتی ہے۔ یوں الٹا مائل ڈائیوڈ بطور قابل تبدیل کپیسٹر کے استعمال کیا جا سکتا ہے جنہیں ریڈیو کو کسی جیل پر ٹیون کرنے کے لئے استعمال کیا جاتا ہے۔ اس مقصد کے لئے خاص ڈائیوڈ بنائے جاتے ہیں جن میں C_j کی قیمت اور اس میں تبدیلی کی گنجائش کا زیادہ سے زیادہ رکھا جاتا ہے۔ ان ڈائیوڈ کو وریکٹر ڈائیوڈ¹⁷⁵ کہتے ہیں۔ اس کی علامت میں کپیسٹر کی علامت شامل کر کے پہچان کی جاتی ہے۔

3.21.2 فوٹو ڈائیوڈ یا شمسی ڈائیوڈ

ڈائیوڈ کے ثبت۔ منقی جوڑ پر روشنی چکانے سے ویران نھٹے میں ضایعہ ذہے یعنی فوٹن¹⁷⁶ شریک گرفتہ بند¹⁷⁷ کو توڑ کر آزاد الکیشان اور آزاد خول پیدا کرتے ہیں۔ ویران نھٹے میں برقی شدت ان باروں کو بیہاں سے باہر نکال جاتے ہیں۔ یوں ڈائیوڈ میں اٹھ رُخ برقی رو گزرتی ہے۔ ایسے ڈائیوڈ کو شمسی ڈائیوڈ¹⁷⁸ یا فوٹو ڈائیوڈ پکارا جاتا ہے۔ فوٹو ڈائیوڈ کو بطور شمسی چادر¹⁷⁹ استعمال کرنے کا رجحان دن بدن بڑھ رہا ہے اور یہ صاف و شفاف بھلی پیدا کرنے کا ذریعہ ہے۔ اس کی علامت میں تیر والے لکیر سے روشنی چکانے کے عمل کو ظاہر کیا جاتا ہے۔ روشنی کا ایک ذرہ ایک شریک گرفتہ بند توزتا ہے۔ یوں روشنی کی شدت بڑھا کر زیادہ آزاد بار پیدا کئے جاسکتے ہیں۔

varactor diode¹⁷⁵
photon¹⁷⁶
covalent bond¹⁷⁷
photo diode¹⁷⁸
solar panel¹⁷⁹

نوری ڈائیوڈ 4.21.2

نوٹو ڈائیوڈ کے برعکس نوری ڈائیوڈ¹⁸⁰ میں جب سیدھے رُخ برقی رو گزاری جائے تو باروں کے ملپ سے روشنی پیدا کی جا سکتی ہے۔ ایک الیکٹران اور ایک خول کے ملپ سے ایک فوٹان وجود میں آتا ہے۔ یوں برقی رو کے بڑھانے سے پیدا روشنی کی شدت بڑھتی ہے۔ اس کی علامت میں تیر والے لکیر سے روشنی خارج کرنے کا عمل دکھا کر پچان کی جاتی ہے۔

ضیائی وابستہ کار 5.21.2

شکل 59.2 الف میں ضیائی وابستہ کار¹⁸¹ دکھایا گیا ہے جسے نوری ڈائیوڈ اور شمی ڈائیوڈ کو ایک ہی ڈبے میں یوں بند کرتے بنایا گیا ہے کہ نوری ڈائیوڈ سے خارج شعاعیں شمی ڈائیوڈ پر پڑیں۔ یوں اگر ضیائی وابستہ کار کے باسیں جانب نوری ڈائیوڈ میں برقی رو گزاری جائے تو اس کے داسیں جانب شمی ڈائیوڈ سے برقی دباؤ حاصل ہو گا۔ اس طرح ضیائی وابستہ کار کے دونوں اطراف کا آپس میں برقی طور پر مکمل منقطع ہونے کے باوجود ایک جانب سے دوسری جانب برقی اشارہ منتقل کیا جا سکتا ہے۔ اس آلہ کو ایسے مقامات پر استعمال کیا جاتا ہے جہاں دو ادوار کو برقی طور پر منقطع رکھتے ہوئے ان کے مابین معلومات کی ترسیل کی ضرورت ہو۔

ضیائی وابستہ کار کے استعمال سے دو ادوار کے مابین برقی شور¹⁸² کے منتقلی کو روکنے میں مدد ملتی ہے۔ اس کا استعمال عددی ادوار¹⁸³ کے علاوہ قوی برقیاتے¹⁸⁴ میں بھی بہت اہم ہے جہاں پانچ ولٹ پر چلنے والے مخلوط ادوار کی مدد سے ہزاروں ولٹ پر چلنے والے قوی برقیاتی ادوار کو قابو کیا جاتا ہے۔ طبی آلات میں اس کے استعمال سے مریغیں کو برقی جھٹکا لگنے کے امکانات کو ختم کیا جاتا ہے۔

light emitting diode LED¹⁸⁰
optocoupler¹⁸¹
electrical noise¹⁸²
digital circuits¹⁸³
power electronics¹⁸⁴



شکل 59.2: ضیائی دار اور ضیائی ذرائع ابلاغ

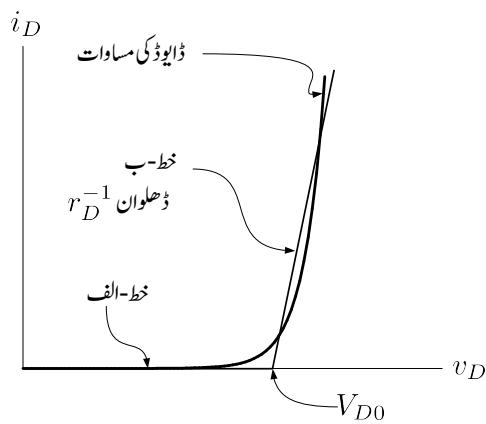
6.21.2 ضیائی ذرائع ابلاغ

شکل 59.2 ب میں ضیائی ذرائع ابلاغ¹⁸⁵ کا نظام دکھایا گیا ہے جس کی کارکردگی کچھ یوں ہے۔ نوری ڈائیوڈ اور شمسی ڈائیوڈ کے مابین شیش ریشہ¹⁸⁶ یوں نسب کیا جاتا ہے کہ نوری ڈائیوڈ سے خارج شعاعیں شیش ریشہ میں داخل ہوں اور شیش ریشہ کے دوسرے سرے سے خارج ہوتی شعاعیں شمسی ڈائیوڈ پر پڑیں۔ یوں ایک جانب نوری ڈائیوڈ میں برقی رو گزارنے سے تار کے دوسری جانب برقی دباؤ حاصل ہوتا ہے۔ اس نظام کو استعمال کرتے ہوئے ایک مقام سے دوسرے مقام اشارہ پہیجا جا سکتا ہے۔ موجودہ نظام ابلاغ اسی پر منحصر ہے۔ شیش ریشہ ایک ایسی تار کو کہتے ہیں جس میں روشنی کے شعاع بغیر گھٹے گزرتی ہے۔

22.2 ڈائیوڈ کے ریاضی نمونے

انجینئرنگ کے شعبے میں کسی چیز کا اصل بنانے سے پہلے اس کا ریاضی نمونہ¹⁸⁷ تیار کیا جاتا ہے۔ اس ریاضی نمونے پر مختلف تجربے کئے جاتے ہیں۔ ان تجربات کے نتائج کو مدد نظر رکھتے ہوئے ڈیزائن کو بہتر بنایا جاتا ہے اور صرف اُس وقت اصل تیار کیا جاتا ہے جب ڈیزائن کامیاب ثابت ہو۔ موجودہ دور میں کمپیوٹر کا استعمال اس پہلو سے نہایت اہم ہے۔ یہاں یہ بتانا ضروری ہے کہ انجینئرنگ مفہوم کے بغیر، کمپیوٹر کے ریاضی نمونے استعمال کرتے کبھی کوئی چیز تیار نہیں کی جا سکتی۔ کمپیوٹر صرف ایک آہ ہے اور اس سے حاصل جوابات کی اہمیت کمپیوٹر استعمال کرنے والے کی قابلیت پر منحصر ہے۔

optical communication¹⁸⁵
optical cable¹⁸⁶
mathematical model¹⁸⁷

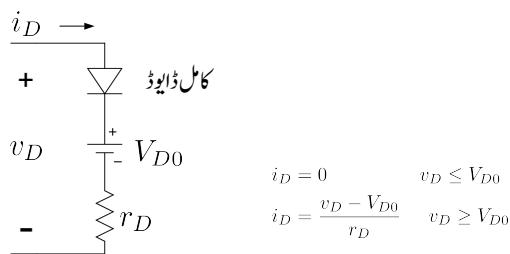


شکل 2.60: مساوات کا سیدھے خطوط سے اظہار

1.22.2 سیدھے خطوط کا ریاضی نمونہ

ڈائیوڈ کی برقی رو یا اس پر برقی دباؤ ڈائیوڈ کی مساوات سے حاصل کی جا سکتی ہے۔ عموماً اوقات ہمیں عمومی جوابات مطلوب ہوتے ہیں اور ہم اس مساوات کو حل کرنے کی پیچیدگیوں میں نہیں پڑنا چاہتے۔ یہ بات خاص کر اس وقت کے لئے درست ہے جب قلم و کاغذ سے جواب حاصل کرنے کی کوشش کی جا رہے ہو۔

شکل 2.60 میں ڈائیوڈ کی مساوات کا گراف دکھلایا گیا ہے۔ زیادہ بارکیوں کو نظر انداز کرتے ہوئے ڈائیوڈ کے گراف کو دو سیدھے خط تصور کیا جا سکتا ہے جنہیں خط-ا 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 صفر ہے جبکہ خط ب $(V_{D0}, 0)$ سے شروع ہوتا ہے اور ان کی ڈھلوان $\frac{1}{r_D}$ ہے۔ خط ب کی ڈھلوان اور نقطہ $(V_{D0}, 0)$ اٹل نہیں ہیں بلکہ ان کو تبدیل کرتے ہوئے مختلف خطوں میں بہتر جوابات حاصل کئے جا سکتے ہیں۔ موجودہ مثال میں گراف کے اوپر والے حصے میں ڈائیوڈ کی مساوات اور خط ب سے حاصل جوابات میں فرق کم کرنے کی خاطر خط ب کی ڈھلوان بڑھائی جا سکتی ہے۔ ان دو سیدھے خطوط کو



شکل 61.2: وسیع اشاراتی سیدھے خطوط کا ڈائیوڈ ریاضی نمونہ

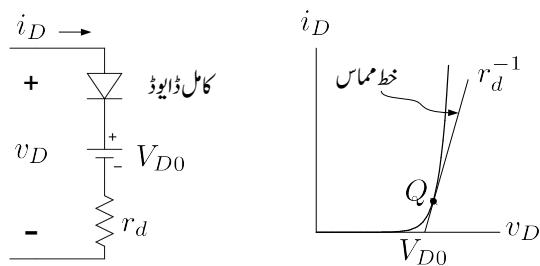
اجماعی طرز پر یوں بیان کیا جائے گا

$$(67.2) \quad i_D = \begin{cases} 0 & v_D < V_{D0} \\ \frac{v_D - V_{D0}}{r_D} & v_D \geq V_{D0} \end{cases}$$

اور ان مساوات سے شکل 61.2 میں دکھایا وسیع اشاراتی سیدھے خطوط کا ریاضی نمونہ¹⁸⁸ حاصل ہوتا ہے۔ ڈائیوڈ کے وسیع اشاراتی سیدھے خطوط کے ریاضی نمونے کو استعمال کرتے ہوئے i_D اور v_D کے تقریباً درست جوابات وسیع حدود کے اندر حاصل کئے جاسکتے ہیں۔ بعض اوقات ہمیں کسی ایک نقطے کے قریب قریب رہتے ہوئے زیادہ درست جواب درکار ہوتا ہے۔ شکل 62.2 الف میں اس نقطے Q پر ڈائیوڈ کی مساوات کا خط مماس دکھایا گیا 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 قریب بہترین جوابات حاصل ہوتے ہیں۔ باریکے اشاراتی سیدھے خطوط کا ریاضی نمونہ¹⁸⁹ شکل 62.2 ب میں دکھایا گیا ہے۔

مثال 14.2: شکل 63.2 میں دئے گئے سیدھے خط کی مساوات حاصل کریں۔ شکل 60.2 کے ساتھ اس کا موازنہ کرتے ہوئے مساوات 67.2 میں نچلے جزو کی مساوات حاصل کریں۔

piece wise linear model¹⁸⁸
small signal piece wise linear model¹⁸⁹



شکل 68.2: باریک اشاراتی میدھے خطوط کا ذایڈ ریاضی نمونہ

حل: کسی بھی سیدھے خط جس کی ڈھلوان m ہو کی مساوات یوں لکھی جا سکتی ہے

$$m = \frac{y - y'}{x - x'}$$

جہاں (x', y') اس خط پر کوئی نقطہ ہے۔ شکل میں $(X_0, 0)$ ایسا نقطہ ہے جو خط پر پایا جاتا ہے۔ یوں اس خط کی مساوات یوں لکھی جا سکتی ہے۔

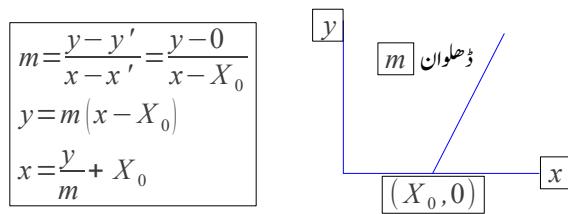
$$m = \frac{y - 0}{x - X_0}$$

اس کو مزید یوں دو طرح لکھا جا سکتا ہے۔

$$(68.2) \quad \begin{aligned} y &= m(x - X_0) \\ x &= \frac{y}{m} + X_0 \end{aligned}$$

شکل 60.2 پر غور کرتے ہوئے ہم دیکھتے ہیں کہ وہاں x اور y کی جگہ v_D اور i_D کا استعمال ہے جبکہ ڈھلوان $\frac{1}{r_D}$ اور خط پر پائے جانے والا نقطہ ہے۔ یوں مساوات 68.2 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 2.63: سیدھے خط کی مساوات

مثال 15.2: شکل 64.2 الف میں ڈائیوڈ کی جگہ اس کے وسیع اشاراتی سیدھے خطوط 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

$$I_D = \frac{V_B - V_{D0}}{R + r_D} = \frac{5 - 0.58}{1000 + 100} = 4.018\text{ mA}$$

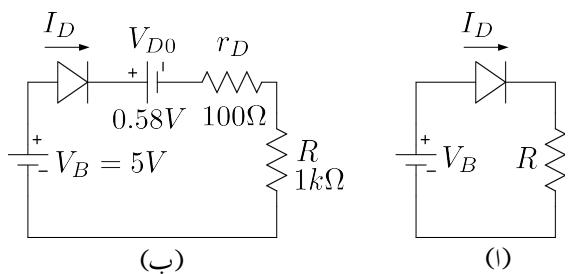
اور ڈائیوڈ پر برقی دباؤ

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

حاصل ہوتا ہے۔

2.22.2 کامل ڈائیوڈ ریاضی نمونہ

مندرجہ بالا ریاضی نمونوں میں سیدھے مائل ڈائیوڈ پر برقی دباؤ v_D کو مختلف طریقوں سے پہنچا گیا۔ عموماً دور میں مختلف برقی دباؤ کی قیمتیں v_D سے کمی گناہوتی ہیں اور



نکل 64.2: سیدھے خطوط ڈائیوڈ ریاضی نمونہ کی مثال

اس صورت $v_D = 0 \text{ V}$ کی قیمت کو نظر انداز کیا جا سکتا ہے۔ ایسی جگہوں پر لیا جا سکتا ہے اور سیدھے مائل ڈائیوڈ کو کامل ڈائیوڈ¹⁹⁰ تصور کیا جا سکتا ہے۔

مثال 16.2: مثال 15.2 میں اگر $R = 100 \text{ k}\Omega$ اور $V_B = 200 \text{ V}$ ہوں تو اس میں برقرار رہنے والے خطوط کے ریاضی نمونے کی مدد سے اور دوبارہ کامل ڈائیوڈ نمونے کی مدد سے حاصل کریں۔

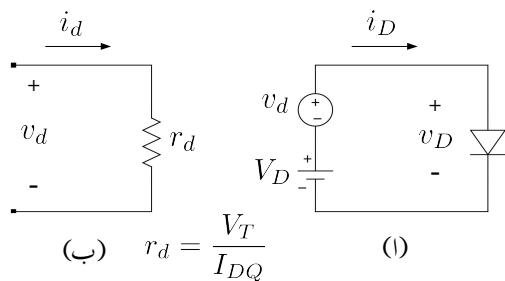
حل: سیدھے خطوط ریاضی نمونے سے

$$I_D = \frac{V_B - V_{D0}}{R + r_D} = \frac{200 - 0.58}{100000 + 100} = 1.9922 \text{ mA}$$

کامل ڈائیوڈ کے ریاضی نمونے سے

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

آپ دیکھ سکتے ہیں کہ دونوں جواب تقریباً برابر ہیں۔



شکل 65.2: پست تعداد باریک اشاراتی ریاضی نمونہ

3.22.2 ڈائیوڈ کا پست تعداد باریک اشاراتی ریاضی نمونہ

حصہ 12.2 میں باریک اشاراتی مراحت r_d پر تذکرہ کیا گیا۔ اس حصے میں اس پر مزید غور کیا جائے گا۔ شکل 65.2 الف میں V_D ڈائیوڈ کا نقطہ کارکردگی تعین کرتا ہے جبکہ باریک اشارہ ہے۔ یوں کسی بھی لمحہ ڈائیوڈ پر کل برقی دباؤ v_d

$$(69.2) \quad v_D = V_D + v_d$$

ہو گا اور اس میں برقی رو

$$(70.2) \quad i_D = I_D + i_d$$

ہو گی۔ I_{DQ} اور V_{DQ} یہ دراصل یہ مقداریں ہیں۔ اور I_D اور V_D ہی ہیں۔ صفر اشارہ یعنی $v_D = V_D$ کی صورت میں $v_d = 0V$ اور ڈائیوڈ کی مساوات سے

$$(71.2) \quad i_D = I_S e^{\frac{V_D}{V_T}} = I_{DQ}$$

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

$$(72.2) \quad i_D \approx I_S e^{\frac{v_D}{V_T}} = I_S e^{\frac{V_D + v_d}{V_T}} = I_{DQ} e^{\frac{v_d}{V_T}}$$

جبکہ مساوات 71.2 کا استعمال کیا گیا۔ سلسلہ مکلارن¹⁹¹ سے اسے مزید یوں لکھ سکتے ہیں۔

$$(73.2) \quad i_D = I_{DQ} \left[1 + \frac{1}{1!} \frac{v_d}{V_T} + \frac{1}{2!} \left(\frac{v_d}{V_T} \right)^2 + \dots \right]$$

اس مساوات میں اگر v_d کی قیمت V_T کے مقابلے سے بہت کم ہو (یعنی $v_d \ll V_T$) تو پہلے دو جزو کے علاوہ بقیا کو نظر انداز کرنا ممکن ہو گا اور اسے یوں لکھا جا سکتا ہے۔

$$(74.2) \quad i_D \approx I_{DQ} \left(1 + \frac{v_d}{V_T} \right)$$

جس سے حاصل ہوتا ہے

$$(75.2) \quad i_D \approx I_{DQ} + \left(\frac{I_{DQ}}{V_T} \right) v_d = I_{DQ} + \frac{v_d}{r_d}$$

جبکہ مساوات 35.2 میں حاصل کیا گیا ڈائیوڈ کا باریکے اشاراتی مراحت $r_d = \frac{V_T}{I_{DQ}}$ استعمال کیا گیا۔ چونکہ $i_D = I_{DQ} + i_d$ ہوتا ہے لہذا مساوات 75.2 کا پہلا جزو نقطہ کارکردگی پر یک سمتی برقی رو I_{DQ} ہے جبکہ اس کا دوسرا جزو بدلتے اشارہ v_d پر منحصر برقی رو i_d ہے یعنی

$$(76.2) \quad i_d = \frac{v_d}{r_d}$$

ڈائیوڈ کا پہت تعداد باریکے اشاراتی ریاضی نمونہ شکل 65.2 ب میں دکھایا گیا ہے۔ آپ تسلی کر سکتے ہیں کہ پہت تعداد باریکے اشاراتی ریاضی نمونہ بھی برقی رو i_d پر مساوات 76.2 کی طرح برقی دباؤ v_d دیتا ہے۔ ڈائیوڈ کا باریک اشاراتی ریاضی نمونہ صرف ڈائیوڈ کے باریک اشاراتی مراحت r_d پر مشتمل ہے۔

4.22.2 ڈائیوڈ کا بلند تعداد باریک اشاراتی ریاضی نمونہ

اب تک ہم ڈائیوڈ کے وہ ریاضی نمونے دیکھتے رہے جو کم تعداد پر ڈائیوڈ کے کارکردگی پر صحیح اترتے ہیں۔ اگر بلند تعداد کے اشارات پر ڈائیوڈ کی کارکردگی پر غور کرنا ہو تو ڈائیوڈ

$(e^x = 1 + \frac{x}{1!} + \frac{x^2}{2!} + \dots)$ Maclaurin's series¹⁹¹

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

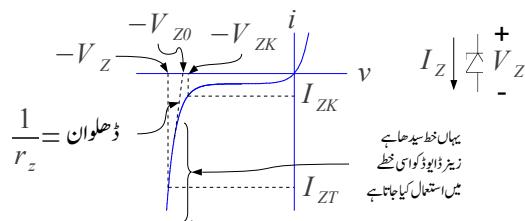
شکل 66.2: بلند تعداد باریک اشاراتی ڈائیوڈ ریاضی نمونہ

کا بلند تعداد باریک اشاراتی ریاضی نمونہ استعمال کرنا ہو گا جو ڈائیوڈ کے اندروفنی کپیسٹر کا بھی حساب رکھتا ہو۔ ڈائیوڈ کے اندروفنی کپیسٹر دو طرح کے ہوتے ہیں۔ پہلا کپیسٹر C_j ویران خطے کے دونوں جانب الٹ برقی باروں کی وجہ سے پیدا ہوتا ہے جبکہ دوسرا قسم کا کپیسٹر C_d باروں کے بہاو سے پیدا ہوتا ہے۔ ان کپیسٹروں کو ڈائیوڈ کے ڈائیوڈ کے پست تعداد باریک اشاراتی ریاضی نمونہ میں مزاحمت r_d کے متوازی نسب کر کے ڈائیوڈ کا بلند تعداد باریک اشاراتی ریاضی نمونہ¹⁹² حاصل ہوتا ہے جسے شکل 66.2 میں دکھایا گیا ہے۔ وسیع جیطے کے اشارات کے استعمال کے لئے اس ریاضی نمونے میں وسیع اشارہ کے کپیسٹر C_J اور C_D استعمال کئے جائیں گے۔

23.2 زینر ڈائیوڈ اور اس کاریاضی نمونہ

شکل 67.2 میں زینر ڈائیوڈ کے برقی دباؤ بالقابل 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۔ بس یہ ذہن میں رکھیں کہ عام ڈائیوڈ استعمال کرتے وقت ہم کبھی نہیں چاہتے کہ یہ الٹی برقی رو گزرنے دے جبکہ زینر ڈائیوڈ کو عموماً ان مقامات پر 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 گھٹنا¹⁹³ کہتے ہیں۔¹⁹⁴

diode high frequency small signal model¹⁹²زینر خط پر زینر گھٹنا بالکل انسانی گھٹنے کی طرح معلوم ہوتا ہے۔¹⁹³knee¹⁹⁴



شکل 2.67.2: زیر ڈائیوڈ کے خط پر احمد نے

ڈائیوڈ بننے والے صنعت کار زیر ڈائیوڈ کے لئے پر برقی دباؤ V_{ZK} اور برقی رو I_{ZK} کی قیمت فراہم کرتے ہیں۔ چونکہ زیر ڈائیوڈ عموماً الثا مائل رکھا جاتا ہے لہذا، جیسا کہ شکل 67.2 میں دکھایا گیا ہے، اس پر برقی دباؤ اور اس میں برقی رو عام ڈائیوڈ کے لاث ناپی جاتی ہے۔ اس طرح اگر خط پر منفی تیس ولٹ $-30V$ پر زیر لگھنا پایا جائے تو صنعت کار اس کی قیمت $V_{ZK} = 30V$ فراہم کرے گا۔

اسی طرح صنعت کار، زیر برقی دباؤ V_Z کی عمومی قیمت کسی خاص برقی رو I_{ZT} پر ناپ کر فراہم کرتا ہے۔ زیر ڈائیوڈ کو عموماً اس کے زیر برقی دباؤ سے بھی پکارا جاتا ہے لیکن $V_Z = 10V$ کی صورت میں اسے دس ولٹ کا زیر کہا جائے گا۔

اگر زیر ڈائیوڈ پر برقی دباؤ V_Z اور اس میں گزرتی برقی رو I_Z ہو تو اس میں برقی طاقت کے ضیاع¹⁹⁵ P کا تخمینہ یوں لگایا جاتا ہے۔

$$(77.2) \quad P = V_Z \times I_Z$$

صنعت کار زیر ڈائیوڈ میں برقی طاقت کے ضیاع کی مقررہ حد بھی فراہم کرتا ہے۔ زیر ڈائیوڈ استعمال کرتے وقت اس حد سے کسی صورت تجاوز کرنے سے زیر ڈائیوڈ تباہ ہو جاتا ہے۔

یوں اگر $5.6V$ اور $0.25W$ کے زیر میں $10mA$ کا برقی رو گزرا رہا ہو تو اس میں برقی طاقت کا ضیاع $5.6 \times 0.01 = 56mW$ ہو گا جو کہ اس زیر ڈائیوڈ کے طاقت کے ضیاع کی حد یعنی $0.25W$ سے کم ہے لہذا زیر ڈائیوڈ صحیح

power loss¹⁹⁵

سلامت کام کرتا رہے گا۔ اس کے برعکس اگر اسی زیز میں 100 mA برقی رو گز رے تو اس میں برقی طاقت کا ضیاء $5.6 \times 0.1 = 0.56 \text{ W}$ ہو گا جو کہ 0.25 W سے زیادہ ہے۔ اس صورت زیز ڈائیوڈ گرم ہو کر تباہ ہو جائے گا۔ ڈیاٹا انجنئر¹⁹⁶ عموماً زیز ڈائیوڈ میں برقی طاقت کے ضیاء کو مقررہ حد کے نصف سے نیچے ہی رکھتے ہیں۔ یوں اس زیز ڈائیوڈ میں ڈیاٹا انجنئر کبھی بھی 22 mA سے زیادہ برقی رو نہیں گزرنے دے گا۔ 22 mA پر طاقت کا ضیاء $22 \text{ mA} \times 0.022 = 0.123 \text{ W}$ ہو گا جو کہ تقریباً 0.25 W کا نصف ہے۔

زیز ڈائیوڈ میں برقی طاقت کے ضیاء سے حرارتی توانائی پیدا ہوتی ہے جس سے زیز ڈائیوڈ کا درجہ حرارت بڑھتا ہے۔ اگر زیز ڈائیوڈ سے حرارتی طاقت کے اخراج کی شرح اس میں برقی طاقت کے ضیاء سے پیدا حرارتی طاقت کی شرح سے کم ہو تو زیز ڈائیوڈ کا درجہ حرارت بڑھتے بڑھتے ناقابل برداشت ہو جاتا ہے جس سے یہ تباہ ہو جاتا ہے۔ بر قیاتی پر زہ جات عموماً اسی طریقے سے تباہ ہوتے ہیں۔ درجہ حرارت بڑھنے سے نیم موصل مادہ پگھل جاتا ہے اور یوں پر زہ تباہ ہو جاتا ہے۔

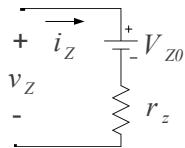
زیز ڈائیوڈ کے خط کی ڈھلوان اور اس کے باریکے اشاراتی زینر مزاحمت r_z کا تعلق عام ڈائیوڈ کی طرح ہی ہے یعنی

$$(78.2) \quad \frac{1}{\text{ڈھلوان}} = \frac{1}{r_z}$$

بس فرق صرف اتنا ہے کہ زیز ڈائیوڈ یوں بنایا جاتا ہے کہ اس کی ڈھلوان زیادہ سے زیادہ ہو۔ یوں اس کی اشاراتی زینر مزاحمت کم سے کم ہوتی ہے جس سے زیز ڈائیوڈ میں برقی رو کے تبدیلی سے اس پر برقی دباؤ میں کم سے کم تبدیلی رو نما ہوتی ہے۔ چونکہ $r_z = \frac{\Delta v_Z}{\Delta i_Z}$ ہوتا ہے لہذا اس بات کو یوں لکھا جا سکتا ہے

$$(79.2) \quad \Delta v_Z = \Delta i_Z r_z$$

آپ دیکھ سکتے ہیں کہ r_z کی قیمت جتنی کم ہو برقی رو کے تبدیلی سے برقی دباؤ میں اتنی کم تبدیلی رو نما ہو گی۔



شکل 68.2: زینر ڈائیوڈ کا ریاضی نمونہ

زینر ڈائیوڈ کا ریاضی نمونہ حاصل کرنے کی خاطر اس کے خط کو نقطہ (V_Z, I_Z) سے ڈھلوان $\frac{1}{r_z}$ کے نقطے دار لکیر سے افتنی محور تک پہنچایا جاتا ہے جہاں یہ محور کو $-V_{Z0}$ پر لکراتا ہے۔ اس خط کی مساوات کو یوں لکھا جا سکتا ہے

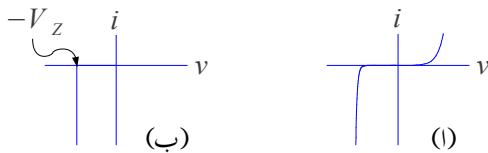
$$(80.2) \quad v_Z = V_{Z0} + i_Z r_z$$

اس مساوات سے زینر ڈائیوڈ کا ریاضی نمونہ حاصل ہوتا ہے جسے شکل 68.2 میں دکھایا گیا ہے۔ زینر گھنٹے کے قریب خط کافی زیادہ ہوتا ہے جبکہ زیادہ برقی رو (یعنی $I_Z >> I_{ZK}$) پر یہ خط تقریباً سیدھا رہتا ہے۔ زینر ڈائیوڈ کا عمومی استعمال اس سیدھے خطے میں ہی کیا جاتا ہے۔

زینر ڈائیوڈ کو عموماً زینر گھنٹے کے قریب استعمال نہیں کیا جاتا۔ زینر گھنٹے کے قریب خطے کو نظر انداز کرتے ہوئے اور $r_z = 0$ لیتے ہوئے زینر ڈائیوڈ کے خط کو سادہ شکل دی جا سکتی ہے جسے شکل میں دکھایا گیا ہے۔

شکل 67.2 میں زینر ڈائیوڈ کا لبرینزی برقی رو بڑھا کر دکھایا گیا ہے تاکہ شکل میں اہم نکات دکھانا ممکن ہو۔ شکل 69.2 الف میں زینر ڈائیوڈ کے خط کو صحیح جسمات کے لحاظ سے دکھایا گیا ہے جہاں آپ دیکھ سکتے ہیں کہ لبرینزی برقی رو قبل نظر انداز ہوتی ہے۔

جیسا اوپر ذکر ہوا کہ زینر ڈائیوڈ کو عموماً اتنا ہی مائل کیا جاتا ہے اور ایسا کرتے وقت زینر گھنٹے کے قریب خطے کے استعمال سے گریز کیا جاتا ہے۔ اگر زینر گھنٹے کے قریب خطے کو نظر انداز کیا جائے اور $r_z = 0$ تصور کیا جائے تو زینر ڈائیوڈ کے خط کو شکل 69.2 ب- کے طرز پر بنایا جا سکتا ہے۔ اس سادہ خط کے مطابق زینر ڈائیوڈ دو ہی صورت



شکل 69.2: زینر ڈائیوڈ کا خط اور اس خط کی سادہ شکل

اختیار کر سکتا ہے۔ پہلی صورت میں اس پر برقی دباؤ تبدیل ہو سکتی ہے مگر اس میں برقی رو کی قیمت صفر رہتی ہے یعنی

$$(81.2) \quad \begin{aligned} 0 &\leq |v_Z| < |V_Z| \\ |i_Z| &= 0 \end{aligned}$$

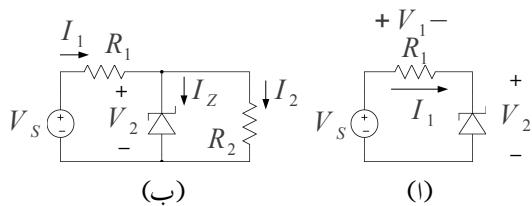
اس صورت میں اسے متوسط عالتے میں تصور کیا جائے گا۔ دوسری صورت میں اس پر برقی دباؤ V_Z رہتا ہے جبکہ اس میں برقی رو قابل تبدیل ہے یعنی

$$(82.2) \quad \begin{aligned} |v_Z| &= |V_Z| \\ 0 &\leq |i_Z| \leq |I_{Zmax}| \end{aligned}$$

جہاں I_{Zmax} وہ برقی رو ہے جس پر زینر ڈائیوڈ میں برقی طاقت کا ضیاء قابل برداشت حد کے برابر ہوتا ہے۔ اس صورت میں اسے بے قابو حالت میں تصور کیا جائے گا۔

شکل 69.2 - ب زیادہ آسانی اور جلدی سے قابل قبول جوابات حاصل کرنے میں اہم کردار ادا کرتا ہے۔ شکل 70.2 - الف میں دئے دور میں زینر ڈائیوڈ کو بے قابو حالت میں رکھ کر اس دور کو عموماً سادہ منع برقی دباؤ (یعنی برقی دباؤ کی منع) کے طور استعمال کیا جاتا ہے جس کی خارجی یک سستی برقی دباؤ کی قیمت V_Z کے برابر ہوتا ہے۔ اس پر، جیسا شکل ب میں دکھایا گیا ہے، برقی بوجھ کو مزاحمت R_2 کی جگہ نسب کیا جاتا ہے۔ اس منع کے مختلف پہلو پر چند مثالیں دیکھتے ہیں۔

مثال 17.2: شکل 70.2 الف میں زینر برقی دباؤ V_Z کی قیمت 5.6V ہے جبکہ $R_1 = 1\text{k}\Omega$ ہے۔ مندرجہ ذیل V_S پر کامل زینر ڈائیوڈ کے برقی دباؤ اور اس میں گزرنے والی برقی رو حاصل کریں۔



شكل 2: زیز ڈالیوڈ کا استعمال

$$V_S = 3 \text{ V} .1$$

$$V_S = 8 \text{ V} .2$$

$$V_S = 20 \text{ V} .3$$

حل: شکل 70.2 ب کو استعمال کرتے ہوئے حل کرتے ہیں۔

1. لاگو برقی دباؤ $V_S = 3\text{V}$ کوش کرے گا کہ زینر ڈائیوڈ میں برقی رو گزارے۔ البتہ زینر ڈائیوڈ کے خط کے مطابق زینر ڈائیوڈ میں V_Z سے کم برقی دباؤ پر منقطع رہتا ہے لیکن مساوات 81.2 کے تحت $I_Z = 0$ ہو گا۔ یوں اس دور میں مزاحمت R_1 پر اوہم کے قانون سے

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

$$V_2 = V_S$$

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

حاصل ہوتا ہے یعنی نیز ڈائیوڈ پر 3V برقی دباؤ ہو گا جبکہ اس میں صفر برقی رو ہو گا۔

2. اس مرتبہ لاگو برقی دباؤ زیز برقی دباؤ سے زیادہ ہے لہذا زیز ڈائیوڈ برقی رو گزارے گا۔ مساوات 82.2 کے تحت اس صورت زیز ڈائیوڈ پر V_Z یعنی 5.6V کا برقی دباؤ ہو گا جبکہ مزاحمت پر اُبھم کے قانون کے تحت

$$V_1 = V_S - V_Z = I_1 \times R_1$$

$$= 8 - 5.6 = I_1 \times 1000$$

$$I_1 = 2.4 \text{ mA}$$

$I_Z = 2.4 \text{ mA}$ ہو گا۔ چونکہ بھی برقی رو زینر ڈائیوڈ سے بھی گزرتا ہے لہذا حاصل ہوتا ہے۔

3. یہاں بھی لਾگو برقی دباؤ زینر ڈائیوڈ میں برقی رو گزارنے کی صلاحیت رکھتا ہے لہذا

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

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

مثال 18.2: شکل 70.2 الف میں زینر ڈائیوڈ کے متوازی مزاحمت $R_2 = 1 \text{ k}\Omega$ جوڑ کر شکل 70.2 ب حاصل ہوتا ہے۔ مثال 17.2 میں دئے معلومات استعمال کرتے ہوئے برقی دباؤ V_2 حاصل کریں۔

حل:

1. گزشتہ مثال میں $V_S = 3 \text{ V}$ پر دیکھا گیا کہ زینر ڈائیوڈ منقطع رہتا ہے اور یوں ہو گا۔ منقطع زینر کو دور سے نکلا جا سکتا ہے۔ ایسا کرنے سے دو سلسلہ وار مزاحمت رو 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 زینر ڈائیوڈ میں صفر برقی رو گزرتا ہے لہذا دونوں مزاحمت میں برابر برقی رو گزرتے گا جسے یوں حاصل کیا جا سکتا ہے۔

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

2. یہاں $V_S = 8\text{V}$ ہونے سے یوں معلوم ہوتا ہے کہ زیز ڈائیوڈ بے-قابو حال 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 70.2 ب کے تحت زیز ڈائیوڈ دو ہی صورتوں میں رہ سکتا ہے یعنی منقطع یا بے-قابو۔ انہیں دو صورتوں کو مساوات 81.2 اور مساوات 82.2 بیان کرتے ہیں۔ آئیں موجودہ مثال میں زیز کو منقطع تصور کریں۔ منقطع زیز ڈائیوڈ کا دور پر کسی قسم کا کوئی اثر نہیں ہوتا اور اسے دور سے مکمل طور نکالا جا سکتا ہے۔ ایسا کرنے سے ہمارے پاس دو سلسلہ وار مراجحت 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 زیز ڈائیوڈ منقطع رہے گا۔ یوں زیز ڈائیوڈ کو منقطع تصور کرنا درست تھا۔ منقطع زیز ڈائیوڈ میں $I_Z = 0$ رہے گا جبکہ مراجحت میں

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

حاصل ہوتا ہے۔

اسی مثال کو یوں بھی حل کر سکتے ہیں کہ پہلے تصور کیا جائے کہ دور میں زیز ڈائیوڈ نہیں لگایا گیا۔ اس طرح $V_2 = 4\text{V}$ حاصل ہوتا ہے۔ اب اگر زیز ڈائیوڈ نسب کر دیا جائے تو یہ منقطع ہی رہے گا۔

آئیں اسی مثال کو تیسری مرتبہ یوں حل کریں کہ زیز ڈائیوڈ کو بے-قابو صورت میں تصور کیا جائے۔ چونکہ بے-قابو زیز ڈائیوڈ پر زیز برتنی دباؤ ہی پایا جاتا ہے لہذا یوں $V_2 = V_Z = 5.6\text{V}$ ہو گا۔ شکل 70.2 ب میں $V_2 = 5.6\text{V}$ لیتے ہوئے اُوہم کے قانون 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۔ زیز ڈائیوڈ اور دونوں مراجحت کے مشترک جوڑ پر کرخوف کے قانون

برائے برقی رو کے تحت $I_1 = I_2 + I_Z$ ہونا چاہئے جس سے

$$I_Z = I_1 - I_2 = 2.4 \text{ mA} - 5.6 \text{ mA} = -3.2 \text{ mA}$$

حاصل ہوتا ہے۔ مفہی زینر ڈائیوڈ میں برقی رو کی سمت شکل 70.2 ب کے الٹ ہے۔ ایسا ہونے سے صاف ظاہر ہے کہ زینر ڈائیوڈ ہرگز بے قابو حالت میں نہیں ہے۔ بے قابو حالت میں برقی رو شکل میں دکھانے رخ میں ہوتا۔ یوں ہم نے زینر ڈائیوڈ کو غلط حالت میں تصور کیا تھا اور یہ بے قابو صورت میں نہیں ہے۔ اس طرح زینر ڈائیوڈ منقطع ہی ہے۔ یہاں سے ہم پہلے ہی حل کر چکے ہیں۔

3. اس مثال کو بھی کئی طریقوں سے حل کیا جا سکتا ہے۔ ہم تصور کرتے ہیں کہ زینر ڈائیوڈ بے قابو ہے۔ اس صورت $V_2 = V_Z = 5.6 \text{ V}$ ہو گا۔ یوں اُو ہم کے قانون 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 قانون برائے برقی رو سے

$$I_1 = I_2 + I_Z$$

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

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

حاصل ہوتا ہے۔ چونکہ زینر ڈائیوڈ میں بے قابو برقی رو کے رخ ہی برقی رو گزر رہی ہے لہذا جواب درست ہے۔

آپ دیکھ سکتے ہیں کہ جب تک I_1 کی قیمت I_2 کے قیمت سے زیادہ ہو اس صورت میں زینر ڈائیوڈ میں بے قابو برقی رو گزرتے گا جس کی قیمت $I_Z = I_1 - I_2$ ہو گی۔ اس کے علاوہ یہی ممکن ہے کہ $I_1 = I_2$ اور $I_Z = 0$ ہو۔ تیسری صورت جہاں I_1 کی قیمت I_2 کے قیمت سے کم حاصل ہو درست نہیں اور اسے رد کیا جاتا ہے۔

شکل 70.2 الف کے برقی دباؤ کی منع کو داخلی جانب برقی دباؤ مہیا کیا گیا ہے جس کو شکل 71.2 الف میں دکھایا گیا ہے۔ غور کرنے سے معلوم ہوتا ہے کہ داخلی برقی دباؤ کامل طور یک سمتی نہیں ہے بلکہ اس میں ناپندریدہ لہر v_s پایا جاتا ہے جبکہ یک سکتی برقی دباؤ V_s اس کا بیشتر حصہ ہے۔ ان دونوں حصوں کی نشاندہی شکل میں کی گئی ہے۔ زیر ڈائیوڈ سے بنائی گئی برقی دباؤ کے منع سے توقع کی جاتی ہے کہ اس میں لہر کی مقدار کم سے کم ہو گی۔

مثال 19.2: شکل 70.2 الف میں $v_s = 1.2 \sin \omega t$, $V_s = 15 \text{ V}$, $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$ اور $V_{Z0} = 5.6 \text{ V}$ جبکہ زیر ڈائیوڈ کے ریاضی نمونے کے جزو $r_z = 10 \text{ }\Omega$ ہونے کی صورت میں خارجی برقی دباؤ V_Z حاصل کریں۔

حل: شکل 70.2 الف میں زیر ڈائیوڈ کا ریاضی نمونہ استعمال کرتے ہوئے شکل 71.2 ب حاصل ہوتا ہے۔ خارجی برقی دباؤ دراصل زیر پر پائے جانے والا برقی دباؤ V_Z ہی ہے جسے یوں حاصل کرتے ہیں۔

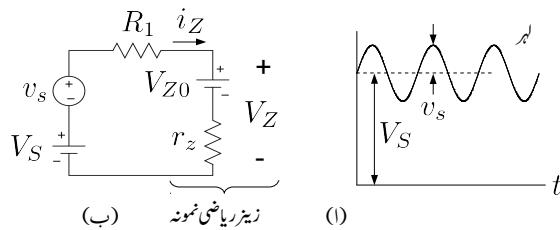
پہلے دور میں برقی رو حاصل کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned} i_Z &= \frac{V_s + v_s - V_{Z0}}{R_1 + r_z} \\ &= \frac{15 + 1.2 \sin \omega t - 5.6}{1000 + 10} \\ &= (9.3 + 1.18811 \sin \omega t) \times 10^{-3} \text{ A} \end{aligned}$$

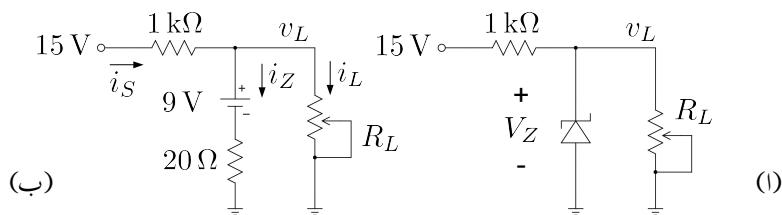
اس سے زیر برقی دباؤ حاصل کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned} V_Z &= V_{Z0} + i_Z r_z \\ &= 5.6 + (9.3 + 1.18811 \sin \omega t) \times 10^{-3} \times 10 \\ &= 5.693 + 0.01188 \sin \omega t \end{aligned}$$

آپ دیکھ سکتے ہیں کہ داخلی برقی دباؤ میں لہر، یک سمتی حصے کا $\frac{1.2}{15} \times 100 = 8\%$



شکل 21.2: زینر منع



شکل 22.2: زینر منع پر بدلتی بوجھ

بتا ہے جبکہ خارجی برقی دباؤ میں لہر صرف $\frac{0.01188}{5.693} \times 100 = 0.2086\%$ بتا ہے۔ زینر ڈائیوڈ کے استعمال سے لہر نہایت کم ہو گئی ہے۔

مثال 20.2: شکل 22.2 الف میں زینر منع کے متوازی برقی بوجھ نسب کیا گیا ہے تا کہ برقی بوجھ کو مستقل برقی دباؤ مہیا کی جائے۔ برقی بوجھ کو تقریباً نو ولٹ درکار ہیں لہذا نو ولٹ کا زینر استعمال کیا جاتا ہے۔ زینر ڈائیوڈ کا $V_{Z0} = 9\text{ V}$ جبکہ اس کا $r_z = 20\text{ V}$ ہے۔ برقی بوجھ کی مزاحمت $2\text{k}\Omega$ تا $9\text{k}\Omega$ تبدیل ہو سکتی ہے۔ ان حدود میں برقی بوجھ پر برقی دباؤ v_L کا تخمينہ لگائیں۔

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

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

ہو گا۔ اگر $R_L = 2\text{ k}\Omega$ ہو تو

$$i_L = \frac{9}{2000} = 4.5\text{ mA}$$

اور

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

ہوں گے۔ اس طرح حقیقت میں

$$(83.2) \quad v_L \Big|_{R_L=2\text{ k}\Omega} = V_{Z0} + i_Z r_z = 9 + 1.5 \times 10^{-3} \times 20 = 9.03\text{ V}$$

پایا جائے گا۔

اب چونکہ ہمیں زیر ڈائیوڈ پر پائے جانے والے برقی دباؤ کی زیادہ درست قیمت دریافت ہو گئی ہے لہذا ہم مندرجہ بالا تمام معلومات دوبارہ حاصل کر سکتے ہیں۔ اس طرح $i_L = 4.515\text{ mA}$ اور $i_S = 5.97\text{ mA}$ حاصل ہوتے ہیں جن سے $v_L = 9.0291\text{ V}$ حاصل ہوتا ہے جو تقریباً مساوات 83.2 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 قبل قبول ہوتا ہے۔ یوں $2\text{ k}\Omega$ کے برقی بوجھ پر زیر منجع 9.03 V برقی دباؤ مہیا کرتی 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

$$(84.2) \quad v_L \Big|_{R_L=6\text{k}\Omega} = V_{Z0} + i_Z r_z = 9 + 4.5 \times 10^{-3} \times 20 = 9.09 \text{ V}$$

پائے جائیں گے۔

آپ نے دیکھا کہ برقی بوجھ کا $2\text{k}\Omega$ تبدیل ہونے سے اس کی برقی رو 4.5 mA تا 1.5 mA تا 9.03 V تا 9.09 V تا 60 mV یعنی 9.03 V تا 9.09 V تا $2\text{k}\Omega$ تبدیل ہوتی ہے۔ زیز منج کا برقی دباؤ صرف چونکہ ہم نو ولٹ کی منج بنانے لگلے تھے لہذا نو ولٹ کی نسبت سے دیکھتے ہوئے بوجھ کے برقی دباؤ میں صرف

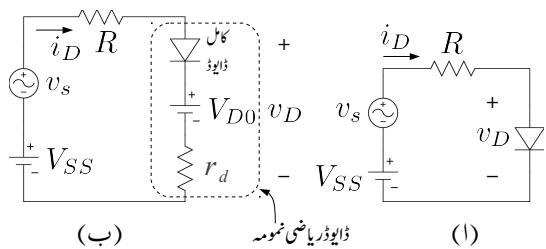
$$\frac{9.09 - 9.03}{9} \times 100 = 0.66\%$$

کی تبدیلی آتی ہے۔ زیز منج کے برقی دباؤ میں تبدیلی کا دارومند زیز ڈائیوڈ کے برقی رو میں تبدیلی پر ہے۔ اگر کسی طرح زیز ڈائیوڈ کے برقی رو میں تبدیلی کو کم کیا جائے تو منج سے حاصل برقی دباؤ میں تبدیلی مزید کم ہو گی۔ حصہ 22.3 میں ایسا کرنا دکھایا جائے گا۔

24.2 یک سمتی اور بدلتے متغیرات کے حساب کی علیحدگی

شکل 73.2 الف میں ڈائیوڈ کا دور دکھایا گیا ہے۔ اس دور میں ڈائیوڈ کی جگہ اس کا باریک اشاراتی ریاضی نمونہ (شکل 62.2) نسب کرنے سے شکل 73.2 ب حاصل ہوتا ہے۔ اس دور کو حل کرنے سے حاصل ہوتا ہے

$$(85.2) \quad \begin{aligned} V_{SS} + v_s &= V_{D0} + i_D(R + r_d) \\ &= V_{D0} + (I_D + i_d)(R + r_d) \\ &= V_{D0} + I_D R + I_D r_d + i_d R + i_d r_d \end{aligned}$$



نکل 73.2: یک سمتی اور بدلتے متغیرات کی علیحدگی

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

$$(86.2) \quad V_{SS} = V_{D0} + I_D R + I_D r_d$$

بدلتے متغیرات کے موجودگی میں مساوات 85.2 کو یوں حل کر سکتے ہیں۔

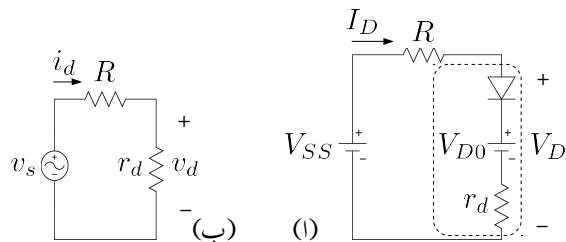
$$(87.2) \quad \begin{aligned} \widehat{V_{SS}} + v_s &= \widehat{V_{D0} + I_D R + I_D r_d} + i_d R + i_d r_d \\ v_s &= i_d R + i_d r_d \end{aligned}$$

جہاں مساوات 86.2 کی مدد سے دائیں اور بائیں بازو کے یک سمتی مقداروں کی نشاندہی کرتے ہوئے انہیں کاٹ کر مساوات کا دوسرا جزو حاصل کیا گیا۔

مساوات 86.2 اور مساوات 87.2 کے دوسرے جزو کے ادوار شکل 74.2 میں دکھائے گئے ہیں۔ شکل 74.2 ب اس دور کا مساوی باریکے اشارات دور کھلاتا ہے۔ ڈائیوڈ کے باریکے اشارات i_d اور v_d یوں حاصل کیا جائیں گے۔

$$(88.2) \quad \begin{aligned} i_d &= \frac{v_s}{R + r_d} \\ v_d &= i_d r_d = \frac{r_d v_s}{R + r_d} \end{aligned}$$

مندرجہ بالا طریقہ کار ایک عمومی طریقہ کار ہے جس کو استعمال کرتے ہوئے ڈائیوڈ کے ادوار بالعموم اور ٹرانزسٹر کے ادوار بالخصوص حل کئے جاتے ہیں۔ اس طریقے میں ادوار حل کرتے وقت پہلے بدلتے اشارات کو نظر انداز کرتے ہوئے نقطہ مائل حاصل کیا جاتا



شکل 74.2: یک سمتی اور باریک اشاراتی مساوی ادوار

ہے۔ اس نقطے پر ڈائوڈ (ٹرانزسٹر) کے باریک اشاراتی ریاضی نمونے کے اجزاء حاصل کئے جاتے ہیں۔ باریک اشاراتی حساب و کتاب کی خاطر مساوی باریک اشاراتی دور بنایا جاتا ہے جس میں تمام یک سمتی منع بر قی دباؤ کو قصر دور کرتے ہوئے ڈائوڈ (ٹرانزسٹر) کی جگہ اس کا باریک اشاراتی ریاضی نمونہ نسب کیا جاتا ہے۔ یوں حاصل مساوی باریک اشاراتی دور کو عام بر قی دور کے مانند حل کرتے ہوئے باریک اشاراتی بر قی دباؤ اور باریک اشاراتی بر قی رو حاصل کئے جاتے ہیں۔

یک سمتی اور باریک اشاراتی حساب و کتاب کا یوں علیحدہ کرنا برقیات کے میدان میں عموماً استعمال کیا جاتا ہے۔ اگلے بابوں میں اس طریقہ کار کو بار بار بروئے کار لایا جائے گا۔

مثال 21.2: شکل 73.2 الف میں یوں $v_s = 0.5 \sin \omega t$ اور $R = 5\text{k}\Omega$ لیتے ہوئے ڈائوڈ سے گزرتی بدلتی بر قی رو i_d اور اس پر بدلتا بر قی دباؤ v_d حاصل کریں۔

حل: اس دور کا مساوی باریک اشاراتی دور شکل 74.2 ب میں دکھایا گیا ہے جسے حل کرنے کی خاطر ڈائوڈ کے باریک اشاراتی مراحت r_d کی قیمت جانا ضروری ہے۔ ڈائوڈ کا باریک اشاراتی مراحت نقطہ مائل سے مساوات 35.2 سے حاصل کیا جاتا ہے۔ شکل 73.2 کے یک سمتی حل سے

$$(89.2) \quad I_D = I_{DQ} = \frac{V_{SS} - 0.7}{R} = \frac{12 - 0.7}{5000} = 2.26 \text{ mA}$$

حاصل ہوتا ہے جس سے

$$(90.2) \quad r_d = \frac{V_T}{I_{DQ}} = \frac{0.025}{0.00226} = 11.062 \Omega$$

حاصل ہوتا ہے۔ یوں شکل 74.2 ب کے دور سے

$$(91.2) \quad i_d = \frac{v_s}{R + r_d} \\ = \frac{0.5 \sin \omega t}{5000 + 11} \\ = 9.978 \times 10^{-5} \sin \omega t$$

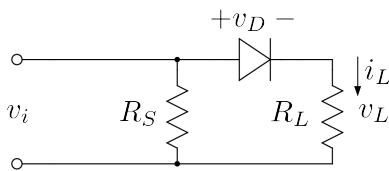
$$v_d = i_d r_d \\ = (9.978 \times 10^{-5} \sin \omega t) \times 11 \\ = 1.0976 \times 10^{-3} \sin \omega t$$

حاصل ہوتے ہیں۔

25.2 قانون مرلچ جیٹھ اتار کار

اس باب میں زیادہ طاقت یعنی زیادہ جیٹھ کے اشارے کی صورت میں جیٹھ اتار کار پر غور کیا گیا جہاں جیٹھ اتار کار کا خارجی برقی دباؤ اس 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 کار کی کارکردگی پر غور کیا جائے گا جہاں آپ دیکھیں گے کہ جیٹھ اتار کار کا خارجی برقی دباؤ اس کے داخلی برقی دباؤ کے مرلچ کے راست تناسب ہوتا ہے۔ اس حصے میں آپ یہ بھی دیکھیں گے کہ کم طاقت والے اشارے کی طاقت کو جیٹھ اتار کار سے ناپا جا سکتا ہے۔

شکل 75.2 میں مزاحمت R_S کو ریڈیو اشارہ v_i فراہم کیا گیا ہے۔ دراصل جس بھی دور کو ریڈیو اشارہ فراہم کیا جا رہا ہو اس دور کے داخلی مزاحمت کو R_S سے ظاہر کیا جاتا ہے۔ ذرا بخیابان¹⁹⁷ کے ادوار میں R_S کی قیمت عموماً 50Ω



شکل 75.2: ڈائیوڈ قانون مریع جیٹ اتار کار

ہوتی ہے۔ آپ جانتے ہیں کہ سائنس نما برقی دباؤ $V_p \cos \omega t$ کی موثر¹⁹⁸ قیمت R_S کے برابر ہے۔ یوں مزاحمت R_S میں برقی طاقت کے ضیاء کو

$$(92.2) \quad P = \frac{V_{rms}^2}{R_S} = \frac{V_p^2}{2R_S}$$

لکھا جا سکتا ہے۔ اس طاقت کو نانپنے کی غرض سے R_S کے متوازی ڈائیوڈ اور مزاحمت R_L نسب کئے گئے ہیں جہاں سلسلہ وار جڑے ڈائیوڈ اور R_L کے کل مزاحمت کی قیمت R_S کے قیمت سے بہت زیادہ رکھی جاتی ہے تاکہ ان کی شمولیت داخلی اشارے پر بوجھ نہ ڈالے۔ اگرچہ ایسا تصور کرنا ضروری نہیں لیکن ہم اس حصے میں تصور کریں گے کہ ڈائیوڈ کو معمولی یک سمتی برقی دباؤ دے کر سیدھا مائل رکھا گیا ہے۔ شکل میں اس یک سمتی برقی دباؤ کو نہیں دکھایا گیا ہے۔ آئیں اب تخلیل تجزیہ کریں۔

کسی بھی خمار تفاضل $f(x)$ کو سلسلہ طاقت¹⁹⁹

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

سے ظاہر کیا جا سکتا ہے۔ اسی طرح اس شکل میں ڈائیوڈ اور مزاحمت R_L کے برقی روکو داخلی برقی دباؤ $v_i = V_p \cos \omega t$ کے سلسلہ طاقت سے یوں ظاہر کیا جا سکتا ہے۔

$$\begin{aligned} i_L &= c_1 v_i + c_2 v_i^2 + c_3 v_i^3 + \dots \\ &= c_1 V_p \cos \omega t + c_2 V_p^2 \cos^2 \omega t + \dots \end{aligned}$$

¹⁹⁸ rms power series¹⁹⁹

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 سمتی جزو کے پہلے رکھا گیا ہے۔ لہذا R_L پر برقی دباؤ $v_L = i_L R_L$ یوں لکھا جا سکتا 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 خالص یک سمتی جزو کو علیحدہ کیا جا سکتا ہے۔ R_L کے متوازی ایک عدد کمپیئر نسب کرنے سے ہی بدلتے اجزاء کو ختم کرتے ہوئے

$$(93.2) \quad v_L = \frac{c_2 V_p^2 R_L}{2}$$

حاصل کیا جا سکتا ہے۔ اس مساوات کے تحت کم طاقت کے داخلی اشارے کی صورت میں ڈائیوڈ کا خارجی یک سمتی برقی دباؤ اس کے داخلی بدلتے برقی دباؤ کے مریع کے راست تناسب ہوتا ہے۔ اس کے برعکس چوٹی حاصل کار کا خارجی برقی دباؤ اس کے داخلی برقی دباؤ کے چوٹی کے برابر ہوتا ہے۔ مساوات 93.2 قانونِ مرطح²⁰⁰ کی ایک شکل ہیں۔

مساوات 93.2 کو مساوات 92.2 کے ساتھ ملاتے ہوئے

$$(94.2) \quad v_L = c_2 R_L R_S P = cP$$

لکھا جا سکتا ہے جہاں $c = c_2 R_L R_S$ لکھا گیا ہے۔ یہ قانونِ مرطح کی دوسری شکل ہے جس کے تحت کم طاقت پر مزاحمت R_L کا یک سمتی برقی دباؤ اور R_S میں طاقت کا ضیاء راست تناسب کا تعلق رکھتے ہیں۔ اس حقیقت کو استعمال کرتے ہوئے ذرا رُخ ابلاغ میں ڈائیوڈ کے استعمال سے اشارے کی طاقت ناپی جاتی ہے۔ ڈائیوڈ کے اس دور کو ڈائیوڈ قانونِ مرطح شناسنده²⁰¹ کہتے ہیں۔

diode square law²⁰⁰
diode square law detector²⁰¹

26.2 سپائٹ ریاضی نمونہ

انجینئرنگ کے میدان میں کمپیوٹر کا استعمال ناگزیر ہے۔ بر قیاتی ادوار عموماً کمپیوٹر پروگرام استعمال کرتے ہوئے تحقیق دئے جاتے ہیں۔ کمپیوٹر پر ہی دور کی کارکردگی دیکھتے ہوئے اس میں روبدل پیدا کیا جاتا ہے حتیٰ کہ درکار نتائج حاصل ہوں۔ اس کے بعد اصل دور بنانے کا مرحلہ آتا ہے۔ اس قسم کا نہایت مقبول کمپیوٹر پروگرام سپائٹ²⁰² کہلاتا ہے۔ آپ سے گزارش کی جاتی ہے کہ سپائٹ²⁰³ کا بھرپور استعمال کریں۔ اس حصے میں سپائٹ میں استعمال کئے جانے والے ڈائیوڈ کے ریاضی نمونے پر تبصرہ کیا جائے گا۔ یہاں یہ بتانا ضروری ہے کہ بر قیات کو سمجھے بغیر کمپیوٹر کی مدد سے کسی صورت کام کرتا ہوا دور تحقیق دینا ناممکن ہے۔

شکل 76.2 میں ڈائیوڈ کا سپائٹ ریاضی نمونہ دکھایا گیا ہے جو کہ وسیع اشاراتی ریاضی نمونہ ہے۔ اس ریاضی نمونے میں ڈائیوڈ کے ثابت اور منفی خطوط کے مزاحمت کو R_s کہا گیا ہے۔ اس کی قیمت اکائی تا دھائی کے حدود میں ہوتی ہے۔ یہ مزاحمت ڈائیوڈ کی نا پسندیدہ خوبیوں میں سے ایک ہے۔

ڈائیوڈ کے ساکن یا یک سمتی رو حال کو اس کے $i_D - v_D$ مساوات سے ہی حاصل کیا جاتا ہے جبکہ بدلتی رو حال میں ڈائیوڈ کی تغیر پذیر کمیشن C_D بھی کردار ادا کرتا ہے۔ شکل میں C_D اور $i_D - v_D$ کی مساواتیں دی گئی ہیں۔ باریک اشاراتی تجربیہ کے وقت سپائٹ پروگرام ڈائیوڈ کا باریک اشاراتی مراحت r_d اور اس کی باریک اشاراتی کمیشن C_d اور C_j استعمال کرتا ہے۔

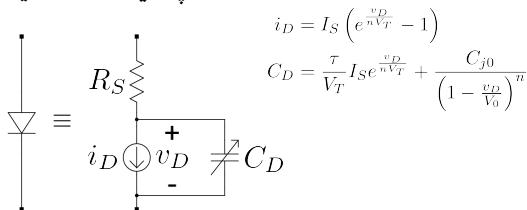
جدول 4.2 ڈائیوڈ کے سپائٹ ریاضی نمونے کے تمام اجزاء اور ان کے عمومی قیمتیں پیش کرتا ہے۔ اگر سپائٹ پروگرام استعمال کرتے وقت ان اجزاء کی قیمتیں فراہم نہ کی جائیں تو سپائٹ پروگرام جدول 4.2 میں دئے گئے قیمتیں استعمال کرتا ہے۔

²⁰² spice پیلا سپائٹ کمپیوٹر پروگرام کیلئے فوری نیاب برائے کے یونیورسٹی میں تیار کیا گیا۔

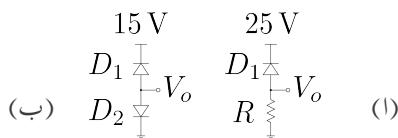
جدول 4.2: سائنس ریاضی نمونے کے جزو

تہمت	سائنس کا جزو	علامت	ریاضی نمونے کے جزو کا نام
10^{-14} A	IS	I_S	لبریزی بر قی رو
0Ω	RS	R_S	مراحت
1	N	n	اخراجی جزو
0 s	TT	τ_T	اوسط دورانیہ عبور
0 F	CJ0	C_{j0}	صف بر قی دباؤ پر اٹی کپیشنس
0.5	M	m	جزو شرہندی
$\infty \text{ V}$	BV	V_{ZK}	ناقابل برداشت بر قی دباؤ
10^{-19} A	IBV	I_{ZK}	ناقابل برداشت بر قی رو
1 V	VJ	V_0	رکاوٹی بر قی دباؤ

سائنس ریاضی نمونہ



شکل 4.2: ڈائیوڈ کا سائنس ریاضی نمونہ



شکل 77.2: اٹھ برقی رو کی ناپ

سوالات

سوال 1.2: ایک ڈائیوڈ جس کا $n = 1$ کے برابر ہے میں برقی رو گزرتے وقت اس پر 0.61 V کا برقی دباؤ پایا جاتا ہے۔ اس ڈائیوڈ پر جب 0.66 V برقی دباؤ پایا جائے تو اس میں برقی رو حاصل کریں۔ اس ڈائیوڈ کی I_S حاصل کریں۔

$$\text{جوابات: } I_S = 2.53 \times 10^{-14} \text{ A} = 7.389 \text{ mA}$$

سوال 2.2: ایک ڈائیوڈ کو 0.57 mA اور 8.167 mA برقی دباؤ پائے جاتے ہیں۔ اس ڈائیوڈ کی n اور I_S حاصل کریں۔

$$\text{جوابات: } I_S = 10^{-14} \text{ A}, n = 1.05$$

سوال 3.2: اٹھ مائل ڈائیوڈ سے رستا برقی رو کو ناپنے کے لئے شکل 77.2 الف میں دکھایا دور استعمال کرتے ہیں۔ اتنا حساس اشارہ ناپنے کی خاطر نہیت زیادہ داخلی مراحت رکھنے والا آگہ استعمال کیا جاتا ہے۔ 30°C پر شکل میں $V_o = 0.2\text{ V}$ ناپا جاتا ہے۔ 60°C 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 4.2: شکل 77.2 ب میں دونوں ڈائیوڈ بالکل یکساں ہیں جن کا $n = 1$ اور $V_o = 0.11\text{ V}$ ہے۔ 25°C پر $V_D = 0.62\text{ V}$ اور $I_D = 10\text{ mA}$ ہے۔

• الٹارستا بر قہ رو حاصل کریں۔

• الٹارستا بر قہ رو لبریزی بر قی رو I_S کے کتنے گنا ہے۔

جوابات: 81.45، 13.8 pA

سوال 5.2: ایک ڈائیوڈ کی بر قی رو دگنی کر دی جاتی ہے۔ $n = 1$ اور $n = 2$ کی صورت میں بر قی دباؤ میں تبدیلی حاصل کریں۔

جوابات: 34.657 mV، 17.328 mV

سوال 6.2: ایک ڈائیوڈ کی بر قی رو دس گنا کر دی جاتی ہے۔ $n = 1$ اور $n = 2$ کی صورت میں بر قی دباؤ میں تبدیلی حاصل کریں۔

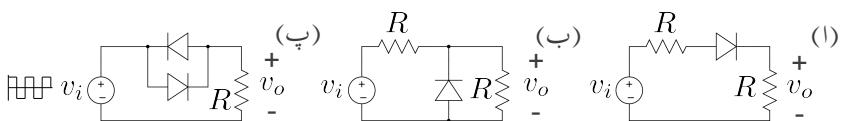
جوابات: 115 mV، 57.56 mV

سوال 7.2: ایک ڈائیوڈ میں یکدم 2A گزارنے سے اس پر شروع میں $V_D = 0.69\text{ V}$ پائے جاتے ہیں جو کچھ دیر میں گھنٹے ہوئے 0.64V ہو کر اسی قیمت پر رہتے ہیں۔ بر قی رو گزرنے سے ڈائیوڈ کی اندرovenی درجہ حرارت میں کتنا اضافہ پیدا ہوا۔ گرم ہونے کے بعد ڈائیوڈ میں بر قی طاقت کا ضیاء حاصل کریں۔ فنی واث طاقت کے ضیاء سے درجہ حرارت میں اضافہ حاصل کریں۔ اس کو ڈائیوڈ کی حرارت مراحمت²⁰⁴ کہتے ہیں۔

جوابات: 19.53 $\frac{\text{C}}{\text{W}}$ ، 25 °C اور 1.28 W

سوال 8.2: شکل 78.2 کے تینوں ادوار میں کامل ڈائیوڈ تصور کرتے ہوئے مستطیل داخلی اشارہ v_i سے خارجی اشارہ v_o حاصل کریں۔ داخلی اشارے کا حیطہ $\pm 1\text{ V}$ لیں۔

جوابات: الف) صرف ثبت 0.5V حیطے کا مستطیل اشارہ۔ ب) صرف ثبت 0.5V حیطے کا مستطیل اشارہ۔ پ) بالکل داخلی اشارے کی طرح $\pm 1\text{ V}$ کا مستطیل اشارہ۔



شکل 78.2: ڈائیوڈ کے سوالات

سوال 9.2: شکل 78.2 کے تینوں ادوار میں سیدھے ڈائیوڈ پر $0.7V$ کا گھٹاؤ لیتے ہوئے مستطیل داخی اشارہ v_i سے خارجی اشارہ v_o حاصل کریں۔ داخی اشارے کا جیٹ $\pm 1V$ لیں۔

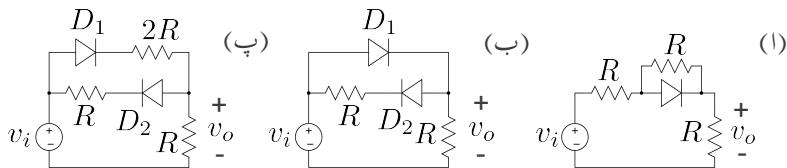
- (الف) مستطیل اشارہ جس کا ثابت جیٹ $0.15V$ جبکہ منفی جیٹ صفر ولٹ ہے۔
- (ب) مستطیل جس کا ثابت جیٹ $0.5V$ جبکہ منفی جیٹ $-0.7V$ ہے۔ پ) مستطیل جیٹ $\pm 0.3V$

سوال 10.2: شکل 78.2 کے تینوں ادوار میں کامل ڈائیوڈ تصور کرتے ہوئے داخی اشارے v_i کو سائن-نما لیتے ہوئے خارجی اشارے v_o حاصل کریں۔ داخی اشارے کا جیٹ $\pm 1V$ لیں۔

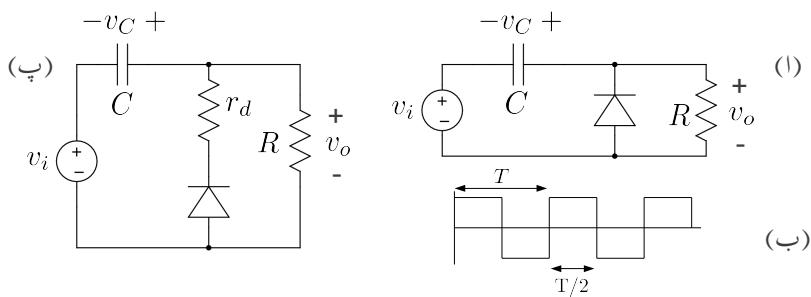
سوال 11.2: شکل 78.2 کے تینوں ادوار میں سیدھے مائل ڈائیوڈ پر $0.7V$ برقی دباؤ کا گھٹاؤ تصور کرتے ہوئے داخی اشارے v_i کو سائن-نما لیتے ہوئے خارجی اشارے v_o حاصل کریں۔ داخی اشارے کا جیٹ $\pm 1V$ لیں۔

سوال 12.2: شکل 79.2 میں جیٹ کا مستطیل داخی اشارہ مہبیا کیا جاتا ہے۔ کامل ڈائیوڈ تصور کرتے ہوئے خارجی اشارات حاصل کریں۔

حل: ا) ثابت داخی اشارے کی صورت میں ڈائیوڈ سیدھا مائل ہو گا۔ یوں $v_o = 7.5V$ ہو گا۔ منفی داخی اشارے کے وقت ڈائیوڈ اٹا مائل ہو گا لہذا $v_o = 5V$ ہو گا۔ ب) ثبت v_i کے وقت D_1 سیدھا مائل اور یوں $v_o = 15V$ ہو گا۔ منفی v_i کی صورت میں D_2 سیدھا مائل ہو گا لہذا $v_o = -7.5V$ ہو گا۔ پ) ثبت $v_o = 5V$ پر جبکہ منفی v_i پر $v_o = -7.5V$ ہے۔



شکل 79.2: ڈائیوڈ کے دیگر سوالات

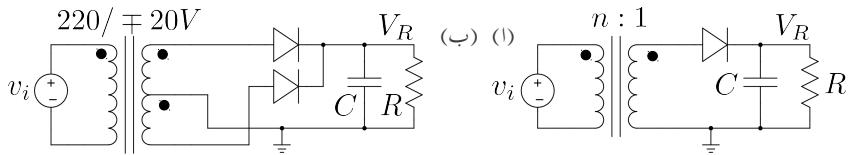


شکل 80.2: ٹکنیک

سوال 13.2: شکل 80.2 الف میں ٹکنیک دکھایا گیا ہے۔ اسے شکل ب میں دکھایا لگاتار مستطیلی داخلی اشارہ مہیا کیا جاتا ہے جس کا جیٹ $\mp 10\text{V}$ کی $RC = \frac{T}{2}$ صورت میں کامل ڈائیوڈ تصور کرتے ہوئے خارجی اشارے کا خط کھینچیں۔

جواب: داخلی اشارہ منفی ہوتے ہی خارجی اشارہ 0 V ہو جاتا ہے جبکہ کپسیٹر جلدی سے $v_C = 10\text{V}$ پر پہنچتا ہے۔ داخلی اشارہ ثابت ہوتے ہی خارجی اشارہ 20 V ہو جاتا ہے جو $T/2$ سینڈوں میں گھستے ہوئے 7.36 V رہ جاتا ہے۔

سوال 14.2: شکل 80.2 پ میں ڈائیوڈ کی مزاحمت r_d کو واضح دکھاتے ہوئے ٹکنیک دکھایا گیا ہے۔ اسے شکل ب میں دکھایا لگاتار مستطیلی داخلی اشارہ مہیا کیا جاتا ہے جس کا جیٹ $\mp 10\text{V}$ اور $RC = \frac{T}{2}$ اور $r_dC \ll T$ کی صورت میں خارجی اشارے کا خط کھینچیں۔



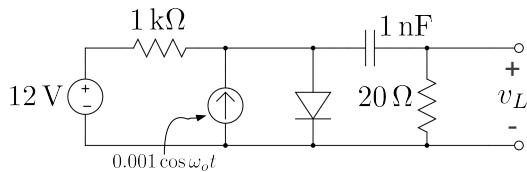
شکل 26.2: بارہ وولٹ کے برقی دباؤ کی منیع

جواب: پہلے سوال کی طرح داخلی اشارہ ثابت ہونے کے لئے پر $v_C = 10V$ اور خارجی اشارہ $20V$ ہوتا ہے۔ $\frac{T}{2}$ سینڈ بعد خارجی اشارہ $7.36V$ جبکہ $v_C = -2.64V$ ہوتے ہیں۔ جیسی ہی داخلی اشارہ منفی ہوتا ہے اس لئے $v_o = -12.64V$ ہو گا۔ $r_d \ll T$ ہونے کے ناطے یہ صورت زیادہ دیر نہیں پائی جائے گی اور جلد ہی کپیسٹر r_d کے راستے $10V$ پر پہنچ جائے گا جس سے $v_o = 0V$ ہو جائے گا۔ یوں داخلی اشارہ منفی ہونے کے لحاظ پر خارجی اشارے پر منفی سوئی نما برقی دباؤ پایا جائے گا۔

سوال 15.2: شکل 81.2 الف میں گھریلو واپڈا²⁰⁵ کی بجلی استعمال کرتے ہوئے بارہ وولٹ کی منیع بنائی گئی ہے۔ $R_L = 1.2 k\Omega$ ہے جبکہ یک سمتی برقی دباؤ میں بلٹ $\pm 1V$ سے کم رکھنا ہے۔ ٹرانسفارمر کی شرح $n : 1$ اور کپیسٹر کی قیمت حاصل کریں۔ واپڈا $50Hz$ تعدد کی $\sqrt{2} \times 220 \cos \omega t$ ہے جس کی موثر²⁰⁶ قیمت $220V$ ہے۔ ڈائیوڈ پر برقی دباؤ کے گھٹاؤ کو نظر انداز کریں۔

$$\text{جوابات: } n = 23.93, \quad 100 \mu\text{F}$$

سوال 16.2: شکل 81.2 ب میں قدر مختلف ٹرانسفارمر استعمال کرتے ہوئے دو ڈائیوڈ کی مدد سے مکملہ سختی کار حاصل کیا گیا ہے۔ ٹرانسفارمر کے داخلی جانب گزشتہ سوال کی طرح واپڈا کی بجلی فراہم کی گئی ہے۔ ٹرانسفارمر کے داخلی جانب $220V$ موثر قیمت کا برقی دباؤ فراہم کیا جاتا ہے۔ خارجی جانب ٹرانسفارمر کے درمیانے پیپر کو برقی زمین تصور کرتے ہوئے باقی دو پنیوں پر آپس میں الٹ بیس وولٹ حاصل ہوتے ہیں۔ $R = 50\Omega$ اور $C = 4700 \mu\text{F}$ کی صورت میں خارجی یک سمتی برقی دباؤ V_R اور اس میں بلٹ حاصل کریں۔ کامل ڈائیوڈ تصور کریں۔



شکل 82.2: دہرانے کے طریقے کی مثال

جوابات: تقریباً $\pm 0.6\text{ V}$ ، 27.68 V

سوال 17.2: ڈائیوڈ کے برقی دباؤ بال مقابل برقی رو کا خط کھینچیں۔ اس پر سے چالو کردہ برقی دباؤ کا تنخیہ لگائیں۔

سوال 18.2: ڈائیوڈ پر برقی دباؤ i_{D1} بڑھانے سے برقی رو i_{D2} کی شرح حاصل کریں۔ بھی شرح 50 mV ، 200 mV ، 100 mV اور 500 mV کے لئے بھی حاصل کریں۔

سوال 19.2: برقی رو دس گنا کرنے سے ڈائیوڈ کے برقی دباؤ میں تبدیلی حاصل کریں۔ برقی رو سو گنا کرنے سے ڈائیوڈ کے برقی دباؤ میں تبدیلی حاصل کریں۔

جوابات: 115 mV ، 57 mV

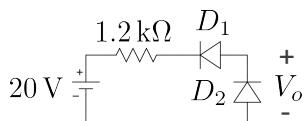
سوال 20.2: ڈائیوڈ کے مساوات $i_D = I_0 e^{\frac{v_D}{V_T}}$ کا مکلارنر سلسلہ²⁰⁷ حاصل کریں۔ اگر $v_D \ll V_T$ ہو تو اس سلسلہ کے صرف پہلے دو جزو لیتے ہوئے ثابت کریں کہ لکھا جا سکتا ہے جہاں $r_d = \frac{V_T}{I_D}$ کے برابر ہے۔

سوال 21.2: شکل 82.2 میں ڈائیوڈ کا دور دکھایا گیا ہے۔ $I_S = 10\text{ fA}$ اور $V_T = 25\text{ mV}$ لیتے ہوئے ڈائیوڈ میں یک سمی برقی رو دہرانے کے طریقے²⁰⁸ سے حاصل کریں۔

جواب: $V_D = 0.7\text{ V}$ تصور کرتے ہوئے 11.3 mA حاصل ہوتا ہے جسے استعمال کرتے ہوئے V_D کی قیمت 0.69383 V حاصل ہوتا ہے۔ اسی طرح متواتر حل

Maclaurin's series²⁰⁷
iteration method²⁰⁸

$$i_D = \begin{cases} 2 \times 10^{-3} v_D^2, & v_D \geq 0 \\ -I_o, & v_D < 0 \end{cases}$$



شکل 2.83: ڈائیوڈ کی مربوط مساوات

کرتے ہوئے حاصل ہوتے ہیں۔ یہ 11.306 mA، 11.306 mA، 0.69384 V اور اس آخری جواب کو یک سمتی برقی رو لیا جاتا ہے۔

سوال 22.2: مندرجہ بالا مثال کے نتائج استعمال کرتے ہوئے $\omega_0 = 5 \times 10^6 \text{ rad/s}$ اور $\omega_0 = 5 \times 10^{10} \text{ rad/s}$ پر شکل میں بدلتا برقی دباؤ v_L حاصل کریں۔

جوابات:

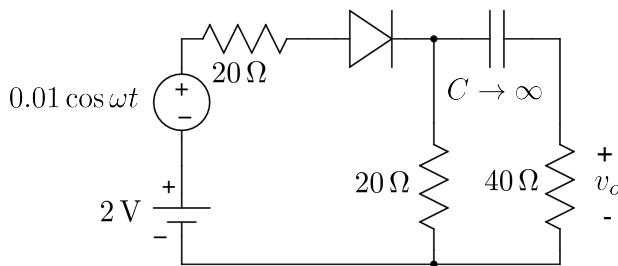
$$\begin{aligned} r_d &= 2.2 \Omega \\ 0.000044 \cos(5 \times 10^6 t + 1.55) \\ 0.0018 \cos(5 \times 10^8 t + 0.42) \\ 0.00198 \cos(5 \times 10^{10} t + 0.0045) \end{aligned}$$

سوال 23.2: ڈائیوڈ کے خط کے گول حصے کو دیکھتے ہوئے یوں معلوم ہوتا ہے جیسے $y = x^2$ کا خط ہے۔ ڈائیوڈ کے خط کو کبھی کبھار سادہ بنانے کے غرض سے لکھا جاتا ہے۔ شکل 83.2 میں بالکل یکساں ڈائیوڈ استعمال کئے گئے ہیں جن کی مساوات بھی شکل میں دی گئی ہے۔ V_o حاصل کریں۔

جواب: $V_o = 10 - 600I_o$

سوال 24.2: شکل 84.2 میں ڈائیوڈ میں گزارتا ہے۔

1. ڈائیوڈ کے خط پر یک سمتی خط بوجھ کھینچ کر نقطہ مائل حاصل کریں۔



شکل 2.84: خط پوجھ کا سوال

2. نقطہ مائل پر ڈائیوڈ کی مزاحمت r_d حاصل کریں۔

3. بدلتا برقی دباؤ v_o حاصل کریں۔

4. نقطہ مائل پر بدلتی رو، خط پوجھ کھینچیں۔

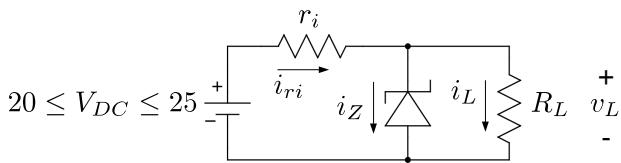
جوابات: $0.0019 \cos \omega t$ ، 36.7Ω ، $(0.68 \text{ V}, 33 \text{ mA})$

سوال 25.2: شکل 85.2 میں دکھائے زیز ڈائیوڈ پر اس وقت تک 12 V کا برقی دباؤ برقرار رہتا ہے جب تک اس میں 2 mA تا 200 mA کا برقی رو گزر رہا ہو۔ $R_L = 60\Omega$ ہے۔

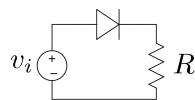
1. r_i کی وہ قیمت حاصل کریں جس پر یک سمیتی برقی دباؤ 20 V تا 25 V تبدیل کرتے ہوئے زیز ڈائیوڈ پر 12 V برقرار رہیں۔

2. زیز ڈائیوڈ میں زیادہ سے زیادہ طاقت کا ضیاع حاصل کریں۔

جوابات: جب تک زیز پر بارہ ولٹ رہیں تب تک $i_L = \frac{12}{60} = 0.2 \text{ A}$ رہے گا۔ لہذا داخلی برقی دباؤ تبدیل کرنے سے صرف زیز ڈائیوڈ میں برقی رو تبدیل ہوتا ہے۔ 20 V پر زیز میں کم سے کم 2 mA رکھتے ہوئے $i_{ri} = 0.202 \text{ A}$ ہو گا جس سے $r_i = 39.6\Omega$ حاصل ہوتا ہے۔ داخلی برقی دباؤ 30 V کرنے سے



شکل 26.2: زیر ڈائیوڈ کا سوال



شکل 26.2: ڈائیوڈ کی برقی رو

$$i_Z = 0.3282 - 0.2 = 0.1282 \text{ A} \quad \text{اور طاقت} \quad i_{ri} = \frac{\frac{25-12}{39.6}}{R} = 0.3282 \text{ A} \\ \text{کا خیال} \quad 1.5384 \text{ W} \quad \text{ہو گا۔ یوں ہو گا۔}$$

سوال 26.2: شکل 85.2 میں بدلتے مزاحمت R_L اور بدلتے داخلی برقی دباؤ کی صورت میں v_L کو زیر ڈائیوڈ کے مدد سے برقرار رکھا گیا ہے۔ اس سوال میں R_L کی قیمت 150Ω تا 1200Ω جبکہ داخلی برقی دباؤ $20.2V$ تا $20.2V$ تا $20.2V$ تبدیل ہو سکتے ہیں۔ گزشتہ سوال میں اس زیر ڈائیوڈ کے خصوصیات بیان کئے گئے ہیں۔

1. درکار r_i کی قیمت حاصل کریں۔
2. حاصل کردہ r_i کو استعمال کرتے ہوئے 150Ω بوجھ اور $20.2V$ داخلی برقی دباؤ پر i_Z ، i_{ri} اور i_L حاصل کریں۔
3. حاصل کردہ r_i کو استعمال کرتے ہوئے 150Ω بوجھ اور $25V$ داخلی برقی دباؤ پر i_Z ، i_{ri} اور i_L اور حاصل کریں۔
4. حاصل کردہ r_i کو استعمال کرتے ہوئے 1200Ω بوجھ اور $20.2V$ داخلی برقی دباؤ پر i_Z ، i_{ri} اور i_L حاصل کریں۔

5. حاصل کر دہ r_i کو استعمال کرتے ہوئے 1200Ω بوجھ اور داخلی برقی دباؤ پر i_L ، i_{ri} اور i_Z حاصل کریں۔

جوابات:

$$r_i = 100\Omega .1$$

$$i_L = 80 \text{ mA}, \quad i_{ri} = 82 \text{ mA}, \quad i_Z = 2 \text{ mA} .2$$

$$i_L = 80 \text{ mA}, \quad i_{ri} = 130 \text{ mA}, \quad i_Z = 50 \text{ mA} .3$$

$$i_L = 10 \text{ mA}, \quad i_{ri} = 82 \text{ mA}, \quad i_Z = 72 \text{ mA} .4$$

$$i_L = 10 \text{ mA}, \quad i_{ri} = 130 \text{ mA}, \quad i_Z = 120 \text{ mA} .5$$

سوال 27.2: سوال 26.2 میں $r_i = 100\Omega$ استعمال کیا جاتا ہے۔ داخلی برقی دباؤ 20.2 V کی صورت میں $R_L = 50\Omega$ کر دیا جاتا ہے۔ اس صورت میں v_L اور i_L اور i_Z حاصل کریں۔

جوابات: 134.666 mA ، 6.7333 V اور زینر گھنٹے سے کم برقی دباؤ پر زینر ڈائیوڈ میں برقی رو 0 A ہوتی ہے۔

سوال 28.2: شکل 86.2 میں آدھا سمت کار دکھایا گیا ہے جسے داخلی برقی دباؤ مہیا کیا گیا ہے۔ استعمال شدہ ڈائیوڈ زیادہ سے زیادہ 1 A کی اوست برقی رو برداشت کر سکتا ہے۔ مزاحمت کی کم سے کم ممکنہ قیمت حاصل کریں۔

جواب: ڈائیوڈ آدھے لہر کے لئے چالو رہتا ہے۔ آدھے لہر کی اوست برقی رو $\frac{V_p}{\pi R}$ کے برابر ہے۔ یوں $R = 98.676 \Omega$ حاصل ہوتا ہے۔

باب 3

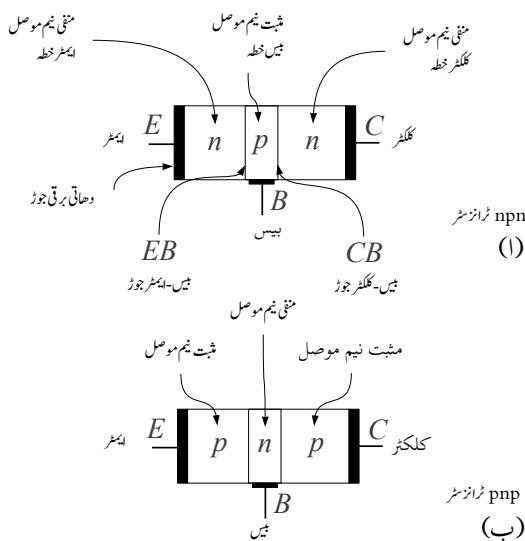
ٹرانزسٹر (دوجو ڈیجیٹل ٹرانزسٹر)

برقیات میں دو اقسام کے پرزہ جات پائے جاتے ہیں۔ ان میں مزاحمت، کپیسٹر، امالہ اور ڈائیوڈ کو غیر عامل¹ پرزہ جات پکارا جاتا ہے جبکہ ٹرانزسٹر² کے دیگر اقسام کو عامل³ پرزہ جات پکارا جاتا ہے۔ برقیات کی ترقی ٹرانزسٹر کی ایجاد کی وجہ سے ہے۔ اس باب میں دو جوڑ والے ٹرانزسٹر پر غور کیا جائے گا۔ دو جوڑ والے ٹرانزسٹر کو عموماً صرف ٹرانزسٹر کہتے ہیں۔ اگلے باب میں برقی میدان سے چلنے والے ٹرانزسٹر پر غور کیا جائے گا۔ برقی میدان سے چلنے والے ٹرانزسٹر کو اس کتاب میں میدانی ٹرانزسٹر⁴ کہا جائے گا۔

1.3 ٹرانزسٹر کی ساخت اور اس کی بنیادی کارکردگی

شکل 1.3 میں دو اقسام کے ٹرانزسٹروں کی بناء و کھائی گئی ہے۔ شکل اف میں دو منق نیم موصل خطوں کے مابین ایک ثابت نیم موصل خط سمیٹا گیا ہے۔ اس قسم کے ٹرانزسٹر کو منفی-بیجع-منفی ٹرانزسٹر یا npn ٹرانزسٹر کہتے ہیں۔ ان تین نیم موصل خطوں کو ایم

passive¹
transistor²
active³
field effect transistor⁴

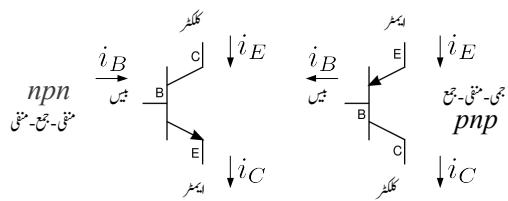


شکل 1.3: منقی-جمع-منقی ٹرانزسٹر اور جمع-جمع ٹرانزسٹر کی بناء

خطہ⁵، بیٹھ خطہ⁶ اور کلکٹر خطہ⁷ کہتے ہیں۔ شکل میں ان کی وضاحت کی گئی ہے۔ اس کے برکس شکل ب میں دو مشتب نیم موصل خطوں کے مابین ایک منقی نیم موصل خطہ سمجھا گیا ہے۔ اس قسم کے ٹرانزسٹر کو جھٹ-منقی-جھٹ ٹرانزسٹر یا *pnp* ٹرانزسٹر کہتے ہیں۔ منقی-جمع-منقی *npn* ٹرانزسٹر کے تین برقی سرے ہیں جنہیں ایم⁸ *E*، کلکٹر⁹ *C* اور بیٹھ¹⁰ *B* کہتے ہیں۔ اس ٹرانزسٹر میں منقی نیم موصل *n* اور مشتب نیم موصل *p* خطوں کے درمیان دو *p-n* جوڑ ہیں جنہیں بیس-بیٹھ *BE* جوڑ اور بیس-کلکٹر *BC* جوڑ کہتے ہیں۔

شکل 2.3 میں دو جوڑ ٹرانزسٹر کے دو اقسام کے علامات دکھائے گئے ہیں۔ بیس-بیٹھ جوڑ پر تیر کا نشان ٹرانزسٹر میں اس جوڑ سے گزرتی برقی رو کی صحیح سمت دکھلاتا ہے۔ یوں

emitter⁵
base⁶
collector⁷
emitter⁸
collector⁹
base¹⁰



شکل 2.3: ٹرانزسٹر کے علامات

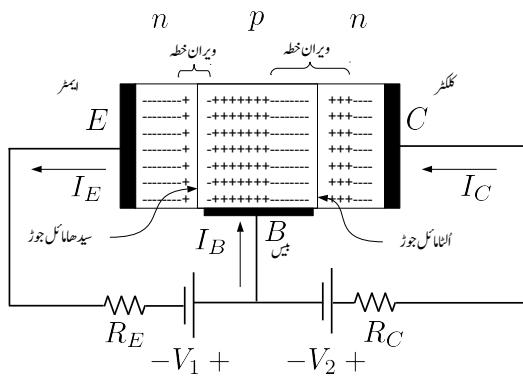
جدول 1.3: ٹرانزسٹر کے تین مختلف انداز کا کارکردگی

انداز کا کارکردگی	بیس-بیس جوڑ	بیس-کلکٹر جوڑ
افراستنہ حال	غیر چالو یا الثامائیں	سیدھا مائیں
غیر افراستنہ حال	چالو	سیدھا مائیں
مقطوع حال	الثامائیں	

npn ٹرانزسٹر میں بیکھر سرے سے بر قی رو i_E باہر کی جانب کو جبکہ باقی دو سروں پر بر قی رو ٹرانزسٹر کے اندر جانب کو ہو گی۔ *pnp* ٹرانزسٹر میں بیکھر سرے پر بر قی رو اندر جانب جبکہ باقی دو سروں پر بر قی رو کی سمت ٹرانزسٹر کے باہر جانب کو ہو گی۔ ٹرانزسٹر کے بیس-بیس جوڑ اور بیس-کلکٹر جوڑ کو سیدھا مائیں یا الثامائیں کر کے ٹرانزسٹر کو تین مختلف طریقوں پر چلایا جا سکتا ہے۔ جدول 1.3 میں ٹرانزسٹر مائل کرنے کے تین ممکنہ طریقے دکھائے گئے ہیں۔ ٹرانزسٹر کو بطور ایمپلیفیائر استعمال کرنے کی خاطر اسے افراستنہ حال میں رکھا جاتا ہے۔ عددی ادوار¹¹ میں ٹرانزسٹر کے غیر افراستنہ حال اور مقطوع حال دونوں استعمال ہوتے ہیں۔

2.3 افراستنہ حال منقی-جمع-منقی npn ٹرانزسٹر کی کارکردگی

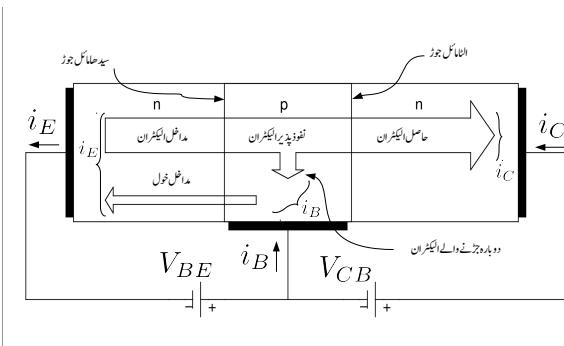
شکل 3.3 میں منقی-جمع-منقی npn ٹرانزسٹر کو اس طرح بر قی دباؤ مہیا کئے گئے ہیں کہ اس کا بیس-بیس جوڑ سیدھا مائل جبکہ اس کا بیس-کلکٹر جوڑ الثامیں



شکل 3.3: بیس-بیس-بیس جوڑ سیدھا مکل جگہ میں۔ گلکٹر جوڑ آلاتاکن کیا گیا ہے

مکل ہو۔ یوں میں بیس-بیس-بیس جوڑ پر پیدا ویران خطے کی لمبائی کم ہو جائے گی جبکہ میں۔ گلکٹر BC جوڑ پر پیدا ویران خطے کی لمبائی بڑھ جائے گی۔ شکل میں منفی-جمع-منفی npn ٹرانزسٹر کے برقی سروں پر برقی رو کی سمتیں دکھائی گئی ہیں۔ شکل میں میں خطے کے لمبائی کو بڑھا چڑھا کر دکھایا گیا ہے۔ npn ٹرانزسٹر کی کارکردگی کا دارو مدار دو n خطوں کا انتہائی قریب قریب ہونے پر ہے۔ یوں حقیقت میں میں خطے کی لمبائی چند مائیکرو میٹر μm ہوتی ہے۔ شکل 4.3 میں اس ٹرانزسٹر میں باروں کے حرکت کی وضاحت کی گئی ہے۔ میں۔ بیس-بیس-بیس جوڑ بالکل ڈائیوڈ کی مانند عمل کرتا ہے۔ بیرونی برقی دباؤ کی وجہ سے آزاد الکٹرون ان بیس-بیس-بیس جوڑ سے میں خطے میں داخل ہوتے ہیں۔ ان الکٹرونوں کو شکل میں مداخلہ الکٹرون¹² کہا گیا ہے۔ اسی طرح میں خطے سے آزاد خول بیس-بیس-بیس جوڑ میں داخل ہوتے ہیں۔ ان خولوں کو شکل میں مداخلہ غول¹³ کہا گیا ہے۔ منفی-جمع-منفی ٹرانزسٹر کی کارکردگی مداخلہ الکٹرونوں پر منحصر ہوتی ہے جبکہ مداخلہ خول اس میں کوئی کردار ادا نہیں کرتے۔ چونکہ مداخلہ الکٹرونوں کی تعداد بیس-بیس-بیس جوڑ میں ملاوی ایٹوں کی تعداد کثافت¹⁴ N_D پر منحصر ہے جبکہ مداخلہ خولوں کی تعداد میں خطے میں ملاوی ایٹوں کی تعداد کثافت N_A پر منحصر ہے لہذا ٹرانزسٹر کے بیس-بیس-بیس جوڑ میں N_D کی قیمت میں خطے

injected electrons¹²
injected holes¹³
number density¹⁴



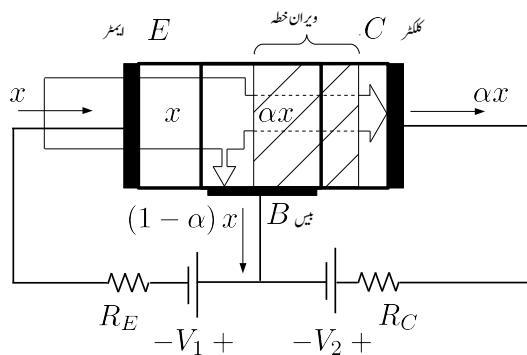
شکل 4.3: npn ٹرانزسٹر میں باروں کی حرکت

میں N_A کی قیمت سے کئی درجہ زیادہ رکھی جاتی ہے۔ شکل 5.3 میں منفی-جمع-منفی npn ٹرانزسٹر میں باروں کی حرکت دکھائی گئی ہے۔ چونکہ روایتی برقی رو اور الکیٹران کے بھاؤ کی سمتیں آپس میں اُلٹ ہوتی ہیں لہذا اس ٹرانزسٹر کے لیٹھ سرے پر الکیٹران کا بھاؤ اندر کی جانب ہو گا۔ فرض کریں کہ لیٹھ سرے پر ہر سینٹ x الکیٹران ٹرانزسٹر میں داخل ہوتے ہیں۔ الکیٹران کا برقی بار q ۔ لکھتے ہوئے یوں لیٹھ سرے پر برقی رو I_E کی قیمت

$$(1.3) \quad I_E = xq$$

ہو گی۔ بیرونی برقی دباؤ بیس-لیٹھ جوڑ کو سیدھا مائل کرنے ہوئے ہے۔ یوں اس جوڑ میں بالکل سیدھے مائل ڈائیوڈ کی طرح برقی رو کا گزر ہو گا اور تمام کے تمام x الکیٹران بیس خطي میں پہنچ جائیں گے۔¹⁶ بیس خطي میں مداخل الکیٹران ہر جانب نفوذ پذیر ہوں گے۔ جیسا پہلے ذکر ہوا بیس خطي کا پیشتر حصہ ویراڑھ خطي بن چکا ہے۔ بیس خطي میں مداخل الکیٹران اس باریک لمبائی والے بیس خطي سے ٹرانزسٹر کے بیرونی سرے B تک پہنچنے کی کوشش کریں گے۔ ایسے الکیٹران حرارتی توانائی کی بدولت بیس خطي میں ہر جانب نفوذ پذیر ہوں گے تاہم بیرونی برقی دباؤ V_I کی وجہ سے ان کی اوست رفتار برقی سرے B کی جانب ہوتی ہے۔ ان الکیٹرانوں میں سے متعدد الکیٹران اس سفر کے دوران بیس-لکلٹھ جوڑ کے ویران خطي میں داخل ہو جاتے ہیں۔ جیسا کہ آپ جانتے ہیں کہ اس ویران خطي سے منفی بار تیزی سے دالکیں جانب یعنی لکلٹھ خطي میں منتقل ہو جاتے ہیں۔ یوں x الکیٹرانوں

¹⁵ charge
¹⁶ بیان خوں کے بھاؤ کو نظر انداز کیا گیا ہے۔ اس کی بات آگے جا کر ہوگی



شکل 5.3: npn ٹرانزسٹر میں الیکٹرون کا بہاد

کا پیشتر حصہ گلکٹر خطے میں پہنچ جاتا ہے اور یہاں سے ٹرانزسٹر کے یہودنی گلکٹر سرے پر پہنچ کر برقی رو I_C پیدا کرتا ہے۔ گلکٹر خطے پہنچنے والے الیکٹرون کی تعداد کو αx لکھا جا سکتا ہے جہاں α کی قیمت عموماً 0.9 تا 0.99 ہوتی ہے۔ یوں گلکٹر سرے پر برقی رو I_C کی قیمت

$$(2.3) \quad I_C = \alpha x q$$

ہو گی۔ بقایا الیکٹران یعنی $x(1 - \alpha)$ الیکٹران ٹرانزسٹر کے یہودنی میں سرے پہنچ کر برقی رو I_B کو جنم دیتے ہیں یعنی

$$(3.3) \quad I_B = (1 - \alpha)x q$$

ان تین مساواتوں سے حاصل ہوتا ہے

$$(4.3) \quad \begin{aligned} I_E &= x q \\ I_C &= \alpha x q = \alpha I_E \\ I_B &= (1 - \alpha)x q = (1 - \alpha)I_E \\ I_E &= I_B + I_C \end{aligned}$$

ان سے مزید حاصل ہوتا ہے

$$(5.3) \quad \begin{aligned} I_C &= \alpha I_E = \frac{\alpha}{1 - \alpha} I_B = \beta I_B \\ I_E &= I_C + I_B = (\beta + 1) I_B \end{aligned}$$

جہاں

$$(6.3) \quad \beta = \frac{\alpha}{1 - \alpha}$$

لکھا گیا ہے۔ مساوات 5.3 کو ٹکڑوں میں دوبارہ لکھتے ہیں۔

$$(7.3) \quad I_C = \alpha I_E$$

$$(8.3) \quad \beta = \frac{I_C}{I_B}$$

$$(9.3) \quad I_E = (\beta + 1) I_B$$

چونکہ $\alpha \approx 1$ ہوتا ہے لہذا مساوات 7.3 سے ظاہر ہے کہ I_C کی قیمت تقریباً I_E کے برابر ہو گی۔ مساوات 8.3 سے ظاہر ہے کہ β ٹرانزسٹر کی افزائش برقہ رو¹⁷ ہے۔

مساوات 6.3 کو یوں بھی لکھ سکتے ہیں

$$(10.3) \quad \alpha = \frac{\beta}{\beta + 1}$$

مثال 1.3: مدرجہ ذیل کے لئے β حاصل کریں۔

$$\alpha = 0.9 .1$$

$$\alpha = 0.99 .2$$

$$\alpha = 0.999 .3$$

حل:

$$\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha} = \frac{0.9}{1-0.9} = 9 .1$$

current gain¹⁷

$$\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha} = \frac{0.99}{1-0.99} = 99 .2$$

$$\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha} = \frac{0.999}{1-0.999} = 999 .3$$

مثال 2.3: α کے لئے $\beta = 74$ حاصل کریں۔

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

مثال 3.3: ایک ٹرانزسٹر میں ہر سینٹ 6 $\times 10^{15}$ الکٹرون بیس-ایمپلٹر جوڑ سے گزرتے ہیں۔ اگر $\alpha = 0.993$ ہو تو اس کے برقی سروں پر برقی رو حاصل کریں۔

حل: الکٹرون کا بار لیتے ہوئے $-1.6 \times 10^{-19} C$

$$I_E = -nq = 6 \times 10^{15} \times 1.6 \times 10^{-19} = 9.6 \times 10^{-4} = 0.96 \text{ mA}$$

$$(11.3) \quad I_C = \alpha I_E = 0.993 \times 0.96 \times 10^{-3} = 0.95328 \text{ mA}$$

$$I_B = I_E - I_C = 6.72 \mu\text{A}$$

ٹرانزسٹر کی اہمیت β سے منسلک ہے۔ مساوات 8.3 کہتا ہے کہ ہے۔ یعنی کلکٹر سرے کا برقی رو بیس سرے کے برقی رو کے β گناہ ہے۔ یوں اگر β کی قیمت 35 ہو تو بیس کے برقی رو کم یا زیادہ کرنے سے کلکٹر سرے پر برقی رو کی قیمت 35 گناہ کم یا زیادہ ہو گی۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ بیس سرے پر تھوڑی مقدار میں برقی رو کلکٹر سرے پر زیادہ مقدار کے برقی رو کو قابو کرتی ہے۔ اس

عمل کو افراش¹⁸ کہتے ہیں۔ یوں β کو ٹرانزسٹر کی افراش برقی رو¹⁹ کہیں گے۔ ٹرانزسٹر کے افراش کی صلاحیت ہی کی وجہ سے برقيات کے میدان کا وجود ہے۔

ٹرانزسٹر کا BE جوڑ بالکل سادہ ڈائیوڈ 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

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

$$(12.3) \quad I_C = I_S \left(e^{\frac{V_{BE}}{V_T} - 1} \right)$$

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

لکھا جا سکتا ہے۔ اس کتاب میں مساوات 12.3 ہی استعمال کئے جائیں گے۔ آپ نے دیکھا کہ I_B کم یا زیادہ کرنے سے I_C بھی کم یا زیادہ ہوتی ہے۔ حقیقت میں V_{BE} کم یا زیادہ کرنے سے I_B کم یا زیادہ کیا جاتا ہے۔ بیس-ٹیپٹر جوڑ پر برقی دباؤ V_{BE} کم یا زیادہ کرنے سے I_E مساوات 12.3 کے تحت کم یا زیادہ ہو گی اور I_B بھی کم یا زیادہ ہو گی۔ I_C اور I_B کی شرح β رہے گا۔

gain¹⁸
current gain¹⁹

اب تک کی گفتگو سے ظاہر ہے کہ $n-p-n$ ٹرانزسٹر میں مداخل خولوں کا I_C کے پیدا کرنے میں کوئی کردار نہیں۔ اسی نے جیسا شروع میں ذکر ہوا مداخل خولوں کی تعداد کم سے کم رکھی جاتی ہے۔

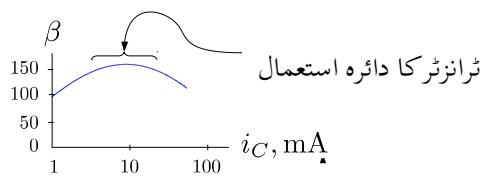
مندرجہ بالا گفتگو میں بیس۔ ٹلکٹر جوڑ کو اُٹ مائل رکھا گیا۔ اُٹ کے مائل ڈائیوڈ کی طرح اس جوڑ میں الٹی جانب برقی رو I_S گزرے گی۔ ڈائیوڈ کی طرح حقیقت میں اُٹی برقی رو کی اصل قیمت تجربی سے حاصل I_S کی قیمت سے کئی درجہ زیادہ ہوتی ہے اور اس کی قیمت الٹی برقی دباؤ پر منحصر ہوتی ہے۔ ٹرانزسٹر میں اس برقی رو کو I_{CB0} لکھا جاتا ہے۔ I_{CB0} سے مراد ایکٹر سرے کو کھلے سرے رکھتے ہوئے بیس۔ ٹلکٹر جوڑ پر الٹی برقی رو ہے۔ اوپر مساوات حاصل کرتے وقت I_{CB0} کو نظر انداز کیا گیا ہے۔ یوں حقیقت میں

$$(13.3) \quad I_C = \alpha I_E + I_{CB0}$$

کے برابر ہے۔ I_{CB0} کی قیمت درج حرارت 10°C بڑھانے سے تقریباً دو گنی ہوتی ہے۔ جدید ٹرانزسٹروں میں I_{CB0} قابل نظر انداز ہوتا ہے لہذا اس کتاب میں ہم I_{CB0} کو نظر انداز کریں گے۔

$n-p-n$ ٹرانزسٹر اسی صورت افراہندہ رہتا ہے جب اس کے بیس۔ ایکٹر جوڑ کو سیدھا مائل جبکہ اس کے بیس۔ ٹلکٹر جوڑ کو غیر چالو رکھا جائے۔ یوں ٹرانزسٹر کو افراہندہ مائل رکھنے کی خاطر اس کے بیس۔ ٹلکٹر جوڑ پر برقی دباؤ V_{BE} ثابت رکھی جاتی ہے جبکہ اس کے بیس۔ ٹلکٹر جوڑ پر برقی دباؤ V_{BC} کو یا تو منفی رکھا جاتا ہے اور یا اسے چالو کردہ برقی دباؤ یعنی 0.5V سے کم رکھا جاتا ہے۔ سیدھے مائل بیس۔ ایکٹر جوڑ پر کسی بھی سیدھے مائل جمع۔ منفی 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 6.3 میں کسی ایک ٹرانزسٹر کو مثال بناتے ہوئے β اور i_C کا تعلق دکھایا گیا ہے۔ کسی بھی ٹرانزسٹر کو عموماً کسی خاص برقی رو کے لگ بھگ استعمال کیا گیا جاتا ہے۔ شکل میں اس کی نشاندہی کی گئی ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ اس خطے میں β کی قیمت بہت زیادہ تبدیل نہیں ہوتی اور یوں β میں تبدیلی کو نظر انداز کرتے ہوئے اس خطے میں اوسمیت β کے قیمت کو ٹرانزسٹر کا β تصور



شکل 6.3: افزائش بالقابل برقی رو

کیا جاتا ہے۔ اس کتاب میں i_C کے تبدیلی سے β کے نظر انداز کیا جائے گا۔

β دو یک سمتی برقی رو یعنی I_C اور I_B کی شرح ہے جسے عموماً بھی لکھا جاتا ہے یعنی

$$(14.3) \quad \beta = h_{FE} = \frac{I_C}{I_B}$$

ٹرانزسٹر کو اشارے کی افزائش کے لئے استعمال کیا جاتا ہے جو کہ یک سمتی نہیں بلکہ بدلتا برقی دباؤ یا بدلتی 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

$$(15.3) \quad h_{fe} = \frac{\Delta i_C}{\Delta i_B} = \frac{i_c}{i_b}$$

یوں h_{FE} کو ٹرانزسٹر کا یک سمتی افزائش برقی رو جبکہ h_{fe} کو اس کا بدلتا افزائش برقی رو کہا جاتا ہے۔ اگرچہ h_{FE} اور h_{fe} کے قیمتیں مختلف ہوتی ہیں لیکن ان میں فرق بہت زیادہ نہیں ہوتا۔ اس کتاب میں h_{FE} اور h_{fe} میں فرق کو نظر انداز کرتے ہوئے انہیں ایک ہی قیمت کا تصور کرتے ہوئے β سے ظاہر کیا جائے گا۔

3.3 غیر افزائندہ کردہ برقی دباؤ

شکل 7.3 میں ٹرانزسٹر کے سیدھے مائل میں۔ ایمیٹر جوڑ پر $V_{BE} = 0.7V$ جبکہ اس کے بین۔ مکلٹر جوڑ پر $V_{BC} = 0.5V$ دکھائے گئے ہیں۔ جیسا شکل میں دکھایا گیا ہے اس

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

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

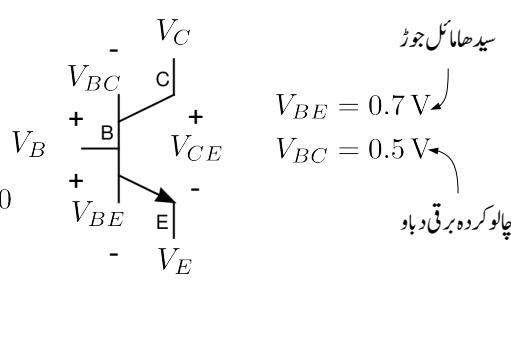
$$V_{CE} = V_C - V_E$$

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

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

$$= 0.7 - 0.5$$

$$= 0.2 \text{ V}$$



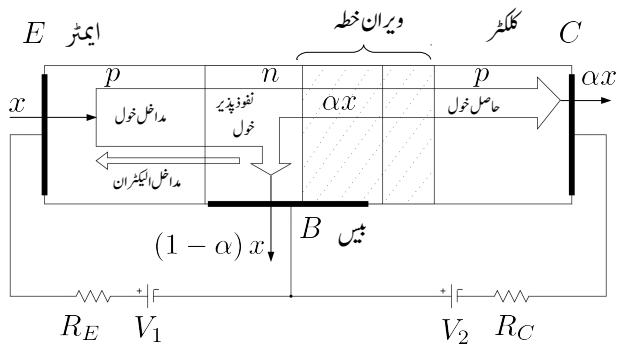
شکل 7.3: ٹرانزسٹر کی غیر افزائندہ کردہ برقی دباؤ

صورت میں برقی دباؤ V_{CE} کی قیمت 0.2 V ہوتی ہے۔ اگر میں-لکٹر جوڑ پر برقی دباؤ کو اس حد (یعنی چالو کردہ برقی دباؤ) سے بڑھایا جائے تو V_{CE} کی قیمت 0.2 V سے کم ہو جائے گی اور ٹرانزسٹر غیر افزائندہ صورت اختیار کر لے گا۔ لہذا افزائندہ حال ٹرانزسٹر پر برقی دباؤ V_{CE} کی قیمت 0.2 V سے زیادہ رہتی ہے۔ V_{CE} کے اس قیمت کو ٹرانزسٹر کا غیر افزائندہ برقی دباؤ V_{CEsat} کہتے ہیں²⁰ یعنی

$$(16.3) \quad V_{CEsat} = 0.2 \text{ V}$$

4.3 افزائندہ حال جمع-منفی-جمع ٹرانزسٹر کی کارکردگی

شکل 8.3 میں pnp ٹرانزسٹر کے میں-لکٹر جوڑ کو سیدھا مائل جبکہ میں-لکٹر جوڑ کو الٹا مائل کرتے ہوئے اسے افزائندہ خطے میں رکھا گیا ہے۔ pnp ٹرانزسٹر کی کارکردگی بالکل npn ٹرانزسٹر کی طرح ہے۔ فرق صرف اتنا ہے کہ npn ٹرانزسٹر میں برقی رو کا وجود ٹرانزسٹر میں الیکٹرون کی حرکت سے ہوتا ہے جبکہ pnp ٹرانزسٹر میں برقی رو کا وجود ٹرانزسٹر میں خولوٹ کی حرکت سے ہوتا ہے۔



شکل: 8.3. ٹرانزسٹر میں خول کا بہاو

جیسا شکل میں دکھایا گیا ہے، بیروفی لاؤ برقی دباؤ V_1 یکٹر-بیس جوڑ کو سیدھا مائل کرتا ہے جس سے یکٹر سے بیس خطے میں خول داخل ہوتے ہیں اور بیس خطے سے یکٹر میں الیکٹران داخل ہوتے ہیں۔ چونکہ بیس خطے میں الیکٹران کی تعدادی کثافت یکٹر میں خول کی تعدادی کثافت سے کئی درجے کم رکھی جاتی ہے لہذا یکٹر سے بیس خطے میں داخل ہونے والے خولوں کی تعداد بیس سے یکٹر داخل ہونے والے الیکٹرانوں کی تعداد سے کئی درجے زیادہ ہوتی ہے۔ بیس خطے کی لمبائی نہیت کم ہوتی ہے اور یوں بیس خطے میں داخل ہونے والے خولوں کا بیشتر حصہ بیس-کلکٹر جوڑ پر پائے جانے والے ویران خطے تک پہنچتا ہے۔ ویران خطے میں خول داخل ہوتے ہی یہاں پائے جانے والے برقی میدان کی وجہ سے کلکٹر میں دھکیل دئے جاتے ہیں۔ یوں یکٹر سے بیس میں خارج کئے جانے والے خولوں کا بیشتر حصہ کلکٹر پہنچ کر I_C پیدا کرتا ہے۔ کلکٹر کے دھاتی جوڑ پر پہنچنے والا ہر خول، ٹرانزسٹر میں باہر سے آنے والے الیکٹران کے ساتھ مل کر ختم ہوتا ہے۔ یوں بیروفی دور میں برقی رو الیکٹران کے حرکت سے جبکہ pnp کے اندر برقی رو خول کے حرکت سے پیدا ہوتا ہے۔

$$V_{EC} \text{ اور } V_{EB} \text{ کے } pnp \quad 1.4.3$$

npn ٹرانزسٹر کے سیدھے مائل بیس-یکٹر جوڑ پر $V_{BE} = 0.7\text{V}$ پایا جاتا ہے اور $V_{CE} = 0.2\text{V}$ پر ٹرانزسٹر غیر افزائندہ ہو جاتا ہے۔ pnp ٹرانزسٹر میں بھی

ایسا ہی ہوتا ہے پس جوڑ کے نام الٹے لکھنے پڑتے ہیں یعنی pnp کے سیدھے مائل ٹرانزسٹر-میں جوڑ پر $V_{EB} = 0.7\text{V}$ پایا جاتا ہے اور $V_{EC} = 0.2\text{V}$ غیر افراندہ پر ٹرانزسٹر غیر افراندہ ہو جاتا ہے۔

5.3 نقطہ کارکردگی اور یک سمی ادوار کا تحلیلی تجزیہ

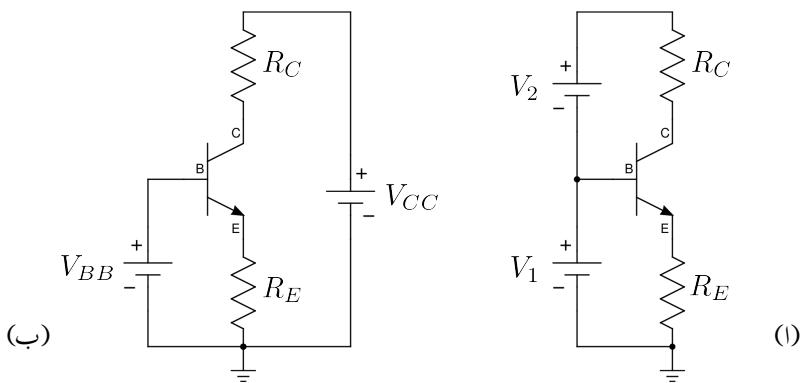
ٹرانزسٹر کے ساتھ مراحت (مراجمتیں) اور یک سمی منع بر قی دباد (برقی رو) مشکل کر کے اسے تین مختلف طرز پر چلایا جا سکتا ہے۔ ان تین طریقوں کو جدول میں بیان کیا گیا ہے۔ ٹرانزسٹر کے نقطہ کارکردگی (نقطہ مائل) پر اس کے یک سمی بر قی رو کو I_E , I_C , I_B اور یک سمی بر قی دباد کو V_{CE} , V_{BE} , V_{BC} لکھتے ہیں۔ ڈائیوڈ کے نقطہ مائل کی طرز پر ان قیتوں کے لکھنے کا درست انداز I_{EQ} , I_{CQ} , I_{BQ} , V_{CEQ} وغیرہ ہے۔ اس کتاب میں جہاں غلطی کی گنجائش نہ ہو وہاں ان قیتوں کو پہلی طرز پر لکھا جائے گا جیسے I_C کو I_{CQ} لکھا جائے گا۔

اس حصے میں ٹرانزسٹر کے یک سمی ادوار حل کرنے پر غور کیا جائے گا جہاں ٹرانزسٹر کے مختلف حال یعنی افراندہ حال، غیر افراندہ حال اور منقطع حال باری باری دیکھے جائیں گے۔

1.5.3 افراندہ ٹرانزسٹر کے یک سمی ادوار کا حل

ٹرانزسٹر کی علامت استعمال کرتے ہوئے شکل 5.3 کو شکل 9.3 الف میں دوبارہ دکھایا گیا ہے۔ شکل 9.3 الف کو شکل 9.3 ب کے طرز پر بھی بنایا 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 عموماً شکل ب کی طرز پر بنایا جاتا ہے۔

مثال 4.3: شکل 9.3 الف میں V_1 کی قیمت تین ولٹ اور V_2 کی قیمت آٹھ ولٹ ہونے کی صورت میں اس کے مساوی دور شکل 9.3 ب میں V_{BB} اور V_{CC} کی قیمتیں حاصل کریں۔



شکل 9.3: ٹرانزسٹر کو فراہمیہ حال مائل کرنے کے طریقے

حل:

$$(17.3) \quad V_{BB} = V_1 = 3 \text{ V}$$

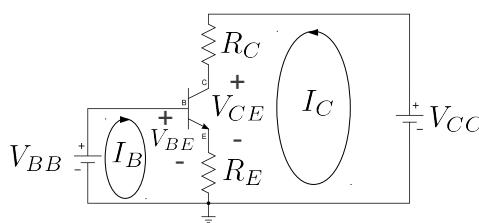
$$(18.3) \quad V_{CC} = V_1 + V_2 = 3 + 8 = 11 \text{ V}$$

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

شکل 10.3 میں ٹرانزسٹر کا دور دکھایا گیا ہے۔ داخلی جانب کرخوف کے قانون برائے برقی دباؤ کی مدد سے ہم ٹرانزسٹر میں برقی رو I_C یوں حاصل کر سکتے ہیں۔

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

جہاں دوسرے قدم پر لکھا گیا ہے۔ ٹرانزسٹر کے ادوار حل کرتے



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

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

شکل 10.3: ٹرانزسٹر کا بیانی دوہر

ہوئے عموماً I_E کو I_C کے برابر ہی تصور کیا جاتا ہے۔ ٹرانزسٹر کے سیدھے مائل بیس-ایمپلیٹر جوڑ پر برقی دباؤ کو لکھا جاتا ہے جس کی عمومی قیمت کسی بھی سیدھے مائل ڈائیوڈ کی طرح 0.7 V تصور کی جاتی ہے۔ لیکن

$$(20.3) \quad V_{BE} = 0.7 \text{ V}$$

اسی طرح خارجی جانب کرخوف کے قانون برائے برقی دباؤ کی مدد سے ٹرانزسٹر کے کلکٹر-ایمپلیٹر سروں کے مابین برقی دباؤ V_{CE} یوں حاصل کی جاتی ہے۔

$$\begin{aligned}V_{CC} &= I_C R_C + V_{CE} + (I_B + I_C) R_E \\V_{CC} &= I_C R_C + V_{CE} + I_E R_E \\V_{CE} &= V_{CC} - I_C R_C - I_E R_E \\V_{CE} &\approx V_{CC} - I_C (R_C + R_E)\end{aligned} \quad (21.3)$$

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

مثال 5.3: شکل 10.3 میں

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

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

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

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

ہونے کی صورت میں برقی رو I_C اور برقی دباؤ V_{CE} حاصل کریں۔

حل: مساوات 19.3 کی مدد سے

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

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

اور مساوات 21.3 کی مدد سے

$$V_{CE} \approx V_{CC} - I_C(R_C + R_E)$$

$$= 12 - 0.5 \times 10^{-3}(10000 + 1000)$$

$$= 6.5 \text{ V}$$

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

مثال 6.3: مثال 5.3 میں ٹرانزسٹر کی افراکش برقی رو $\beta = 99$ تصور کرتے ہوئے برقی رو I_C اور برقی دباؤ V_{CE} کی اصل قیمتیں حاصل کریں۔ ان قیتوں کا گزشتہ مثال میں حاصل کی گئی قیتوں سے موازنہ کریں۔

حل: مساوات 10.3 سے

$$\alpha = \frac{\beta}{\beta+1} = \frac{99}{99+1} = 0.99 \quad \text{جبکہ مساوات 21.3 سے} \quad I_C = \alpha I_E = 0.99 \times 0.5 \text{ mA} = 0.495 \text{ mA}$$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C - I_E R_E$$

$$= 12 - (0.495 \times 10^{-3} \times 10000) - (0.5 \times 10^{-3} \times 1000)$$

$$= 6.55 \text{ V}$$

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

آپ دیکھ سکتے ہیں کہ α کی قیمت ایک (1) تصور کر کے یعنی اس کے اثر کو نظر انداز کرتے ہوئے I_C کی قیمت 0.495 mA کے بجائے حاصل ہوتی ہے۔ دونوں جوابات میں صرف 1.01% فرق ہے یعنی

$$\left| \frac{0.495 \times 10^{-3} - 0.5 \times 10^{-3}}{0.495 \times 10^{-3}} \right| \times 100 = 1.01\%$$

اسی طرح دونوں مثالوں میں حاصل کئے گئے برقی دباؤ V_{CE} میں 0.76 فیصد کا فرق ہے یعنی

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

گزشتہ دو مثالوں سے ظاہر ہے کہ ٹرانزسٹر کے ادوار حل کرتے ہوئے α کی قیمت ایک (1) تصور کی جا سکتی ہے۔ ٹرانزسٹر کے ادوار قلم و کاغذ کی مدد سے حل کرتے ہوئے عموماً ایسا ہی کیا جاتا ہے اور نتیجتاً I_E کی جگہ I_C ہی کی قیمت استعمال کی جاتی ہے۔ $I_C \approx I_E$ لینے کا مطلب I_B کو نظر انداز کرنا ہے۔

مثال 7.3: شکل 11.3 میں $V_E = 2.584 \text{ V}$ اور $V_B = 1.884 \text{ V}$ میں ٹرانزسٹر کا β حاصل کریں۔ مزید V_C کا بھی تخمینہ لائیں۔

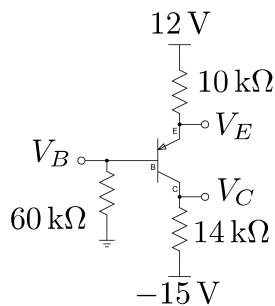
حل: شکل کو دیکھ کر

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

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

لکھے جا سکتے ہیں جن سے

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



شکل 11.3: برازمنٹر کے β کا حصول۔

یعنی $\beta = 29$ 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 12.3 میں شکل 8.3 میں

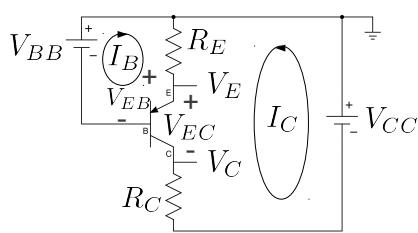
$$V_{CC} = 12 \text{ V}$$

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

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

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

حاصل کریں۔



$$V_{BB} = (I_B + I_C) R_E + V_{EB}$$

$$= I_E R_E + V_{EB}$$

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

$$V_{CC} = I_E R_E + V_{EC} + I_C R_C$$

$$\approx I_C R_E + V_{EC} + I_C R_C$$

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

مکمل 12.3: جمع متفق جمع ٹرانزسٹر کا سادہ درجہ

حل: بیں جانب کرخوف کے قانون برائے برتنی دباؤ کی مدد سے

$$V_{BB} = (I_B + I_C) R_E + V_{EB}$$

$$= I_E R_E + V_{EB}$$

لکھا جا سکتا ہے جہاں دوسراے قدم پر لکھا گیا ہے۔ یوں

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

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

حاصل ہوتا ہے۔ اسی طرح کرخوف کے قانون برائے برتنی دباؤ کی مدد سے

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

$$= I_E R_E + I_C R_C + V_{EC}$$

لکھا جا سکتا ہے۔ اگر $I_E \approx I_C$ لیا جائے تو

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

$$= 12 - 0.5 \times 10^{-3} \times (1000 + 10000)$$

$$= 6.5 \text{ V}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اس مثال کا مثال 5.3 کے ساتھ موازنہ کریں۔

مثال 9.3: شکل 13.3 میں دکھائے گئے ٹرانزسٹر دور میں

$$V_{CC} = 15 \text{ V}$$

$$V_{BB} = 1.1 \text{ V}$$

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

$$R_E = 900 \Omega$$

$$\beta = 36$$

ہیں۔ اس دور میں ٹرانزسٹر کے تینوں سروں پر برقی دباؤ اور برقی رو حاصل کریں۔

حل: ٹرانزسٹر کے داخلی جانب کرخوف کے قانون برائے برقی دباؤ کی مدد سے حاصل کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned} V_{BB} &= V_{BE} + I_E R_E \\ I_E &= \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_E} \\ &= \frac{1.1 - 0.7}{900} \\ &= 0.44 \text{ mA} \end{aligned}$$

عموماً I_C کو I_E کے برابر ہی تصور کیا جاتا ہے لیکن چونکہ یہاں خصوصی طور پر تمام برقی رو مانگی گئی 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_E اور I_C کی قیمتوں میں فرق بڑھ جاتا ہے اگرچہ انہیں پھر بھی، قلم و کاغذ کی مدد سے حل کرتے ہوئے، برابر ہی تصور کیا جاتا ہے۔

ٹرانزسٹر کے سروں پر برقی دباؤ حاصل کرتے ہیں۔

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

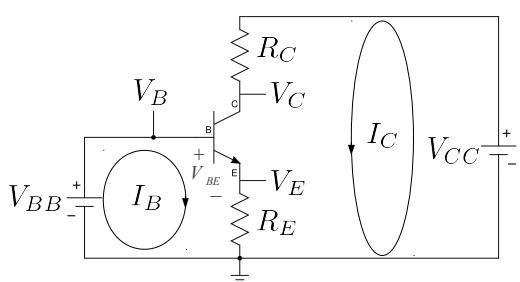
$$\begin{aligned} V_E &= I_E R_E \\ &= 0.4444 \times 10^{-3} \times 900 \\ &\approx 0.4 \text{ V} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_B &= V_E + V_{BE} \\ &= 0.4 + 0.7 \\ &= 1.1 \text{ V} \end{aligned}$$

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

چونکہ ٹرانزسٹر کے میں پر 1.1V لاگو کیا گیا ہے لہذا ایمپٹر پر برقی دباؤ کو یوں بھی حاصل کیا جا سکتا ہے

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



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

شکل 13.3: ٹرانزسٹر دور کی مثال

شکل 10.3 میں دکھائے گئے ٹرانزسٹر دور میں مثال

$$V_{CC} = 15 \text{ V}$$

$$V_{BB} = 1.1 \text{ V}$$

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

$$R_E = 900 \Omega$$

$$\beta = 36$$

ہیں۔ اس دور میں ٹرانزسٹر کے تینوں سروں پر برقی دباؤ اور برقی رو حاصل کریں۔

I_E حل: ٹرانزسٹر کے داخلی جانب کرخوف کے قانون برائے برقی دباؤ کی مدد سے حاصل کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned}
 V_{BB} &= I_E R_E + V_{EB} \\
 I_E &= \frac{V_{BB} - V_{EB}}{R_E} \\
 &= \frac{1.1 - 0.7}{900} \\
 &= 0.44 \text{ mA}
 \end{aligned}$$

عوماً I_E اور I_C کے ٹھیک ٹھیک قیمتیں حاصل کرتے ہیں۔

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

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

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

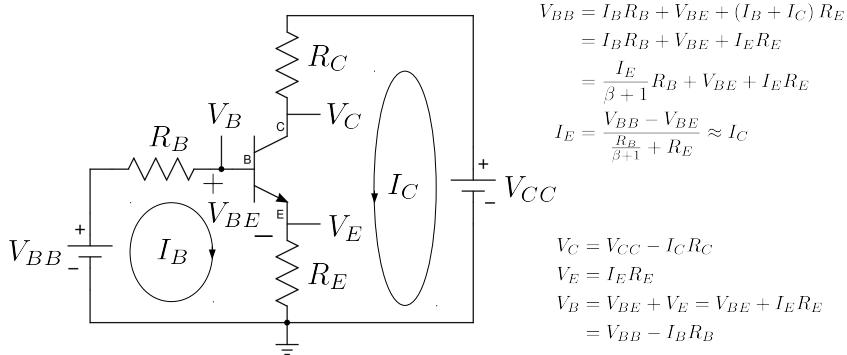
ٹرانزسٹر کے سروں پر برقی دباؤ حاصل کرتے ہیں۔

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

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

$$\begin{aligned}V_B &= V_E - V_{EB} \\ &= -0.4 - 0.7 \\ &= -1.1 \text{ V}\end{aligned}$$

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



شکل 14.3: برازنسٹر دور جہاں تینوں سروں کے ساتھ مراحت ملک ہیں

چونکہ بیس پر برقی دباؤ -1.1 V لگھ کر $V_E = V_B + V_{EB}$ لاگو کیا گیا ہے لہذا بھی حاصل کیا جا سکتا ہے یعنی

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

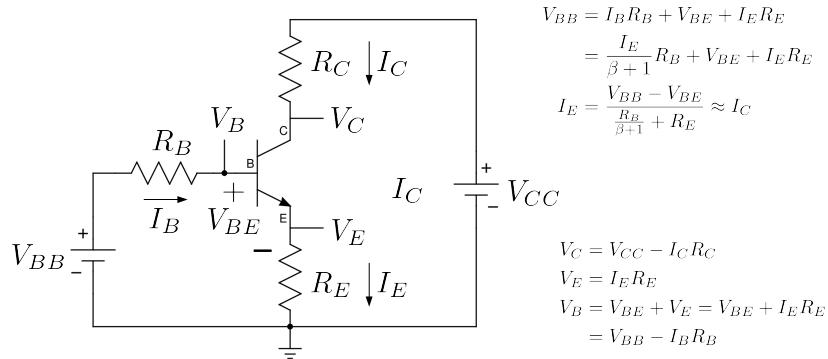
شکل 14.3 میں دکھائے دور کے داخلی جانب R_B نصب کیا گیا ہے۔ اس دور کو بھی گزشتہ دوروں کی طرح حل کیا جاتا ہے۔ داخلی جانب کرخوف کے قانون برائے برقی دباؤ کی مدد سے

$$V_{BB} = I_B R_B + V_{BE} + (I_B + I_C) R_E$$

$$V_{BB} = \frac{I_E}{\beta+1} R_B + V_{BE} + I_E R_E$$

$$(22.3) \quad I_E = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{\frac{R_B}{\beta+1} + R_E} \approx I_C$$

حاصل ہوتا ہے۔ اسی طرح دور کے خارجی جانب ہم لگھ سکتے ہیں



: 15.3

$$(23.3) \quad V_{CC} = I_C R_C + V_{CE} + (I_B + I_C) R_E$$

$$(24.3) \quad V_{CC} = I_C R_C + V_{CE} + I_E R_E$$

$$(25.3) \quad V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C - I_E R_E$$

$$(26.3) \quad V_{CE} \approx V_{CC} - I_C (R_C + R_E)$$

مثال 15.3 میں : 11.3 شکل

$$V_{CC} = 15 \text{ V}$$

$$V_{BB} = 1.1 \text{ V}$$

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

$$R_E = 900 \text{ }\Omega$$

$$R_B = 3.3 \text{ k}\Omega$$

$$\beta = 36$$

ہونے کی صورت میں V_{CE} اور I_C حاصل کریں۔

حل: شکل میں ٹرانزسٹر کے تینوں سروں پر ٹرانزسٹر کے برتنی روکھے گئے ہیں۔ یوں بیس

جانب

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

لکھا جا سکتا ہے جس سے

$$I_E = \frac{1.1 - 0.7}{\frac{3300}{36+1} + 900} = 0.404 \text{ mA} \approx I_C$$

حاصل ہوتا ہے۔ اسی طرح خارجی جانب

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

۔

$$V_{CE} = 15 - 4.04 \times 10^{-4} \times (5600 + 900) = 12.374 \text{ V}$$

حاصل ہوتا ہے۔ پونکہ $V_{CE} < V_{CE, \text{نیازمند}}$ ہے لہذا ٹرانزسٹر افراہندہ حال ہے اور V_{CE} کا یہی درست جواب ہے۔

مثال 16.3 میں شکل:

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

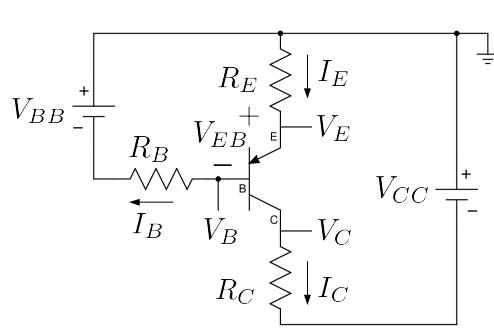
$$V_{BB} = 1.2 \text{ V}$$

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

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

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

$$\beta = 27$$



$$\begin{aligned}V_{BB} &= I_E R_E + V_{EB} + I_B R_B \\&= I_E R_E + V_{EB} + \frac{I_E}{\beta+1} R_B \\I_E &= \frac{V_{BB} - V_{EB}}{\frac{R_B}{\beta+1} + R_E} \approx I_C\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_C &= -V_{CC} + I_C R_C \\V_E &= -I_E R_E \\V_B &= V_E - V_{EB} = -I_E R_E - V_{EB} \\&= -V_{BB} + I_B R_B\end{aligned}$$

: 16.3

ہونے کی صورت میں حاصل کریں۔

ح: بیں جانب

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

۲

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

حاصل ہوتا ہے۔ اسی طرح ہم لکھ سکتے ہیں۔

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

جس سے

$$\begin{aligned} V_{EC} &= V_{CC} - I_C (R_E + R_C) \\ &= 12 - 0.385 \times 10^{-3} \times (1200 + 4700) \\ &= 9.73 \text{ V} \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے۔ پونکہ حاصل $V_{EC} = 0.2 \text{ V}$ کی قیمت سے زیادہ ہے لہذا ٹرانزسٹر افراستنہ ہی ہے اور یہی درست جوابات ہیں۔

ٹرانزسٹر کو افراستنہ حال رکھنے کی خاطر اس کے بین-ٹیسٹر جوڑ کو سیدھا مائل جگہ اس کے بین-کلکٹر جوڑ کو غیر چالو رکھا جاتا ہے۔ اب تک دکھائے گئے ادوار میں ایسا کرنے کی خاطر دو عدد منبع برقی دباؤ یعنی V_{CC} اور V_{BB} استعمال کئے گئے۔ ٹرانزسٹر کے دونوں جوڑوں کو صرف ایک عدد منبع برقی دباؤ کی مدد سے بھی درست مائل کیا جا سکتا ہے۔ اس عمل کو دیکھتے ہیں۔

شکل 17.3 الف میں داخلی جانب R_1 اور R_2 نسب کئے گئے ہیں۔ شکل 17.3 ب میں اسی دور کو قدر مختلف طرز پر بنایا گیا ہے جہاں داخلی جانب کے حصے کو نقطے دار لکیر سے گھیرا گیا ہے۔

مسئلہ تھونن کے مطابق کسی بھی خطی دور کا مساوی تھونن دور حاصل کیا جا سکتا ہے جو ایک عدد تھونن مراجحت R_{th} اور ایک عدد تھونن برقی دباؤ V_{th} پر مشتمل ہوتا ہے۔

جن دو برقی سروں پر تھونن مساوی دور درکار ہو ان سروں کو آزاد یعنی کھلے سرے رکھ کر یہاں کا برقی دباؤ حاصل کیا جاتا ہے۔ یہی تھونن برقی دباؤ V_{th} کہلاتا ہے۔ یہ عمل شکل 17.3 پ میں دکھایا گیا ہے۔ اسی طرح تھونن مراجحت R_{th} حاصل کرنے کی خاطر دور کے اندر وہی منبع برقی دباؤ کو قصر دور²¹ کر کے انہیں دو سروں پر برقی مراجحت حاصل کی جاتی ہے۔ یہی تھونن مراجحت ہوتی ہے۔ یہ عمل شکل 17.3 ت میں دکھایا گیا ہے۔ یوں

²¹ اندر وہی منبع برقی روک کھلے سرے کیا جاتا ہے۔

$$(27.3) \quad \begin{aligned} V_{th} &= \frac{R_1 V_{CC}}{R_1 + R_2} \\ \frac{1}{R_{th}} &= \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \\ R_{th} &= \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \end{aligned}$$

یوں نقطے دار لکیر میں گھیرے ہے کا مساوی تھونن دور شکل 17.3 ث میں دکھایا گیا ہے۔ شکل 17.3 الف میں داخلی جانب اس مساوی تھونن دور کے استعمال سے شکل 17.3 ث حاصل ہوتا ہے جو کہ ہو ہبھو شکل 14.3 میں دکھایا دور ہے۔ فرق صرف اتنا ہے کہ V_{th} کو R_B اور R_{th} کو V_{BB} لکھا گیا ہے۔

شکل ث میں دکھائے دور کو بالکل شکل 14.3 میں دکھائے دور کی طرح حل کیا جاتا ہے۔ آئیں اس کی ایک مثال دیکھیں۔

مثال شکل 17.3 الف میں

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

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

$$R_E = 820 \Omega$$

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

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

$$\beta = 100$$

ہیں۔ ٹرانزسٹر کی برقی رو I_C اور اس پر برتقی دباؤ V_{CE} حاصل کریں۔

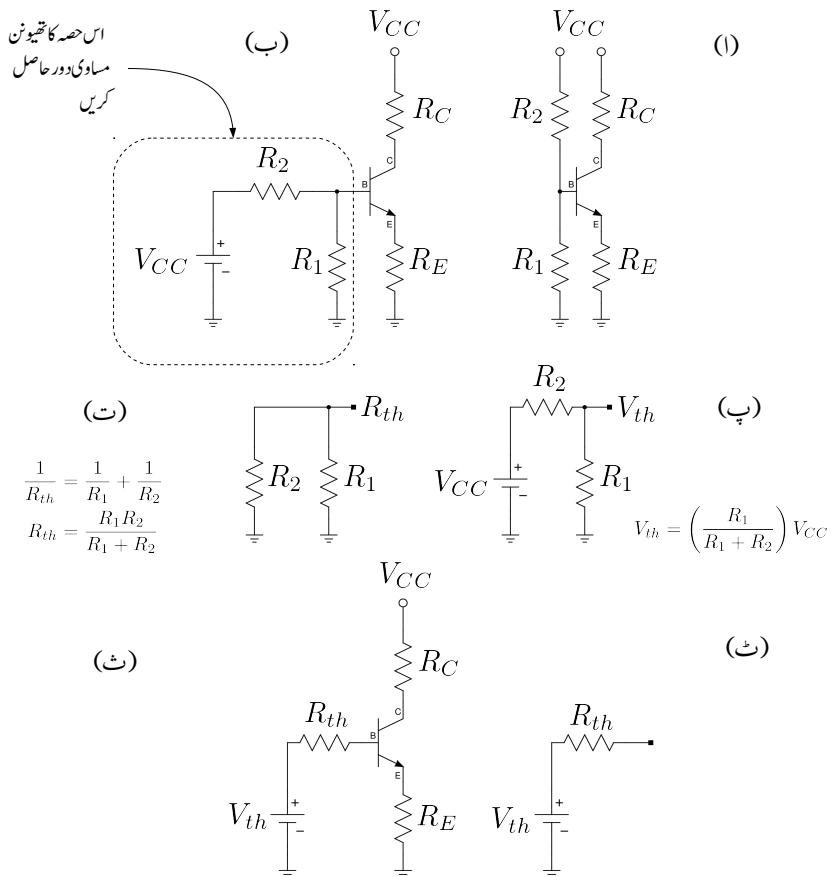
حل: اس طرح کے ادوار حل کرنے کا طریقہ شکل 17.3 میں قدم بقدم دکھایا گیا ہے۔ مساوات 27.3 کی مدد سے

$$V_{th} = \frac{12 \times 8900}{8900 + 99000} = 0.9898 \text{ V}$$

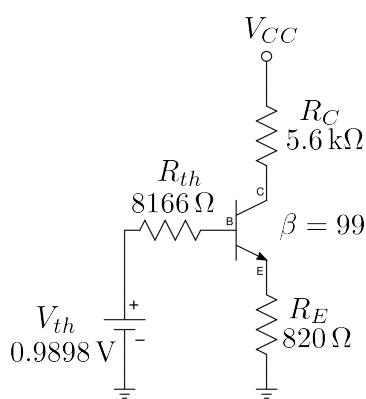
$$R_{th} = \frac{8900 \times 99000}{8900 + 99000} = 8166 \Omega$$

5.3. نقطہ کارکردگی اور یک سمتی ادوار کا تحلیل تحزنی

261



شکل 17.3: ایک عدد منجمبر قی دباو کی مدد سے ٹرانزسٹر کا مکمل کرنا



$$\begin{aligned}
 V_{th} &= I_B R_{th} + V_{BE} + (I_B + I_C) R_E \\
 &= \frac{I_E}{\beta + 1} R_{th} + V_{BE} + I_E R_E \\
 I_E &= \frac{V_{th} - V_{BE}}{\frac{R_{th}}{\beta + 1} + R_E} \\
 &= \frac{0.9898 - 0.7}{\frac{8166}{\beta + 1} + 820} = 0.3214 \text{ mA} \\
 V_{CC} &= I_C R_C + V_{CE} + (I_B + I_C) R_E \\
 &= I_C R_C + V_{CE} + I_E R_E \\
 &\approx I_C R_C + V_{CE} + I_C R_E \\
 V_{CE} &\approx V_{CC} - I_C (R_C + R_E) \\
 &= 12 - 0.3214 \times 10^{-3} \times (5600 + 820) \\
 &= 9.9366 \text{ V}
 \end{aligned}$$

شکل 18.3: مسئلہ تھون کی مدد سے دور حل کرنے کا عمل

ان مساوی تھون مقداروں کو استعمال کرتے ہوئے شکل 18.3 میں مساوی دور دکھایا گیا ہے جسے حل کر کے $V_{CE} = 9.9366 \text{ V}$ اور $I_C = 0.3214 \text{ mA}$ حاصل ہوتے ہیں۔ چونکہ حاصل کردہ V_{CE} کی قیمت نیز افزائندہ سے زیادہ ہے لہذا ٹرانزسٹر افزائندہ حال ہے اور یوں حاصل کردہ جوابات درست ہیں۔

مثال 14.3 : شکل 19.3 الف میں

$$\begin{aligned}
 V_{CC} &= 20 \text{ V}, & R_C &= 10 \text{ k}\Omega, & R_B &= 200 \text{ k}\Omega \\
 R_E &= 100 \Omega, & \beta &= 99
 \end{aligned}$$

ہیں۔ نقطہ کارکردگی حاصل کریں۔

حل: ٹرانزسٹر کے کلکٹر پر کرخوف کے قانون برائے برقی رو کی مدد سے

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

لکھا جا سکتا ہے۔ پونکہ $I_{RC} = I_E$ ہوتا ہے لہذا $I_B + I_C = I_E$ ہو گا۔ یوں کر خوف کے قانون برائے برقی دباؤ کے استعمال سے

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

$$\text{لکھ کر } i_B = \frac{I_E}{\beta+1} \quad \text{پر کرتے حاصل ہوتا ہے}$$

$$I_E = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_C + \frac{R_B}{\beta+1} + R_E}$$

دئے گئے قیمتیں 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 قانون برائے برقی دباؤ کو خارجی جانب یوں لکھا جا سکتا ہے

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

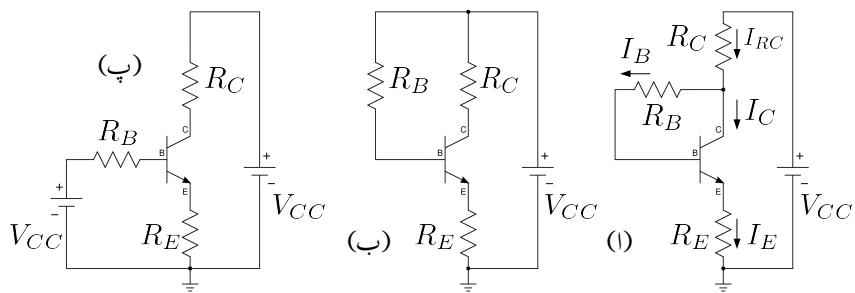
جس سے

$$\begin{aligned} V_{CE} &= V_{CC} - I_E (R_C + R_E) \\ &= 20 - 1.595 \times 10^{-3} \times (10000 + 100) \\ &= 3.89 \text{ V} \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے۔

مثال 15.3: شکل 19.3 ب میں

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



شکل 3.19: ایک عدد منبع بر قی دباؤ کے استعمال سے نقطہ کار کردگی کے دیگر امکانات

ہیں۔ نقطہ کار کردگی حاصل کریں۔

حل: شکل پ میں اسی کو دوبارہ بنایا گیا ہے جہاں داخلی اور خارجی جانب بالکل عینہ وہ واضح نظر آتے ہیں۔ داخلی جانب کرخوف کے قانون برائے برقی دباؤ سے

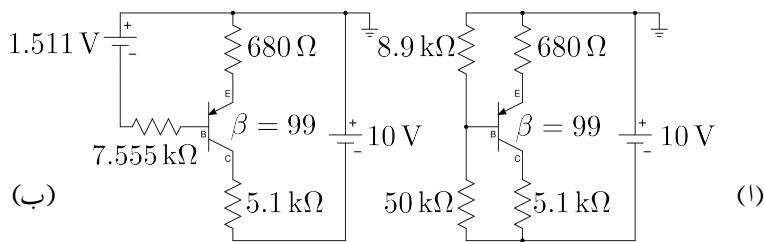
$$\begin{aligned}V_{CC} &= I_B R_B + V_{BE} + I_E R_E \\&= \frac{I_E}{\beta + 1} R_B + V_{BE} + I_E R_E \\&= V_{BE} + I_E \left(\frac{R_B}{\beta + 1} + R_E \right)\end{aligned}$$

لکھا جا سکتا ہے جس میں دی گئی قیمتیں پر کرنے سے

$$\begin{aligned}I_E &= \frac{V_{CC} - V_{BE}}{\frac{R_B}{\beta + 1} + R_E} \\&= \frac{20 - 0.7}{\frac{500000}{99+1} + 1000} \\&= 3.21 \text{ mA}\end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اسی طرح خارجی جانب

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



: 20.3 شکل

میں میں لیتے ہوئے $I_C \approx I_E$

$$\begin{aligned} V_{CE} &= V_{CC} - I_C (R_C + R_E) \\ &= 20 - 3.21 \times 10^{-3} (1000 + 1000) \\ &= 13.58 \text{ V} \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے۔

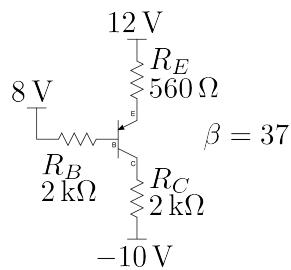
مثال 16.3: شکل 20.3 میں حاصل کریں۔

حل: مسئلہ تھونن کی مدد سے شکل 20.3 ب حاصل ہوتا ہے جس میں

$$\begin{aligned} V_{th} &= \frac{-10 \times 8900}{8900 + 50000} = -1.511 \text{ V} \\ R_{th} &= \frac{8900 \times 50000}{8900 + 50000} = 7.555 \text{ k}\Omega \end{aligned}$$

ہیں۔ یوں شکل ب سے

$$\begin{aligned} 1.511 &= 680 \times I_E + 0.7 + 7555 \times I_B \\ &= 680 \times I_E + 0.7 + 7555 \times \frac{I_E}{99 + 1} \end{aligned}$$



شکل 21.3:

لکھتے ہوئے

$$I_C \approx I_E = 1.07 \text{ mA}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اسی طرح شکل ب سے ہی

$$\begin{aligned} 10 &\approx I_C (680 + 5100) + V_{EC} \\ &= 1.07 \times 10^{-3} \times (680 + 5100) + V_{EC} \end{aligned}$$

یعنی

$$V_{EC} = 3.81 \text{ V}$$

حاصل ہوتا ہے۔ چونکہ حاصل V_{EC} کی قیمت 0.2 V سے زیادہ ہے لہذا ٹرانزسٹر افزائندہ ہی ہے اور یہی درست جوابات ہیں۔

مثال 17.3: شکل 21.3 میں ٹرانزسٹر کے تینوں سروں پر برقی دباؤ حاصل کریں۔

حل: میں جانب کرخوف کے قانون برائے برقی دباؤ سے

$$12 - 8 = I_B R_B + V_{EB} + I_E R_E$$

لکھا جا سکتا ہے جس میں $I_B = \frac{I_E}{\beta+1}$ پر کرنے ہیں۔

$$4 = \frac{I_E}{37+1} \times 2000 + 0.7 + I_E \times 560$$

$$I_E = 5.39 \text{ mA}$$

حاصل ہوتا ہے۔ پوں

$$V_E = 12 - I_E R_E = 12 - 5.39 \times 10^{-3} \times 560 = 8.98 \text{ V}$$

$$V_B = V_E - V_{EB} = 8.98 - 0.7 = 8.28 \text{ V}$$

$$V_C = -10 + I_C R_C \approx -10 + 5.39 \times 10^{-3} \times 2000 = 0.78 \text{ V}$$

حاصل ہوتے ہیں۔

مثال 18.3: مثال 13.3 کے تمام مزاحمت میں برقی طاقت کا ضیاء حاصل کریں۔
ٹرانزسٹر کے دونوں جوڑ پر بھی طاقت کا ضیاء حاصل کریں۔

حل: مزاحمت $R_E = 0.3214 \text{ mA}$ میں برقی رو سے اس میں برقی طاقت کا ضیاء $P_{RE} = I_E^2 R_E$ میں R_C میں حاصل ہوتا ہے۔ اسی طرح $I_C = I_E = 84.7 \mu\text{W}$ یعنی $578 \mu\text{W}$ میں حاصل ہوتا ہے۔

ٹرانزسٹر کے لیکھ سرے پر برقی دباؤ $V_E = 0.26 \text{ V}$ کی قیمت اور یوں اس کے بیس سرے پر $0.26 + 0.7 = 0.96 \text{ V}$ ہو گا۔ یوں R_1 میں طاقت کا ضیاء 1.23 mW یعنی $\frac{(12-0.96)^2}{99000} \text{ mW}$ ہو گا۔

ٹرانزسٹر کے لیکھ پر $V_C = 12 - 0.3214 \text{ mA} \times 5.6 \text{ k}\Omega = 10.2 \text{ V}$ ہے لہذا اس کا بیس-لیکھ جوڑ $V_C - V_B = 10.2 - 0.96 = 9.24 \text{ V}$ ہے۔ اس جوڑ پر طاقت کا ضیاء $I_C \times 9.24 \times 0.3214 \text{ mA} = 2.97 \text{ mW}$ ہو گا۔ بیس-لیکھ جوڑ سے گزرتا

ہے جسے I_E کے برابر ہی لیا گیا ہے۔ بیس-میکٹر جوڑ پر برقی 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 بیس-مکٹر جوڑ پر پایا جاتا ہے۔ کم طاقت کے ٹرانزسٹر عموماً پلاسٹک ڈیبا میں بند مہیا کئے جاتے ہیں۔ پلاسٹک ڈیبا سے ٹرانزسٹر کے تینوں سرے باہر نکلے پائے جاتے ہیں۔ زیادہ طاقت کے ٹرانزسٹر کو عموماً دھاتی ڈبے میں بند مہیا کیا جاتا ہے۔ ایسے ٹرانزسٹر کے بیس-مکٹر جوڑ کو ٹھنڈا رکھنے کی خاطر مکٹر کو دھاتی ڈبے کے ساتھ جوڑا جاتا ہے۔ جوڑ سے دھات میں گرمی کے منتقلی سے جوڑ ٹھنڈا ہوتا ہے۔ ہوا لگنے سے دھاتی ڈبہ ٹھنڈا رہتا ہے۔ اگر ضرورت درپیش آئے تو دھاتی ڈبے کو ازخود زیادہ بڑی جسامت کے سرد کار²² کے ساتھ جوڑا جاتا ہے جس سے گرمی کی منتقلی مزید بڑھ جاتی ہے۔

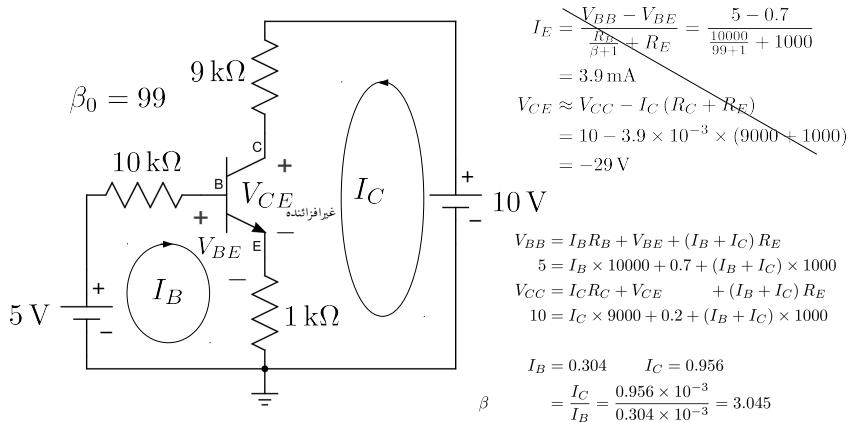
جب بھی کوئی دور بنایا جائے، اس میں استعمال تمام اجزاء میں طاقت کا ضیاء حاصل کیا جاتا ہے۔ اگر کسی پر زے میں طاقت کا ضیاء اس پر زے کی برداشت حد سے تجاوز کر جائے تو ایسا پر زہ جل کر تباہ ہو جائے گا۔ ایسی صورت سے بچنے کی خاطر یا تو ڈیزائن کو تبدیل کیا جائے گا اور یا پھر زیادہ برداشت والا پر زہ استعمال کیا جائے گا۔

2.5.3 غیر افزائندہ ٹرانزسٹر کے دور کا حل

شکل 22.3 میں دکھائے دور میں اگر ٹرانزسٹر کو افزائندہ حال تصور کرتے ہوئے حل کیا جائے تو V_{CE} کی قیمت منفی انیس وولٹ -29 V حاصل ہوتی ہے جو کہ غیر افزائندہ V_{CE} سے کم ہے۔ یوں ٹرانزسٹر کو افزائندہ تصور کرنا درست نہیں اور اس جواب کو رد کرنا ہو گا۔ شکل میں اس جواب پر ترجیحی لکیر لگا کر رد کیا گیا ہے۔

ٹرانزسٹر ادوار حل کرتے ہوئے اسی طرح پہلے ٹرانزسٹر کو افزائندہ حال تصور کرتے ہوئے دور کو حل کیا جاتا ہے۔ اگر حاصل V_{CE} کی قیمت غیر افزائندہ سے زیادہ

heat sink²²



شکل 22.3: غیر افزائندہ مائل ٹرانزسٹر کا حل

یا اس کے برابر ہو تو جوابات کو درست تسلیم کر لیا جاتا ہے ورنہ ان جوابات کو رد کرتے ہوئے، ٹرانزسٹر کو غیر افزائندہ تصور کر کے دور کو دوبارہ حل کیا جاتا ہے۔

غیر افزائندہ ٹرانزسٹر پر پائے جانے والے برقی دباؤ V_{CE} کی قیمت $V_{CE_{نیر افزائندہ}}$ یعنی 0.2 V ہوتی ہے۔ مزید یہ کہ مساوات 7.3 اور مساوات 8.3 وغیرہ صرف افزائندہ حال ٹرانزسٹر کے لئے بیان کئے گئے۔ ان حقائق کو مد نظر رکھتے ہوئے غیر افزائندہ ٹرانزسٹر کے ادوار حل کرتے ہوئے β_0 کو زیر استعمال نہیں لایا جاتا۔ دور کو بالکل ایک سادہ برقی دور کے طرز پر حل کیا جاتا ہے جہاں $V_{CE} = 0.2 \text{ V}$ اور $V_{BE} = 0.7 \text{ V}$ اور $I_C = 0.956 \text{ mA}$ اور $I_B = 0.304 \text{ mA}$ حاصل کیا گیا ہے۔ ان قیمتیوں سے غیر افزائندہ ٹرانزسٹر کی افزائش $\beta = \frac{I_C}{I_B} = \frac{0.956 \times 10^{-3}}{0.304 \times 10^{-3}} = 3.045$ حاصل کی گئی ہے جو کہ اس کے دئے گئے افزائش $\beta_0 = 99$ سے نہایت کم ہے۔

اگر دور حل کرنے سے پہلے ہی β معلوم ہو تو اسے بالکل افزائندہ حال کی طرح حل کیا جا سکتا ہے۔ قوی برقيات کے میدان میں ٹرانزسٹر بطورِ برقياتی سونچ استعمال کیا جاتا ہے جہاں اسے فی سینڈ کئی مرتبہ غیر افزائندہ اور منقطع کیا جاتا ہے۔ افزائندہ

صورت میں یہ چالو سوچ اور منقطع صورت میں منقطع سوچ کا کردار ادا کرتا ہے۔ تخلیق کار قبل از تخلیق فیصلہ کرتا ہے کہ ٹرانزسٹر کو کس حد تک غیر افزائندہ کیا جائے گا۔

مثلاً شکل 22.3 میں

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

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

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

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

$$\beta_0 = 99$$

ہی رکھتے ہوئے V_{BB} کی وہ قیمت دریافت کریں جہاں ٹرانزسٹر افزائندہ حال سے نکل کر غیر افزائندہ صورت اختیار کر لیتا ہے۔

حل: جس لمحہ ٹرانزسٹر افزائندہ سے غیر افزائندہ صورت حال اختیار کرتا ہے اس وقت دور حل کرنے کی خاطر اس کی عمومی افزائش β_0 قابل استعمال ہوتی ہے یعنی مساوات 8.3 اور مساوات 9.3 قابل استعمال ہیں۔ مزید یہ کہ اس لمحہ پر $V_{CE} = 0.2 \text{ V}$ ہی ہو گا لہذا ہم لکھ سکتے ہیں کہ

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

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

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

چلی مساوات میں چونکہ $I_E = 0.9889 \text{ mA}$ ہے لہذا اس سے $V_{CC} = 10 \text{ V}$ حاصل ہوتا ہے جسے استعمال کرتے ہوئے دوسری مساوات سے $V_{BB} = 1.78779 \text{ V}$ حاصل ہوتا ہے۔

مثال 20.3 میں شکل 22.3 میں

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

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

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

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

$$\beta_0 = 90$$

رکھتے ہوئے R_B کی وہ قیمت دریافت کریں جس سے ٹرانزسٹر اس حد تک غیر افراستنده صورت اختیار کر لے گا کہ اس کی β کی $\beta = \frac{30}{\text{غیر افراستنده}} = 30$ ہو۔ اس کو یوں بھی بیان کیا جاتا ہے کہ ٹرانزسٹر کو تین گنا غیر افراستنده کریں یعنی $\beta_0 = 90$ کی قیمت سے تین گنا کم ہو۔

حل: یہاں β کی قیمت دی گئی ہے جسے استعمال کیا جا سکتا ہے۔ یوں

$$\alpha = \frac{\beta}{\beta + 1} = \frac{30}{30 + 1} = 0.9677$$

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

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

$$10 = 0.2 + 9709 \times I_E$$

$$I_E = 1.009 \text{ mA}$$

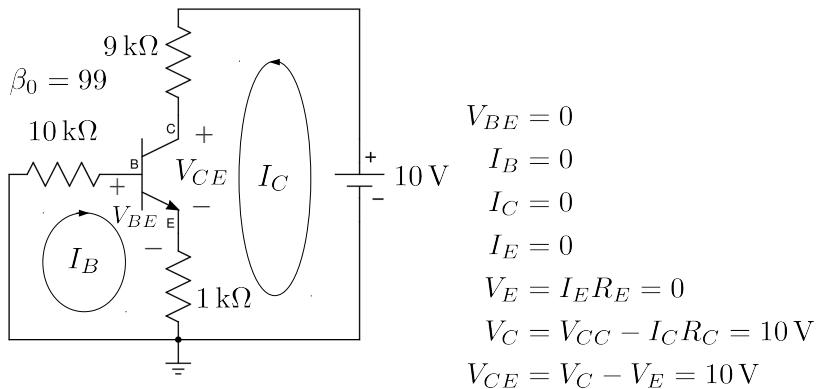
اسے استعمال کرتے ہوئے

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

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

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

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



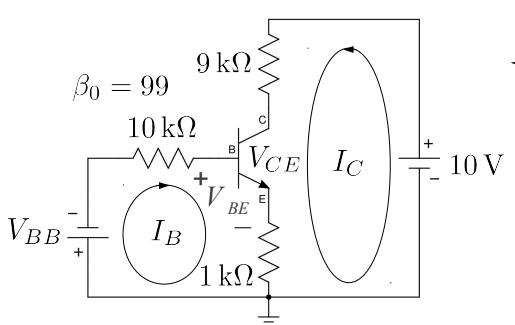
فکل 3.23: منقطع حال ٹرانزسٹر میں ہمیشہ جوڑ سیدھا مائل نہیں ہے

حاصل ہوتا ہے۔

3.5.3 منقطع ٹرانزسٹر کے دور کا حل

جدول کے تحت میں ہمیشہ جوڑ کو غیر-چالو کرنے سے ٹرانزسٹر منقطع صورت اختیار کر لیتا ہے۔ حقیقت میں ٹرانزسٹر کو منقطع کرنے کی خاطر اس کے میں ہمیشہ جوڑ کو عموماً اٹا مائل کیا جاتا ہے۔ ایسا کرتے وقت اس بات کا دھیان رکھا جاتا ہے کہ الٹ برقی دباؤ اس جوڑ کے قابل 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 23.3 میں ہے۔ اس شکل میں داخلی جانب کوئی برقی دباؤ مہیا نہیں کیا گیا۔ یوں ٹرانزسٹر کا میں ہمیشہ جوڑ غیر چالو ہو گا۔ لہذا داخلی جانب برقی رو I_B کی قیمت صفر ہو گی۔



داخلی جانب میں کردہ برقی دباؤ
میں۔ بیٹری جوڑ کو اٹامائل کرتا ہے۔
المذا اس جوڑ سے برقی روپ نہیں
گزرنے گا۔ یہ داغلی برقی روپ صفر
ہو گی جس کی وجہ سے خارجی
برقی روپ بھی صفر ہو گی۔

شکل 24.3: اٹامائل داغلی جوڑ

I_B صفر ہونے کی وجہ سے ٹرانزسٹر کے باقی دو سروں پر بھی برقی رو کی قیمت صفر ہو گی۔ جیسا شکل میں حل کر کے دکھایا گیا اس صورت میں $V_{CE} = V_{CC}$ ہو گا۔

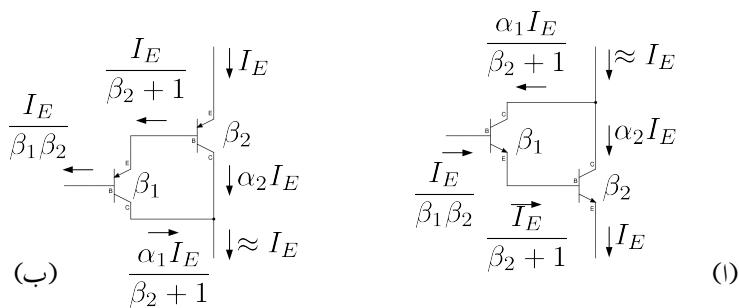
مثال 21.3: شکل 24.3 میں داغلی جوڑ اٹامائل ہے اور یوں ٹرانزسٹر منقطع ہو گا۔ اگرچہ اس دور کو دیکھتے ہی آپ کہہ سکتے ہیں کہ یہ منقطع ہے، ہم پھر بھی اسے حل کر کے دیکھتے ہیں۔ ایسا کرتے ہوئے تصور کریں کہ ٹرانزسٹر افزائندہ حال ہے۔ یوں آپ لیں گے۔ $V_{BE} = 0.7 \text{ V}$

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

$$\begin{aligned} I_E &= \frac{V_{BB} - V_{BE}}{\frac{R_B}{\beta+1} + R_E} \\ &= \frac{-3 - 0.7}{\frac{10000}{100} + 1000} \end{aligned}$$

$$= -3.36 \text{ mA} \quad \text{ہے جاتا کیا رد کو جواب ممکن نہ اس}$$

یہاں دھیان رہے کہ $V_{BB} = -3 \text{ V}$ ہے۔ حاصل جواب منفی ہونے کا مطلب ہے کہ برقی رو کی سمت عمومی سمت کے الٹ ہے۔ جب بھی ٹرانزسٹر میں الٹی جانب یک سمتی برقی



شكل 3.25: ڈار لنگشن جوڑیاں

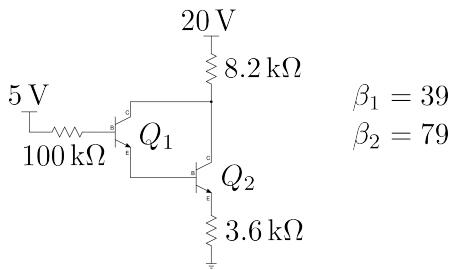
رو پیدا کرنے کی کوشش کی جائے یہ منقطع صورت اختیار کر لیتا ہے لہذا اس جواب کو رد کرتے ہوئے ٹرانزسٹر کو منقطع تصور کیا جائے گا اور اس کے تمام سروں پر برقی روکی قیمت صفر تصور کی جائے گی۔ یوں $V_{CE} = 10\text{ V}$ ہو گا۔

6.3 ڈار لنگشن جوڑی

شکل 25.3 الف میں دو عدد $n-p-n$ ٹرانزسٹر کو مخصوص طرز پر جوڑا گیا ہے جسے $n-p-n$ ڈارلکٹر بوزر 23 یا ڈارلکٹر ٹرانزسٹر 24 کہتے ہیں۔ شکل ب میں $p-n-p$ ڈارلکٹر بوزر ڈھکائی گئی ہے۔

شکل الف میں اگر Q_2 کے لیکھ پر I_E برقی رو پایا جائے تو اس کے کلکھ پر $\alpha_2 I_E$ اور اس کے بیس پر $\frac{I_E}{\beta_2 + 1}$ برقی رو پایا جائے گا۔ Q_2 کے بیس پر برقی رو Q_1 کے لیکھ پر برقی رو ہی ہے لہذا Q_1 کے لیکھ پر $\frac{I_E}{\beta_2 + 1}$ ہی پایا جائے گا۔ یوں Q_1 کے کلکھ پر $\alpha_1 \frac{I_E}{\beta_2 + 1}$ اور اس کے بیس پر

جناب سڈنی ڈارلنگٹن نے اس شکل کو دریافت کیا۔²³
npn darlington pair²⁴



شکل 26.3: ذار لینگن جوڑی کا دور

پایا جائے گا جو تقریباً $\frac{I_E}{\beta_1 \beta_2}$ کے برابر ہے۔ یہ تمام شکل پر بھی دکھائے گے ہیں۔ یوں اس جوڑی کو از خود ٹرانزسٹر تصور کیا جا سکتا ہے جس کی افزائش $\beta_1 \beta_2 \beta_3$ کے برابر ہے۔ اسی طرز پر تین ٹرانزسٹر جوڑ کر حاصل ہو گا۔ یقیناً زیادہ ٹرانزسٹر جوڑ کر زیادہ β حاصل کرنا ممکن ہے۔

مثال 22.3: شکل 26.3 کو حل کریں۔

حل: بیس جانب کر خوف کے قانون برائے برقی دباؤ سے

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

لکھا جا سکتا ہے۔ اس میں $I_{B1} = \frac{I_{E2}}{(\beta_1+1)(\beta_2+1)}$ اور $V_{BE} = 0.7V$

$$5 = \frac{I_{E2}}{40 \times 80} \times 100000 + 0.7 + 0.7 + I_{E2} \times 3600$$

$$I_{E2} = 0.991 \text{ mA}$$

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۔

7.3 تعین نقطے سے نقطہ کارکردگی کا انحراف

1.7.3 تبدیلی β سے لاحق مسائل استوار نے کا شرط

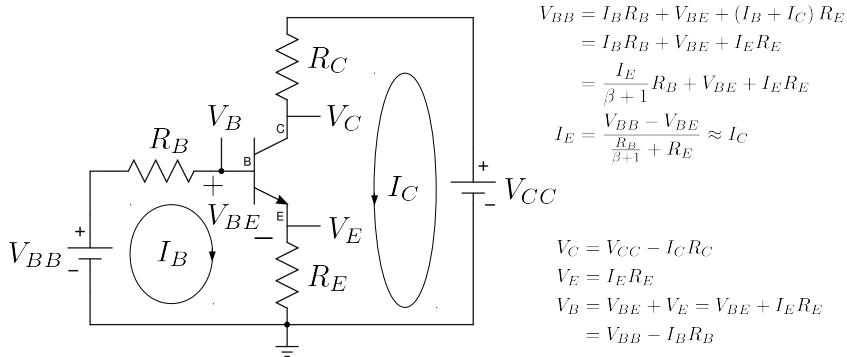
مثال 1.3 سے ظاہر ہے کہ α کی قیمت میں ذرا سی تبدیلی سے β کی قیمت میں نمایاں تبدیلی پیدا ہوتی ہے۔ ٹرانزسٹر بنانے والوں کی کوشش ہوتی ہے کہ ان کے کسی ایک قسم کے تمام ٹرانزسٹروں کے β کی قیمت یکساں ہو۔ ان کے تمام تر کوششوں کے باوجود ایسا ممکن نہ ہو سکا ہے اور کسی بھی ایک قسم کے ٹرانزسٹروں کے عمومی β_0 کی قیمت دو حدود کے مابین رہتی ہے یعنی

(28.3) $\beta_{\text{نمن}} \approx 3 \times \beta_{\text{بندز}}$

مزید یہ کہ $\beta_{\text{بندز}}$ کی قیمت $\beta_{\text{نمن}}$ کے تقریباً تین گتھا ہوتی ہے یعنی

(29.3) $\beta_{\text{نمن}} = 3 \times \beta_{\text{بندز}}$

اسیں ایک مثال کی مدد سے دیکھیں کہ اس سے کس قسم کا مسئلہ پیدا ہو سکتا ہے۔



شکل 23.3: مثال 23.3 کا دور

شکل 23.3 کے دور میں مثال 23.3

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

$$V_{BB} = 2.7 \text{ V}$$

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

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

$$R_B = 100 \text{ k}\Omega$$

ہیں۔ مزید یہ کہ اس دور میں استعمال کئے جانے والے ٹرانزسٹر کے عمومی افزائش برتنی و β_0 کی قیمت ایک سو ہے (یعنی $\beta_0 = 100$)۔

1. اس صورت میں عمومی نقطے کارکردگی پر برتنی و I_{CQ} اور برتنی دباؤ V_{CEQ} حاصل کریں۔

2. سائز β اور پلدری β پر بھی I_C کی قیمتیں حاصل کریں۔

حل:

1. مساوات 22.3 اور مساوات 23.3 کی مدد سے عمومی برقی رو اور عمومی برقی دباؤ حاصل کرتے ہیں

$$\begin{aligned}
 I_{EQ} \approx I_{CQ} &= \frac{V_{BB} - V_{BE}}{\frac{R_B}{\beta_0 + 1} + R_E} \\
 &= \frac{2.7 - 0.7}{\frac{100000}{100 + 1} + 1000} \\
 &= 1.004975 \text{ mA} \\
 V_{CEQ} &\approx V_{CC} - I_{CQ} (R_C + R_E) \\
 &= 12 - 1.004975 \times 10^{-3} \times (9000 + 1000) \\
 &= 1.95 \text{ V}
 \end{aligned}$$

چونکہ حاصل کردہ V_{CE} کی قیمت غیر افزائندہ سے زیادہ ہے لہذا ٹرانزسٹر افزائندہ حال ہے اور یوں حاصل کردہ جوابات درست ہیں۔

2. آپ دیکھ سکتے ہیں کہ $\beta = 50$ اور $\beta = 150$ بذریعہ کے برابر ہیں چونکہ ان دو حدود کے مابین عمومی قیمت 100 ہے یعنی

$$\beta_0 = \frac{\beta_{\text{بذریعہ}} + \beta_{\text{کم}}}{2} = \frac{150 + 50}{2} = 100$$

اور آپ دیکھ سکتے ہیں کہ $\beta_{\text{کم}} \approx \beta_{\text{بذریعہ}}$ بھی ہے۔ $\beta_{\text{کم}}$ کی قیمت استعمال کرتے ہوئے حاصل ہوتا ہے

$$\begin{aligned}
 I_{EQ} \approx I_{CQ} &= \frac{V_{BB} - V_{BE}}{\frac{R_B}{\beta_{\text{کم}} + 1} + R_E} \\
 &= \frac{2.7 - 0.7}{\frac{100000}{50 + 1} + 1000} \\
 &= 0.6755 \text{ mA}
 \end{aligned}$$

یہ قیمت عمومی قیمت سے کم ہے یعنی 32.78 %

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

اور

$$\begin{aligned} V_{CEQ} &\approx V_{CC} - I_{CQ} (R_C + R_E) \\ &= 12 - 0.6755 \times 10^{-3} \times (9000 + 1000) \\ &= 5.245 \text{ V} \end{aligned}$$

آپ دیکھ سکتے ہیں کہ β استعمال کرتے ہوئے جوابات تبدیل ہو گئے ہیں۔ حاصل کردہ V_{CE} غیر افزائندہ V_{CE} سے زیادہ ہے لہذا ٹرانزسٹر اب بھی افزائندہ حال ہو گا۔ β کی قیمت استعمال کرتے ہوئے حاصل ہوتا ہے۔

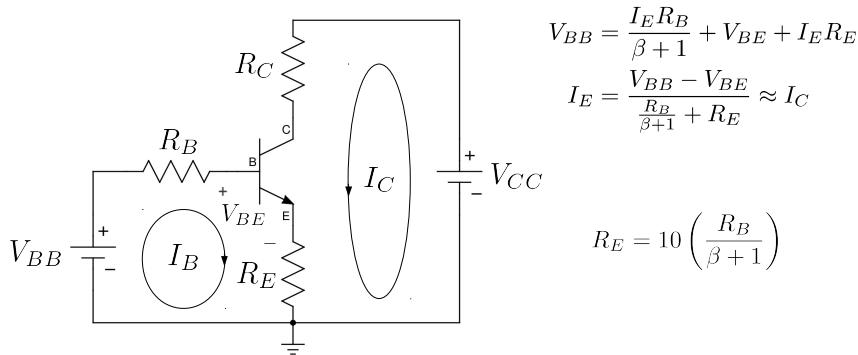
$$\begin{aligned} I_{EQ} &\approx I_{CQ} = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{\frac{R_B}{\beta_{\text{ذکر}} + 1} + R_E} \\ &= \frac{2.7 - 0.7}{\frac{100000}{150+1} + 1000} \\ &= 1.2032 \text{ mA} \end{aligned}$$

اور

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

چونکہ حاصل کردہ V_{CE} کی قیمت غیر افزائندہ V_{CE} سے کم ہے لہذا ٹرانزسٹر غیر افزائندہ حال ہو گا اور یہ بطور ایمپلیفیٹر کام نہیں کرے گا۔

مثال 23.3 سے ایک اہم حقیقت سامنے آتی ہے۔ چونکہ ایک ہی قسم کے دو عدد ٹرانزسٹر کے β کی قیمتیں اس کے عمومی قیمت β_0 سے انحراف کر سکتے ہیں لہذا دو بالکل ایک ہی طرح بنائے گئے ادوار میں ٹرانزسٹروں کے نقطے کارکردگی اپنی مقیم جگہ سے سرک سکتی ہے۔ جیسا اس مثال میں دکھایا گیا، عین ممکن ہے کہ کسی ایک دور میں ٹرانزسٹر افزائندہ حال اور دوسرے میں غیر افزائندہ حال ہو۔



شکل 3.28: تبدیلی β سے لاحق مسئلہ استوار نے کا شرط

آج کل لاتعداد برقیاتی آلات مثلاً فون وغیرہ بنائے جاتے ہیں اور ایسے ہر ایک عدد آلہ میں لاتعداد ٹرانزسٹر استعمال ہوتے ہیں۔ ان آلات کے درست کارکردگی کے لئے یہ ضروری ہے کہ ان میں استعمال کئے گئے ٹرانزسٹر، ڈیزائن کردہ نقطہ کارکردگی پر ہی رہیں۔ آئیں دیکھتے ہیں کہ ایسا کس طرح ممکن بنایا جا سکتا ہے۔

شکل 28.3 میں مزاجتوں اور منع بر قی دباؤ کی مدد سے ٹرانزسٹر مائل کیا گیا ہے۔ یاد دہانی کی خاطر مساوات 23.3 اور مساوات 22.3 کو یہاں دوبارہ پیش کرتے ہیں۔

$$(30.3) \quad \begin{aligned} V_{BB} &= I_B R_B + V_{BE} + (I_B + I_C) R_E \\ &= \frac{I_E}{\beta + 1} R_B + V_{BE} + I_E R_E \\ I_E &= \frac{V_{BB} - V_{BE}}{\frac{R_B}{\beta + 1} + R_E} \approx I_C \end{aligned}$$

$$(31.3) \quad \begin{aligned} V_{CC} &= I_C R_C + V_{CE} + (I_B + I_C) R_E \\ &= I_C R_C + V_{CE} + I_E R_E \\ V_{CE} &= V_{CC} - I_C R_C - I_E R_E \\ &\approx V_{CC} - I_C (R_C + R_E) \end{aligned}$$

مساوات 30.3 کے مطابق اگرچہ I_C کے اثر کو ختم نہیں کیا جا سکتا مگر R_E کی قیمت کو $\frac{R_B}{\beta + 1}$ کے تھیت سے بڑھا کر اس اثر کو کم سے کم کرنا ممکن

ہے یعنی

$$(32.3) \quad R_E \gg \frac{R_B}{\beta + 1}$$

عموماً شکل 28.3 کے طرز پر بنائے گئے ادوار میں β کے اثرات کو کم کرنے کی خاطر R_E کی قیمت کو $\frac{R_B}{\beta + 1}$ سے دس گتار کھا جاتا ہے یعنی

$$(33.3) \quad R_E = \frac{10R_B}{\beta_0 + 1}$$

R_E کے قیمت کو $\frac{R_B}{\beta + 1}$ کے دس گتار قیمت سے مزید بڑھانے سے دیگر معاملات متاثر ہوتے ہیں۔ مساوات 33.3 ٹرانزسٹر ادوار تخلیق دینے میں اہم کردار ادا کرتا ہے۔ مساوات 33.3 کو تمثیل β سے لائق مسائلہ استوار نے کا شرط کہتے ہیں۔ آئیں مساوات 33.3 کے تحت بنائے گئے دور کی مثال دیکھیں۔

مثال 24.3: شکل 28.3 میں

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

$$V_{BB} = 1.8 \text{ V}$$

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

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

$$R_B = 10.1 \text{ k}\Omega$$

ہیں جبکہ β_0 کی عمومی قیمت 100 ہے۔ اس دور میں برتنی رو I_C اور V_{CE} کی ممکنہ حدود حاصل کریں۔

حل: اس مثال میں دئے گئے قسمیں مساوات 33.3 کے عین مطابق ہیں۔ جیسا مثال 23.3 میں دیکھا گیا کہ $\beta = 50$ اور $\beta_{کم} = 150$ بلند β ہیں۔

پر برقی رو اور برقی دباؤ حاصل کرتے ہیں۔ $\beta_0 = 100 . 1$

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

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

2. کمتر انداشت $\beta_{کم} = 50$ پر ان کی قیمتیں

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

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

ہوں گی۔ برقی رو اپنی عمومی قیمت سے کم ہو گئی ہے یعنی 8.2%

$$\frac{1 \times 10^{-3} - 0.918 \times 10^{-3}}{1 \times 10^{-3}} \times 100 = 8.2 \%$$

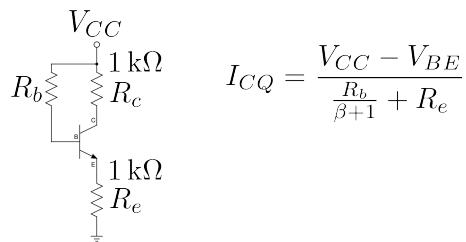
3. بلندتر انداشت $\beta_{بلند} = 150$ پر ان کی قیمتیں

$$I_{EQ} \approx I_{CQ} = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{\frac{R_B}{\beta_{بلند} + 1} + R_E} = \frac{1.8 - 0.7}{\frac{10100}{150+1} + 1000} = 1.031 \text{ mA}$$

$$\begin{aligned} V_{CE} &\approx V_{CC} - I_{CQ} (R_C + R_E) \\ &= 12 - 1.031 \times 10^{-3} \times (9000 + 1000) \\ &= 1.69 \text{ V} \end{aligned}$$

ہوں گی۔ برقی رو اپنی عمومی قیمت سے بڑھ گئی ہے یعنی 3.1%

$$\frac{1.031 \times 10^{-3} - 1 \times 10^{-3}}{1 \times 10^{-3}} \times 100 = 3.1 \%$$



شکل: 29.3

مثال 24.3 میں آپ نے دیکھا کہ مساوات 33.3 پر پورے اترتے دور میں برقی رو کی قیمت اس کی عمومی قیمت سے دس فنی صد سے کم انحراف کرتی ہے۔ اس مثال میں زیادہ سے زیادہ انحراف 8.2 فنی صد رہا ہے۔ شیع برقی دباؤ اور مزاجتوں کے استعمال سے ٹرانزسٹر مائل کرتے ہوئے تخلیق کار مساوات 33.3 کو بروئے کار لالا کر اس بات کو یقینی بناتا ہے کہ ٹرانزسٹر تخلیق کردہ نقطہ کارکردگی سے زیادہ تجاوز نہیں کرے گا۔ بعض اوقات ٹرانزسٹر استعمال کرنے سے پہلے اس کا β ناپا جاتا ہے۔ ایسی صورت میں چونکہ β کی قیمت ٹھیک ٹھیک معلوم ہوتی ہے لہذا مساوات 33.3 کے تحت دور تخلیق دینا لازم نہیں ہوتا۔ آئیں ایسی مثال دیکھیں جس میں مساوات 33.3 کو استعمال نہیں کیا گیا۔

مثال 25.3: شکل 29.3 میں $R_b = 150 \text{ k}\Omega$, $V_{CC} = 12 \text{ V}$, جبکہ β کی قیمت ٹھیک ٹھیک 50 ہے۔ I_{CQ} حاصل کریں۔

حل: داخلی جانب کرخوف کے قانون برائے برقی دباؤ کے مطابق

$$\begin{aligned} V_{CC} &= I_B R_b + V_{BE} + I_E R_e \\ &= V_{BE} + I_E \left(\frac{R_b}{\beta+1} + R_e \right) \end{aligned}$$

$I_{CQ} \approx I_{EQ}$ کا استعمال کیا گیا۔ یوں $I_E = (\beta + 1) I_B$ ہے جہاں دوسرے قدم پر لکھتے ہوئے

$$\begin{aligned} I_E \approx I_C &= \frac{V_{CC} - V_{BE}}{\frac{R_b}{\beta+1} + R_e} \\ &= \frac{12 - 0.7}{\frac{150000}{49+1} + 1000} \\ &= 2.825 \text{ mA} \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے۔ خارجی جانب ہم لکھ سکتے ہیں

$$\begin{aligned} V_{CC} &= I_{CQ} R_c + V_{CEQ} + I_{EQ} R_e \\ &\approx V_{CEQ} + I_{CQ} (R_c + R_e) \end{aligned}$$

جس سے

$$V_{CEQ} = 6.35 \text{ V}$$

حاصل ہوتا ہے۔

2.7.3 V_{BE} سے نقطہ کار کردگی کا سرک جانا

ڈائیوڈ کے باب میں صفحہ 108 پر شکل 4.2 میں درج حرارت کے تبدیلی سے سیدھے مائل V_D کی برقی دباؤ کا تبدیل ہونا دکھایا گیا۔ اس باب کے حصہ 9.3 میں آپ دیکھیں گے کہ ٹرانزسٹر کا V_{BE} بھی بالکل اسی طرح درج حرارت کے ساتھ تبدیل ہوتا ہے۔ مساوات 30.3 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 سرک جائے گا۔ آئیں نقطہ کار کردگی کے سرک کا تخمینہ لگائیں اور اس سے نجات حاصل کرنے کے طریقے سمجھیں۔

دو مختلف درجہ حرارت مساوات 30.3 کے تحت دو مختلف برقی رو حاصل ہوں گے جہاں

$$(34.3) \quad I_{C1} = \frac{V_{BB} - V_{BE1}}{\frac{R_B}{\beta+1} + R_E}$$

$$(35.3) \quad I_{C2} = \frac{V_{BB} - V_{BE2}}{\frac{R_B}{\beta+1} + R_E}$$

برقی رو کی تبدیلی حاصل کرتے ہیں۔

$$(36.3) \quad \Delta I_C = I_{C2} - I_{C1} = \frac{V_{BE1} - V_{BE2}}{\frac{R_B}{\beta+1} + R_E} = - \left(\frac{\Delta V_{BE}}{\frac{R_B}{\beta+1} + R_E} \right)$$

جہاں ΔV_{BE} کو لکھا گیا ہے۔ اگر ٹرانزسٹر کا یہ دور مساوات 33.3 پر پورا اترتا ہو تو مندرجہ بالا مساوات میں R_E کی قیمت کے تینت سے بہت زیادہ ہو گی اور اس صورت میں اسے یوں لکھا جا سکے گا۔

$$(37.3) \quad \Delta I_C = - \left(\frac{\Delta V_{BE}}{\frac{R_B}{\beta+1} + R_E} \right) \approx - \left(\frac{\Delta V_{BE}}{R_E} \right)$$

مساوات 37.3 کی وجہ سے نقطہ کارکردگی کے سرک جانے کی مساوات ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ R_E بڑھانے سے I_C میں تبدیلی کم کی جا سکتی ہے۔

3.7.3 نقطہ کارکردگی سوارنے کے اسباب

حصہ 1.7.3 اور حصہ 2.7.3 میں نقطہ کارکردگی سرک جانے کے وجوہات بتائے گئے۔ اس مسئلے کو نہایت عمدگی سے یوں پیش کیا جا سکتا ہے۔ کوئی بھی تابع تفاضل 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 ΔV_{BE} , $\Delta \beta$, ... کی باریک تبدیلی پیدا ہو تو تابع تقاضہ کی قیمت میں کل باریک تبدیلی یوں حاصل کی جائے گی۔

$$(38.3) \quad \Delta I_C = \frac{\partial I_C}{\partial \beta} \Delta \beta + \frac{\partial I_C}{\partial V_{BE}} \Delta V_{BE} + \dots$$

اس مساوات میں

$$(39.3) \quad S_\beta = \frac{\partial I_C}{\partial V_{BE}}$$

$$(40.3) \quad S_{V_{BE}} = \frac{\partial I_C}{\partial V_{BE}}$$

⋮

لکھتے ہوئے اسے یوں لکھا جا سکتا ہے۔

$$(41.3) \quad \Delta I_C = S_\beta \Delta \beta + S_{V_{BE}} \Delta V_{BE} + \dots$$

جہاں S_β ، $S_{V_{BE}}$ اسab کا تخمینہ لگائیں۔ وغیرہ کو فقط کارکردگی کے سوانح کے اسباب²⁵ کہا جائے گا۔ آئیں ان

مساوات 37.3 سے

$$(42.3) \quad S_{V_{BE}} = - \left(\frac{1}{\frac{R_B}{\beta+1} + R_E} \right) \approx - \frac{1}{R_E}$$

حاصل ہوتا ہے۔

مساوات 39.3 میں فقط کارکردگی سوانح کے اسباب کو تفرقہ کے ذریعہ سمجھایا گیا ہے۔ جہاں متغیرات میں کم تبدیلی پائی جائے وہاں تفرقہ لیتے ہوئے درست جوابات حاصل ہوتے ہیں۔ ٹرانزسٹر کے β میں تبدیلی کو کم تصور نہیں کیا جا سکتا لہذا S_β حاصل کرتے وقت دو مختلف β پر I_C حاصل کرتے ہوئے برقراری میں کل تبدیلی ΔI_C حاصل کی جاتی ہے جسے β میں کل تبدیلی $\Delta \beta$ سے تقسیم کرتے ہوئے کیا جاتا ہے۔ آئیں اس عمل کو دیکھیں۔

β_2 S_β حاصل کرنے کی خاطر مساوات 30.3 کو دوبارہ دیکھتے ہیں۔ اور β_1 پر ہم برقی روپوں لگھ سکتے ہیں۔

$$(43.3) \quad I_{C1} = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{\frac{R_B}{\beta_1+1} + R_E} \approx \frac{\beta_1 (V_{BB} - V_{BE})}{R_B + (\beta_1 + 1) R_E}$$

$$(44.3) \quad I_{C2} = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{\frac{R_B}{\beta_2+1} + R_E} \approx \frac{\beta_2 (V_{BB} - V_{BE})}{R_B + (\beta_2 + 1) R_E}$$

مندرجہ بالا مساوات میں دوسری مساوات سے پہلی مساوات منقی کرنے سے ΔI_C حاصل ہوتا ہے۔ البتہ اس مساوات کی بہتر شکل بھی حاصل کی جا سکتی ہے۔ ایسا کرنے کی خاطر دوسری مساوات کو پہلی مساوات سے تقسیم کرتے ہوئے حاصل مساوات کے دونوں جانب سے ایک (1) منقی 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 آخری قدم پر $(\beta_2 - \beta_1)$ کو S_β لکھا گیا ہے۔ اس سے حاصل کرتے ہیں۔

$$(45.3) \quad S_\beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta \beta} = \frac{I_{C1}}{\beta_1} \left[\frac{R_B + R_E}{R_B + (\beta_2 + 1) R_E} \right]$$

اسی طرز پر آپ V_{BB} میں تبدیلی سے پیدا $S_{V_{BB}}$ حاصل کر سکتے ہیں وغیرہ وغیرہ۔

مساوات 41.3 میں مساوات 42.3 اور مساوات 45.3 استعمال کرتے ہوئے اسے یوں لکھا جا سکتا ہے۔

$$(46.3) \quad \Delta I_C = \frac{I_{C1}}{\beta_1} \left[\frac{R_B + R_E}{R_B + (\beta_2 + 1) R_E} \right] \Delta \beta - \frac{1}{R_E} \Delta V_{BE} + \dots$$

تمام نقطہ کارکردگی سوارنے کے اسباب کی مدد سے برقی رو I_C کے کل تبدیلی کو مندرجہ بالا مساوات کے طرز پر لکھا جا سکتا ہے۔ نقطہ کارکردگی سوارنے کے اسباب کی قیمتیں قابو کرتے ہوئے اس تبدیلی کو قابل قبول حد کے اندر رکھا جاتا ہے۔

8.3 مراجحت کا عکس

شکل 30.3 الف میں برقی رو کو I_{Ca} لکھتے ہوئے اس کی قیمت حاصل کرتے ہیں۔

$$(47.3) \quad I_{Ca} = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{\frac{R_B}{\beta+1} + R_E}$$

اسی طرح شکل ب میں برقی رو کو I_{Cb} لکھتے ہوئے اس کی قیمت حاصل کرتے ہیں۔ ہم دیکھتے ہیں کہ R'_B اور R_E سلسلہ وار جڑے ہیں اور ان کا کردار بالکل ایسا ہی ہے جیسے یہاں ایک ہی مراجحت R''_E نسب ہو جس کی قیمت $(R'_B + R_E)$ ہو۔ شکل 31.3 میں یہ تصور دکھایا گیا ہے۔ یوں

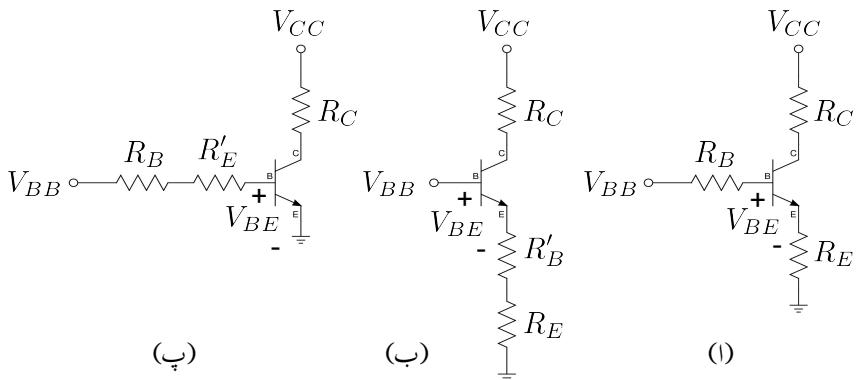
$$(48.3) \quad I_{Cb} = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R''_E} = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R'_B + R_E}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اگر اس مساوات میں R'_B کی قیمت مساوات 47.3 کے کے $\frac{R_B}{\beta+1}$ برابر ہو تو I_{Cb} اور I_{Ca} برابر ہوں گے یعنی اگر

$$(49.3) \quad R'_B = \frac{R_B}{\beta + 1}$$

ہو تو

$$(50.3) \quad I_{Ca} = I_{Cb}$$



شکل 30.3: مراجعت کے عکس

ہو گا، اگرچہ ان دو اشکال 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 یوں $V_{CEa} \neq V_{CEb}$ ہوں گے۔ اسی طرح شکل پ میں برقرار رہ کو I_{Cc} لکھتے ہوئے اسے حاصل کرتے ہیں۔ یہاں R_B اور R'_E سلسلہ وار جڑے ہیں اور ان کا کردار بالکل ایک ایسے مراجعت کی طرح ہے جس کی قیمت 31.3 ب میں یہ تصور دکھایا گیا ہے۔ یوں (51.3) کے برابر ہو۔ شکل 31.3 ب میں یہ تصور دکھایا گیا ہے۔

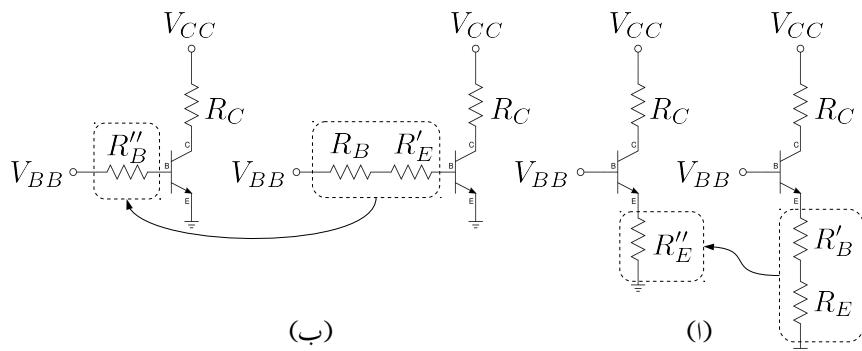
$$(51.3) \quad I_{Cc} = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{\left(\frac{R''_B}{\beta+1} \right)} = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{\left(\frac{R_B}{\beta+1} + \frac{R'_E}{\beta+1} \right)}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اس مساوات میں اگر R_E کی قیمت مساوات 47.3 کے برابر ہو یعنی اگر

$$(52.3) \quad \frac{R'_E}{\beta+1} = R_E$$

ہو تو

$$(53.3) \quad I_{Cc} = I_{Ca}$$



شکل 3.3: مزاحمت کے عکس

ہوں گے، اگرچہ $V_{CEb} \neq V_{CEc}$ مساوات 52.3 کو یوں بھی لکھا جا سکتا ہے۔

$$(54.3) \quad R'_E = (\beta + 1) R_E$$

مثال 30.3 : 26.3 شکل میں

$$\begin{aligned}\beta &= 99 \\ V_{CC} &= 15 \text{ V} \\ V_{BB} &= 6.2 \text{ V} \\ R_C &= 5 \text{ k}\Omega \\ R_E &= 5 \text{ k}\Omega \\ R_B &= 50 \text{ k}\Omega\end{aligned}$$

- جملے -

1. شکل 30.3 اف کا برقی رو I_C حاصل کریں۔

2. شکل ب میں R'_B کی وہ قیمت حاصل کریں جس سے شکل ب کی برقی رو شکل الف کی برقی رو کے برابر ہو گی۔

3. شکل پ میں R'_E کی وہ قیمت حاصل کریں جس سے اس شکل پ کی برقی رو شکل الف کے برقی رو کے برابر ہو گی۔

حل :

.1

$$I_{Ca} = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{\frac{R_B}{\beta+1} + R_E} = \frac{6.2 - 0.7}{\frac{50000}{99+1} + 5000} = 1 \text{ mA}$$

.2

$$R'_B = \frac{R_B}{\beta+1} = \frac{50000}{99+1} = 500 \Omega$$

اس قیمت کی مزاحمت کے استعمال سے شکل 31.3 الف میں R''_E کی قیمت

$$R'_B + R_E = 500 + 5000 = 5500 \Omega$$

ہو گی اور اس میں برقی رو کی قیمت

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

ہی حاصل ہو گی۔

.3

$$R'_E = (\beta + 1)R_E = (99 + 1) \times 5000 = 500 \text{ k}\Omega$$

حاصل ہوتا ہے۔ اس قیمت کو استعمال کرتے ہوئے شکل 31.3 ب میں

$$R''_B = R_B + R'_E = 50 \text{ k}\Omega + 500 \text{ k}\Omega = 550 \text{ k}\Omega$$

ہو گا اور یوں

$$I_{Cc} = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{\left(\frac{R''_B}{\beta+1}\right)} = \frac{6.2 - 0.7}{\left(\frac{550000}{99+1}\right)} = 1 \text{ mA}$$

ہی حاصل ہوتا ہے۔

مساوات 49.3 اور مساوات 54.3 اہم نتائج ہیں۔ ٹرانزسٹر کے بیس سرے پر دیکھتے ہوئے کا کردار بالکل ایسا ہوتا ہے جیسے بیس سرے کے ساتھ مزاحمت R'_E جڑا ہو۔ اس تمام کو یوں بھی کہا جا سکتا ہے کہ بیسٹر پر جڑے مزاحمت R_E ، ٹرانزسٹر کے بیس سرے سے بالکل R'_E معلوم ہوتا ہے۔ اسی لئے R_E کا عکس کہا جاتا ہے۔

اسی طرح ٹرانزسٹر کے بیس سرے کے ساتھ جڑے مزاحمت R_B کو اگر ٹرانزسٹر کے بیسٹر سرے سے دیکھا جائے تو یہ بالکل ایسا معلوم ہوتا ہے جیسے بیسٹر سرے کے ساتھ مزاحمت R'_B جڑا ہے۔ اسی لئے R_B کا عکس کہا جاتا ہے۔

مندرجہ بالا کا نجوم یہ ہے کہ ٹرانزسٹر ادوار میں برقی رو I_C حاصل کرتے وقت، بیسٹر پر موجود مزاحمت کا عکس لیتے ہوئے اسے بیس جانب منتقل کیا جا سکتا ہے۔ اسی طرح ٹرانزسٹر کے بیس جانب مزاحمت کا عکس لیتے ہوئے بیسٹر جانب منتقل کیا جا سکتا ہے۔ یاد رہے کہ یہ صرف اور صرف حساب کتاب آسان بنانے کا ایک گر ہے۔ اصل ٹرانزسٹر دور کی جگہ کبھی بھی عکس استعمال کرتے حاصل دور کام نہیں کرے گا۔

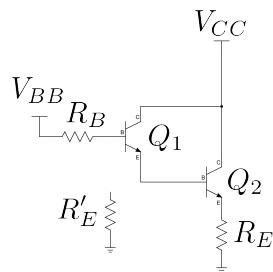
مثال 27.3: شکل 32.3 میں بیس جانب R_E کا عکس حاصل کریں۔

حل: بیس جانب کرخوف کے قانون برائے برقی دباؤ سے

$$V_{BB} = I_{B1}R_B + V_{BE1} + V_{BE2} + I_{E2}R_E$$

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

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



شکل 32.3: ڈارلینگٹن میں مزاحمت کا عکس

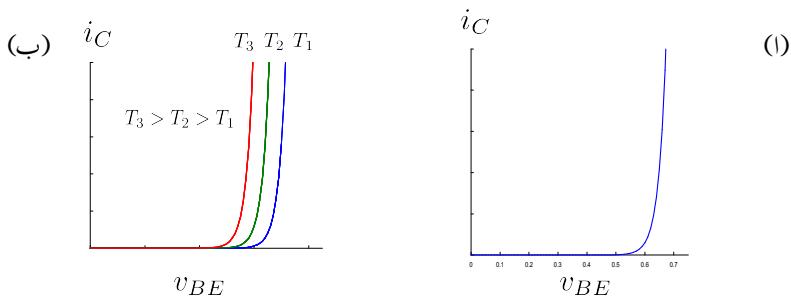
ملتا ہے جہاں لکھا گیا ہے۔ اس مساوات کے تحت میں جانب برقی رو I_{B1} دو مزاحمت سے گزرتی ہے۔ پہلا مزاحمت R_B اور دوسرا R'_E ہے۔ یوں ٹرانزسٹر کے میں جانب مزاحمت R'_E نظر آتا ہے اور بھی R_E کا میں جانب عکس ہے۔

9.3 ٹرانزسٹر کے خط

ٹرانزسٹر کے تین سرے ہونے کی بدولت اس کے تین برقی رو اور تین برقی دباؤ ممکن ہیں۔ ان میں کسی دو کو آپس میں گراف کیا جا سکتا ہے۔

$$i_C - v_{BE} \quad 1.9.3$$

شکل 33.3 الف میں $n-p-n$ ٹرانزسٹر کا i_C بالمقابل v_{BE} خط دکھایا گیا ہے جو بالکل ڈائوڈ کے خط کی طرح کا ہے۔ $n-p-n$ اور $p-n-p$ کے



شکل 33.3: ٹرانزسٹر کے خطوط اور اس پر درج حرارت کے اثرات

خط کے مساوات مندرجہ ذیل ہیں۔

$$(55.3) \quad i_C = I_S \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T} - 1} \right) \quad \text{npn}$$

$$(56.3) \quad i_C = I_S \left(e^{\frac{v_{EB}}{V_T} - 1} \right) \quad \text{pnp}$$

جنہیں $e^{\left| \frac{v_{BE}}{V_T} \right|} \gg 1$ کی صورت میں عموماً

$$(57.3) \quad i_C \approx I_S e^{\frac{v_{BE}}{V_T}}$$

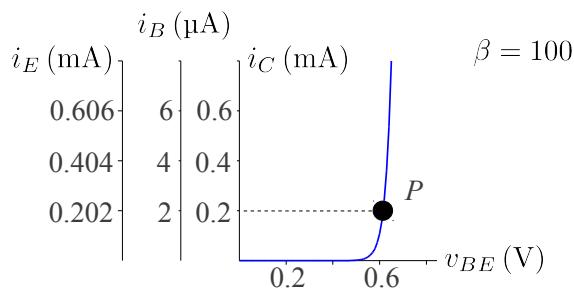
$$(58.3) \quad i_C \approx I_S e^{\frac{v_{EB}}{V_T}}$$

لکھا جاتا ہے۔ چونکہ $i_C = \beta i_B$ اور $i_C = \alpha i_E$ ہوتے ہیں لہذا $i_E - v_{BE}$ اور $i_B - v_{BE}$ خطوں کی شکلیں ایک جیسے ہوں گی۔ ان کے مساوات مندرجہ ذیل ہیں۔

$$(59.3) \quad i_E = \frac{I_S}{\alpha} e^{\frac{v_{BE}}{V_T}}$$

$$(60.3) \quad i_B = \frac{I_S}{\beta} e^{\frac{v_{BE}}{V_T}}$$

شکل 34.3 میں ایک ہی گراف پر تینوں خطوں کے گراف کی مثال دی گئی ہے جہاں حزبِ معمول ایک ہی افقی مدد ہے جو v_{BE} کو ظاہر کرتا ہے جبکہ عمودی محدود کی تعداد تین ہے جو i_C ، i_B اور i_E کو ظاہر کرتے ہیں۔ v_{BE} میں اور پیمائش وولٹ V میں دی گئی ہے جبکہ i_C اور i_E کی mA میں اور



شکل 34.3: برقی رو بال مقابل برقی دباؤ

i_B کی μ A میں دی گئی ہے۔ $\beta = 100$ تصور کرتے ہوئے نقطہ P پر $i_E = 0.202$ mA اور $i_B = 2$ μ A، $i_C = 0.2$ mA اور $v_{BE} = 0.61$ V ہیں۔ بالکل ڈائیوڈ کی طرح، جہاں اشد درستگی درکار نہ ہو وہاں، ٹرانزسٹر کے ادوار کے یک سمتی حل حاصل کرتے وقت سیدھے مائل بیس-ایمیٹر جوڑ پر برقی دباؤ v_{BE} کو 0.7V ہی لیا جاتا ہے۔ اسی طرح یہاں بھی $v_{BE} = 0.5$ V سے کم برقی دباؤ پر برقی رو کی قیمت قابل نظر انداز ہوتی ہے اور اس صورت میں ٹرانزسٹر کے اس جوڑ کو غیر-چالو تصور کیا جاتا ہے۔ یوں ٹرانزسٹر کے لئے بھی چالو کردہ برقی دباؤ کی قیمت 0.5 V ہے۔

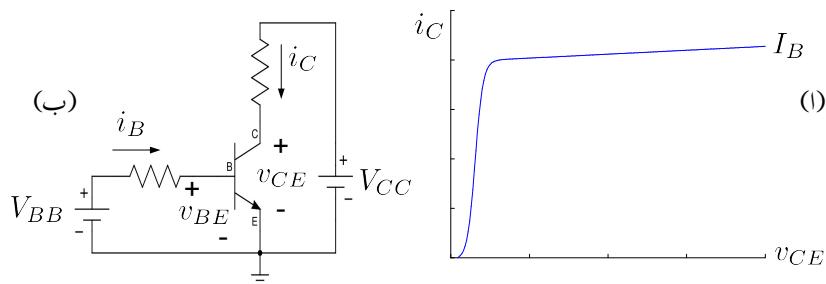
بالکل ڈائیوڈ کی طرح i_C برقرار رکھتے ہوئے، ایک ڈگری سنتی گریڈ درجہ حرارت بڑھانے سے v_{BE} کی قیمت 2 mV گھٹتی ہے یعنی

$$(61.3) \quad \frac{\Delta v_{BE}}{\Delta T} = -2 \text{ mV/}^{\circ}\text{C}$$

بھی اسی شرح سے حرارت کے ساتھ گھٹتا ہے۔

خط $i_C - v_{CE}$ 2.9.3

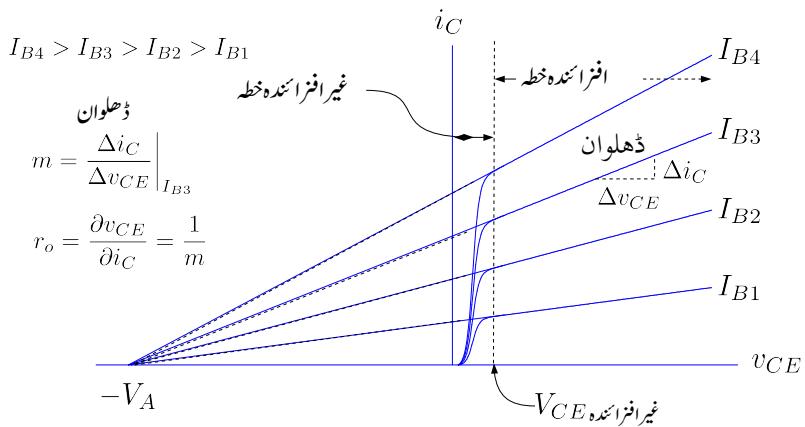
شکل 35.3 الف میں npn ٹرانزسٹر کے i_C بال مقابل v_{CE} کا گراف دکھایا گیا ہے جسے حاصل کرتے وقت i_B کو کسی ایک مقررہ قیمت I_B پر رکھا گیا۔ شکل

شکل 35.3 $i_C - v_{CE}$ ٹرانزسٹر کا گراف

35.3 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 مقررہ I_B پیدا کیا جاتا ہے۔ i_B کو برقرار 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 قدم با قدم صفر ولٹ 0V سے بڑھایا جاتا ہے اور ہر قدم پر ٹرانزسٹر کی برقی رو i_C اور برقی دباؤ v_{CE} ناپے جاتے ہیں۔ یوں ناپ شدہ i_C اور v_{CE} کا گراف شکل اف میں دکھایا گیا ہے جہاں گراف کے اوپر I_B لکھ کر اس بات کی یاد دہانی کرائی گئی ہے کہ یہ گراف مقررہ I_B پر حاصل کی گئی ہے۔ اسی طرز پر i_B کو مختلف قیتوں پر رکھ کر مختلف $i_C - v_{CE}$ کے خط حاصل کئے جا سکتے ہیں۔ اس طرح کے خطوط شکل 36.3 میں دکھائے گئے ہیں۔ ان گراف کو دیکھتے ہوئے یہ حقیقت سامنے آتی ہے کہ v_{CE} کی قیمت بتدریج کم کرتے ہوئے ایک مقام آتا ہے جہاں i_C کی قیمت نہایت تیزی سے گھٹنے شروع ہوتی ہے۔ اس مقام سے کم v_{CE} کے خطے کو غیر افزائندہ خط²⁶ جبکہ اس سے زیادہ v_{CE} کے خطے کو افزائندہ خط²⁷ کہتے ہیں۔ اس حصہ میں ہم افزائندہ خط پر غور کریں گے۔

افزائندہ خطے میں $i_C - v_{CE}$ کے خط سیدھی شکل اختیار کر لیتے ہیں۔ ہر خط ایک خاص ڈھلوان رکھتا ہے۔ اگر ان تمام خطوط کو منفرد v_{CE} کے جانب فرضی طور نقش کیا جائے تو یہ ایک ہی نقطہ پر جاملاً ہیں جہاں $v_{CE} = -V_A$

²⁶ saturation region
²⁷ active region



شکل 36.3: npn کے خطوط اور ارلی برقی دباؤ

نقش کو نقطہ دار لکیروں سے دکھایا گیا ہے۔ کسی بھی ٹرانزسٹر کے V_A کی قیمت کو بطور ثابت عدد کے بیان کیا جاتا ہے جسے الٹے برقی دباؤ²⁸ کہتے ہیں۔²⁹ دو جوڑ والے ٹرانزسٹروں کا ارلی برقی دباؤ پچاس ولٹ تا سو ولٹ ہوتا ہے۔ یہ معلومات ٹرانزسٹر بنانے والے صنعت کار مہیا کرتے ہیں۔

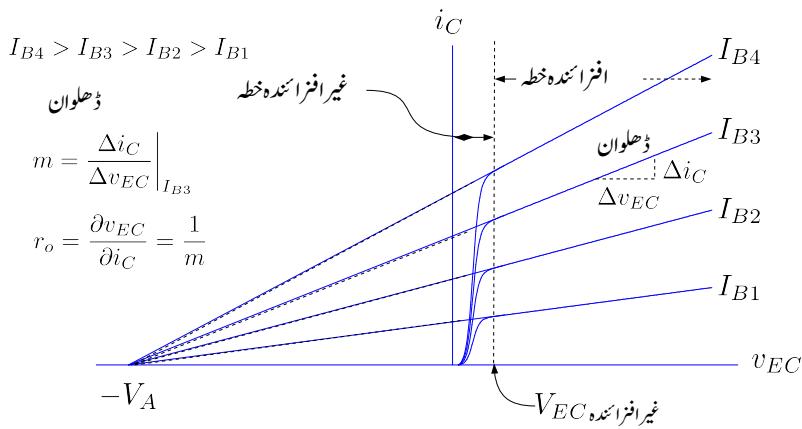
شکل 36.3 میں کسی ایک نقطہ پر خط کی ڈھلوان m دکھائی ہے یعنی

$$m = \frac{\Delta i_C}{\Delta v_{CE}} \Big|_{I_B3}$$

ٹرانزسٹر کے خارجی جانب خارجی مزاحمت r_o کو یوں لکھا جا سکتا ہے

$$\begin{aligned} r_o &= \frac{\partial v_{CE}}{\partial i_C} \Big|_{I_B} \\ &= \frac{1}{m} \\ &= \left. \frac{\partial i_C}{\partial v_{CE}} \right|_{I_B}^{-1} \end{aligned}$$

Early voltage²⁸
²⁹



شکل 37.3 میں $i_C - v_{CE}$ خطوط کے بچھے حصے پر (یعنی غیر افزائندہ خطوط کے بالکل قریب) کی قیمت استعمال کرتے ہوئے اس مساوات کو یوں لکھا جا سکتا ہے

$$(62.3) \quad r_o = \frac{V_A + V_{CE}}{I_C}$$

حقیقت میں افزائندہ خطے کے بچھے حصے پر (یعنی غیر افزائندہ خطے کے بالکل قریب) کی قیمت استعمال کرتے ہوئے اس مساوات کو یوں لکھا جا سکتا ہے

$$(63.3) \quad r_o \approx \frac{V_A}{I_C}$$

اگرچہ افزائندہ خطے میں v_{CE} کے تبدیلی سے I_C کی قیمت تبدیل ہوتی ہے مگر اس تبدیلی کو یک سمتی مطالعہ کے دوران نظر انداز کیا جاتا ہے۔ البتہ بدلتے رو مطالعہ میں r_o اہمیت رکھتا ہے۔

شکل 37.3 میں pnp ٹرانزسٹر کے $i_C - v_{EC}$ خطوط دکھائے گئے ہیں۔ $V_{EC_{\text{نیز افزائندہ}}} = 0.2 \text{ V}$ پر ٹرانزسٹر غیر افزائندہ جبکہ اس سے زیادہ پر افزائندہ ہوتا ہے۔

مثال 28.3: ایک ایسے npn ٹرانزسٹر جس کی ارلی برقی دباؤ کی قیمت پچاس ولٹ $V_A = 50\text{ V}$ ہے کی خارجی مزاحمت $100\text{ }\mu\text{A}$ ، 1 mA اور 10 mA کی برقی رو پر حاصل کریں۔

حل:

.1

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

.2

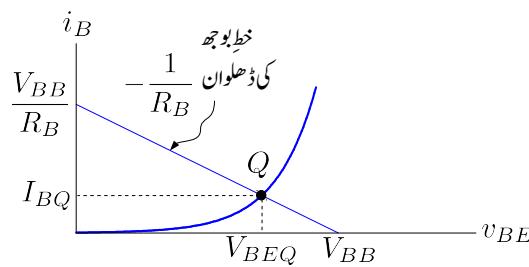
$$r_o = \frac{50}{10^{-3}} = 50\text{ k}\Omega$$

.3

$$r_o = \frac{50}{10 \times 10^{-3}} = 5\text{ k}\Omega$$

10.3 یک سمی ادوار کا ترسمی تجزیہ

اگرچہ ٹرانزسٹر ادوار کو عموماً الجبرائی طریقہ سے حل کیا جاتا ہے مگر گراف کے استعمال سے بہت گہری سمجھ پیدا ہوتی ہے۔ اس طریقہ کو سمجھنے کے بعد ٹرانزسٹر ادوار تخلیق دینے میں آسانی پیدا ہوتی ہے۔ آئیں شکل 39.3 میں دئے دور کو گراف کی مدد سے حل کرتے ہیں۔



شکل 38.3: داخلي جانب کے نقط مائل کا حصول

1.10.3 یک سمتی رو خط بوجھ

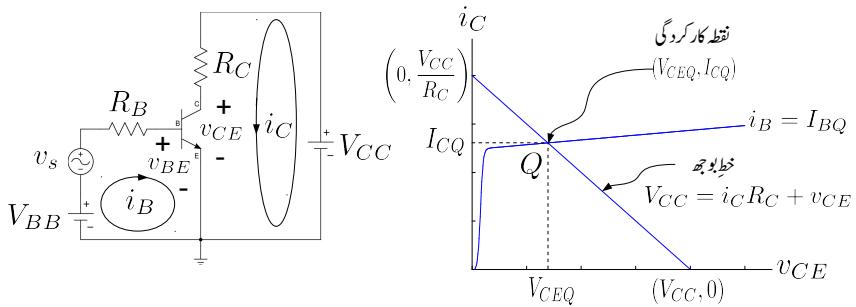
شکل 39.3 میں، بدلتے اشارہ v_s کو نظر انداز کرتے ہوئے، ٹرانزسٹر دور کے داخلي جانب ہم لکھ سکتے ہیں۔

$$(64.3) \quad V_{BB} = i_B R_B + v_{BE}$$

چونکہ ٹرانزسٹر کا بیس-بیس جوڑ بالکل ایک ڈائیوڈ کی مانند ہوتا ہے لہذا مندرجہ بالا مساوات کو داخلي جانب کا یک سمتی بوجھ کا خط کہا جا سکتا ہے۔ ٹرانزسٹر کے i_B خط پر v_{BE} اس کو مساوات کو کھینچنے سے نقط مائل حاصل ہوتا ہے جس سے جس سے I_{BQ} اور V_{BEQ} حاصل ہوتے ہیں۔ یہ عمل شکل 38.3 میں دکھایا گیا ہے۔ اسی طرح، بدلتے اشارات کو نظر انداز کرتے ہوئے، شکل 39.3 میں ٹرانزسٹر دور کے خارجي جانب ہم لکھ سکتے ہیں۔

$$(65.3) \quad V_{CC} = i_C R_C + v_{CE}$$

اس مساوات کو ٹرانزسٹر کے $i_C - v_{CE}$ 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 $\left(0, \frac{V_{CC}}{R_C}\right)$ پر تکراتا ہے اور اس کی ڈھلوان $i_C - v_{CE}$ خط پر ہے۔ یہاں اس بات کو بد 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 39.3 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 خاطر دو مساوات درکار ہوتے ہیں۔ خط بوجھ کی مساوات پہلی مساوات ہے جبکہ ٹرانزسٹر کا



شکل 39.3: یک سمتی خط بوجھ۔

$i_C - v_{CE}$ خط دوسرے مساوات کا گراف ہے۔ جہاں دو مساوات کے گراف ملتے ہیں یہی ان کا حل ہوتا ہے۔ شکل میں اسے نقطہ کارکردگی Q کہا گیا ہے اور اس نقطے پر متغیرات کی قیمت (V_{CEQ}, I_{CQ}) ہے۔ یوں اس دور میں ٹرانزسٹر کے خارجی جانب برتنی رو کی قیمت جبکہ اس کے میں۔ لکھر سروں کے مابین برتنی دباؤ کی قیمت V_{CEQ} ہو گی۔

2.10.3 باریک اشارات

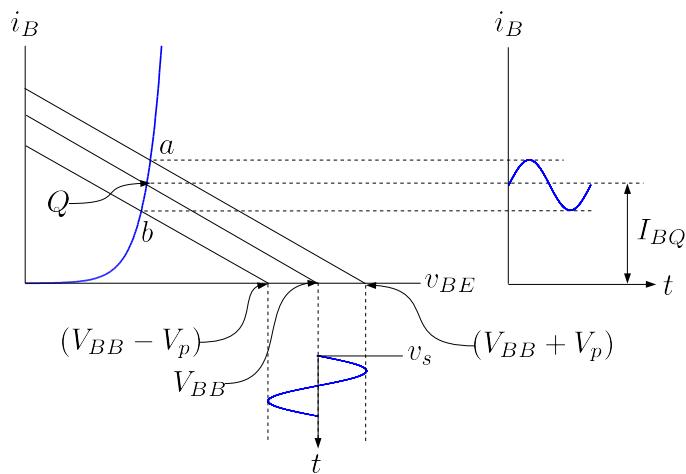
آئیں اب شکل 39.3 میں باریک اشارات پر غور کریں۔ باریک اشارہ v_s کے موجودگی میں ٹرانزسٹر کے داخلی جانب کل برتنی دباؤ $(V_{BB} + v_s)$ ہو گا اور ہم اس جانب خط بوجھ کی مساوات یوں لکھ سکتے ہیں۔

$$(66.3) \quad V_{BB} + v_s = i_B R_B + v_{BE}$$

خط بوجھ کی یہ مساوات $i_B - v_{BE}$ کے گراف پر کچھ گئی شکل 40.3 میں دکھائی گئی ہے جہاں

$$(67.3) \quad v_s = V_p \sin \omega t$$

تصور کیا گیا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ خط بوجھ اپنی جگہ سے ہلتا ہے جس کی وجہ سے نقطہ کارکردگی $i_B - v_{BE}$ خط پر Q کے قریب قریب رہتے ہوئے a اور b



شکل 40.3: باریک اشارات بذریعہ گراف

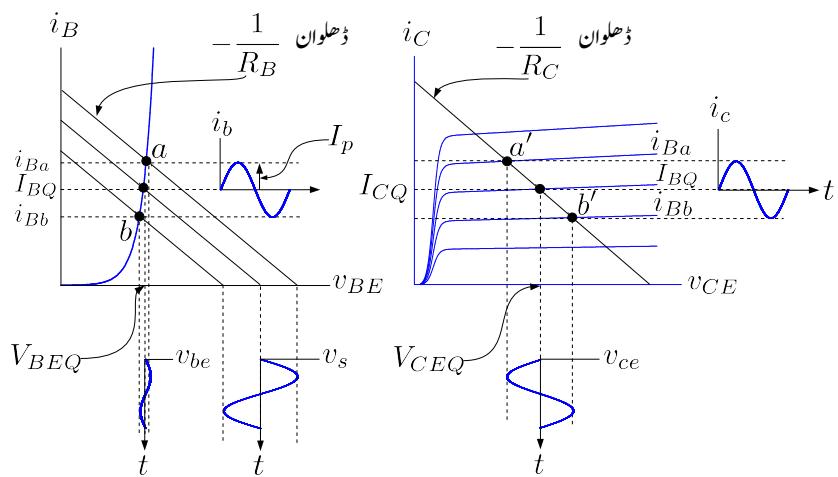
کے درمیان چال قدیمی کرتا ہے جس سے i_B کی قیمت بھی I_{BQ} سے انحراف کرتی ہے۔ i_B کو یوں لکھا جا سکتا ہے۔

$$(68.3) \quad i_B = I_{BQ} + I_p \sin \omega t$$

جہاں نقطہ کارکردگی کے قریب $i_B - v_{BE}$ خط کو سیدھا تصور کیا گیا ہے۔ شکل 41.3 میں باریک اشارہ v_s اور اس کے پیدا کردہ i_b ، v_{be} ، i_c اور v_{ce} اشارات دکھائے گئے ہیں۔ v_s ، i_b ، v_{be} اور i_c اور v_{ce} ان سب سے 180° کے زاویہ پر ہے۔ یاد رہے کہ تمام اشارات کا دوری عرصہ یکساں ہے چونکہ ایمپلینیٹر اشارے کے تعداد کو تبدیل نہیں کرتا۔

3.10.3 بر قی دباؤ V_{CC} اور مزاحمت R_C کے نقطہ کارکردگی پر اثرات

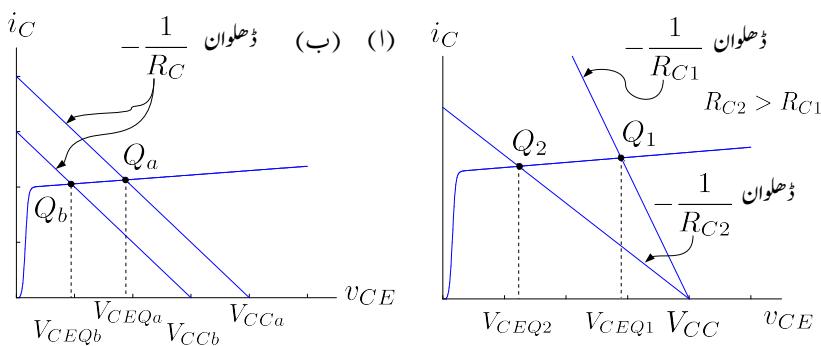
شکل 39.3 میں ایک مرتبہ R_C کی قیمت R_{C1} رکھی گئی اور دوسری مرتبہ اسے R_{C2} رکھا گیا جبکہ بقیا دور میں کوئی تبدیلی نہیں کی گئی۔ R_{C2} کی قیمت R_{C1} سے زیادہ ہے۔ ان دونوں صورتوں کو شکل 42.3 میں دکھایا گیا ہے۔ R_{C1} کی



شکل 41.3: باریک اشارات

صورت میں خط بوجھ ٹرانزسٹر کے $i_C - v_{CE}$ خط کو Q_1 پر لکراتا 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 پر لکراتا ہے جہاں v_{CE} کی قیمت V_{CEQ2} ہے۔ یوں آپ دیکھ سکتے ہیں کہ خط بوجھ کے مساوات (یعنی مساوات 65.3) 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 محور کو V_{CC} پر ہی لکراتے ہیں۔

شکل 42.3 ب میں صرف برقی دباؤ V_{CC} کے تبدیل ہونے کے اثرات کو دکھایا گیا ہے جہاں V_{CCa} کی قیمت V_{CCb} سے زیادہ رکھی گئی ہے۔ V_{CC} کو V_{CCa} سے بڑھا کر V_{CCa} کرنے سے نقطہ کارکردگی Q_a سے Q_b منتقل ہوتا ہے جبکہ خط بوجھ کی ڈھلوان تبدیل نہیں ہوتی۔



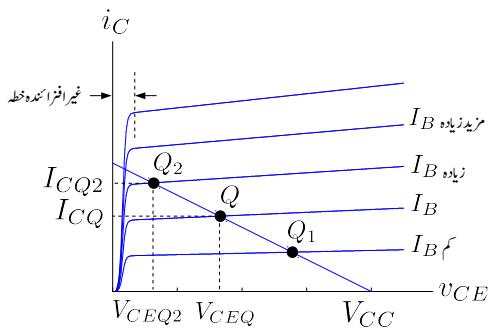
شکل 42.3: نقطہ کارکردگی پر منج برقی دباؤ اور مزاحمت کے اثرات

4.10.3 داخلی برقی رو کے نقطہ کارکردگی پر اثرات

شکل 43.3 میں خط بوجھ مختلف داخلی برقی رو I_B پر $i_C - v_{CE}$ خطوط پر نقش کیا گیا ہے۔ اگر داخلی برقی رو کو I_B سے بڑھا کر $I_{B, \text{زیادہ}}$ کر دیا جائے تو نقطہ کارکردگی Q سے Q_2 منتقل ہو جائے گا۔ یوں برقی رو I_{CQ} سے بڑھ کر I_{CQ2} ہو جائے گی جبکہ برقی دباؤ V_{CEQ} سے کم ہو کر V_{CEQ2} ہو جائے گا۔ اگر I_B کو مزید بڑھا کر $I_{B, \text{زیادہ}}$ کیا جائے تو نقطہ کارکردگی غیر افزائندہ نقطے میں داخل ہو جاتا ہے جہاں v_{CE} کی قیمت نیز افزائندہ یعنی 0.2 V سے بھی کم ہو جاتی ہے۔ I_B کو مزید بڑھانے سے نہ تو i_C اور نہ ہی v_{CE} کی قیمت میں خاطر خواہ تبدیلی رو نما ہوتی ہے۔ یہی وجہ ہے کہ اس خطے کو غیر افزائندہ خطہ کہتے ہیں۔

آپ دیکھ سکتے ہیں کہ I_B کی قیمت بڑھاتے ہوئے ٹرانزسٹر آخر کار غیر افزائندہ خطے میں داخل ہو جاتا ہے جہاں اس میں برقی رو I_{CQ} کی قیمت تقریباً $\frac{V_{CC}}{R_C}$ ہی رہتی ہے۔ غیر افزائندہ خطے میں داخل ہونے کے بعد I_B بڑھانے سے ٹرانزسٹر غیر افزائندہ خطے کے مزید گہرائی میں چلا جاتا ہے۔ اس خطے میں ٹرانزسٹر کمکل طور چالو ہوتا ہے اور یہ چالو برقی سوچ کا کردار ادا کرتا ہے۔ یہ صورت حال شکل 43.3 میں دکھایا گیا ہے۔

اس کے برعکس اگر I_B کی قیمت بذریعہ کم کی جائے تو نقطہ کارکردگی اس جانب حرکت کرتا ہے جس جانب I_{CQ} کی قیمت کم ہوتی ہے۔ اگر I_B کو نہایت کم

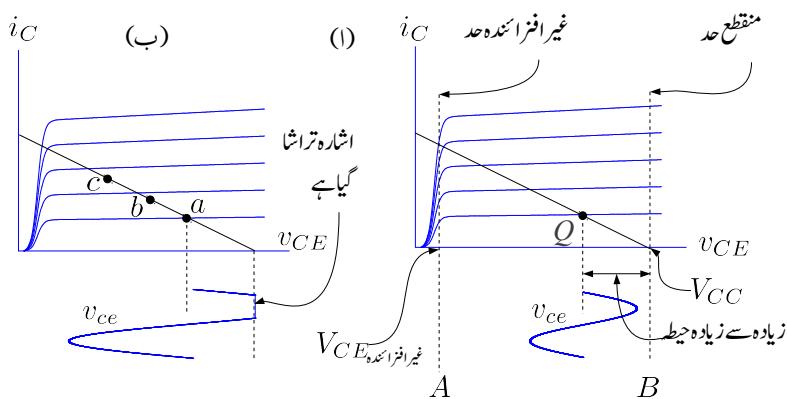


شکل 43.3: نقطہ کارکردگی بالمقابلِ داخلی برقی رو

یا اسے بالکل روک کر صفر کر دیا جائے تو نقطہ کارکردگی افقی محور سے نکلا جائے گا جہاں $V_{CEQ} = V_{CC}$ اور $I_{CQ} = 0A$ صورت اختیار کئے ہوتا ہے اور یہ ایک مفقط برقی سوچ کا کردار ادا کرتا ہے۔

5.10.3 خارجی اشارہ کے حدود

مندرجہ بالا حصے میں ہم نے دیکھا کہ I_B کو بڑھا کر ٹرانزسٹر کو غیر افراستنہ کیا جا سکتا ہے جبکہ اسے گھٹا کر ٹرانزسٹر کو مفقط کیا جا سکتا ہے۔ ٹرانزسٹر کو بطور ایکلیفائر استعمال کرتے ہوئے اس بات کو یقین رکھنا ضروری ہے کہ ٹرانزسٹر افراستنہ خطے میں ہی رہے۔ نقطہ کارکردگی تعین کرنے کے پیچے کئی وجوہات ہو سکتے ہیں۔ شکل 44.3 میں نقطہ کارکردگی کو یوں رکھا گیا ہے کہ اشارہ کے عدم موجودگی میں I_{BQ} کم سے کم ہو۔ موبائل فون میں ایسا ہی کیا جاتا ہے تا کہ اس کی بیڑی زیادہ وقت بغیر بھرے کے کام کر سکے۔ شکل الف میں اس ایکلیفائر کا خارجی اشارہ v_{ce} دکھایا گیا ہے۔ اگر ایکلیفائر کا داخلی اشارہ v_s مزید بڑھ جائے تو ظاہر ہے کہ v_{ce} بھی بڑھنے کی کوشش کرے گا لیکن جیسے شکل ب سے واضح ہے کہ ایسا نہیں ہو گا۔ اگرچہ v_{ce} کا آدھا لہر صحیح بڑھ گیا ہے لیکن اس کا دوسرا حصہ تراشا گیا ہے۔ اگر نقطہ کارکردگی کو 'a' سے قدر بائیں نقطہ 'b' پر منتقل کر دیا جائے تو موجودہ v_{ce} بغیر تراشے حاصل کیا جا سکتا ہے۔ آپ یہ بھی دیکھو



شکل 44.3: خارجی اشارہ کے حدود

سکتے ہیں کہ اگر نقطہ کارکردگی کو مزید بائیں، نقطہ c پر منتقل کر دیا جائے تو v_{ce} لہر کا دوسرا جانب تراشنا شروع ہو جائے گا۔ جیسے شکل 44.3 الف میں دکھایا گیا ہے کہ افزائندہ ٹرانزسٹر کے v_{CE} کی کم سے کم ممکنہ قیمت $V_{CE\text{افزائندہ حد}}$ ہے جبکہ اس کی زیادہ سے زیادہ ممکنہ قیمت V_{CC} ہے۔ ان حدود کو A اور B نقطے دار لکیروں سے دکھایا گیا ہے۔ v_{CE} ان حدود سے تجاوز نہیں کر سکتا لہذا نقطہ کارکردگی Q کے ایک جانب خارجی اشارے کی چوٹی A تک اور دوسری جانب B تک بغیر تراشے بڑھائی جا سکتی ہے۔ جیسے شکل الف میں دکھایا گیا ہے یوں ہم سائن-منا خارجی اشارہ v_{ce} کی زیادہ سے زیادہ چوٹی کی حد کا تعین اس شکل سے کر سکتے ہیں۔

6.10.3 بدلتی رو، خطی بوجھ

ٹرانزسٹر ادوار میں V_{BE} اور R_E کے تبدیلی سے نقطہ کارکردگی کے تبدیلی کو روکنے کی خاطر استعمال کیا جاتا ہے۔ البتہ جیسے آپ صفحہ 380 پر مساوات 217.3 میں دیکھیں گے، R_E کے استعمال سے ٹرانزسٹر ایمپلیفیٹر کی افزائش کم ہو جاتی ہے۔ نقطہ کارکردگی یک سمی رو سے تعین کیا جاتا ہے جبکہ افزائش کا تعلق بدلتے اشارات کے ساتھ ہے۔ یوں اگر کسی طرح یک سمی رو کے نقطہ نظر سے R_E دور میں پایا جائے جبکہ

بدلتے اشارے کے نقطہ نظر سے R_E کی قیمت صفر کر دی جائے تو دونوں واجبات پورے ہوں گے۔ شکل 45.3 الف میں R_E کے متوازی لامحدود قیمت کا کپیسٹر نب کیا گیا ہے۔ یک سمتی رو کپیسٹر سے نہیں گزرتی، لہذا نقطہ کارکردگی حاصل کرتے وقت R_E کو نظر انداز کیا جائے گا۔ لامحدود کپیسٹر کی برقی رکاوٹ صفر اُوہم ہے جو R_E کے متوازی جڑا ہے۔ یوں بدلتا اشارہ R_E سے ہرگز نہیں گزرے گا بلکہ یہ کپیسٹر کے راستے گزرے گا۔ بدلتی رو کو مزاحمت کے تبادل راستہ فراہم کرنے والا کپیسٹر صفر کپیسٹر³⁰ پکارا جاتا ہے۔ لامحدود کپیسٹر کے کارکردگی پر باب 6 میں غور کیا جائے گا۔ اس حصے میں لامحدود کپیسٹر نب کرنے کے اثرات پر غور کیا جائے گا۔ اس کتاب کے حصہ 1.12.2 میں ڈائیڈ ادوار کے بدلتھ رو خلوبوچھ پر غور کیا گیا۔ آئینی ٹرانزسٹر کے بدلتھ رو خلوبوچھ پر غور کریں۔

شکل 45.3 الف کے خارجی جانب

$$(69.3) \quad V_{CC} = i_C R_C + v_{CE} + i_E R_E \\ \approx v_{CE} + i_C (R_C + R_E)$$

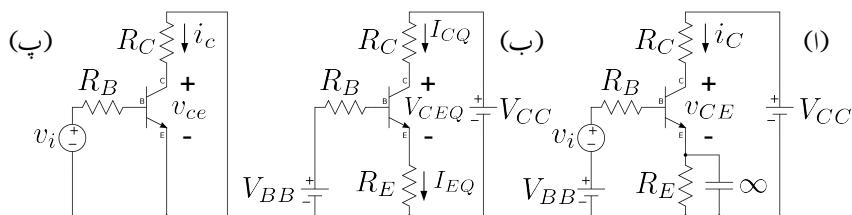
بوجھ خلیرو، سمتی یک

ہے جہاں $i_C \approx i_E$ ہے۔ ڈائیڈ کی طرح یہاں مندرجہ بالا مساوات کو یک سمتی رو خلوبوچھ پکارا جاتا ہے جسے عموماً چھوٹا کر کے صرف یک سمتی خلوبوچھ³¹ کہتے ہیں۔ شکل 46.3 الف میں i_E کو یک سمتی I_{EQ} اور بدلتے i_e حصوں میں لکھا گیا ہے۔ یک سمتی اشارے کے لئے کپیسٹر کھلے سرے کردار ادا کرتا ہے لہذا، جیسے شکل 46.3 ب میں دکھایا گیا ہے، I_{EQ} صرف مزاحمت R_E سے گزرے گا۔ یوں ٹرانزسٹر کے ایمیٹر پر $V_{EQ} = I_{EQ} R_E$ ہو گا۔ کپیسٹر پر بھی یہی یک سمتی برقی دباؤ پایا جائے گا۔

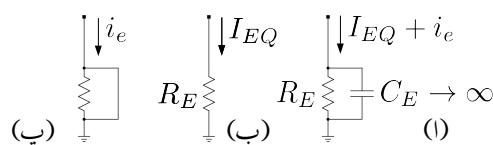
جیسے شکل 46.3 پ میں دکھایا گیا ہے، بدلتے اشارے کے لئے لامحدود کپیسٹر کی برقی رکاوٹ $\frac{1}{j\omega C_E} = 0$ ہو گی اور یوں i_e کپیسٹر کے راستے گزرے گا۔ اس طرح ٹرانزسٹر کے ایمیٹر پر برقی دباؤ پیدا کرنے میں i_e کوئی کردار ادا نہیں کرے گا۔ صرف I_E کے بدلت ایمیٹر پر برقی دباؤ $V_{EQ} = I_{EQ} R_E$ پیدا ہو گا۔ ان حقائق کو استعمال کرتے ہوئے مندرجہ بالا مساوات میں تغیرات کو یک سمتی اور بدلتے حصوں میں لکھتے ہیں

$$(70.3) \quad V_{CC} = (I_{CQ} + i_c) R_C + (V_{CEQ} + v_{ce}) + I_{EQ} R_E$$

bypass capacitor³⁰
DC load line³¹



شکل 45.3: کپیسٹر اور بدلتے رو، خطوط بوجہ۔



شکل 46.3: یک سمتی اور بدلتے رو کی علیحدگی

بدلتے اشارات کے عدم موجودگی میں مساوات 70.3 کو یوں لکھا جا سکتا ہے

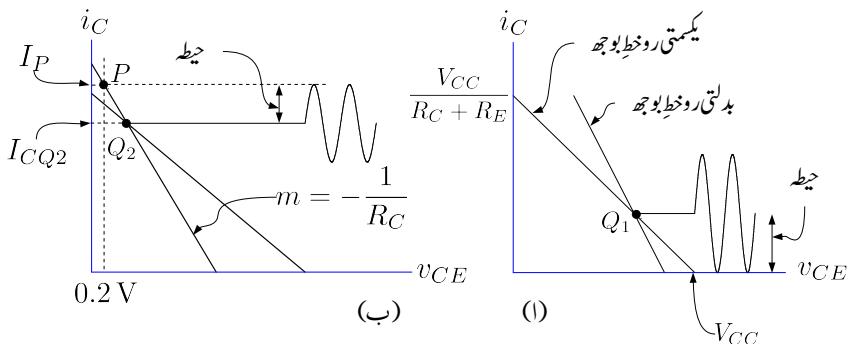
$$(71.3) \quad V_{CC} \approx V_{CEQ} + I_{CQ} (R_C + R_E) \quad \text{بوجہ خطی رو، سمتی یک}$$

جہاں $I_{EQ} \approx I_{CQ}$ لیا گیا ہے۔ آپ تسلی کر لیں کہ بدلتے اشارے کے عدم موجودگی میں مندرجہ بالا مساوات اور مساوات 69.3 ایک ہی خط کو ظاہر کرتے ہیں لہذا مساوات 71.3 بھی کیسے سمتی رو، خطوط بوجہ کی مساوات ہے۔

شکل 45.3 ب سے بھی مساوات 71.3 حاصل ہوتا ہے لہذا شکل 45.3 ب درحقیقت شکل 45.3 الف کا مساوی یک سمتی دور ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ یک سمتی دور حاصل کرنے کی خاطر کپیسٹر کو کھلے سرے اور بدلتے اشارہ v_i کو صفر کرتے ہوئے بقايا دور لیا جاتا ہے۔

بدلتے اشارے کے موجودگی میں مساوات 70.3 کے یک سمتی اجزاء کو مساوات کے ایک جانب جبکہ بدلتے اجزاء کو دوسرے جانب لکھتے ہیں۔

$$(72.3) \quad i_c R_C + v_{ce} = \underbrace{V_{CC} - I_{CQ} R_C - V_{CEQ} - I_{EQ} R_E}_0$$



شکل 47.3: بدلتی رو، خط بوجھ پر چل قدمی

مساوات 71.3 کو $V_{CC} - I_{CQ}R_C - V_{CEQ} - I_{CQ}R_E = 0$ لکھتے ہوئے ہم دیکھتے ہیں کہ مندرجہ بالا مساوات میں مساوی نشان کے دائیں جانب صفر لکھا جا سکتا ہے لہذا اس سے (73.3)

$$i_c R_C + v_{ce} = 0 \quad \text{بوجھ خط پر، بدلتی}$$

حاصل ہوتا ہے جو بدلتی رو خط بوجھ ہے جسے عموماً بدلتی رو خط بوجھ³² پکارا جاتا ہے۔ شکل 45.3 پ سے بھی یہی مساوات حاصل ہوتا ہے۔ بدلتی رو، مساوی شکل حاصل کرتے وقت تمام یک سمتی برقی دباد کی منع اور تمام کپیسٹروں کو قصر دور کرتے ہوئے دور کا بقایا حصہ لیا جاتا ہے۔

مساوات 71.3 سے یک سمتی خط بوجھ کی مزاحمت $R_{\text{یکمی}} = R_C + R_E$ جبکہ مساوات 73.3 سے بدلتی رو خط بوجھ کی مزاحمت $R_{\text{بدلتی}} = R_E$ حاصل ہوتے ہیں۔ یہ ایک دلچسپ صورت ہے۔ بدلتے اشارے کے عدم موجودگی میں دور کا نقطہ کارکردگی یک سمتی رو خط بوجھ پر پایا جائے گا جبکہ بدلتے اشارے کے موجودگی میں دور بدلتی رو خط بوجھ پر چل قدمی کرے گا۔

شکل 47.3 الف میں یک سمتی رو خط بوجھ پر Q_1 نقطہ کارکردگی ہے۔ بدلتے اشارے کے عدم موجودگی میں ٹرانزسٹر اسی نقطے پر رہے گا۔ بدلتی رو خط بوجھ اسی نقطے پر کھینچا جاتا ہے۔ یک سمتی رو، خط بوجھ کی ڈھلوان $\frac{1}{R_{\text{یکمی}}}$ ہے۔ اسی طرح بدلتی رو، خط بوجھ کی ڈھلوان

$$m = -\frac{1}{R_{\text{بدلتی}}} \quad \text{ہے۔}$$

AC load line³²

بدلتے اشارے کے موجودگی میں ٹرانزسٹر بدلتی رو، خط بوجھ پر چل قدمی کرے گا۔ سائنس نما بدلتے اشارے کے موجودگی میں i_C دکھایا گیا ہے۔ شکل میں زیادہ سے زیادہ ممکنہ منفی جیٹے کا i_C دکھایا گیا ہے۔ اگر داخلی اشارے کو مزید بڑھایا جائے تو i_C کا نچلا یعنی منفی حصہ تراشا جائے گا۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ نقطہ کارکردگی کو (V_{CEQ}, I_{CQ}) پر رکھتے ہوئے زیادہ سے زیادہ ممکنہ منفی جیٹے I_{CQ} حاصل ہوتا ہے۔

شکل 47.3 ب میں یک سمتی رو خط بوجھ پر Q_2 نقطہ کارکردگی ہے۔ سائنس نما بدلتے اشارے کے موجودگی میں i_C دکھایا گیا ہے۔ غیر افزائندہ V_{CE} یعنی $0.2V$ پر نقطے دار عمودی لکیر لگائی گئی ہے جسے بدلتی رو خط بوجھ P پر لکراتا ہے۔ چونکہ ٹرانزسٹر V_{CE} سے کم برقی دباؤ پر قوت افزائش کھو دیتا ہے لہذا i_C کی ثبت چھوٹی شکل میں دکھائے I_P پر تراشی جائے گی۔ اس طرح i_C کا زیادہ سے زیادہ ممکنہ جیٹے $I_P - I_{CQ2}$ کے برابر ہو گا۔

اسیں بدلتی رو خط بوجھ کے خط کی مساوات حاصل کریں۔ محمد پر $x - y$ مدد پر m ڈھلوان اور نقطے $(x' - y')$ سے گزرتے خط کی مساوات $y - y' = m(x - x')$ ہوتی ہے۔ موجودہ مسئلہ میں $i_C - v_{CE}$ محمد پر نقطے (V_{CEQ}, I_{CQ}) پر بدلتی رو خط بوجھ کی مساوات درکار ہے۔ بدلتی رو خط بوجھ کے خط کی ڈھلوان $\frac{1}{R_c} -$ مساوات ہے لہذا اس کی

$$(74.3) \quad i_C - I_{CQ} = -\frac{1}{R_c} (v_{CE} - V_{CEQ})$$

شکل 47.3 میں نقطہ کارکردگی کو Q_1 اور Q_2 کے درمیان یوں رکھا جا سکتا ہے کہ i_C کا جیٹے دونوں جانب برابر تراشا جائے۔ اس طرح زیادہ سے زیادہ ممکنہ جیٹے کا i_C حاصل کیا جا سکتا ہے۔ مساوات 74.3 کو استعمال کرتے ہوئے اس نقطے کو حاصل کرتے ہیں۔ شکل 48.3 میں یک سمتی رو، خط بوجھ اور بدلتی رو، خط بوجھ دکھائے گئے ہیں۔ V_{CE} کو نظر انداز کرتے ہوئے ہم دیکھتے ہیں کہ اگر بدلتی رو، خط بوجھ عمودی محمد کو $2I_{CQ}$ پر چھوئے تب i_C کے دونوں جانب نا تراشا جیٹے I_{CQ} ہو گا۔ مساوات 74.3 میں یوں $i_C = 2I_{CQ}$ پر $v_{CE} = 0$ پر رکھتے ہوئے

$$2I_{CQ} - I_{CQ} = -\frac{1}{R_c} (0 - V_{CEQ})$$

لیعنی

$$(75.3) \quad V_{CEQ} = I_{CQ} R_C$$

حاصل ہوتا ہے۔ اس مساوات کو بھی شکل میں دکھایا گیا ہے۔ جہاں یہ مساوات اور یک سمتی روختہ بوجھ آپس میں ملتے ہیں وہ درکار نقطہ کارکردگی ہے۔ مساوات 71.3 میں $I_{CQ} \approx I_{EQ}$ لکھتے ہوئے اس میں مساوات 75.3 پر کرتے ہوئے دونوں جانب زیادہ سے زیادہ جیٹھ حاصل کرنے کے لئے درکار نقطہ کارکردگی پر برتنی رو

$$I_{CQ} = \frac{V_{CC}}{2R_C + R_E}$$

حاصل ہوتی ہے۔ اس مساوات میں $R_{\text{بُرٰتی}} = R_C$ اور $R_{\text{یکمیتی}} = R_C + R_E$ لکھتے ہوئے ایسا مساوات حاصل ہوتا ہے جو یاد رکھنے کے لئے زیادہ آسان ثابت ہوتا ہے یعنی

$$(76.3) \quad I_{CQ} = \frac{V_{CC}}{R_{\text{بُرٰتی}} + R_{\text{یکمیتی}}}$$

اس مساوات کو مساوات 75.3 کے ساتھ ملاتے ہوئے

$$(77.3) \quad V_{CEQ} = \frac{R_{\text{بُرٰتی}} V_{CC}}{R_{\text{بُرٰتی}} + R_{\text{یکمیتی}}}$$

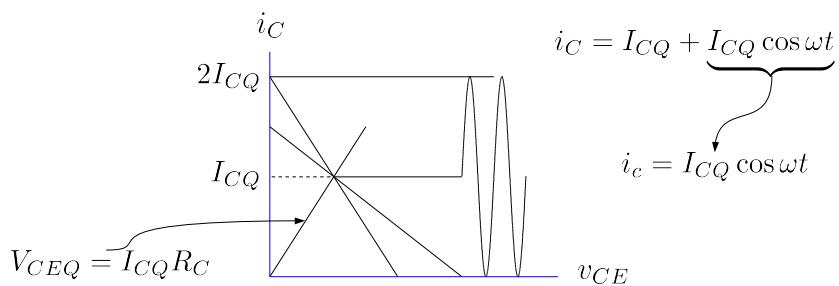
حاصل ہوتا ہے۔ مساوات 76.3 اور مساوات 77.3 زیادہ سے زیادہ ممکنہ جیٹھ کا خارجی بدلتا اشارہ حاصل کرنے کے لئے درکار نقطہ کارکردگی دیتے ہیں۔

مثال 29.3: شکل 45.3 الف میں $R_E = 200\Omega$ ، $R_C = 1k\Omega$ اور $V_{CC} = 12V$ ہیں۔ کمیٹر کی قیمت کو لاحدہ تصور کرتے ہوئے بدلتے اشارے کا زیادہ سے زیادہ ممکنہ جیٹھ حاصل کرنے کے لئے درکار نقطہ کارکردگی حاصل کریں۔

حل: مساوات 76.3 اور مساوات 77.3 میں $R_{\text{یکمیتی}} = 1000 + 200 = 1200$ اور $R_{\text{بُرٰتی}} = 1000$ استعمال کرتے ہوئے

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

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



نکل 48.3: زیادہ سے زیادہ ممکنہ جیٹھ حاصل کرنے کے لئے درکار تقطیع کارکردگی

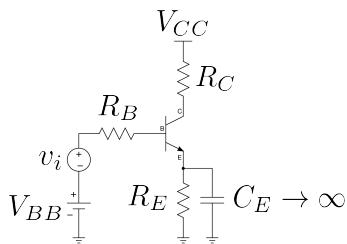
نقطہ کارکردگی حاصل ہوتا ہے۔ یوں خارجی برقی رو کا زیادہ سے زیادہ ممکنہ جیٹھ 5.45 mA ہے۔

مثلاً 30.3 میں مندرجہ بالا مثال میں $\beta = 37$ اور R_B کی مقدار ہے۔ کرنوف کے حاصل کریں۔

حل: $R_E = \frac{10R_B}{\beta+1}$ کے استعمال سے $R_E = 760 \Omega$ حاصل ہوتا ہے۔ کرنوف کے قانون برائے برقی دباؤ کے استعمال سے

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

حاصل ہوتا ہے۔



شکل 49.3: بدلتی رو، خط بوجہ کی مثال

مثال 31.3: شکل 49.3 میں $R_C = 1.2 \text{ k}\Omega$ ، $V_{CC} = 17 \text{ V}$ جبکہ کپیسٹر کی قیمت $V_{BE} = 0.6 \text{ V}$ تا 0.8 V ممکن ہے۔ ٹرانزسٹر کے β کی قیمت 50 ± 150 تا 50 ± 150 جبکہ کپیسٹر کی قیمت V_{CE} نیز اخراستہ ہے۔ V_{CE} کو 0.2 V لیتے ہوئے، i_C کم از کم $\pm 4 \text{ mA}$ اور R_E کے ایسی قیمتیں حاصل کریں کہ R_E کے تک ممکن ہو۔

حل: شکل 50.3 میں صورت حال دکھائی گئی ہے۔ یہ سمتی رو، خط بوجہ افی محور کو V_{CC} پر جبکہ عمودی محور کو $\frac{V_{CC}}{R_C + R_E}$ پر چھوتا ہے۔ بدلتی رو، خط بوجہ کی ڈھلوان ہے۔ جب تک بدلتی رو، خط بوجہ Q_1 اور Q_2 کے درمیان یک سمتی رو، خط بوجہ کے کلکرائے اس وقت تک i_C کا جیٹہ $\pm 4 \text{ mA}$ ممکن ہے۔ Q_1 اور Q_2 کے درمیان کسی اور مقام پر بدلتی رو، خط بوجہ پائے جانے کی صورت میں i_C کا جیٹہ $\pm 4 \text{ mA}$ یا اس سے زیادہ ممکن ہو گا۔

Q_1 پر پائے جانے والا بدلتی رو، خط بوجہ کی صورت میں i_C کا جیٹہ I_{CQ1} کے برابر ہو گا۔ اگر I_{CQ1} کی قیمت 4 mA ہو تو i_C کا جیٹہ $\pm 4 \text{ mA}$ ممکن ہو گا۔ یوں

$$(78.3) \quad I_{CQ1} = 4 \text{ mA}$$

Q_2 پر پائے جانے والا بدلتی رو خط بوجھ، V_{CE} پر عمودی کھنچے خط کو نقطے P پر لکھ رہا ہے۔ چونکہ V_{CE} سے کم برقی دباؤ پر ٹرانزسٹر قوت افزائش کو دیتا ہے لہذا i_C کا جیٹ $I_P - I_{CQ2}$ کے برابر ہو گا۔ اس طرح اگر Q_2 پر برقی رو I_{CQ2} اور نقطے P پر $I_{CEQ2} + 4 \text{ mA}$ ہو تو i_C کا جیٹ ممکن ہو گا۔ $\mp 4 \text{ mA}$

کسی بھی سیدھے خط کی مساوات حاصل ہوتا ہے جہاں Δy اور Δx اس خط پر کسی دو نقطوں سے حاصل کئے جاسکتے ہیں۔ بدلتی رو، خط بوجھ پر Q_2 اور P دو نقطیں ہیں جن سے

$$-\frac{1}{1200} = \frac{I_{CQ2} + 4 \text{ mA} - I_{CQ2}}{V_{CEQ2} - V_{CEQ2}}$$

یعنی

$$V_{CEQ2} - 0.2 = 4 \times 10^{-3} \times 1200$$

یعنی

$$(79.3) \quad V_{CEQ2} = 5 \text{ V}$$

لکھا جا سکتا ہے۔ یک سمتی رو، خط بوجھ کی مساوات شکل 49.3 کے خارجی جانب کرخوف کے قانون سے یوں لکھی جا سکتی ہے

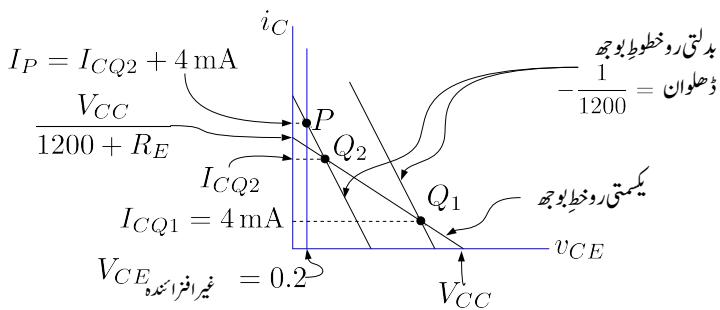
$$(80.3) \quad V_{CC} = V_{CEQ2} + I_{CQ2} (R_C + R_E)$$

مساوات 79.3 کو مندرجہ بالا مساوات میں استعمال کرتے ہیں

$$V_{CC} = 5 + I_{CQ2} (R_C + R_E)$$

جس سے I_{CQ2} کی قیمت

$$(81.3) \quad I_{CQ2} = \frac{V_{CC} - 5}{R_C + R_E} = \frac{12}{1200 + R_E}$$



شکل 50.3

حاصل ہوتی ہے۔ نقطہ کار کر دگی کو Q_1 اور Q_2 کے درمیان رکھنے کی خاطر کا مندرجہ ذیل مساوات پر پورا اترتہ لازم ہے۔

$$(82.3) \quad \begin{aligned} I_{CQ1} &< I_{CQ} < I_{CQ2} \\ 4 \text{ mA} &< I_{CQ} < \frac{12}{1200 + R_E} \\ \text{جس سے } R_E &< 1.8 \text{ k}\Omega \end{aligned}$$

آنہیں اب β اور V_{BE} کے اثرات کو دیکھیں۔ شکل 49.3 کے داخلی جانب

$$(83.3) \quad V_{BB} = V_{BE} + I_{CQ} \left(\frac{R_B}{\beta + 1} + R_E \right)$$

یعنی

$$(84.3) \quad I_{CQ} = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{\frac{R_B}{\beta + 1} + R_E}$$

R_E کھا جا سکتا ہے۔ مساوات 83.3 کا کوئی واحد حل نہیں پایا جاتا ہے بلکہ مختلف لیتے ہوئے اسے حل کیا جا سکتا ہے۔ مثلاً اگر $R_E = 1 \text{ k}\Omega$ لیا جائے تو $\beta = 50$ پر $I_{CQ1} = 4 \text{ mA}$ حاصل ہوتا ہے۔ ہم دیکھتے ہیں کہ $R_B = 5.1 \text{ k}\Omega$

برقی رو اس وقت پائی جائے گی جب $\beta = 50$ اور $V_{BE} = 0.8 \text{ V}$ ہو۔ ان مقیتوں کو استعمال کرتے ہوئے

$$V_{BB} = 0.8 + 4 \times 10^{-3} \left(\frac{5100}{50+1} + 1000 \right) = 5.2 \text{ V}$$

حاصل ہوتا ہے۔ $\beta = 150$ اور $V_{BE} = 0.6 \text{ V}$ کی صورت میں مساوات 84.3 سے

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

حاصل ہوتا ہے۔ $I_{CQ2} = 5.45 \text{ mA}$ پر مساوات 82.3 سے $R_E = 1 \text{ k}\Omega$ ہوتا ہے جو کہ 4.45 mA سے زیادہ ہے۔ یوں

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

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

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

مطلوبہ جوابات ہیں۔

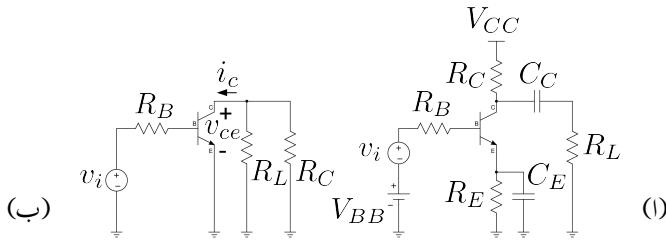
مثال 32.3: شکل 51.3 الف میں C_C کے ذریعہ ایکلینیٹر کو برقی بوجھ کے ساتھ وابستہ کیا گیا ہے۔ ایسا کپیسٹر جو دو حصوں کی والٹگی پیدا کرتے ہوئے ایک حصے سے دوسرے حصے میں اشارے کی منتقلی کرے جفت کپیسٹر³³ پکارا جاتا ہے۔ شکل میں i_C کا زیادہ سے زیادہ ممکنہ حیطہ اور اس کے لئے درکار نقطہ کارکردگی حاصل کریں۔ کپیسٹروں کی قیمت لامحدود تصور کریں۔

حل: یک سمیت رو کے لئے کپیسٹروں کو کھلے سرے کرتے ہوئے یک سمیت رو، خط بوجھ کی مساوات حاصل کرتے ہیں۔

$$(85.3) \quad V_{CC} = i_C R_C + v_{CE} + i_E R_E$$

$$(86.3) \quad \approx v_{CE} + i_C (R_C + R_E) \quad \text{بوجھ خطرو، سمیت یک}$$

³³ coupling capacitor



شکل 51.3:

بدلتے اشارے کے عدم موجودگی میں اس مساوات کو یوں لکھ سکتے ہیں۔

$$(87.3) \quad V_{CC} \approx V_{CEQ} + I_{CQ} (R_C + R_E) \quad \text{بوجھ خطرہ، سمتی یک}$$

شکل ب میں بدلتی رو، خط بوجھ حاصل کرنے کی خاطر V_{CC} ، V_{BB} اور کمپیٹروں کو قصر دور کیا گیا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ بدلتے اشارے کے نقطہ نظر سے R_C متوازی جڑے ہیں۔ اس دور سے بدلتی رو، خط بوجھ یوں حاصل ہوتا ہے۔

$$(88.3) \quad v_{ce} + i_c \left(\frac{R_C R_L}{R_C + R_L} \right)$$

چونکہ $v_{CE} = V_{CEQ} + v_{ce}$ ہوتے ہیں لہذا مندرجہ بالا مساوات کو یوں لکھا جا سکتا ہے

$$(89.3) \quad i_C - I_{CQ} = - \left(\frac{R_C + R_L}{R_C R_L} \right) (v_{CE} - V_{CEQ}) \quad \text{بوجھ خطرہ، بدلتی}$$

جو کہ درکار بدلتی رو، خط بوجھ ہے۔ یہ مساوات 74.3 کے طرز کی مساوات ہے لہذا مساوات 75.3 کی طرز پر یہاں بھی مساوات 87.3 اور

$$(90.3) \quad V_{CEQ} = I_{CQ} R_{\text{بوجھ}} = I_{CQ} \frac{R_C R_L}{R_C + R_L}$$

کو آپس میں حل کرتے ہوئے نقطہ کارکردگی حاصل کرتے ہیں۔

$$V_{CC} = I_{CQ} \frac{R_C R_L}{R_C + R_L} + I_{CQ} (R_C + R_E)$$

جس سے

$$(91.3) \quad I_{CQ} = \frac{V_{CC}}{\frac{R_C R_L}{R_C + R_L} + R_C + R_E} = \frac{V_{CC}}{R_{\frac{i_c}{R_L}} + R_{\text{مکمل}}}$$

$$(92.3) \quad V_{CEQ} = I_{CQ} R_{\frac{i_c}{R_L}} = \frac{V_{CC}}{1 + \frac{R_{\frac{i_c}{R_L}}}{R_{\frac{i_c}{R_L}}}}$$

حاصل ہوتا ہے جو کہ زیادہ سے زیادہ ممکنہ حیطہ حاصل کرنے کے لئے درکار نقطہ کارکردگی ہے۔ جیسے شکل 48.3 میں دکھایا گیا ہے یوں i_C کا زیادہ سے زیادہ نا تراشا حیطہ مندرجہ بالا مساوات میں دئے I_{CQ} کے برابر ہو گا۔ چونکہ i_c متوازی جڑے R_L اور R_C سے گزرتا ہے لہذا تقسیم برتنی رو سے R_L میں برتنی رو i_{RL} کی قیمت $\frac{R_C I_{CQ}}{R_L + R_C}$ ہو گی۔ سائن نما اشارے کی صورت میں یوں

$$(93.3) \quad i_{RL} = \frac{R_C}{R_L + R_C} I_{CQ} = \frac{R_C}{R_L + R_C} \left(\frac{V_{CC}}{\frac{R_C R_L}{R_C + R_L} + R_C + R_E} \right)$$

ہو گی۔

مثال 33.3: شکل 51.3 میں i_C کا حاصل کرنے کے لئے درکار نقطہ کارکردگی حاصل کریں۔ اور $R_C = R_L = 2 \text{k}\Omega$ ، $V_{CC} = 12 \text{V}$ میں زیادہ سے زیادہ حیطے کا $R_E = 400 \Omega$

حل: چونکہ $R_{\frac{i_c}{R_L}} = 1 \text{k}\Omega$ جبکہ $R_{\text{مکمل}} = 2.4 \text{k}\Omega$ نقطہ کارکردگی

$$I_{CQ} = \frac{12}{2400 + 1000} = 3.529 \text{ mA}$$

$$V_{CEQ} = 3.529 \times 10^{-3} \times 1000 = 3.529 \text{ V}$$

حاصل ہوتا ہے۔ یوں i_c کا زیادہ سے زیادہ ممکنہ حیطہ 3.529 mA اور i_{RL} کا زیادہ سے زیادہ ممکنہ حیطہ 1.765 mA ہو گا۔

11.3 ٹرانزسٹر ریاضی نمونہ برائے وسیع اشارات

قلم و کاغذ استعمال کرتے ہوئے ٹرانزسٹر ادوار کے قابل قبول حل حاصل کرنے کے طریقوں پر گزشتہ حصوں میں تبصرے ہوئے۔ ان طریقوں سے حاصل جوابات سے بہتر نتائج حاصل کرنے کی خاطر نسبتاً بہتر ریاضی نمونہ استعمال کئے جاتے ہیں۔ آئین ایسے چند ریاضی نمونوں پر غور کرتے ہیں۔

1.11.3 ایبرز-مال ریاضی نمونہ

ایبرز-مال ریاضی نمونہ ٹرانزسٹر کو افزاں نہ کرے، غیر افزاں نہ کرے اور منقطع تینوں خطوں میں نہایت عمدگی سے بیان کرتا ہے اور اسے استعمال کرتے ہوئے حقیقت کے بہت قریب نتائج حاصل ہوتے ہیں۔ یہ ریاضی نمونہ کم تعدد کے اشارات کے لئے استعمال کیا جاتا ہے۔ کمپیوٹر کا پروگرام سپانچ³⁴ اسی ریاضی نمونہ سے اخذ کردہ مال-برداری ریاضی نمونہ استعمال کرتا ہے جس پر الگھے حصے میں گفتگو ہو گی۔

عمومی طرز پر مائل کردہ $n-p-n$ ٹرانزسٹر کے مختلف مساوات لکھتے وقت مساوات میں (F) بطور زیر نوشت استعمال کیا جائے گا جو عمومی طرز پر مائل کردہ ٹرانزسٹر کو ظاہر کرے گا۔

عمومی طرز پر مائل کردہ $n-p-n$ ٹرانزسٹر کے گلکٹر سرے پر برقی رو کی مساوات مندرجہ ذیل ہے۔

$$(94.3) \quad i_{CF} = I_S \left(e^{\frac{V_{BE}}{V_T}} - 1 \right)$$

اس مساوات کی مدد سے لیکھ برتی رو i_{EF} اور بین برتی رو i_{BF} حاصل کرتے ہیں۔

$$(95.3) \quad i_{EF} = \frac{i_{CF}}{\alpha_F} = \frac{I_S}{\alpha_F} \left(e^{\frac{V_{BE}}{V_T}} - 1 \right)$$

$$(96.3) \quad i_{BF} = i_{EF} - i_{CF} = \frac{I_S}{\alpha_F} \left(e^{\frac{V_{BE}}{V_T}} - 1 \right) - I_S \left(e^{\frac{V_{BE}}{V_T}} - 1 \right)$$

اس آخری مساوات کو حاصل کرتے وقت مساوات 94.3 اور مساوات 95.3 استعمال کئے گئے۔ اس آخری مساوات کو مزید حل کر کے یوں بھی لکھا جا سکتا ہے۔

$$(97.3) \quad i_{BF} = I_S \left(\frac{1}{\alpha_F} - 1 \right) \left(e^{\frac{V_{BE}}{V_T}} - 1 \right) = \frac{I_S}{\beta_F} \left(e^{\frac{V_{BE}}{V_T}} - 1 \right)$$

جہاں

$$(98.3) \quad \left(\frac{1}{\alpha_F} - 1 \right) = \frac{1 - \alpha_F}{\alpha_F} = \frac{1}{\beta_F}$$

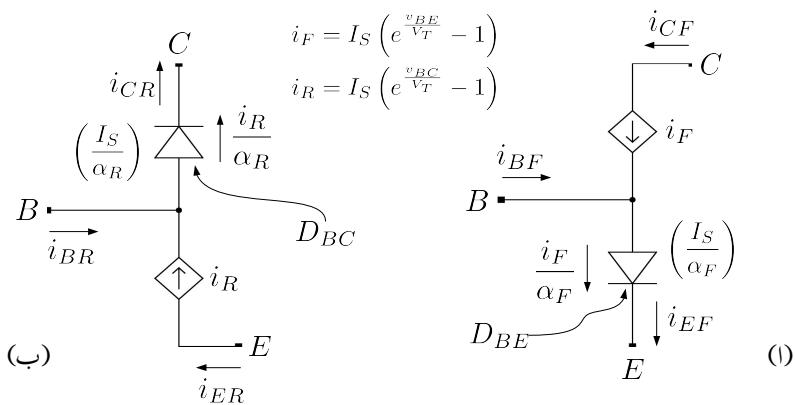
کا استعمال کیا گیا۔

ان مساوات سے آپ دیکھ سکتے ہیں کہ $i_{CF} = \beta_F i_{BF}$ اور $i_{CF} = \alpha_F i_{EF}$ ہیں جو کہ ٹرانزسٹر کے جانے پہچانے مساوات ہیں۔ یوں شکل 52.3 الف عمومی طرز پر مائل ٹرانزسٹر کا وسیع اشاراتی ریاضی نمونہ ہے۔ مساوات 94.3، مساوات 95.3 اور مساوات 96.3 (یا اس کا مساوی مساوات 97.3) ٹرانزسٹر کے سروں پر برتی رو کے مساوات ہیں۔ ایک ایسا دور جس کے تین سرے ہوں اور جسے حل کر کے اس کے سروں پر بینی تین مساوات حاصل ہوں کو ٹرانزسٹر کا ریاضی نمونہ تصور کیا جاتا ہے۔

شکل 52.3 الف میں تاطخ نیچ رو³⁵ کا استعمال کیا گیا ہے جس کی قابو مساوات مندرجہ ذیل ہے۔

$$(99.3) \quad i_F = I_S \left(e^{\frac{V_{BE}}{V_T}} - 1 \right)$$

dependent current source³⁵



شکل 52.3: npn ٹرانزسٹر کے ابیر-مال ریاضی نمونہ کا حصول

اس کے علاوہ اس شکل میں ایک عدد ڈائوڈ استعمال کیا گیا ہے۔ جیسا کہ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ یہ ٹرانزسٹر کے بیس-بیس جوڑ کا ڈائوڈ D_{BE} لکھتے ہوئے اس ڈائوڈ میں برقی رو کی مساوات مندرجہ ذیل ہے۔

$$(100.3) \quad i_D = I_{SBE} \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right)$$

بیس-بیس جوڑ کے ڈائوڈ کا لبریزی برقی رو ہے جس کی قیمت مندرجہ ذیل ہے

$$(101.3) \quad I_{SBE} = \frac{I_S}{\alpha_F}$$

شکل میں I_{SBE} کی اس قیمت کو یاد دہانی کی خاطر ڈائوڈ کے قریب تو سین میں بند کھا گیا ہے۔

آئیں شکل 52.3 الف کے تین سروں پر برقی رو حاصل کریں۔ ہم دیکھتے ہیں کہ i_F اور i_{CF} برابر ہیں یعنی

$$(102.3) \quad i_{CF} = I_S \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right)$$

لیکن سرے کی برقی رو میں گزرتی برقی رو بھی i_{EF} اور ڈائیوڈ i_{BE} میں گزرتی برقی رو آپس میں برابر ہیں یعنی

$$(103.3) \quad i_{EF} = \frac{I_S}{\alpha_F} \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right)$$

میں سرے پر کرخوف کے قانون برائے برقی رو کے تحت ہو (یعنی $i_{BF} = i_{EF} - i_{CF}$) گا

$$(104.3) \quad i_{BF} = \frac{I_S}{\alpha_F} \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right) - I_S \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right)$$

ہم دیکھتے ہیں کہ مساوات 102.3، مساوات 103.3 اور مساوات 104.3 ہو بہو ٹرانزسٹر کے مساوات 94.3، مساوات 95.3 اور مساوات 96.3 ہی ہیں۔ یوں شکل 52.3 الف میں دکھائے دور کو عمومی طرز پر مائل کردہ ٹرانزسٹر کا ریاضی نمونہ تصور کیا جا سکتا ہے۔

اب تصور کریں کہ ٹرانزسٹر کے لیکن اور لکلٹر سروں کو استعمال کے نقطے سے آپس میں بدل دیا جائے یعنی میں-لیکن جوڑ کو غیر چالو جکہ میں-لکلٹر جوڑ کو سیدھا مائل کر دیا جائے۔ ایسا کرنے سے شکل ب حاصل ہوتا ہے جو غیر عمومی طرز پر مائل کردہ ٹرانزسٹر کا ریاضی نمونہ ہے۔ شکل ب میں i_{ER} ، i_{CR} اور α_R لکھتے وقت (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 الف میں E کہا گیا، اسی سرے کو شکل ب میں بھی E کہا گیا ہے۔ یوں شکل ب میں لیکن اور لکلٹر سروں پر برقی رو کی سمتیں الٹی ہوں گی۔

شکل ب میں میں-لکلٹر جوڑ کے ڈائیوڈ کے لبریزی برقی رو I_{SBC} کی قیمت مندرجہ ذیل ہے

$$(105.3) \quad I_{SBC} = \frac{I_S}{\alpha_R}$$

یوں اس ڈائیوڈ کے برقی رو کی مساوات مندرجہ ذیل ہو گی۔

$$(106.3) \quad i_{DBC} = \frac{I_S}{\alpha_R} \left(e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right)$$

شکل میں تابع منع رو i_R کا بھی استعمال کیا گیا ہے جس کی قابو مساوات مندرجہ ذیل ہے۔

$$(107.3) \quad i_R = I_S \left(e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right)$$

اس شکل کے تین سروں پر برقی رو حاصل کرتے ہیں۔

ہم دیکھتے ہیں کہ ڈائیوڈ کا برقی رو ہی i_{CR} ہے لہذا

$$(108.3) \quad i_{CR} = \frac{I_S}{\alpha_R} \left(e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right)$$

اسی طرح i_{ER} دراصل i_R ہی ہے لہذا

$$(109.3) \quad i_{ER} = I_S \left(e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right)$$

بیس سرے پر کرخوف کے قانون برائے برقی رو سے i_{BR} یوں حاصل ہوتا ہے۔

$$(110.3) \quad i_{BR} = i_{CR} - i_{ER} = \frac{I_S}{\alpha_R} \left(e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right) - I_S \left(e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right)$$

اس آخری مساوات کو حاصل کرتے وقت مساوات 108.3 اور مساوات 109.3 استعمال کے گئے۔ اس آخری مساوات کو مزید حل کر کے یوں بھی لکھا جا سکتا ہے۔

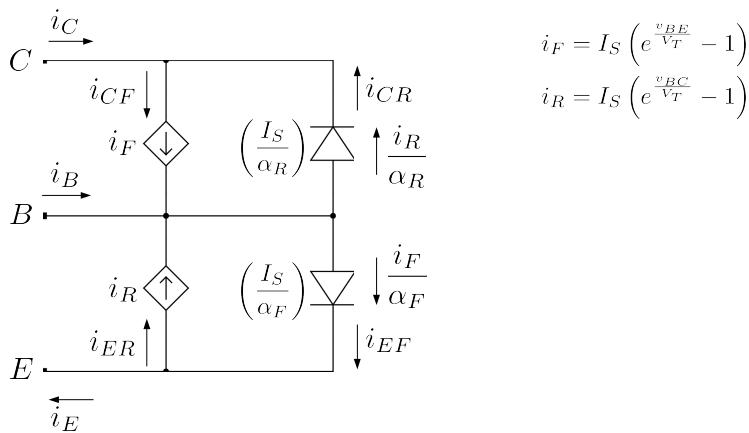
$$(111.3) \quad i_{BR} = I_S \left(\frac{1}{\alpha_R} - 1 \right) \left(e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right) = \frac{I_S}{\beta_R} \left(e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right)$$

جہاں

$$(112.3) \quad \left(\frac{1}{\alpha_R} - 1 \right) = \left(\frac{1 - \alpha_R}{\alpha_R} \right) = \frac{1}{\beta_R}$$

کا استعمال کیا گیا۔

$n-p-n$ ٹرانزسٹر کی کارکردگی کو افزائندہ، غیر افزائندہ اور مقتطع تینوں خطوط میں بیان کرنے کی خاطر شکل 52.3 الف اور شکل ب کے ادوار آپس میں متوازی جوڑ کر شکل 53.3 حاصل کیا جاتا ہے جو $n-p-n$ ٹرانزسٹر کا ایک-مال ریاضی نمونہ ہے۔ عمومی طرز پر



شکل 53.3 npn کا ٹرانزسٹر کا ابیر-مال ماذل

مائل ٹرانزسٹر کا بیس-ایمپٹر جوڑ سیدھا مائل (یعنی $v_{BE} \geq 0V$) ہوتا ہے جبکہ بیس-کلکٹر جوڑ غیر چالو (یعنی $v_{BC} \leq 0.5V$) ہوتا ہے۔ یوں مثلاً اگر $v_{BE} = 0.65V$ اور $i_F = 1.957 \text{ mA}$ اور $v_{BC} = -0.5V$ ہوں تو $I_S = 10^{-14} \text{ A}$ لیتے ہوئے $i_R \approx I_S$ حاصل ہوتے ہیں۔ اس طرح i_R اور اس پر منحصر جزو نظر انداز کئے جائیں۔ شکل 54.3 الف میں ایسا ہی کرتے ہوئے ریاضی نمونہ کے وہ حصے دکھائے گئے ہیں جو عمومی طرز پر مائل npn ٹرانزسٹر کی کارکردگی دیتے ہیں۔ ریاضی نمونہ کے بقیا حصوں پر کاملاً لگایا گیا ہے نظر انداز کیا گیا ہے۔ اسی طرح شکل ب میں غیر عمومی طرز پر مائل ٹرانزسٹر کی کارکردگی دینے والے حصے دکھائے گئے ہیں جبکہ بقیا حصوں پر کاملاً لگایا گیا ہے۔

i_F اور i_R کے مساوات ایک جیسے اشکال رکھتے ہیں اور یوں معلوم ہوتا ہے جیسے ٹرانزسٹر کے دونوں جانب کی کارکردگی یکساں ہو گی۔ حقیقت میں ایسا نہیں۔ فرض کریں کہ $I_S = 10^{-14} \text{ A}$ اور $\alpha_R = 0.01$ ، $\alpha_F = 0.99$

$$V_{BE} = 0.65 \text{ V}$$

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 عمومی طرز پر

$$V_{BC} = 0.65 \text{ V}$$

پر مائل کیا جائے تب

$$I_R = 1.9573 \text{ mA}$$

حاصل ہوتا ہے۔ (ٹرانزسٹر کے سروں کے نام تبدیل کئے بغیر) اس سے

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

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

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

حاصل ہوتے ہیں۔ فرق صاف ظاہر ہے۔

غیر افزائندہ خطے میں بیس-بیکٹر جوڑ اور بیس-کلکٹر جوڑ دونوں سیدھے مائل ہو سکتے ہیں۔ ایسی صورت میں i_F اور i_R دونوں کی قیمتیں ناقابلِ نظر انداز ہوں گی اور پورا ریاضی نمونہ استعمال ہو گا۔ شکل 53.3 کو دیکھتے ہوئے ہم لکھ سکتے ہیں۔

$$(113.3) \quad i_E = i_{EF} - i_{ER} = i_{EF} - \alpha_R i_{CR}$$

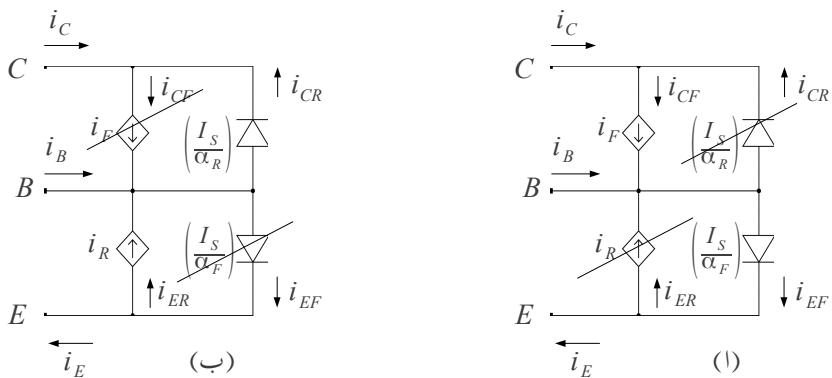
$$(114.3) \quad i_C = i_{CF} - i_{CR} = \alpha_F i_{EF} - i_{CR}$$

$$(115.3) \quad i_B = i_E - i_C$$

مساوات 102.3 اور مساوات 108.3 کے استعمال سے مساوات 114.3 کو یوں لکھا جا سکتا ہے۔

$$(116.3) \quad i_C = I_S \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right) - \frac{I_S}{\alpha_R} \left(e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right)$$

$$(117.3) \quad \approx I_S e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - \frac{I_S}{\alpha_R} e^{\frac{v_{BC}}{V_T}}$$



شکل 54.3: npn ایبر نیال ریاضی نمونہ کی کارکردگی

اسی طرح مساوات 113.3 کو یوں لکھا جا سکتا ہے

$$(118.3) \quad i_E \approx \frac{I_S}{\alpha_F} e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - I_S e^{\frac{v_{BC}}{V_T}}$$

اس طرح مساوات 115.3 سے حاصل ہوتا ہے

$$(119.3) \quad \begin{aligned} i_B &\approx \left(\frac{I_S}{\alpha_F} e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - I_S e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} \right) - \left(I_S e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - \frac{I_S}{\alpha_R} e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} \right) \\ &= \left(\frac{1}{\alpha_F} - 1 \right) I_S e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} + \left(\frac{1}{\alpha_R} - 1 \right) I_S e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} \\ &= \frac{I_S}{\beta_F} e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} + \frac{I_S}{\beta_R} e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} \end{aligned}$$

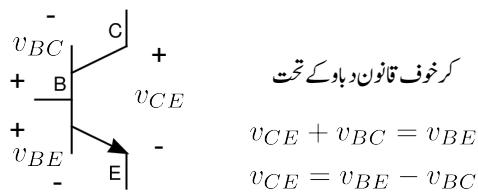
مساوات 116.3 میں $e^{\frac{v_{BC}}{V_T}}$ کو قوسین کے باہر نکلنے سے اسے یوں لکھا جا سکتا ہے

$$(120.3) \quad i_C = I_S e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} \left(e^{\frac{v_{BE}-v_{BC}}{V_T}} - \frac{1}{\alpha_R} \right)$$

شکل 55.3 میں ٹرانزسٹر پر برقی دباؤ کے مابین تعلق بیان کیا گیا ہے یعنی

$$(121.3) \quad v_{CE} = v_{BE} - v_{BC}$$

جسے استعمال کرتے ہم اس مساوات کو یوں لکھ سکتے ہیں



شکل 55.3: ٹرانزسٹر پر بر قی دباؤ کا آپس میں تعلق

$$(122.3) \quad i_C = I_S e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} \left(e^{\frac{v_{CE}}{V_T}} - \frac{1}{\alpha_R} \right)$$

یہی طریقہ مساوات 119.3 پر استعمال کرتے ہیں یعنی

$$(123.3) \quad i_B = I_S e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} \left(\frac{e^{\frac{v_{BE}-v_{BC}}{V_T}}}{\beta_R} + \frac{1}{\beta_R} \right)$$

$$(124.3) \quad = I_S e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} \left(\frac{e^{\frac{v_{CE}}{V_T}}}{\beta_F} + \frac{1}{\beta_R} \right)$$

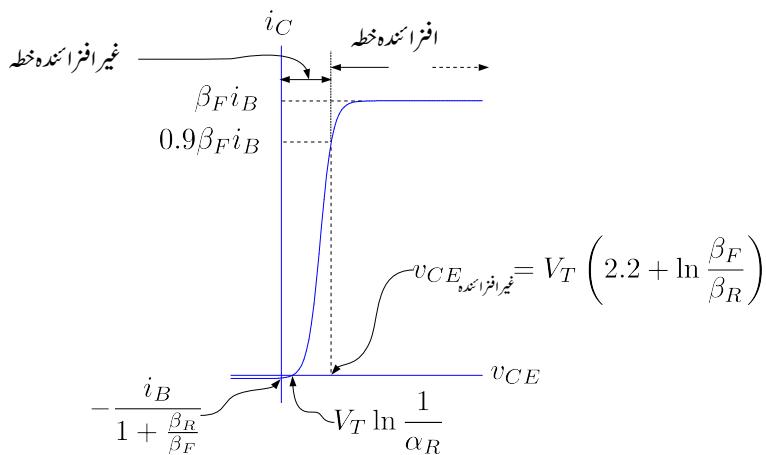
مساوات 122.3 کو مساوات 123.3 پر تقسیم کرنے سے حاصل ہوتا ہے

$$(125.3) \quad \frac{i_C}{i_B} = \frac{I_S e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} \left(e^{\frac{v_{CE}}{V_T}} - \frac{1}{\alpha_R} \right)}{I_S e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} \left(e^{\frac{v_{CE}}{V_T}} + \frac{1}{\beta_R} \right)} = \beta_F \frac{\left(e^{\frac{v_{CE}}{V_T}} - \frac{1}{\alpha_R} \right)}{\left(e^{\frac{v_{CE}}{V_T}} + \frac{\beta_F}{\beta_R} \right)}$$

اس مساوات سے v_{CE} کی مساوات حاصل کی جا سکتی ہے یعنی

$$(126.3) \quad v_{CE} = V_T \ln \left(\frac{\frac{1}{\alpha_R} + \frac{(i_C/i_B)}{\beta_R}}{1 - \frac{(i_C/i_B)}{\beta_F}} \right)$$

مندرجہ بالا الجبرا سے ایسا معلوم ہوتا ہے جیسے ٹرانزسٹر کے ایکٹر اور کلکٹر سروں کو آپس میں بدلنا جا سکتا ہے۔ حقیقت میں ٹرانزسٹر یوں بنائے جاتے ہیں کہ عموماً $\alpha_F \approx 1$ اور



شکل 3.56: ابزر-مال ریاضی نمونے سے حاصل کردہ ٹرانزسٹر کا خط

$\alpha_R \approx 0.01$ کے برابر ہوتے ہیں۔ یوں β_F کی قیمت سے کئی گناہ زیادہ ہوتی ہے اور ٹرانزسٹر صرف عمومی طرز پر سیدھا مائل کرنے سے ہی اس کی صحیح کارکردگی حاصل کی جا سکتی ہے۔ مساوات 125.3 کو شکل 56.3 میں دکھایا گیا ہے۔ شکل سے واضح ہے کہ v_{CE} کو زیادہ بڑھانے سے بر قی رو i_C بڑھتے بڑھتے برقرار قیمت (غیر افرا نکنہ) حاصل کر لیتی ہے۔ شکل میں افرا نکنہ اور غیر افرا نکنہ 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 نوے فنی صد ہو (یعنی جہاں $i_C = 0.9\beta_F i_B$ ہو) یہی ان دو خطوں کے مابین حد ہے۔ مساوات 126.3 سے اس حد پر بر قی دباؤ v_{CE} یوں حاصل کیا جا سکتا ہے

$$(127.3) \quad V_{CE} = V_{CE, \text{غیر افرا نکنہ}} = V_T \ln \left(\frac{\frac{1+\beta_R}{\beta_R} + \frac{0.9\beta_F}{\beta_R}}{1 - 0.9} \right)$$

جسے $V_{CE, \text{غیر افرا نکنہ}}$ کہتے ہیں۔ عموماً β_R کی قیمت کئی گناہ زیادہ ہوتی

ہے اور یوں اس مساوات کو اس طرح بھی لکھا جا سکتا ہے۔

$$(128.3) \quad V_{CE} \approx V_T \ln \left(\frac{\frac{0.9\beta_F}{\beta_R}}{1 - 0.9} \right) = V_T \ln \frac{9\beta_F}{\beta_R} = V_T \left[2.2 + \ln \left(\frac{\beta_F}{\beta_R} \right) \right]$$

اگر V_{CE} = 0.2995 V اور β_R = 0.01 اور β_F = 180 نیز فراہم ہے۔ اسی طرح اگر β_F = 100 اور β_R = 0.15 نیز فراہم ہے۔ اس کتاب میں جہاں خاص طور بتلیا نہ جائے V_{CE} = 0.21756 V وہاں V_{CE} = 0.2 V نیز فراہم ہے۔ اس کتاب میں جہاں خاص طور بتلیا نہ جائے گا۔

صفحہ 297 پر شکل 36.3 میں دئے خطوط سے یہ غلط تاثر ملتا ہے کہ $i_C = 0A$ پر $v_{CE} = 0V$ ہوتا ہے۔ شکل 56.3 سے صاف ظاہر ہے کہ ایسا ہرگز نہیں۔ $i_C = 0A$ پر $v_{CE} = 0V$ کے برابر ہوتا ہے۔ اسی طرح $v_{CE} = 0V$ پر i_C کی قیمت بھی یہاں شکل پر دکھائی گئی ہے۔

کچھ ادوار مثلاً ٹرانزسٹر-ٹرانزسٹر منطق³⁶ 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۔

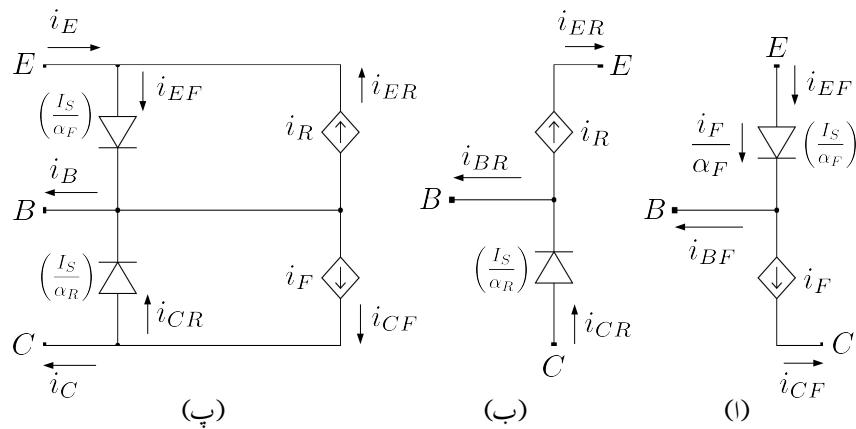
2.11.3 pnp ٹرانزسٹر کا ایبرز-مال ماذل

شکل 57.3 میں ایبرز-مال ریاضی نمونہ کا حصول دکھایا گیا ہے۔ شکل الف میں عمومی طرز پر مائل کردہ pnp ٹرانزسٹر کا ریاضی نمونہ دکھایا گیا ہے جبکہ شکل ب میں غیر عمومی طرز پر مائل کردہ ٹرانزسٹر کا ریاضی نمونہ دکھایا گیا ہے۔ ان دونوں کو متوازی جوڑ کر شکل پ میں pnp ٹرانزسٹر کا مکمل ایبرز-مال ریاضی نمونہ دکھایا گیا ہے۔ چونکہ عمومی طرز پر مائل کردہ pnp ٹرانزسٹر میں بیٹھ-بیس (E-B) جوڑ سیدھا مائل کیا جاتا ہے لہذا pnp ٹرانزسٹر کے مساوات لکھتے وقت v_{EB} کا استعمال کیا جاتا ہے لہذا

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

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

لکھے جائیں گے۔ امید کی جاتی ہے کہ آپ اس ریاضی نمونہ کو خود سمجھ سکیں گے۔



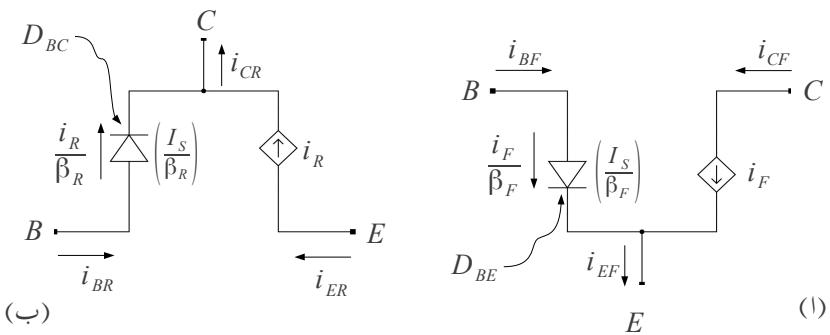
شکل 57.3: pnp ٹرانزسٹر کا ایک ریاضی نمونہ

3.11.3 مال برداری ریاضی نمونہ

شکل 59.3 الف میں عمومی طرز پر مائل (یعنی سیدھا مائل) $n-p-n$ ٹرانزسٹر کا ایک اور ریاضی نمونہ دکھایا گیا ہے جہاں i_{CF} ، i_{EF} 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 بیس-ایمپٹر جوڑ سیدھا مائل جبکہ اس کا بیس-کلکٹر جوڑ غیر چالو رکھا جاتا ہے۔ اس شکل میں تالیع منج رو i_F استعمال کیا گیا ہے۔ i_F وہ برقی رو ہے جو ایمپٹر خطے اور کلکٹر خطے کے مابین بین خلطے کے ذریعہ باروں کی مال برداری سے پیدا ہوتا ہے۔ اسے سیدھے رخ مال برداری سے پیدا برقی رو کہہ سکتے ہیں۔

اس ریاضی نمونہ میں ایک عدد ڈائیوڈ استعمال کیا گیا ہے جو دراصل ٹرانزسٹر کے بیس-ایمپٹر جوڑ کے ڈائیوڈ D_{BE} کو ظاہر کرتا ہے۔ مساوات 4.2 میں ڈائیوڈ کے لبریزی برقی رو کو کلکھتے ہیں۔ موجودہ استعمال میں I_{SBE} کی قیمت مندرجہ ذیل ہے

$$(129.3) \quad I_{SBE} = \frac{I_S}{\beta_F}$$



شکل 58.3: npn ٹرانزسٹر کے مال برداری ریاضی نمونہ کا حصول

شکل الف میں ڈائیوڈ D_{BE} کے قریب تو سین میں بند I_{SBE} کی قیمت کو یاد دہنی کے خاطر لکھا گیا ہے۔ اس طرح ڈائیوڈ D_{BE} کے مساوات کو یوں لکھا جا سکتا ہے۔

$$(130.3) \quad i_{DF} = \frac{I_S}{\beta_F} \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right)$$

شکل الف کو دیکھتے ہم لکھ سکتے ہیں

$$(131.3) \quad i_{CF} = i_F = I_S \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right)$$

$$(132.3) \quad i_{BF} = i_{DF} = \frac{i_F}{\beta_F} = \frac{I_S}{\beta_F} \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right)$$

$$(133.3) \quad i_{EF} = i_{BF} + i_{CF} = \frac{i_{CF}}{\alpha_F} = \frac{I_S}{\alpha_F} \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right)$$

شکل 59.3 ب میں ٹرانزسٹر کے بیس-کلکٹر جوڑ کو سیدھا مائل جگہ بیس-ایمیٹر جوڑ کو غیر چالو رکھ کر ٹرانزسٹر کو غیر عمومی طرز پر (یعنی الٹا) مائل کیا گیا ہے۔ اس شکل میں ڈائیوڈ D_{BC} استعمال کیا گیا ہے جو ٹرانزسٹر کے بیس-کلکٹر جوڑ کے ڈائیوڈ کو ظاہر کرتا ہے۔ اس ڈائیوڈ کے لبریزی برتن رو I_{SBC} کی قیمت مندرجہ ذیل ہے۔

$$(134.3) \quad I_{SBC} = \frac{I_S}{\beta_R}$$

شکل (ب) میں یاد دہانی کی خاطر ڈائیوڈ کے قریب اس قیمت کو قوسین میں بند لکھا گیا ہے۔ ڈائیوڈ کے علاوہ ایک عدد قابو منع برقی رو i_R استعمال کیا گیا ہے جو بیسٹر اور گلکٹر خطوں کے مابین، میں خطے کے ذریعہ، باروں کے مال برداری سے پیدا برقی رو کو ظاہر کرتا ہے۔ استعمال ہونے والے i_R کا قابو مساوات مندرجہ ذیل ہے۔

$$(135.3) \quad i_R = I_S \left(e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right)$$

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

$$(136.3) \quad i_{ER} = i_R = I_S \left(e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right)$$

$$(137.3) \quad i_{BR} = \frac{i_R}{\beta_R} = \frac{I_S}{\beta_R} \left(e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right)$$

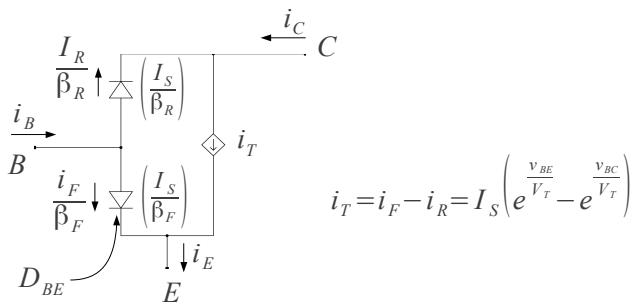
$$(138.3) \quad i_{CR} = i_{BR} + i_{ER} = \frac{i_R}{\alpha_R} = \frac{I_S}{\alpha_R} \left(e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right)$$

ان مساوات میں (R) کو بطور زیر نوشت استعمال کیا گیا ہے جو غیر عمومی طرز پر مائل کردہ ٹرانزسٹر کو ظاہر کرتا ہے۔ یہاں میں خطے میں غیر عمومی (یعنی اٹھ) رخ باروں کے مال برداری سے حاصل برقی رو کو i_R کہا گیا ہے۔ یوں i_R کو اٹھی رخ مال برداری سے پیدا برقی رو کہہ سکتے ہیں۔

$n-p-n$ ٹرانزسٹر کو افزاں نہ، غیر افزاں نہ اور منقطع تینوں خطوں میں ظاہر کرنے کی خاطر شکل 58.3 الف اور شکل ب کو متوازی جوڑ کر شکل 59.3 حاصل کیا گیا ہے جو $n-p-n$ ٹرانزسٹر کا مال برداری ریاضی نمونہ ہے۔ دونوں اشکال کو متوازی جوڑتے وقت i_F اور i_R کے مجموع کو i_T کہا گیا ہے یعنی

$$(139.3) \quad \begin{aligned} i_T &= i_F - i_R \\ &= I_S \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right) - I_S \left(e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right) \\ &= I_S \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} \right) \end{aligned}$$

یوں i_T کو کسی بھی طرز پر مائل کردہ ٹرانزسٹر میں باروں کے مال برداری سے حاصل برقی رو تصور کیا جا سکتا ہے۔ شکل 59.3 میں دکھائے مال برداری ریاضی نمونہ کو



شکل 59.3: npn ٹرانزسٹر کا مال برداری مذہل

دیکھتے ہوئے، مساوات 131.3 اور مساوات 136.3 کے استعمال سے کسی بھی طرز پر مائل ٹرانزسٹر کے مساوات حاصل کئے جا سکتے ہیں۔ آئیں ان مساوات کو حاصل کریں۔ ایسا کرتے وقت دھیان رہے کہ i_{EF} کا رُخ ٹرانزسٹر کے سرے پر باہر جانب کو ہے، i_{ER} کا رُخ اندر جانب کو ہے، i_{CF} کا رُخ اندر جانب کو جبکہ i_{CR} کا رُخ باہر جانب کو ہے۔ یوں

$$(140.3) \quad i_C = i_{CF} - i_{CR}$$

$$(141.3) \quad i_E = i_{EF} - i_{ER}$$

$$(142.3) \quad i_B = i_{BF} - i_{BR}$$

$$\begin{aligned}
 i_C &= I_S \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right) - \frac{I_S}{\alpha_R} \left(e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right) \\
 &= I_S \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right) - I_S \left(1 + \frac{1}{\beta_R} \right) \left(e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right) \\
 &= I_S \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right) - I_S - \frac{I_S}{\beta_R} \left(e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right) \\
 &\approx I_S \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right) - \frac{I_S}{\beta_R} \left(e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right)
 \end{aligned} \tag{143.3}$$

اس مساوات کے حصول میں دوسری قدم پر $\alpha = \frac{\beta}{1+\beta}$ کا استعمال کیا گیا جس سے $I_S = 1 + \frac{1}{\beta}$ حاصل کر کے استعمال کیا گیا۔ مساوات کے حصول کے آخری قدم پر

کو نظر انداز کیا گیا۔

$$\begin{aligned}
 i_E &= \frac{I_S}{\alpha_F} \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right) - I_S \left(e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right) \\
 (144.3) \quad &= I_S \left(1 + \frac{1}{\beta_F} \right) \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right) - I_S \left(e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right) \\
 &\approx I_S \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} \right) + \frac{I_S}{\beta_F} \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right)
 \end{aligned}$$

مساوات 144.3 کے حصول میں دوسری قدم پر $\alpha = \frac{\beta}{1+\beta}$ کا استعمال کیا گیا جس سے $I_S \frac{1}{\alpha} = 1 + \frac{1}{\beta}$ حاصل کر کے استعمال کیا گیا۔ مساوات کے حصول کے آخری قدم پر i_E کو نظر انداز کیا گیا ہے۔

$$(145.3) \quad i_B = \frac{I_S}{\beta_F} \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right) + \frac{I_S}{\beta_R} \left(e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right)$$

مساوات 143.3 اور مساوات 144.3 میں پہلی قوسمیں بیس خطے میں کل باروں کی مال برداری سے پیدا ہر قیمت i_T کو ظاہر کرتا ہے جس کی قیمت شکل 58.3 الف اور شکل ب سے یوں حاصل ہوتی ہے۔

$$(146.3) \quad i_T = i_F - i_R = I_S \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} \right)$$

یوں مساوات 143.3 اور مساوات 144.3 کو اس طرح لکھا جا سکتا ہے۔

$$(147.3) \quad i_C = i_T - \frac{I_S}{\beta_R} \left(e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right)$$

$$(148.3) \quad i_E = i_T + \frac{I_S}{\beta_F} \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right)$$

مثلاً 34.3: مال برداری ریاضی نمونہ سے $n-p-n$ ٹرانزسٹر کے اور i_E بر قی رو حاصل کریں۔

حل: شکل 59.3 کو دیکھتے ہوئے دو ڈائیوڈ کے برقی رو یوں لکھے جا سکتے 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 قانون برائے برقی رو سے i_B حاصل کیا جا سکتا ہے یعنی

$$(149.3) \quad i_B = i_{D_{BE}} + i_{D_{BC}}$$

$$(150.3) \quad = \frac{I_S}{\beta_F} \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right) + \frac{I_S}{\beta_R} \left(e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right)$$

یہ بالکل مساوات 145.3 ہی حاصل ہوا ہے۔ اسی طرح ٹانکٹر اور ٹیمپٹر سروں پر کرخوف کے قانون برائے برقی رو کی مدد سے ہم لکھ سکتے ہیں۔

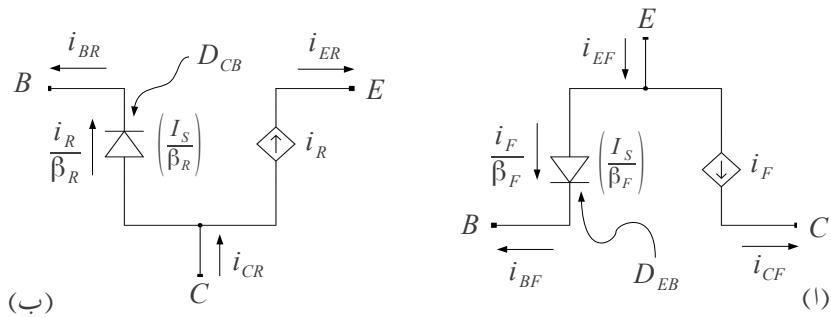
$$(151.3) \quad i_C = i_T - i_{D_{BC}} = I_S \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} \right) - \frac{I_S}{\beta_R} \left(e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right)$$

$$(152.3) \quad i_E = i_T + i_{D_{BE}} = I_S \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} \right) - \frac{I_S}{\beta_F} \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right)$$

یہ بالکل مساوات 143.3 اور مساوات 144.3 کے جواب ہی ہیں۔

مشق 1.3: مشق : شکل 60.3 کی مدد سے pnp ٹرانزسٹر کے مساوات لکھیں اور ٹرانزسٹر کا مال برداری ریاضی نمونہ حاصل کریں جسے شکل 61.3 میں دکھایا گیا ہے۔

عمومی طرز پر مائل ٹرانزسٹر میں ٹیمپٹر-میں جوڑ کو سیدھا مائل $v_{EB} \geq 0V$ جبکہ ٹانکٹر-میں جوڑ کو غیر چالو رکھا جاتا ہے جبکہ غیر عمومی طرز پر مائل کردہ pnp ٹرانزسٹر میں v_{EB} کو غیر چالو رکھا جاتا ہے جبکہ v_{CB} کو سیدھا مائل رکھا جاتا

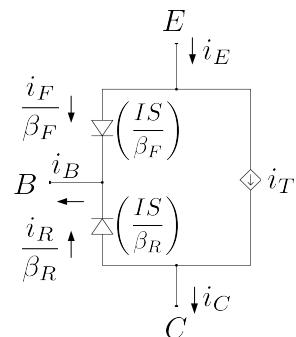


شکل 60.3: pnp ٹرانزسٹر کے مال برداری ریاضی نمونہ کا حصہ

ڈائوڈ کے لبریزی برقرار
مندرجہ ذیل ہیں

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

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



شکل 61.3: pnp ٹرانزسٹر کا مال برداری ریاضی نمونہ

ہے۔ یوں سیدھے رُخ اور الٹے رُخ باروں کے مال برداری سے پیدا برتنی رو کے مساوات مندرجہ ذیل ہوں گے۔

$$(153.3) \quad i_F = I_S \left(e^{\frac{v_{FB}}{V_T}} - 1 \right)$$

$$(154.3) \quad i_R = I_S \left(e^{\frac{v_{CB}}{V_T}} - 1 \right)$$

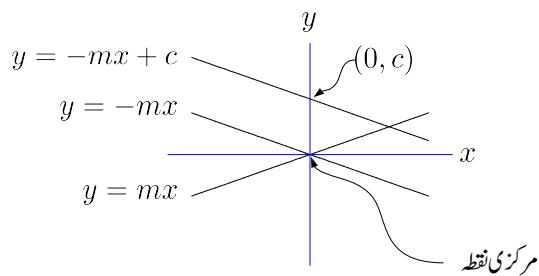
شکل 62.3 میں چند خطوط دکھائے گئے ہیں۔ آپ $y = mx$ کے خط سے بجوبی واقف ہیں۔ یہ خط کارتی محدود کے مبدأ $(0,0)$ سے گزرتا ہے۔ اسی شکل میں $y = -mx$ کو بھی دکھایا گیا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ x محور میں $y = mx$ کا عکس لینے سے $y = -mx$ حاصل ہوتا ہے۔ اگر $y = mx$ کو $(0,0)$ سے $(0,c)$ منتقل کیا جائے تو $y = mx + c$ حاصل ہوتا ہے۔ اسی طرح $y = -mx + c$ کو $(0,0)$ سے $(0,c)$ منتقل کرنے سے $y = -mx + c$ حاصل ہوتا ہے۔

اسی طرح $x = f(y)$ کا y محور میں عکس $x = -f(y)$ ہو گا اور خط کو ثبت $x = f(y) + c$ حاصل ہوتا ہے۔ ان حقائق کو یوں بیان کیا جا سکتا ہے۔

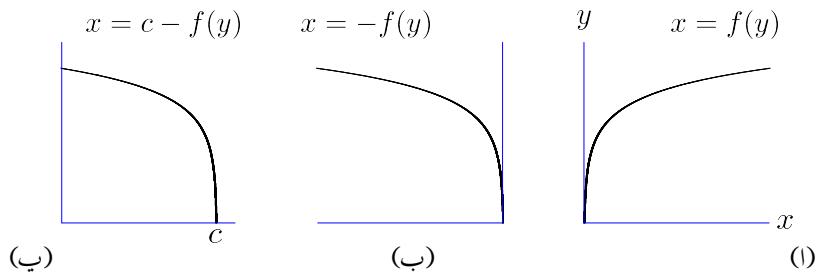
• y محور میں $x = f(y)$ کا عکس لینے سے $x = -f(y)$ حاصل ہوتا ہے۔

• $x = f(y) + c$ کو x محور پر ثبت جانب c اکائی منتقل کرنے سے $x = f(y) + c$ حاصل ہوتا ہے۔

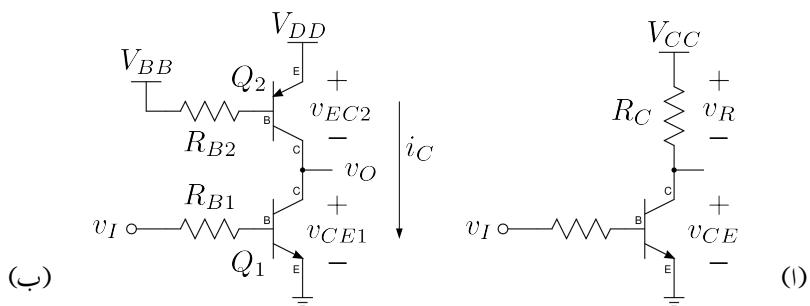
شکل 63.3 الف میں $x = f(y)$ جبکہ شکل ب میں اسی کا عمودی محور میں عکس $x = -f(y)$ دکھایا گیا ہے۔ شکل پ میں عکس کو دائیں جانب c اکائی منتقل کرتے ہوئے $x = c - f(y)$ حاصل کیا گیا ہے۔



شکل 3.62: افقي محور میں عکس اور عمودی سمت میں منتقلی



شکل 3.63: عمودی محور میں عکس اور افقي سمت میں منتقلی



شکل 3.6: نفی کار

ان معلومات کو مد نظر رکھتے ہوئے آگے بڑھتے ہیں۔ شکل 64.3 الف میں ٹرانزیستر کا سادہ دور دکھایا گیا ہے۔ اس دور پر ہم تفصیلًا بحث کر چکے ہیں۔ آئیں اس کے خط بوجھ کھینچیں۔ اس دور کے لئے لکھا جا سکتا ہے۔

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

یہاں $v_R = i_C R_C$ کے برابر ہے لہذا اسی مساوات کو یوں لکھا جا سکتا ہے

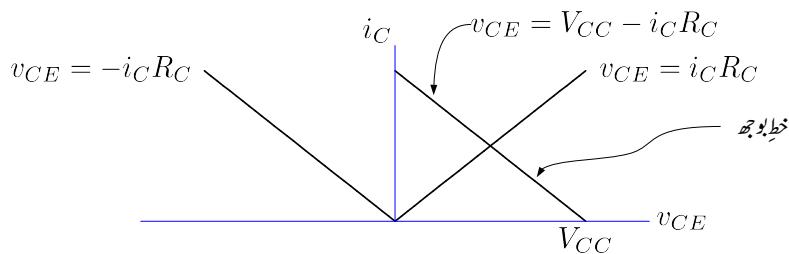
$$v_{CE} = V_{CC} - i_C R_C$$

v_{CE} کو افقی محور اور i_C کو عمودی محور پر رکھتے ہوئے $v_{CE} = f(i_C)$ کو لکھ کر شکل 62.3 کے طرز پر کھینچا جا سکتا ہے۔ عمودی محور میں اس خط کا عکس لینے سے $v_{CE} = -i_C R_C$ حاصل ہوتا ہے جسے V_{CC} اکایاں افقی محور پر داکیں منتقل کرتے ہوئے خط بوجھ $v_{CE} = V_{CC} - i_C R_C$ حاصل ہوتا۔ شکل 65.3 میں قدم با قدم ایسا کرنا دکھایا گیا ہے۔

اسکیں اب اصل موضوع پر غور کریں۔ شکل 64.3 ب میں نفخ کار³⁷ دکھایا گیا ہے جو عددی ادوار³⁸ کا اہم ترین دور ہے۔ عددی ادوار میں ثبت منع کو عموماً V_{DD} لکھا جاتا ہے۔ اسی لئے شکل میں V_{EE} یا V_{CC} کی جگہ V_{DD} لکھا گیا ہے۔ یہاں Q₂ بطور بر قی بوجھ کردار ادا کرتا ہے۔ شکل کو دیکھتے ہوئے

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

NOT gate³⁷
digital circuits³⁸



شکل 65.3: خط بوجھ کا حصول۔

لکھا جا سکتا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ یہی خط بوجھ کی مساوات ہے۔ عمودی محور میں $v_{EC2} = f(i_C)$ کے خط کے عکس کو افقی محور پر دائیں جانب V_{DD} منتقل کرنے سے مندرجہ بالا مساوات کھینچا جا سکتا ہے۔ اس عمل کو شکل 66.3 میں قدم دکھایا گیا ہے۔

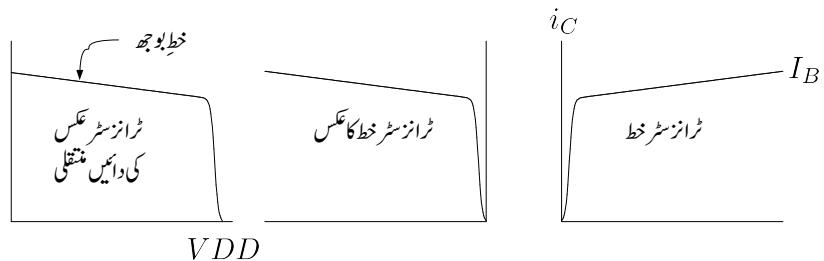
ٹرانزسٹر Q_2 کے ایمپر اور میں پر یک سمتی برقی دباؤ مہیا کئے گئے ہیں لہذا اس کے میں پر برقی رو I_B یک سمتی ہو گی جسے شکل سے یوں حاصل کیا جا سکتا ہے۔

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

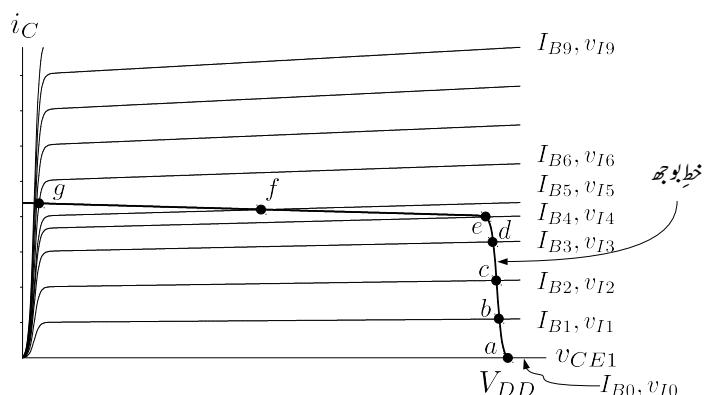
ٹرانزسٹر کے $v_{EC2} = f(i_C)$ خطوط سے مراد pnp ٹرانزسٹر کے i_C بال مقابل v_{EC} خطوط ہیں جنہیں صفحہ 298 پر شکل 37.3 میں دکھایا گیا ہے۔ چونکہ موجودہ صورت میں Q_2 کے میں پر برقی رو تبدیل نہیں ہو رہی لہذا ان خطوط میں سے صرف اس خط کو چنا جائے گا جو حاصل کردہ I_B پر پایا جائے۔

شکل 67.3 میں Q_1 کے خطوط پر خط بوجھ کو کھینچا گیا ہے۔ اگر اس دور کو بطور ایمپلیفیائر استعمال کرنا مقصد ہو تو نقطہ کار کردنی کو f کے قریب رکھ کر زیادہ سے زیادہ جیٹے کا خارجی اشارہ حاصل کرنا ممکن بنایا جا سکتا ہے۔ نقطہ کار کردنی کو f پر رکھنے کی خاطر Q_1 کے میں پر I_{B5} برقی رو درکار ہو گی۔ شکل 64.3 کو دیکھتے ہوئے Q_2 کے میں پر برقی رو کی مساوات یوں لکھی جا سکتی ہے

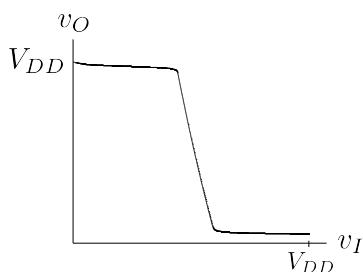
$$i_B = \frac{v_I - v_{BE}}{R_{B1}}$$



شکل 66.3: ٹرانزسٹر کے خط کی عمودی محور میں عکس اور افقی سمت میں منتقلی۔



شکل 67.3: ٹرانزسٹر خطوں پر خط بوجہ کیچا گیا ہے۔



شکل 3.3: نفی کارکارا جی اشارہ بالمقابل داخلی اشارہ خط

جہاں $v_{BE} = 0.7V$ لیا جاتا ہے I_{B5} - بر قی رہ حاصل کرنے کی خاطر v_I کی درکار قیمت v_{I5} اس مساوات سے حاصل کی جاسکتی ہے۔ شکل 3.3 میں Q_1 کے خطوط پر I_{B1} ، I_{B2} وغیرہ لکھتے ہوئے v_{I1} ، v_{I2} وغیرہ بھی لکھے گئے ہیں۔

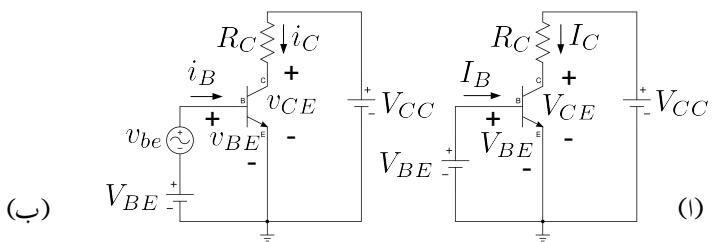
عددی ادوار میں عموماً $V_{DD} = 5V$ ہوتا ہے جبکہ v_I کی دو ہی ممکنہ قیمتیں ہیں۔ یہ یا تو $0V$ اور یا پھر $5V$ ہوتا ہے۔ آئیں v_I کی قیمت $0V$ تا $5V$ تبدیل کرتے ہوئے شکل 67.3 کی مدد سے v_O حاصل کریں۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ v_O دراصل v_{CE1} کے ہی برابر ہے۔

$v_O = V_{DD}$ اور $I_{B0} = 0A$ پر v_I کا نقطہ a پر ہو گا جہاں سے یعنی $5V$ حاصل ہوتا ہے۔ اسی طرح مختلف نقاط پر v_O بالمقابل v_I حاصل کرتے ہوئے شکل 68.3 میں دکھایا گیا v_O بالمقابل v_I کا خط کھینچا جاتا ہے۔

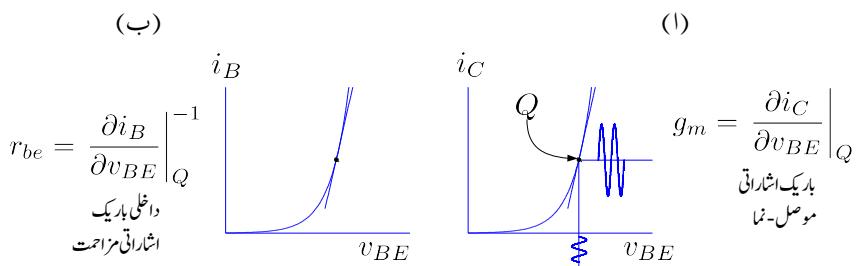
صفحہ 537 پر حصہ 12.4 میں بہتر نفی کار پر غور کیا جائے گا۔

13.3 باریک اشاراتی تجربی

اس حصے میں کم تعداد پر ٹرانزسٹر کے باریک اشاراتی کارکردگی پر غور کیا جائے گا جس کی مدد سے اگلے حصے میں ٹرانزسٹر کا پست تعدادی باریک اشاراتی ریاضی نمونہ حاصل کیا جائے گا۔ اسی ریاضی نمونے میں ٹرانزسٹر کے اندر ورنی کپیسٹروں کی شمولیت سے بلند تعدادی باریک اشاراتی ریاضی نمونہ حاصل ہوتا ہے جسے حصہ 1.11.6 میں حاصل کیا گیا ہے۔



شکل 69.3: نقطہ مائل پر ٹرانزسٹر کی کارکردگی



شکل 70.3: باریک اشاراتی افزائش موصل-نما اور باریک اشاراتی دالی مراجعت

1.13.3 ترسیکی تجزیہ

شکل 69.3 الف میں ٹرانزسٹر کا دور دکھایا گیا ہے جس کے داخلی جانب مائل کرنے والا برقی دباؤ ٹرانزسٹر کو V_{BE} پر مائل کرتا ہے۔ شکل 70.3 الف میں یوں حاصل نقطہ کارکردگی Q دکھایا گیا ہے۔ شکل 69.3 ب میں داخلی برقی دباؤ V_{BE} کے ساتھ سلسہ وار بدلتا باریک اشارہ v_{be} جوڑا گیا ہے۔ کسی بھی شکل کا ہو سکتا ہے۔ یہاں اسے سائن نما تصور کیا گیا ہے۔ یوں ٹرانزسٹر نقطہ مائل کے قریب قریب رہتے ہوئے خط $i_C - v_{BE}$ پر چال قدی کرتا ہے۔ شکل 70.3 الف میں اس عمل سے پیدا ہاریک اشاراتی برقی دباؤ v_{be} اور باریک اشاراتی برقی رو i_c دکھائے گئے ہیں۔ یہاں طلبہ سے گزارش کی جاتی ہے کہ وہ صفحہ 144 پر دئے حصہ 11.2 کو ایک مرتبہ دوبارہ دیکھیں۔

شکل 70.3 الف سے صاف واضح ہے کہ

$$(155.3) \quad i_c = g_m v_{be}$$

ہے جہاں

$$(156.3) \quad g_m = \left. \frac{\partial i_C}{\partial v_{BE}} \right|_Q$$

ہے۔ مندرجہ بالا دو مساوات حصہ 11.2 میں بطور مساوات 20.2 اور مساوات 21.2 پیش کئے گئے۔ مساوات 155.3 میں $i_c(t)$ اور $v_{be}(t)$ کی جگہ i_c اور v_{be} میں بند t نہ لکھنے سے مساوات کچھ صاف دکھائی دیتے ہیں۔ مساوات 155.3 کے تحت ٹرانزسٹر کا خارجی باریک اشاراتی برقی رو i_c کو اس کے داخلی باریک اشاراتی برقی دباؤ v_{be} کے g_m گلتا ہے۔ اسی لئے g_m کو ٹرانزسٹر کا باریک اشاراتی افراٹر موصلیت نما³⁹ کہتے ہیں جسے عموماً چھوٹا کر کے افراٹر موصلیت نما یا صرف موصلیت نما⁴⁰ پکارا جاتا ہے۔

برقی رو تقسیم برقی دباؤ کو موصلیت کہتے ہیں۔ g_m ٹرانزسٹر کے خارجی جانب کے برقی رو اور اس کے داخلی جانب کے برقی دباؤ سے حاصل کیا جاتا ہے۔ یوں یہ حقیقی موصلیت نہیں ہے بلکہ اس کی مساوات موصلیت کی مساوات سے مشابہت رکھتا ہے۔ یوں اسے g_m لکھا اور موصلیت نما⁴¹ پکارا جاتا ہے۔ g_m کی اکائی موصلیت کی اکائی $\frac{A}{V}$ یا سینٹر⁴² ہی ہے۔

2.13.3 باریک اشاراتی داخلی مراحت r_{be} اور

ٹرانزسٹر کے داخلی جانب برقی دباؤ v_{BE} مہیا کرنے سے اس کے بیس سرے پر برقی رو i_B اور انکھ سرے پر برقی رو i_E پیدا ہوتا ہے۔ شکل 70.3 ب میں ٹرانزسٹر

small signal transconductance gain³⁹

transconductance gain⁴⁰

transconductance⁴¹

Siemens⁴²

کا $i_B - v_{BE}$ خط دکھایا گیا ہے۔ نقطہ کارکردگی پر خط سے ٹرانزسٹر کا باریک اشاراتی داخلی مراجحت r_{be} یوں حاصل کیا جاتا ہے۔

$$(157.3) \quad r_{be} = \left. \frac{\partial v_{BE}}{\partial i_B} \right|_Q$$

یعنی اگر نقطہ کارکردگی پر اس خط کی ڈھلوان m ہو تو

$$r_{be} = \frac{1}{m}$$

ہو گا۔ اس کو یوں لکھا جا سکتا ہے۔

$$(158.3) \quad r_{be} = \left. \frac{\partial i_B}{\partial v_{BE}} \right|_Q^{-1}$$

r_{be} کو عمومی طور پر کتابوں میں لکھا جاتا ہے۔

ٹرانزسٹر کا باریک اشاراتی مراجحت حاصل کرتے وقت i_B کے بجائے اگر i_E لیا جائے تو ٹرانزسٹر کا باریک اشاراتی مراجحت r_e حاصل ہو گا یعنی

$$(159.3) \quad r_e = \left. \frac{\partial v_{BE}}{\partial i_E} \right|_Q$$

اگر نقطہ کارکردگی پر $i_E v_{BE}$ خط کی ڈھلوان m_1 ہو تو

$$(160.3) \quad r_e = \frac{1}{m_1}$$

ہو گا۔ اس کو یوں لکھا جا سکتا ہے

$$(161.3) \quad r_e = \left. \frac{\partial i_E}{\partial v_{BE}} \right|_Q^{-1}$$

3.13.3 تخلیلی تجزیہ

اس حصے میں الٹے برقے دباؤ V_A کو نظر انداز کیا جائے گا نتیجتاً v_{CE} کا i_C پر کوئی اثر نہیں ہو گا۔ اس اثر کو بعد میں شامل کیا جائے گا۔ شکل 69.3 الف کے لئے

مساوات 55.3 اور کرخوف کا قانون استعمال کرتے ہوئے ہم لکھ سکتے ہیں

$$(162.3) \quad I_C = I_S e^{\frac{V_{BE}}{V_T}}$$

$$(163.3) \quad V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C$$

جبکہ شکل ب میں

$$(164.3) \quad v_{BE} = V_{BE} + v_{be}$$

اور

$$(165.3) \quad i_C = I_C + i_c$$

لکھا جا سکتا ہے۔ یوں حاصل ہوتا ہے۔

$$i_C = I_S e^{\frac{v_{BE}}{V_T}}$$

$$(166.3) \quad = I_S e^{\frac{V_{BE} + v_{be}}{V_T}} \\ = I_S e^{\frac{V_{BE}}{V_T}} e^{\frac{v_{be}}{V_T}}$$

مساوات 162.3 کی مدد سے اسے یوں لکھ سکتے ہیں۔

$$(167.3) \quad i_C = I_C e^{\frac{v_{be}}{V_T}}$$

اگر ہوتے مکارن کی مدد سے اس مساوات کو یوں لکھ سکتے ہیں۔

$$(168.3) \quad i_C = I_C \left[1 + \frac{1}{1!} \left(\frac{v_{be}}{V_T} \right) + \frac{1}{2!} \left(\frac{v_{be}}{V_T} \right)^2 + \dots \right]$$

اگر مساوات 168.3 کے تیرے جزو کی قیمت اس کے دوسرے جزو کی قیمت سے بہت کم ہو یعنی

$$(169.3) \quad \frac{1}{2!} \left(\frac{v_{be}}{V_T} \right)^2 \ll \frac{1}{1!} \left(\frac{v_{be}}{V_T} \right) \\ v_{be} \ll 2 \times V_T$$

تب اس مساوات کو یوں لکھا جا سکتا ہے۔

$$(170.3) \quad i_C \approx I_C \left(1 + \frac{v_{be}}{V_T} \right)$$

مساوات 169.3 باریک اشارہ کی تخلیلی تعریف ہے۔ چونکہ

$$2 \times V_T = 2 \times 0.025 = 0.05 \text{ V}$$

کے برابر ہے لہذا v_{be} کو اس صورت باریک اشارہ تصور کیا جائے گا جب اس کی قیمت 0.05 V (یعنی پچاس ملی ولٹ) سے بہت کم ہو۔ حقیقت میں اگر v_{be} کی قیمت 10 mV سے کم ہو تو اسے باریک اشارہ تصور کیا جاتا ہے۔ مساوات 170.3 کو ٹرانزسٹر کا باریک اشاراتی مساواۃ کہتے ہیں۔

مثال 35.3: مساوات 168.3 اور مساوات 170.3 میں $I_C = 1 \text{ mA}$ کے باریک اشارہ کے لئے i_C کی قیمت حاصل کریں اور دونوں جوابات کا موازنہ کریں۔

حل: مساوات 168.3 سے

$$i_C = 10^{-3} \left[1 + \frac{1}{1!} \left(\frac{0.01}{0.025} \right) + \frac{1}{2!} \left(\frac{0.01}{0.025} \right)^2 + \dots \right] \approx 1.48 \text{ mA}$$

جبکہ مساوات 170.3 سے

$$i_C = 10^{-3} \left(1 + \frac{0.01}{0.025} \right) = 1.4 \text{ mA}$$

حاصل ہوتا ہے۔ یوں باریک اشاراتی مساوات کے استعمال سے جواب میں

$$\frac{1.48 - 1.4}{1.48} \times 100 = 5.4 \%$$

کا فرق آتا ہے جو کہ قابل قبول ہے۔ یاد رہے کہ 10 mV سے کم اشارات کے لئے یہ فرق مزید کم ہو گا۔

مساوات 170.3 کو یوں لکھا جا سکتا ہے۔

$$(171.3) \quad i_C = I_C + \frac{I_C}{V_T} v_{be}$$

مساوات 165.3 کے ساتھ موازنہ کرنے سے ہم دیکھتے ہیں کہ لکٹر برقی رو i_C کے دو جزو ہیں۔ اس کا پہلا جزو وہی یک سمتی برقی رو I_C ہے جسے شکل 69.3 ب میں حاصل کیا گیا جبکہ اس کا دوسرا جزو $(\frac{I_C}{V_T} v_{be})$ باریک اشارہ پر منحصر بدلتا جزو ہے یعنی

$$(172.3) \quad i_c = \frac{I_C}{V_T} v_{be}$$

اس مساوات کو یوں بھی لکھا جا سکتا ہے

$$(173.3) \quad i_c = g_m v_{be}$$

جہاں

$$(174.3) \quad g_m = \frac{I_C}{V_T}$$

لیا گیا ہے۔ مساوات 173.3 سے ہم دیکھتے ہیں کہ بدلتی لکٹر برقی رو i_c کی قیمت داخلی اشارہ v_{be} کے g_m گنا ہے۔ جیسے کہ پہلے ذکر ہوا g_m کو ٹرانزسٹر کی افزائش موصیت-نما یا صرف موصیت-نما⁴³ کہا جاتا ہے اور اس کی پیمائش سیمنز⁴⁴ S میں کی جاتی ہے۔ مندرجہ بالا دو مساوات درحقیقت مساوات 155.3 اور مساوات 156.3 ہیں۔ مساوات 174.3 سے ہم دیکھتے ہیں کہ افزائش موصیت-نما کی قیمت ٹرانزسٹر کے یک سمتی برقی رو I_C کے برابر راست متناسب ہے۔ یوں I_C کی قیمت دگنی کرنے سے g_m کی قیمت بھی دگنی ہو جائے گی۔

مثال 36.3: افزائش موصیت-نما کی قیمت 0.1 mA، 1 mA اور 10 mA کے یک سمتی برقی رو پر حاصل کریں۔

transconductance⁴³
siemens⁴⁴

حمل: مساوات 174.3 کی مدد سے

$$g_m = \frac{I_C}{V_T} = \frac{0.1 \times 10^{-3}}{25 \times 10^{-3}} = 4 \text{ mS}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اسی طرح

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

اور

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

حاصل ہوتا ہے۔

مساوات 173.3 کو یوں لکھا جا سکتا ہے

$$(175.3) \quad g_m = \frac{i_c}{v_{be}}$$

v_{be} اور i_c جہاں v_{be} کھٹت ہوئے یوں لکھا جا سکتا ہے۔

$$(176.3) \quad v_{BE} = V_{BE} + \Delta v_{BE}$$

ایسا لکھنے سے مساوات 171.3 کی جگہ مندرجہ ذیل حاصل ہوتا ہے۔

$$(177.3) \quad i_C = I_C + \frac{I_C}{V_T} \Delta v_{BE}$$

یوں

$$(178.3) \quad i_C = I_C + \Delta i_C$$

لکھتے ہوئے مساوات 172.3 کی نئی شکل یوں ہو گی۔

$$(179.3) \quad \Delta i_C = \frac{I_C}{V_T} \Delta v_{BE}$$

جس سے

$$(180.3) \quad \Delta i_C = g_m \Delta v_{BE}$$

حاصل ہوتا ہے جسے یوں لکھا جا سکتا ہے۔

$$(181.3) \quad g_m = \frac{\Delta i_C}{\Delta v_{BE}}$$

جیسا کہ شکل 70.3 میں دکھایا گیا ہے، مندرجہ بالا مساوات کے مطابق g_m ٹرانزسٹر کے $i_C - v_{BE}$ خط کے مماس کی ڈھلوان ہے۔ اس مساوات کو مزید بہتر یوں لکھا جا سکتا ہے

$$(182.3) \quad g_m = \left. \frac{\partial i_C}{\partial v_{BE}} \right|_Q$$

مساوات 182.3 افراش موصیت-نما g_m کی ترسیلی تعریف ہے۔

جیسا کہ شکل 70.3 سے واضح ہے کہ $i_C - v_{BE}$ خط کی ڈھلوان ہر نقطے پر مختلف ہے۔ یوں g_m کی مقدار اسی نقطے پر حاصل کرنا ضروری ہے جس پر ٹرانزسٹر مائل کیا گیا ہو۔ مساوات 182.3 میں دائیں ہاتھ تفرق لیتے وقت نقطہ کارکردگی Q کو بھی مرے نظر رکھا گیا ہے۔

مساوات 182.3 استعمال کرتے ہوئے مساوات 174.3 کو نہایت آسانی سے یوں حاصل کیا جا سکتا ہے۔

پہلے ٹکٹر برقی رو کی مساوات کا تفرق لیتے ہیں۔

$$(183.3) \quad i_C = I_S e^{\frac{v_{BE}}{V_T}}$$

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

مساوات 182.3 کے تحت نقطہ کارکردگی پر اس تفرق کی قیمت ہی g_m کارکردگی پر اس مساوات کی قیمت حاصل کرنے کی خاطر $v_{BE} = V_{BE}$ 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 162.3 کا سہارا لیتے ہوئے اس کو یوں لکھا جا سکتا ہے۔

$$(184.3) \quad g_m = \frac{I_C}{V_T}$$

ٹکل 70.3 ب میں ٹرانزسٹر کا $i_B - v_{BE}$ خط گراف کیا گیا ہے۔ نقطہ مائل پر خط کے ڈھلوان سے ٹرانزسٹر کا باریک اشاراتی مزاحمت r_{be} حاصل کیا جا سکتا ہے یعنی

$$(185.3) \quad r_{be} = \left. \frac{\partial i_B}{\partial v_{BE}} \right|_Q^{-1}$$

چونکہ $i_C = \beta i_B$ ہوتا ہے لہذا

$$(186.3) \quad i_B = \frac{i_C}{\beta} = \frac{I_S}{\beta} e^{\frac{V_{BE}}{V_T}}$$

لکھا جائے گا۔ ان دو مساوات کی مدد سے r_{be} کی قیمت حاصل کرتے ہیں۔ مساوات 186.3 کا تفرق لیتے ہیں

$$\frac{\partial i_B}{\partial v_{BE}} = \frac{I_S}{\beta V_T} e^{\frac{V_{BE}}{V_T}}$$

اور اس تفرق کی نقطہ کارکردگی پر قیمت حاصل کرتے ہیں۔ ایسا کرنے کی خاطر استعمال کرنا ہو گا۔ یوں

$$\left. \frac{\partial i_B}{\partial v_{BE}} \right|_{v_{BE}=V_{BE}} = \frac{I_S}{\beta V_T} e^{\frac{V_{BE}}{V_T}}$$

حاصل ہوتا ہے۔ مساوات 162.3 کا سہارا لیتے ہوئے اسے یوں لکھا جا سکتا ہے۔

$$\left. \frac{\partial i_B}{\partial v_{BE}} \right|_{v_{BE}=V_{BE}} = \frac{I_C}{\beta V_T}$$

اور چونکہ

$$r_{be} = \left. \frac{\partial i_B}{\partial v_{BE}} \right|_{v_{BE}=V_{BE}}^{-1}$$

ہوتا ہے لہذا

$$(187.3) \quad r_{be} = \frac{\beta V_T}{I_C}$$

حاصل ہوتا ہے۔ مزید یہ کہ مساوات 184.3 کی مدد سے اسے یوں بھی لکھ سکتے ہیں۔

$$(188.3) \quad r_{be} = \frac{\beta}{g_m}$$

$$\beta = r_{be} g_m$$

یا گزشہ دو مساوات ٹرانزسٹر کے باریک اشاراتی داخلی مراجحت r_{be} کے حصول کے لئے استعمال کئے جاتے ہیں۔ مساوات 188.3 سے یہ حقیقت سامنے آتی ہے کہ β کے غیر متغیر ہونے کی وجہ سے اگر کسی ٹرانزسٹر کا برقی رو I_C بڑھا کر اس کا g_m بڑھایا جائے تو ٹرانزسٹر کا r_{be} کم ہو جائے گا۔

بالکل r_{be} کے حصول کے طرز پر اگر $i_E - v_{BE}$ کے خط سے شروع کیا جائے تو باریک اشاراتی مراجحت r_e حاصل کیا جا سکتا ہے جہاں

$$(189.3) \quad r_e = \left. \frac{\partial i_E}{\partial v_{BE}} \right|_Q^{-1}$$

ہے۔ آئیں ایسا ہی کریں۔

$$(190.3) \quad i_E = \frac{I_S}{\alpha} e^{\frac{v_{BE}}{V_T}}$$

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

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

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

پوں

$$(191.3) \quad r_e = \frac{\alpha V_T}{I_C}$$

حاصل ہوتا ہے جسے یوں بھی لکھا جا سکتا ہے۔

$$(192.3) \quad r_e = \frac{\alpha}{g_m} \approx \frac{1}{g_m}$$

مساوات 191.3 میں $\alpha = \frac{\beta}{\beta+1}$ مساوات 187.3 کے ساتھ موازنہ کرنے سے حاصل ہوتا ہے۔

$$(193.3) \quad r_e = \frac{r_{be}}{\beta + 1}$$

اس کو یوں بھی لکھا جا سکتا ہے۔

$$(194.3) \quad r_{be} = (\beta + 1) r_e$$

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

r_{be} وہ مزاحمت ہے جو ٹرانزسٹر کے میں جانب سے دیکھتے ہوئے نظر آتا ہے جبکہ r_e وہ مزاحمت ہے جو ٹرانزسٹر کے لمبٹر جانب سے دیکھتے ہوئے نظر آتا ہے۔ اگر r_{be} کو ٹرانزسٹر کا باریک اشاراتی مزاحمت تصور کیا جائے تو ٹرانزسٹر کے میں جانب r_{be} نظر آئے گا جبکہ اس کے لمبٹر جانب سے دیکھتے ہوئے ہمیں $\frac{r_{be}}{(\beta + 1)}$ نظر آئے گا۔ مساوات 193.3 یہی کچھ کہتا ہے۔ اسی طرح اگر r_e کو ٹرانزسٹر کا باریک اشاراتی مزاحمت تصور کیا جائے تو ٹرانزسٹر کے لمبٹر جانب سے r_e نظر آئے گا جبکہ اس کے میں جانب سے دیکھتے ہوئے ہمیں $(\beta + 1) r_e$ نظر آئے گا۔ مساوات 194.3 یہی کہتا ہے۔ شکل 71.3 ان حقائق کے تصوراتی اشکال پیش کرتا ہے۔

$$(b) \quad r = (\beta + 1) r_e \quad \xrightarrow{\text{Circuit Diagram}} \quad r = r_{be} \quad \xrightarrow{\text{Circuit Diagram}} \quad r = \frac{r_{be}}{\beta + 1}$$

شکل 71.3: باریک اشاراتی داخلی مراجحت اور ان کے عکس

مثال : 37.3 حاصل کریں۔

حل: مساوات 55.3 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

$$(195.3) \quad g_m = \frac{I_C}{V_T}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اسی طرح لکھتے ہوئے $i_B = \frac{i_C}{\beta}$

$$(196.3) \quad r_{be} = \left. \frac{\partial v_{EB}}{\partial i_B} \right|_Q = \left. \frac{\partial i_B}{\partial v_{EB}} \right|_Q^{-1} = \frac{\beta V_T}{I_C} = \frac{\beta}{g_m}$$

لکھتے ہوئے $i_E = \frac{i_C}{\alpha}$ اور

$$(197.3) \quad r_e = \frac{\alpha V_T}{I_C} = \frac{r_{be}}{\beta + 1} = \frac{\alpha}{g_m} \approx \frac{1}{g_m}$$

حاصل ہوتے ہیں۔ خارجی مراجحت r_o لیز مال بر قہ دباؤ سے یوں حاصل ہوتا ہے۔

$$(198.3) \quad r_o = \left. \frac{\Delta v_{EC}}{\Delta i_C} \right|_Q = \frac{V_A + V_{EC}}{I_C} \approx \frac{V_A}{I_C}$$

14.3 پست تعدادی ٹرانزسٹر ریاضی نمونہ برائے باریک اشارات

گزشتہ حصے میں ہم نے دیکھا کہ ٹرانزسٹر کے نقطہ کارکردگی پر اس کی افزائش موصل-نما r_{be} اور داخلی مراجحت g_m حاصل کی جا سکتی ہے۔ ان دونوں مساواتوں کو یہاں دوبارہ پیش کرتے ہیں۔

$$(199.3) \quad g_m = \frac{\Delta i_C}{\Delta v_{BE}} = \frac{i_c}{v_{be}}$$

$$(200.3) \quad r_{be} = \frac{\Delta v_{BE}}{\Delta i_B} = \frac{v_{be}}{i_b}$$

جنہیں یوں بھی لکھا جا سکتا ہے۔

$$(201.3) \quad i_c = g_m v_{be}$$

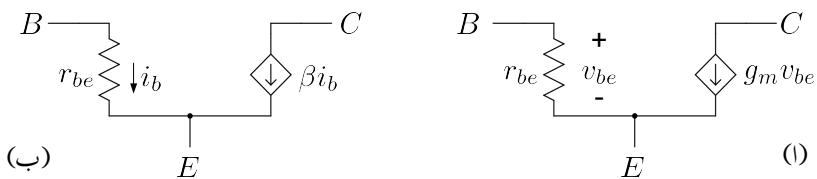
$$(202.3) \quad i_b = \frac{v_{be}}{r_{be}}$$

ان مساوات کے مطابق مائل کردہ ٹرانزسٹر پر داخلی جانب باریک اشارہ v_{be} لاگو کرنے سے اس کے داخلی جانب میں سرے پر برقی رو i_b پیدا ہوتا ہے جبکہ اس کے خارجی جانب برقی رو i_c پیدا ہوتا ہے۔ یہ دو مساوات ٹرانزسٹر کی باریک اشاراتی کارکردگی بیان کرتے ہیں۔ اگرچہ مساوات 201.3 کے مطابق i_c صرف v_{be} پر منحصر ہے، حقیقت میں ایسا نہیں ہوتا اور i_c کی قیمت خارجی برقی دباؤ v_{CE} پر بھی منحصر 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 باریک اشاراتی کارکردگی بیان کرنے والے مساوات مان لیتے ہیں۔

شکل 72.3 الف پر نظر ڈالنے سے ہم دیکھتے ہیں کہ اس دور سے

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

$$i_c = g_m v_{be}$$



شکل 72.3: پست تعدادی باریک اشاراتی پائے ریاضی نمونہ

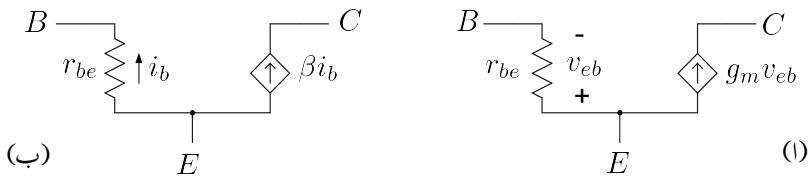
مساوات حاصل ہوتے ہیں جو کہ مساوات 201.3 اور مساوات 202.3 ہی ہیں۔ یوں یہ دور ٹرانزسٹر کی باریک اشاراتی کارکردگی ہی بیان کرتا ہے، لہذا یہ دور ٹرانزسٹر کا باریک اشاراتی ریاضی نمونہ ہی ہے۔ اس کا عمومی نام ٹرانزسٹر کا پست تعدادی باریک اشاراتی پائے (π) ریاضی نمونہ⁴⁵ ہے جسے چھوٹا کر کے صرف π ریاضی نمونہ یا پائے ریاضی نمونہ پکارا جاتا ہے۔

شکل 72.3 ب میں π ریاضی نمونہ کا قدر مختلف دور دکھایا گیا ہے۔ مساوات 188.3 اور مساوات 202.3 کے استعمال سے

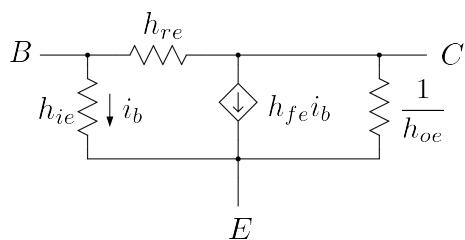
$$\beta i_b = \beta \frac{v_{be}}{r_{be}} = g_m v_{be}$$

لکھتے ہوئے ہم دیکھتے ہیں کہ دونوں اشکال سے حاصل جوابات یکساں ہیں۔ شکل 72.3 الف اور شکل ب اس کتاب میں بار بار استعمال کئے جائیں گے۔

شکل 73.3 میں pnp ٹرانزسٹر کے پائے ریاضی نمونے دکھائے گئے ہیں جہاں برقی رو کی سمتیں شکل 72.3 کے الٹ ہیں۔ اسی طرح یہاں v_{eb} کی جگہ v_{be} استعمال کیا گیا ہے۔ اگر pnp کے ان ریاضی نمونوں میں v_{eb} کی جگہ v_{be} لکھا جائے تو تابع منع روکی سمت الٹ ہو جائے گی اور یوں شکل 72.3 ہی حاصل ہو گا۔ اس طرح ہم دیکھتے ہیں کہ pnp کے لئے بھی شکل 72.3 کے ریاضی نمونے استعمال کئے جاسکتے ہیں۔ اس کتاب میں ایسا ہی کیا جائے گا۔ شکل 74.3 میں پائے ریاضی نمونے کی ایک اور نہایت مقبول شکل دکھائی گئی ہیں جہاں تمام اجزاء کے نام h سے شروع ہوتے ہیں۔ ان



شکل 73.3: pnp کا باریک اشاراتی π ریاضی نمونہ



شکل 74.3: پائے ریاضی نمونے کی ایک اور مقبول شکل

اجزاء کو h اجزاء ہی لپکا جاتا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ دراصل

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

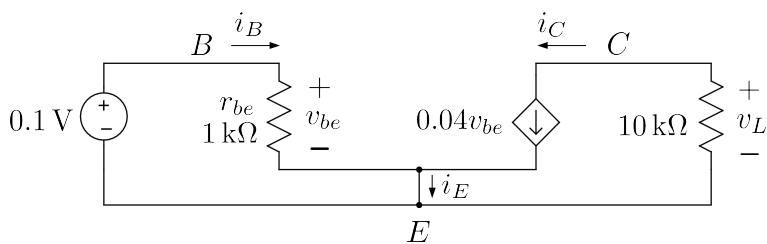
$$h_{fe} = \beta$$

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

$$h_{re} = \infty$$

ہیں۔ صنعت کار عموماً ٹرانزسٹر کے h اجزاء فراہم کرتے ہیں۔ h - ریاضی نمونے پر مزید کوئی بات نہیں کی جائے گی۔

مثال 38.3: شکل 72.3 میں E کے درمیان 0.1V کا برقی دباؤ مہیا کریں اور C اور E کے درمیان $10\text{k}\Omega$ کی مزاحمت نسب کریں۔ اگر



شکل 75.3

گا۔ شکل 73.3 کی جگہ شکل 75.3 استعمال کرتے ہوئے دوبارہ حل کریں۔

حل: شکل 75.3 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 جا سکتا ہے۔ یوں

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

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 کرخوف کے قانون برائے برقی روکی مدد سے

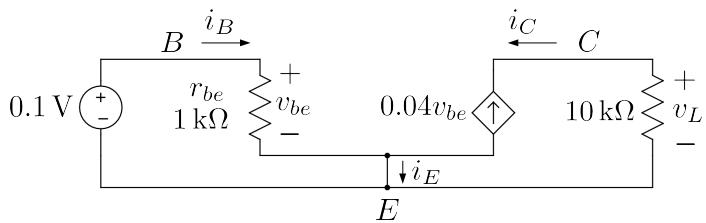
$$i_E = i_B + i_C = 4.1 \text{ mA}$$

حاصل ہوتا ہے۔

آئین شکل 76.3 کو استعمال کرتے ہوئے دوبارہ حل کریں۔ اس شکل میں شکل 73.3 کا ریاضی نمونہ استعمال کیا گیا ہے۔ یہاں

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

$$v_{eb} = -0.1 \text{ V}$$



شکل 76.3

$i_C = -g_m v_{eb}$ میں الٹ ہیں لہذا $i_C = g_m v_{eb}$ کے سمتیں آپس میں الٹ ہیں لہذا لکھا جائے گا۔ یوں

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

حاصل ہوتا ہے جسے استعمال کرتے ہوئے

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

حاصل ہوتا ہے۔ اسی طرح

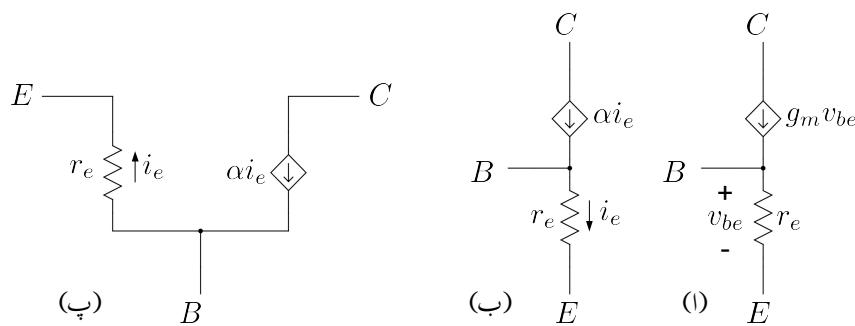
$$i_E = i_B + i_C = 4.1 \text{ mA}$$

حاصل ہوتا ہے۔

دونوں اشکال کے جوابات بالکل یکساں ہیں۔ یہی وجہ ہے کہ pnp کے لئے بھی شکل 72.3 کا ریاضی نمونہ استعمال کیا جاتا ہے۔

1.14.3 T ریاضی نمونہ

گزشتہ حصے میں ہم نے دیکھا کہ پائے ریاضی نمونہ کو حل کرنے سے ٹرانزسٹر کے مساوات (یعنی مساوات 201.3 اور مساوات 202.3) حاصل ہوتے ہیں اور یوں اسے ٹرانزسٹر کا



شکل 77.3: ریاضی نمونہ

ریاضی نمونہ تصور کیا جا سکتا ہے۔ پائے ریاضی نمونے کے علاوہ بھی ادوار بنائے جا سکتے ہیں جن سے انہیں مساوات کا حصول ممکن ہے۔ ایسے تمام ادوار کو بھی ٹرانزسٹر کے ریاضی نمونے تصور کیا جا سکتا ہے۔ ان میں T ریاضی نمونے⁴⁶ خاصہ مقبول ہے۔ ایمیٹر مشترک⁴⁷ اور کلکٹر مشترک ادوار حل کرتے ہوئے عموماً پائے ریاضی نمونے ہی استعمال کیا جاتا ہے جبکہ بیٹھ مشترک ادوار کو T ریاضی نمونے کی مدد سے زیادہ آسانی سے حل کرنا ممکن ہوتا ہے۔ r_o -کو نظر انداز کرتے ہوئے npn کے T ریاضی نمونے کے مختلف اشکال کو شکل 77.3 میں دکھایا گیا ہے۔ انہیں ریاضی نمونے میں C اور E کے مابین r_o نسب کرتے ہوئے r_o کے اثر کو بھی شامل کیا جا سکتا ہے۔

شکل 77.3 الف میں چونکہ C سرے کے ساتھ تالیع منج روسلسلہ دار جڑا ہے لہذا $i_c = g_m v_{be}$ ہو گا۔ اُوہم کے قانون کے مطابق اگر r_e پر v_{be} برقی دباؤ پایا جائے تو $i_e = \frac{v_{be}}{r_e}$ ہو گا۔ کرخوف کے قانون برائے برقی دباؤ کے تحت $i_b = i_e - i_c$ ہو گا۔ آئیں اس کی قیمت حاصل کریں۔ چونکہ

⁴⁶ ریاضی نمونے کی شکل انگریزی کے حروف تہجی T کی مانند ہے۔ اسی لئے اس کو ریاضی نمونہ کہتے ہیں۔

⁴⁷ مشترک بیٹھ، مشترک کلکٹر اور مشترک میں کی پیچان حصہ 19.3 میں کی گئی ہے۔

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

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

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

ہیں لہذا

$$i_b = i_e - i_c$$

$$= \frac{v_{be}}{r_e} - g_m v_{be}$$

$$= v_{be} \left(\frac{I_C}{\alpha V_T} - \frac{I_C}{V_T} \right)$$

$$= \frac{I_C}{V_T} v_{be} \left(\frac{1 - \alpha}{\alpha} \right)$$

$$= \frac{I_C}{V_T} v_{be} \frac{1}{\beta}$$

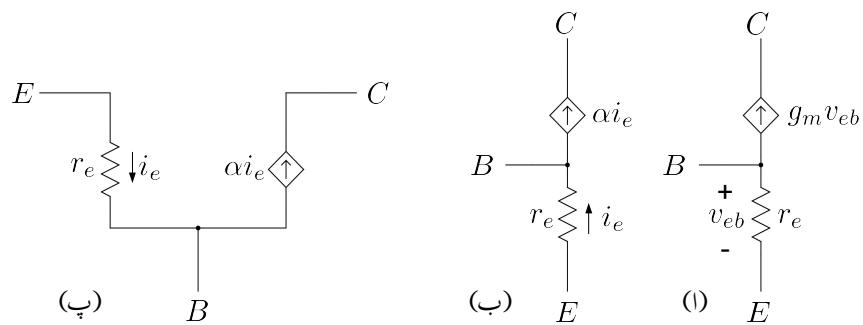
$$= \frac{v_{be}}{r_{be}}$$

پس اُن T ریاضی نمونے سے بھی ٹرانزسٹر کے باریک اشاراتی مساوات حاصل ہوتے ہیں اور یوں اسے بطور ٹرانزسٹر ریاضی نمونہ استعمال کیا جا سکتا ہے۔ شکل ب میں اُن ریاضی نمونے کی دوسری ممکنہ صورت دکھائی گئی ہے جہاں $i_c = \alpha i_e$ کا استعمال کیا گیا ہے۔ شکل پ میں اُن ریاضی نمونے کو پائے π طرز پر بنایا گیا ہے۔

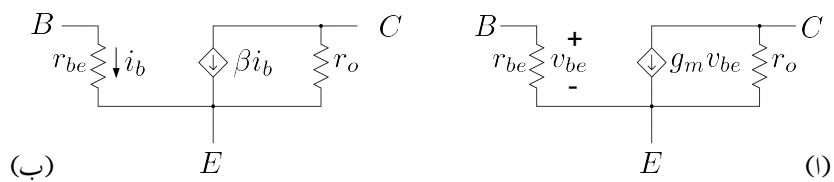
شکل 78.3 میں T ریاضی نمونہ دکھایا گیا ہے۔ یہاں بھی اگر v_{eb} کی جگہ v_{be} لکھا جائے تو شکل میں تابع منع روکی سمت الٹ ہو جائے گی اور یوں اس سے شکل 77.3 ہی حاصل ہو گا۔ اس کا مطلب ہے کہ pnp کے لئے بھی شکل 77.3 کے ریاضی نمونے استعمال کئے جاسکتے ہیں۔ اس کتاب میں ایسا ہی کیا جائے گا۔

2.14.3 پائے ریاضی نمونہ بعد خارجی مزاحمت r_0

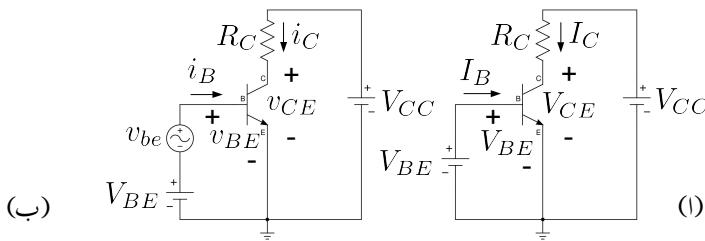
مساوات 62.3 ٹرانزسٹر کا باریک اشاراتی خارجی مزاحمت r_0 دیتا ہے۔ i_C پر v_{ce} کے اثرات کو ٹرانزسٹر ریاضی نمونہ میں r_0 سے ظاہر کیا جاتا ہے۔ شکل 79.3 میں پائے ریاضی نمونہ بعد خارجی مزاحمت r_0 دکھائے گئے ہیں۔



کل 78.3: پاک ریاضی نمونہ T-pnp



کل 79.3: پاک ریاضی نمونہ بعد خارجی مزاحمت r_o



شکل 80.3: یک سمی اور بدلے متغیرات کی علیحدگی

15.3 یک سمی اور بدلے متغیرات کی علیحدگی

شکل 80.3 الف میں ٹرانزسٹر کا یک سمی دور دکھایا گیا ہے جہاں ٹرانزسٹر کا نقطہ کارکردگی تعین کرتا ہے۔ شکل ب میں V_{BE} کے ساتھ سلسلہ وار باریک اشارہ v_{be} جوڑا گیا ہے جس کی وجہ سے ٹرانزسٹر نقطہ مائل کے قریب-قریب $i_C - v_{BE}$ خط پر چال قدمی کرتا ہے۔ شکل الف میں تمام متغیرات یک سمی ہیں لہذا i_C کو I_C اور v_{BE} کو V_{BE} لکھا جائے گا۔ یوں مساوات 55.3 اور کرخوف کا قانون برائے برقی دباؤ استعمال کرتے ہوئے شکل الف کے لئے ہم لکھ سکتے ہیں۔

$$(203.3) \quad I_C = I_S e^{\frac{V_{BE}}{V_T}}$$

$$(204.3) \quad V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C$$

جبکہ شکل ب کے لئے یوں لکھا جا سکتا ہے۔

$$\begin{aligned} i_C &= I_C + i_c \\ &= I_S e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} \\ &= I_S e^{\frac{V_{BE} + v_{be}}{V_T}} \\ &= I_S e^{\frac{V_{BE}}{V_T}} e^{\frac{v_{be}}{V_T}} \\ &= I_C e^{\frac{v_{be}}{V_T}} \end{aligned}$$

جہاں آخری قدم پر مساوات 203.3 کا سہارا لیا گیا۔ سلسلہ مکارن کی مدد سے اس کو یوں لکھ سکتے ہیں۔

$$i_C = I_C \left[1 + \frac{1}{1!} \left(\frac{v_{be}}{V_T} \right) + \frac{1}{2!} \left(\frac{v_{be}}{V_T} \right)^2 + \dots \right]$$

باریک 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 184.3 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

$$(205.3) \quad i_c = g_m v_{be}$$

اسی طرح شکل 80.3 ب کے خارجی جانب

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

$$V_{CE} + v_{ce} = V_{CC} - (I_C + i_c) R_C$$

$$V_{CE} + v_{ce} = V_{CC} - I_C R_C - i_c R_C$$

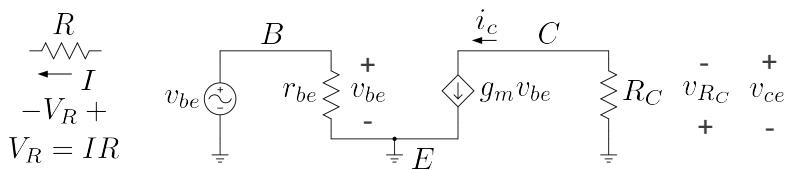
$$\underbrace{V_{CE} - V_{CC} + I_C R_C}_{=0} + v_{ce} = -i_c R_C$$

جہاں آخری قدم پر مساوات 204.3 کی مدد حاصل کی گئی۔ مساوات 205.3 کو استعمال کرتے ہوئے اسے یوں لکھ سکتے ہیں۔

$$(206.3) \quad v_{ce} = -g_m R_C v_{be}$$

جس سے باریک اشارتی افراش بر قی دباؤ A_v حاصل کی جا سکتی ہے۔

$$(207.3) \quad A_v = \frac{v_{ce}}{v_{be}} = -g_m R_C$$



شکل 81.3: باریک اشاراتی مساوی دور

مساویات 203.3 اور مساوات 204.3 سے شکل 80.3 میں یک سمتی متغیرات i_c اور V_{CE} حاصل ہوتے ہیں جبکہ مساوات 205.3 اور مساوات 206.3 سے اسی شکل کے بدلتے متغیرات v_{ce} اور i_c یک سمتی متغیرات شکل الف سے حاصل کئے گئے جہاں بدلتے متغیرات موجود نہیں۔

شکل 72.3 الف میں دئے گئے ٹرانزسٹر کے باریک اشاراتی ریاضی نمونے پر داخلی جانب v_{be} لاگو کرتے ہوئے اور اس کے خارجی جانب مراجحت R_C جوڑنے سے شکل 81.3 حاصل ہوتا ہے جس سے

(208.3)

$$i_c = g_m v_{be}$$

حاصل ہوتا ہے جو کہ بالکل مساوات 205.3 ہے جسے اصل ٹرانزسٹر کا دور حل کرتے حاصل کیا گیا تھا۔

اسی طرح V_{R_C} کو اُوہم کے قانون کی مدد سے حاصل کرتے ہیں۔ شکل میں باسیں جانب اُوہم کے قانون کا صحیح استعمال دکھایا گیا ہے جہاں مراجحت R میں اگر برقی رو I دائیں سرے سے داخل ہو تو اُوہم کا قانون استعمال کرتے وقت برقی دباؤ V_R کا ثابت طرف مراجحت کا وہ سرا لیا جاتا ہے جہاں سے مراجحت میں برقی رو داخل ہو۔ یوں اُوہم کے قانون سے

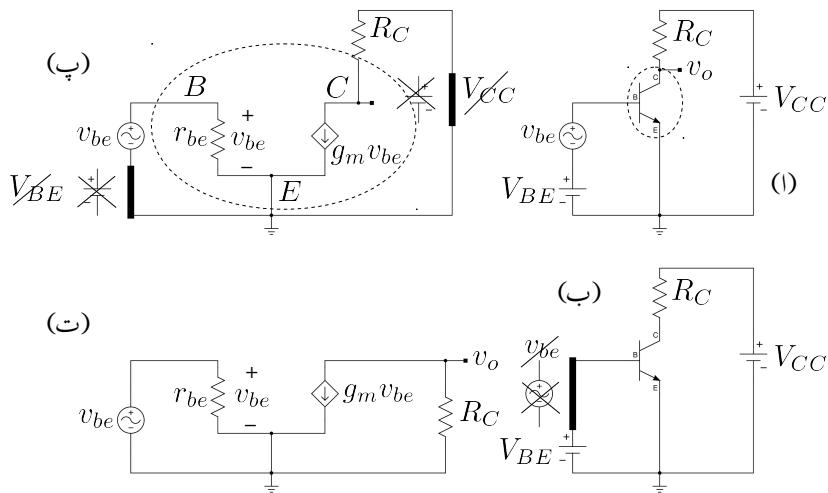
(209.3)

$$\begin{aligned} V_{R_C} &= i_c R_C \\ &= g_m R_C v_{be} \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اگر ہمیں v_{ce} حاصل کرنا ہو تو ہم شکل سے دیکھتے ہیں کہ یہ کے الٹ ہے (یعنی $v_{ce} = -v_{R_C}$) یوں

(210.3)

$$v_{ce} = -g_m R_C v_{be}$$



شکل 3.82: (أ) اصل دور، (ب) مساوی یک سمتی دور، (ت) مساوی باریک اشاراتی دور

حاصل ہوتا ہے جو کہ بالکل مساوات ہی ہے جسے اصل ٹرانزسٹر کا دور حل کرتے حاصل کیا گیا تھا۔

مندرجہ بالا مساوات سے باریک اشاراتی افزائش برقی دباؤ A_v حاصل ہوتی ہے۔

$$(211.3) \quad A_v = \frac{v_{ce}}{v_{be}} = -g_m R_C$$

ہم دیکھتے ہیں کہ شکل 80.3 ب میں دئے گئے دور کے بدلتے متغیرات شکل 82.3 کو حل کرنے سے بھی حاصل کئے جاسکتے ہیں۔ یہ ایک انتہائی اہم نتیجہ ہے جس کو استعمال کرتے ہوئے ٹرانزسٹر کے ادوار کو قلم و کاغذ پر حل کرتے استعمال کیا جاتا ہے۔ شکل 82.3 میں دکھایا دور شکل 80.3 ب کا مساوی باریک اشاراتی دور ہے۔

آئین شکل 82.3 کی مدد سے دیکھیں کہ کسی بھی ٹرانزسٹر دور کے مساوی یک سمتی اور مساوی باریک اشاراتی ادوار کیے حاصل کئے جاتے ہیں۔ ہم نے اوپر دیکھا کہ بدلتے متغیرات کے مساوات میں تمام یک سمتی متغیرات کٹ جاتے ہیں۔ یوں کسی بھی دور کا مساوی باریک

اشاراتی دور حاصل کرتے وقت دور میں تمام یک سمتی منع کی قیمتیں صفر کر دیں جاتی ہیں اور ٹرانزسٹر کی جگہ ٹرانزسٹر کا باریک اشاراتی ریاضی نمونہ نسب کر دیا جاتا ہے۔ یک سمتی منع برتنی دباؤ کی قیمت صفر کرنے کی خاطر ان کے دونوں سرے قصر دور تصور کئے جاتے ہیں۔ اگرچہ موجودہ مثال میں یک سمتی منع برتنی رو استعمال نہیں کیا گیا لیکن اگر ایسا کیا جائے تو یک سمتی منع برتنی رو کی قیمت صفر کرنے کی خاطر اس کو کھلے سرے کر دیا جاتا ہے۔

آنکنہ اب شکل 82.3 الف میں دئے دور کے مساوی ادوار حاصل کریں۔ شروع مساوی یک سمتی دور کے حصول سے کرتے ہیں۔

جیسا شکل ب میں دکھایا گیا ہے کہ تمام بدلتے اشارات کی قیمت صفر کرنے سے دور کا مساوی یک سمتی دور حاصل ہوتا ہے۔ اس دور میں v_{be} بدلتا اشارہ ہے جسے دور سے خارج کرتے ہوئے اس مقام کو قصر دور کر دیا گیا ہے (یعنی جن دو برتنی تاروں کے ساتھ v_{be} جڑا تھا ان تاروں کو آپس میں جوڑ دیا گیا ہے جبکہ بیہاں سے کو نکال دیا گیا ہے۔ جوڑ کو وضاحت کی خاطر موٹی تار سے دکھایا گیا ہے)

شکل (پ) میں مساوی باریک اشاراتی دور حاصل کیا گیا ہے۔ ایسا کرنے کی خاطر ٹرانزسٹر کی جگہ اس کا باریک اشاراتی π ریاضی نمونہ نسب کیا گا ہے جبکہ تمام یک سمتی منع کو قصر دور کر دیا گیا ہے۔ پونکہ اصل دور یعنی شکل الف میں V_{BE} اور V_{CC} یک سمتی منع ہیں لہذا انہیں قصر دور کیا گیا ہے۔ ان کی جگہ نسب تاروں کو وضاحت کی غرض سے موٹا کر کے دکھایا 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 ادوار کے حل حاصل کرتے وقت یہ ممکن ہے کہ پہلے بدلتے متغیرات کو نظر انداز کیا جائے اور اس کا یک سمتی دور حل کیا جائے۔ یوں حاصل یک سمتی متغیرات سے نقطہ کارگردگی پر ٹرانزسٹر کے r_{be} اور g_m حاصل کئے جائیں اور پھر دور میں یک سمتی منع کو نظر انداز کرتے ہوئے بدلتے اشارات حاصل کئے جائیں۔ قلم و کاغذ پر ٹرانزسٹر ادوار اسی طریقہ کار کو استعمال کرتے ہوئے حاصل کئے جاتے ہیں۔ اگلے حصے میں اس طریقے کی مشق کرائی جائے گی۔ آپ سے گزارش کی جاتی ہے کہ ان مشقوں سے فائدہ اٹھاتے ہوئے اس طریقے کو اچھی طرح سیکھ لیں۔

یہاں یہ بتانا ضروری ہے کہ ٹرانزسٹر ریاضی نمونہ استعمال کرتے ہوئے مساوی باریک اشاراتی ادوار کو کسی صورت اصل ٹرانزسٹر کا دور نہ سمجھا جائے۔ یہ صرف اور صرف حساب و کتاب آسان بنانے کا ایک طریقہ ہے۔

16.3 باریک اشاراتی ادوار کا پائے ریاضی نمونے کی مدد سے حل

ٹرانزسٹر ایمپلیفیٹر کو پائے (π) ریاضی نمونہ استعمال کرتے ہوئے ایک منظم طریقے سے حل کیا جاتا ہے۔ اس طریقہ کار کے اقدام مندرجہ ذیل ہیں۔

1. اصل ٹرانزسٹر دور کا مساوی یک سمی دور حاصل کر کے اسے حل کرتے ہوئے V_{CE} اور I_C حاصل کریں۔ یہ نقطہ کار کردگی پر ٹرانزسٹر کے متغیرات ہیں۔

2. آگے بڑھنے سے پہلے تسلی کر لیں کہ ٹرانزسٹر افزائندہ خطے میں ہے (یعنی $V_{CE} > V_{CE_{ذیل}}$ ۔

3. حاصل کردہ I_C استعمال کرتے ہوئے نقطہ کار کردگی پر ٹرانزسٹر کے باریک اشاراتی ریاضی نمونہ کے جزو حاصل کریں یعنی۔

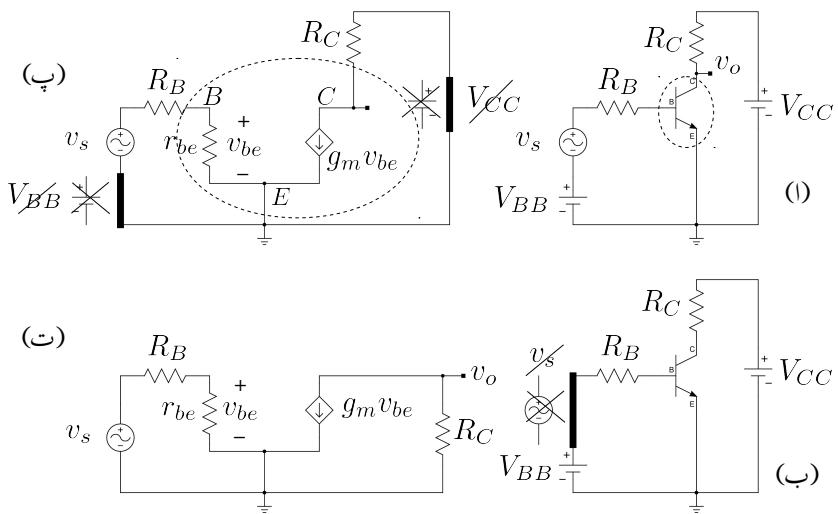
$$g_m = \frac{I_C}{V_T}$$

$$r_{be} = \frac{\beta}{g_m}$$

$$r_e = \frac{V_T}{I_E} \approx \frac{1}{g_m}$$

4. اصل ٹرانزسٹر دور میں تمام منبع برقی دباؤ کو قصر دور اور منبع برقی رو کو کلے دور کرتے ہوئے ٹرانزسٹر کی جگہ ٹرانزسٹر کا مساوی باریک اشاراتی ریاضی نمونہ نسب کرتے ہوئے دور کا مساوی باریک اشاراتی دور حاصل کریں۔

5. حاصل مساوی باریک اشاراتی دور کو حل کرتے ہوئے ایمپلیفیٹر کے خاصیت حاصل کریں۔ (مثلاً افزائش برقی دباؤ A_v ، داخلی مراحت R_i ، خارجی مراحت R_o وغیرہ)



شکل 83.3: (أ) اصل دور، (ب) مساوی یک سمتی، (ج) مساوی باریک اشاراتی

6. آخر میں اس بات کی بھی تسلی کر لیں کہ ٹرانزسٹر کا نقطہ کارکردگی یوں منتخب ہو کہ خارجی اشارہ (v_o لکھا جائے گا) کے حیطے کے ثابت اور منفی چوٹیوں پر بھی ٹرانزسٹر افزائندہ ہی رہے۔ (یعنی کہ خارجی اشارہ v_o کے چوٹیاں تراشی نہیں جاتیں)

اس عمل کے پہلے تین اقدام آپ دیکھ چکے ہیں۔ آئیں اب مساوی باریک اشاراتی دور کو حل کرنا دیکھیں۔ ایسا شکل 83.3 کی مدد سے کرتے ہیں جس میں مزاحمت R_B بھی نسب کیا گیا ہے۔ یہاں ٹرانزسٹر کی افزائش برقی رو کو β_0 تصور کریں۔

شکل ب میں اس دور کا مساوی یک سمتی دور حاصل کیا گیا ہے۔ اس کو حل کرتے ہوئے I_C اور V_{CE} حاصل کرتے ہیں۔ داخلی جانب چونکہ

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

$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B}$$

ہے لہذا

$$(212.3) \quad I_C = \beta_0 I_B = \beta_0 \left(\frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B} \right)$$

حاصل ہوتا ہے۔ یہی جواب R_B کو ٹرانزسٹر کے بینٹر جانب منتقل کرتے ہوئے کھل کر بھی حاصل کیا جا سکتا تھا یعنی

$$I_C = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{\left(\frac{R_B}{\beta_0} \right)}$$

خارجی جانب سے

$$(213.3) \quad V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C$$

حاصل ہوتا ہے۔ باریک اشاراتی متغیرات حاصل کرنے سے پہلے یہاں رک کر تسلی کر لیں کہ ٹرانزسٹر افزائندہ خطے میں ہے۔ اگر حاصل کردہ V_{CE} کی قیمت V_{CE} نیافزاں نہ ہے تو ٹرانزسٹر غیر افزائندہ ہو گا اور اشارہ کو بڑھانے سے قادر ہو گا۔ اس صورت میں باریک اشاراتی تجربیہ کرنے کی ضرورت نہیں۔

حاصل I_C سے ٹرانزسٹر ریاضی نمونہ کے جزو g_m اور r_{be} حاصل کرنے کے بعد شکل T سے افزائش A_v یوں حاصل کی جائے گی۔ داخلی جانب ہم کھل سکتے ہیں

$$v_s = i_b (R_B + r_{be})$$

$$i_b = \frac{v_s}{R_B + r_{be}}$$

اور چونکہ $v_{be} = i_b r_{be}$ ہے لہذا

$$v_{be} = \frac{v_s r_{be}}{R_B + r_{be}}$$

حاصل ہوتا ہے۔ خارجی جانب ہم کھل سکتے ہیں۔

$$i_c = g_m v_{be}$$

$$v_o = -i_c R_C$$

مندرجہ بالا تین مساوات سے v_o لکھا جا سکتا ہے 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 افزائش یوں حاصل ہوتی ہے۔

$$(214.3) \quad A_v = \frac{v_o}{v_s} = -\frac{g_m r_{be} R_C}{R_B + r_{be}}$$

یہاں رک کر تسلی کر لیں کہ آیا مطلوبہ خارجی اشارہ v_o کے ثبت اور منفی چوٹیوں پر بھی ٹرانزسٹر افرائندہ خطے میں ہی رہتا ہے یا نہیں۔ میرے خیال میں یہ بات مثال کی مدد سے زیادہ آسانی سے سمجھ آئے گی۔

مثلاً شکل 39.3 میں

$$\beta_0 = 100$$

$$V_{CC} = 15 \text{ V}$$

$$V_{BB} = 2.5 \text{ V}$$

$$R_C = 7.5 \text{ k}\Omega$$

$$R_B = 180 \text{ k}\Omega$$

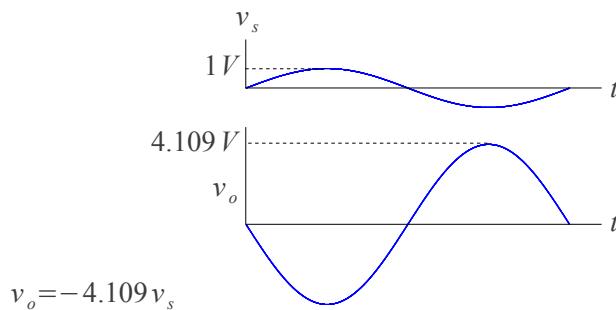
لیتے ہوئے باریک اشاراتی افزائش برقی دباؤ A_v حاصل کریں۔ زیادہ سے زیادہ نا تراشیدہ خارجی اشارے حاصل ہوتے وقت داخلی اشارے کا حیطہ دریافت کریں۔

حل: پہلے یک سمیت متغیرات 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} نہ افرائندہ (یعنی 0.2 V) سے زیادہ ہے لہذا ٹرانزسٹر افرائندہ ہے اور یہ داخلی اشارے کو بڑھا سکتا ہے۔ آئین ریاضی نمونہ کے جزو



شکل 84.3: سائن-نمایشات

حاصل کریں۔

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

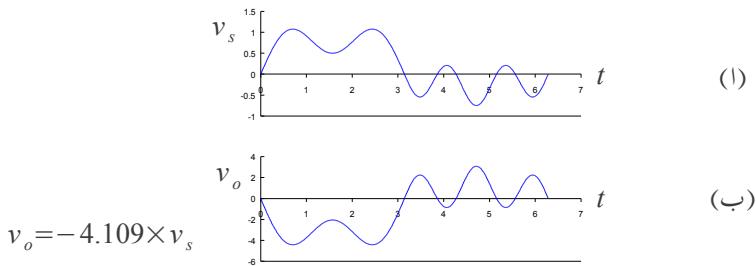
$$r_{be} = \frac{\beta_0}{g_m} = \frac{100}{40 \times 10^{-3}} = 2.5 \text{ k}\Omega$$

$$r_e \approx \frac{1}{g_m} = \frac{1}{40 \times 10^{-3}} = 25 \Omega$$

اور انہیں استعمال کرتے ہوئے باریک اشارات کی افزائش برتنی دباؤ \$A_v\$ حاصل کریں۔

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

اس مساوات کے مطابق یہ ٹرانزسٹر ایپلیفائرِ داخلی اشارہ \$v_s\$ کے حیطے کو 4.109 گنا بڑھانے گا۔ \$A_v\$ کی قیمت منفی ہونے کا مطلب یہ ہے کہ جس لمحہ داخلی اشارہ ثابت ہو گا اس لمحہ خارجی اشارہ منفی ہو گا۔ شکل میں داخلی اشارہ کو سائن نما تصور کرتے ہوئے اس حقیقت کی وضاحت کی گئی ہے۔ سائن نما اشارہ کی صورت میں یہ کہا جا سکتا ہے کہ داخلی اور خارجی اشارات آپس میں 180 پر ہیں۔ داخلی اشارہ کی شکل کچھ بھی ہو سکتی ہے۔ شکل 85.3 میں غیر سائن-نمای اشارہ دکھایا گیا ہے جہاں دونوں گرافوں میں برتنی دباؤ کے محدود کی پیمائش مختلف ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ جب داخلی اشارہ ثابت ہوتا ہے اس وقت خارجی اشارہ منفی ہوتا ہے اور جب داخلی اشارہ منفی ہوتا ہے اس دوران خارجی



شکل 85.3: غیرسائن-نمایش

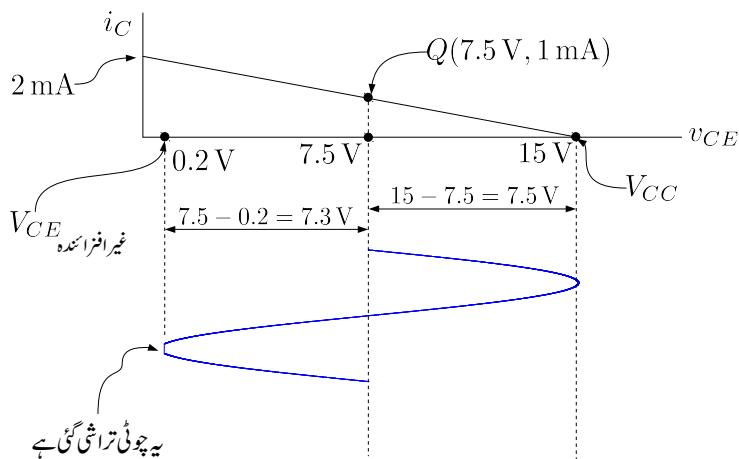
اشارہ ثابت ہوتا ہے۔ یہ جانے کے لئے کہ اس ایکپلیٹر سے کتنے چیزوں کا زیادہ سے زیادہ خارجی اشارہ v_o حاصل کیا جا سکتا ہے ہم خط بوجھ کی مدد حاصل کرتے ہیں جسے شکل 86.3 میں دکھایا گیا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ نقطہ کارکردگی کے ایک جانب خارجی اشارہ 7.5V کا چیڑ رکھ سکتا ہے جبکہ دوسری جانب 7.3V کا۔ یوں جیسے ہی خارجی اشارے کا چیڑ 7.3V سے بڑھ جائے اس کا ایک طرف کٹنے شروع ہو جائے گا۔ 7.3V کے چیڑ کا خارجی اشارہ اس وقت حاصل ہو گا جب داخلی اشارے کا چیڑ 1.777V ہو گا یعنی

$$|v_s| = \left| \frac{v_o}{A_v} \right| = \left| \frac{7.3}{4.109} \right| = 1.777 \text{ V}$$

مثال 40.3: مثال 39.3 میں ٹرانزسٹر کا الٹ برقہ دباؤ $V_A = 200 \text{ V}$ اور $A_v = 79.3$ الف کا ریاضی نمونہ استعمال کرتے ہوئے r_o دوبارہ حاصل کریں۔

حل: r_o کی شمولیت سے یہاں کے لئے بھی درست ہیں۔ مساوات 63.3 سے حاصل کی گئی قیمتیں یہاں کے لئے بھی درست ہیں۔

$$r_o = \frac{V_A}{I_C} = \frac{200}{1 \times 10^{-3}} = 200 \text{ k}\Omega$$



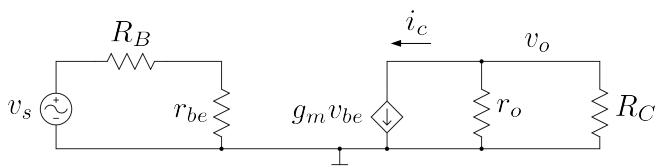
شکل 3.86: نارجی اشارے کی زیادہ سے زیادہ ناتراشیدہ چوتھی

حاصل ہوتا ہے۔ یوں شکل 3.87 حاصل ہوتا ہے۔ اس دور کو حل کرتے ہیں۔ خارجی جانب متوازی جڑے $r_o \parallel R_C$ اور r_o کی کل مراجحت ہے جسے عموماً $\frac{r_o R_C}{r_o + R_C}$ لکھا جاتا ہے۔ یوں اس شکل کو دیکھتے ہوئے

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

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

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



شکل 3.87: ترانزستر کا خارجی مراجحت شامل کرتے مساوی دور

لکھا جا سکتا ہے۔ اس طرح

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

حاصل ہوتا ہے یعنی

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

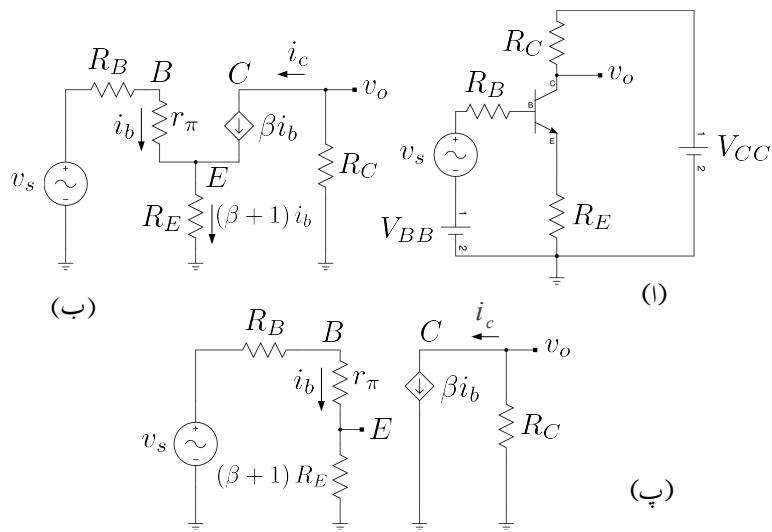
مثلاً 39.3 میں $A_v = -4.109 \frac{\text{V}}{\text{V}}$ حاصل ہوا تھا۔ یوں r_o کو نظر انداز کرتے ہوئے جواب میں صرف

$$\left| \frac{3.96 - 4.109}{3.96} \right| \times 100 = 3.76 \%$$

تبديلی آئی۔

مندرجہ بالا مثال میں ہم نے دیکھا کہ r_o کو نظر انداز کرتے ہوئے ایکپلیفائر کی افزائش حاصل کرنے سے قبل نظر انداز غلطی پیدا ہوتی ہے۔ یہ اہم نتیجہ ہے جس کی بنا پر ٹرانزسٹر ایکپلیفائر حل کرتے ہوئے عموماً r_o کو نظر انداز کیا جاتا ہے۔ اس کتاب میں جہاں r_o کا کردار اہم نہ ہو، اسے نظر انداز کیا جائے گا۔ یاد رہے کہ حقیقت میں r_o پایا جاتا ہے لہذا $R_C \rightarrow \infty$ کرنے سے لامحدود افزائش حاصل نہیں ہو گی چونکہ خارجی جانب R_C اور r_o متوازی جڑے ہیں اور ان کی مجموعی مزاحمت کسی صورت R_C یا r_o سے زیادہ نہیں ہو سکتی۔

مثلاً 41.3: شکل 88.3 الف کے ایکپلیفائر میں R_E کا اضافہ کیا گیا ہے۔ اس ایکپلیفائر کی افزائش A_v اور داخلی مزاحمت r_i حاصل کریں۔



شکل 3.88.3: ایکپلیفائر بحث R_E

حل: ایکپلیفائر میں بدلتے اشارات کو نظر انداز کرتے ہوئے پہلے یک سمتی متغیرات حاصل کرتے ہیں۔

$$I_C = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{\frac{R_B}{\beta+1} + R_E}$$

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

یہاں رک کر تسلی کر لیں کہ حاصل V_{CE} کی قیمت V_{CE} نے افرانڈ، سے زیادہ ہے چونکہ صرف اسی صورت ٹرانزسٹر اشارات کو بڑھانے کی صلاحیت رکھتا ہے۔

حاصل I_C سے ٹرانزسٹر کے پائے ریاضی نمونہ کے جزو حاصل کرتے ہیں۔

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

$$r_{be} = \frac{\beta}{g_m}$$

$$r_e = \frac{\alpha}{g_m} \approx \frac{1}{g_m}$$

اگرچہ اس مثال میں r_e اور g_m کے مقامیں استعمال نہیں کی گئی ان کو پھر بھی حاصل کیا گیا ہے۔ تمام جزو حاصل کرنے کی عادت اچھی ثابت ہوتی ہے۔

شکل ب میں پائے ریاضی نمونہ استعمال کرتے ہوئے شکل الف کا مساوی باریک اشاراتی دور دکھایا گیا ہے جس میں r_o کو نظر انداز کیا گیا ہے۔ اس دور میں ٹرانزسٹر کے تین سروں پر بر قی رو مندرجہ ذیل ہیں۔

$$i_b$$

$$i_c = \beta i_b$$

$$i_e = i_b + i_c = (\beta + 1) i_b$$

یوں شکل ب میں داخلی جانب کے دائرے میں کرخوف کے قانون برائے بر قی دباد کے استعمال سے ہم لکھ سکتے ہیں۔

$$\begin{aligned} v_s &= i_b R_B + i_b r_\pi + (\beta + 1) i_b R_E \\ &= i_b (R_B + r_\pi + (\beta + 1) R_E) \end{aligned}$$

اور یوں

$$i_b = \frac{v_s}{R_B + r_\pi + (\beta + 1) R_E}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اس مساوات سے دور کا داخلی باریک اشاراتی مزاحمت حاصل کیا جا سکتا ہے یعنی

$$r_i = \frac{v_s}{i_b} = R_B + r_\pi + (\beta + 1) R_E$$

خارجی جانب کے دائرے میں چونکہ یہاں

$$v_o = -i_c R_C \quad \text{اور} \quad i_c = \beta i_b \quad \text{یہاں}$$

$$v_o = -\beta R_C i_b = -\frac{\beta R_C v_s}{R_B + r_\pi + (\beta + 1) R_E}$$

اور

$$(215.3) \quad A_v = \frac{v_o}{v_s} = -\frac{\beta R_C}{R_B + r_\pi + (\beta + 1) R_E}$$

حاصل ہوتے ہیں۔ اس مساوات کو

$$(216.3) \quad A_v = -\frac{\beta}{\beta + 1} \frac{R_C}{\frac{R_B}{\beta+1} + r_e + R_E}$$

$$= -\frac{\alpha R_C}{\frac{R_B}{\beta+1} + r_e + R_E}$$

$$\approx -\frac{R_C}{\frac{R_B}{\beta+1} + r_e + R_E}$$

بھی لکھا جا سکتا ہے جہاں $\frac{r_\pi}{\beta+1} = r_e$ کا استعمال کیا گیا ہے۔

آئین شکل 88.3 پ کو حل کریں جہاں مزاحمت کی قیمت بڑھا کر کرتے ہوئے داخلی اور خارجی دائروں کو جدا کر دیا گیا ہے۔

جوڑ پر شکل 88.3 ب میں برقی دباؤ پایا جاتا ہے۔ شکل 88.3 پ 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 88.3 پ کے داخلی دائرے پر کرخوف کا قانون برائے 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 باریک اشاراتی مزاحمت بھی بالکل وہی حاصل ہوتا ہے یعنی

$$r_i = \frac{v_s}{i_b} = R_B + r_\pi + (\beta + 1) R_E$$

اسی طرح خارجی جانب یہاں بھی ہیں جن سے

$$v_o = -\beta R_C i_b = -\frac{\beta R_C v_s}{R_B + r_\pi + (\beta + 1) R_E}$$

حاصل ہوتے ہیں جن سے

$$A_v = \frac{v_o}{v_s} = -\frac{\beta R_C}{R_B + r_\pi + (\beta + 1) R_E}$$

ہی حاصل ہوتا ہے۔

یوں شکل ب اور شکل پ سے بالکل یکساں جوابات حاصل ہوتے ہیں۔ یہ ایک اہم نتیجہ ہے جسے اس کتاب میں بار بار استعمال کیا جائے گا۔ جب بھی پست تعداد پر چلنے والے ٹرانزسٹر کے ایمیٹر مشترک⁴⁸ یا کلکٹر مشترک ایمپلینیٹر میں مزاحمت R_E استعمال کیا جائے، اس کا مساوی باریک اشاراتی دور بناتے وقت داخلی اور خارجی دائروں کو جدا کرتے ہوئے داخلی دائروں میں $(\beta + 1) R_E$ مزاحمت نسب کرتے ہوئے حل کریں۔ تمام حاصل جوابات درست ہوں گے۔ جیسا آپ باب 6 میں دیکھیں گے کہ بلند تعداد پر چلتے ایمپلینیٹر کے لئے ایسا کر کے جواب حاصل کرنا ممکن نہ ہو گا۔

افراش بر قی دباؤ کے مساوات کو یوں بھی لکھا جا سکتا ہے۔

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

⁴⁸ مشترک ہیٹر، مشترک کلکٹر اور مشترک میں کی بیان حصہ 19.3 میں کی گئی ہے

اس مساوات کے حصول کے تیرے قدم پر r_e کو $\frac{r_{be}}{\beta+1}$ لکھا گیا۔ اس مساوات کا انتہائی آسان مطلب ہے جس کی مدد سے اسے با آسانی یاد رکھا جا سکتا ہے۔ ٹرانزسٹر کے ٹکٹر پر کل مزاحمت R_C ہے جبکہ اس کے بیٹر پر مزاحمت R_E کے ساتھ سلسلہ وار R_B اور r_{be} کے عکس $\frac{R_B}{\beta+1}$ اور $\frac{r_{be}}{\beta+1}$ منسلک ہیں۔ کو r_e لکھا جا سکتا ہے۔ یوں بیٹر پر کل مزاحمت $\sum R_E$ کی قیمت

$$\sum R_E = \frac{R_B}{\beta+1} + r_e + R_E$$

ہے۔ اس مساوات میں R_B داخلی اشارہ v_s کے ساتھ سلسلہ وار جزوی مزاحمت ہے۔ ٹکٹر پر کل مزاحمت کو $\sum R_C$ لکھتے ہوئے اس مساوات کو یوں لکھا جا سکتا ہے۔

$$(217.3) \quad A_v = -\alpha \left(\frac{\sum R_C}{\sum R_E} \right) = -\alpha \left(\frac{\text{مزاحمت کل پر ٹکٹر}}{\text{مزاحمت کل پر بیٹر}} \right)$$

مساوات 217.3 نہایت اہمیت کا حامل ہے جو آپ کو زبانی یاد ہونا چاہیے۔ اس مساوات کو استعمال کرتے ہوئے عموماً α کی قیمت (1) تصور کی جاتی ہے۔ اگر 88.3 الف کا بدلتا رو مساوی دور بنایا جائے تو ٹرانزسٹر کے میں جانب V_{BB} قصر دور ہو جائے گا اور داخلی اشارے v_s کے ساتھ صرف ایک عدد مزاحمت R_B پایا جائے گا۔ مساوات 217.3 کے صحیح استعمال کے لئے یہ ضروری ہے کہ ایمپلیفیئر کے میں جانب حصے کا مساوی دور اسی طرز پر ہو۔

یہ دیکھنے کی خاطر کہ مندرجہ بالا مساوات واقعی عمومی مساوات ہے ہم مساوات 214.3 کو بھی اسی صورت میں بدلتے ہیں۔

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

مثال 42.3: شکل 88.3 الف میں

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

$$V_{BB} = 2.35 \text{ V}$$

$$\beta = 99$$

$$R_B = 150 \text{ k}\Omega$$

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

$$R_E = 15 \text{ k}\Omega$$

لیتے ہوئے باریک اشاراتی داخلی مزاحمت حاصل کریں۔ A_v اور افزائش $r_i = \frac{v_s}{i_b}$ اور افزائش A_v اور افزائش $r_i = \frac{v_s}{i_b}$ حاصل کرتے ہیں۔

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

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

چونکہ حاصل V_{CE} کی قیمت V_{CE} نیز افزائش نہ ہے لہذا 0.2 V یعنی 0.2 V سے زیادہ ہے لہذا ٹرانزسٹر افزائش نہ ہے اور اشارات کو بڑھانے کی صلاحیت رکھتا ہے۔ خط بوچھ کھینچ کر آپ دیکھ سکتے ہیں کہ خارجی اشارے کی زیادہ سے زیادہ ناتراشیدہ چوتھی نقطہ کار کردگی کے ایک جانب $3 - 0.2 = 2.8 \text{ V}$ اور دوسری جانب $12 - 3 = 9 \text{ V}$ ہوں گیں۔ یوں سائن-منا اشارہ کی زیادہ سے زیادہ خارجی ناتراشیدہ چوتھی 2.8 V ممکن ہو گی۔

حاصل I_C سے ٹرانزسٹر کے پائے ریاضی نمونہ کے جزو حاصل کرتے ہیں۔

$$g_m = \frac{I_C}{V_T} = \frac{0.1 \times 10^{-3}}{25 \times 10^{-3}} = 4 \text{ mS}$$

$$r_{be} = \frac{\beta}{g_m} = \frac{99}{0.004} = 24.75 \text{ k}\Omega$$

$$r_e = \frac{V_T}{I_E} = \frac{\alpha}{g_m} = \frac{0.99}{0.004} = 247.5 \text{ }\Omega$$

باریک اشاراتی داخلی مزاحمت حاصل کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned} r_i &= \frac{v_s}{i_b} = R_B + r_{be} + (\beta + 1) R_E \\ &= 150000 + 24750 + (99 + 1) \times 15000 \\ &= 1.67475 \text{ M}\Omega \end{aligned}$$

ایکلیفائر کی افزائش بر قی دباؤ حاصل کرتے ہیں۔

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

مساویات 217.3 کی مدد سے یہی جواب سیدھو سیدھ حاصل کیا جا سکتا ہے جہاں

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

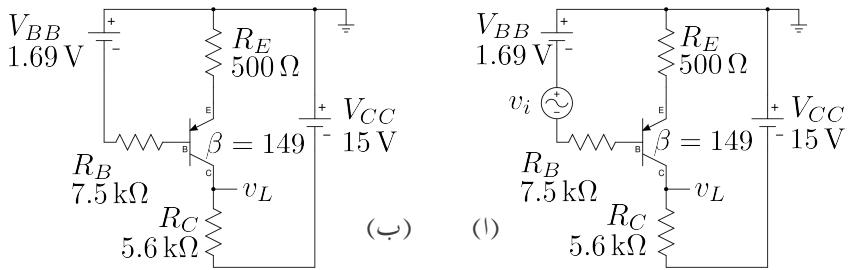
اور

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

لئے جائیں گے اور یوں

$$A_v = -\alpha \left(\frac{\sum R_C}{\sum R_E} \right) = -0.99 \times \left(\frac{75000}{16747.5} \right) = -4.4335 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

حاصل ہوتا ہے۔



شکل 89.3: جمع-منفی-جمع ایپلینگر

مثال 43.3: شکل 89.3 اف میں اک حاصل کریں۔ اگر $A_v = \frac{v_L}{v_i}$ کیا ہو گی؟

شکل 89.3 ب سے یک سمی متغیرات حاصل کرتے ہیں۔ داخلی جانب

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

لکھا جا سکتا ہے جس سے

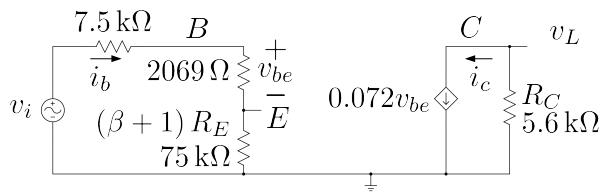
$$I_C \approx I_E = \frac{1.69 - 0.7}{500 + \frac{7500}{149+1}} = 1.8 \text{ mA}$$

حاصل ہوتا ہے۔ خارجی جانب

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

۔

$$V_{EC} = 15 - 1.8 \times 10^{-3} \times (500 + 5600) = 4.02 \text{ V}$$



شکل 3.90: جمع-منفی-جمع ایپلیفیا مساوی باریک اشاراتی دور

حاصل ہوتا ہے جو کہ V_{EC} نمبر افراد، سے زیادہ ہے لہذا ٹرانزسٹر افزائندہ خطے میں ہے۔

ان فرمول سے پائے ریاضی نمونہ کے اجزاء حاصل کرتے ہیں

$$g_m = \frac{I_C}{V_T} = \frac{1.8 \times 10^{-3}}{25 \times 10^{-3}} = 0.072 \text{ S}$$

$$r_{be} = \frac{\beta}{g_m} = \frac{149}{0.072} = 2069 \Omega$$

جنہیں استعمال کرتے ہوئے شکل 90.3 کا باریک اشاراتی مساوی دور حاصل ہوتا ہے۔ اس مساوی دور میں مثل 41.3 کے شکل 88.3 پ کی طرح پائے ریاضی نمونہ میں تبدیلی کی گئی۔

مساوی دور کے داخلی جانب

$$i_b = \frac{v_i}{7500 + 2069 + 75000} = \frac{v_i}{84569}$$

$$v_{be} = i_b \times 2069 = \frac{v_i}{84569} \times 2069 = 0.024465v_i$$

لکھا جا سکتا ہے جبکہ اس کے خارج جانب

$$i_c = 0.072v_{be}$$

$$v_L = -i_c \times 5600$$

$$= -0.072 \times v_{be} \times 5600$$

$$= -0.072 \times (0.024465v_i) \times 5600$$

$$= -9.864v_i$$

پوس

$$A_v = \frac{v_L}{v_i} = -9.864 \frac{V}{V}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اسی جواب کو یوں بھی حاصل کیا جا سکتا ہے۔

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

$$\sum R_E = \frac{R_B}{\beta + 1} + \frac{r_{be}}{\beta + 1} + R_E = 563.79 \Omega$$

$$A_v = -\alpha \frac{\sum R_C}{\sum R_E} = -\left(\frac{149}{150}\right) \left(\frac{5600}{563.79}\right) = -9.866 \frac{V}{V}$$

حاصل ہوتا ہے۔ A_v کے ان دو جوابات میں صرف

$$\left| \frac{9.866 - 9.864}{9.866} \right| \times 100 = 0.026 \%$$

کا فرق ہے۔ یہ فرق $I_C \approx I_E$ تصور کرنے سے پیدا ہوا I_C کی ٹھیک ٹھیک قیمت حاصل کرتے دوبارہ جوابات حاصل کرتے ہیں۔

$$I_C = \alpha I_E = \left(\frac{\beta}{\beta + 1} \right) I_E = 1.788 \text{ mA}$$

$$g_m = \frac{I_C}{V_T} = \frac{1.788 \times 10^{-3}}{25 \times 10^{-3}} = 0.07152 \text{ S}$$

$$r_{be} = \frac{\beta}{g_m} = 2083.333 \Omega$$

یوں پائے ریاضی نمونہ 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

$$A_v = \frac{v_L}{v_i} = -9.865 \frac{V}{V}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اسی طرح

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

$$\sum R_E = \frac{7500}{149+1} + \frac{2083.33}{149+1} + 500 = 563.889 \Omega$$

$$A_v = -\alpha \frac{\sum R_C}{\sum R_E} = -\frac{149}{149+1} \times \frac{5600}{563.889} = -9.865 \frac{V}{V}$$

حاصل ہوتا ہے۔

اگر $v_i = 0.001 \sin \omega t$ ہو تو

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

ہو گا۔

اس مثال میں آپ نے دیکھا کہ چھوٹی چھوٹی چیزیں نظر انداز کرنے سے جوابات جلد حاصل ہوتے ہیں مگر ان میں اور اصل جوابات میں معمولی فرق پایا جاتا ہے۔ یہ فرق قابل نظر انداز ہوتا ہے۔ قلم 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 تمام مختلفات کے ٹھیک ٹھیک قبیل استعمال کرتے ہوئے جوابات حاصل کئے جا سکتے ہیں۔

اب تک ایکلیفائر حل کرتے وقت ہم ٹرانزسٹر کے بیس جانب تمام مزاحمت کو ایکلیفائر کا حصہ تصور کرتے ہوئے مساوات 217.3 استعمال کرتے آ رہے ہیں۔ آئیں اسی مسئلے کو قدر مختلف نظر سے دیکھیں۔ ایسا کرنے سے مساوات 217.3 میں $\sum R_E$ کا مطلب کچھ تبدیل ہو جائے گا۔

شکل 88.3 کو مثال بناتے ہوئے یہاں دوبارہ شکل 91.3 الف میں پیش کرتے ہیں۔ شکل الف میں داخلی جانب سے دیکھتے ہوئے دو داخلی مزاحمت R_i اور R'_i دکھانے گئے ہیں۔ R_i سے مراد وہ مزاحمت ہے جو ٹرانزسٹر کے بیس 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 حصے میں اس حقیقت کو آپ ذہن میں رکھیں گے]۔ شکل کو دیکھتے ہوئے ہم لکھ سکتے ہیں

$$\begin{aligned}
 R_i &= (\beta + 1) (r_e + R_E) \\
 &= r_{be} + (\beta + 1) R_E \\
 (218.3) \quad R'_i &= R_B + R_i \\
 &= R_B + (\beta + 1) (r_e + R_E)
 \end{aligned}$$

ٹرانزسٹر کے بیٹھر جانب ان داخلی مزاحمت کے عکس

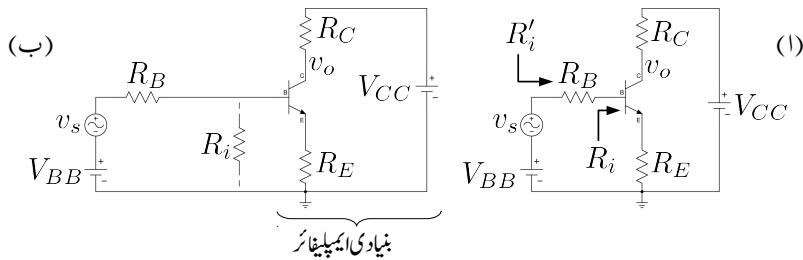
$$\begin{aligned}
 \frac{R_i}{\beta + 1} &= r_e + R_E \\
 \frac{R'_i}{\beta + 1} &= \frac{R_B}{\beta + 1} + r_e + R_E
 \end{aligned}$$

ہیں۔ مساوات 217.3 میں $\sum R_E$ سے مراد داخلی مزاحمت R'_i کا عکس ہے۔ اسی اب اسی ایکلیفائر کو دوسری نظر سے دیکھیں۔

شکل 91.3 ب میں بنیادی ایکلیفائر کی نشاندہی کی گئی ہے۔ R_B اس بنیادی ایکلیفائر کا حصہ نہیں ہے۔ ٹرانزسٹر کے بیس سے دیکھتے ہوئے ایکلیفائر مزاحمت R_i نظر آتا ہے۔ اس حقیقت کی وضاحت شکل ب میں ٹرانزسٹر کے بیس جانب R_i دکھا کر کی گئی ہے۔

شکل 92.3 میں ایکلیفائر کا باریک اشاراتی مساوی دور بناتے ہوئے اس کے دو نکلوے بھی کر دئے گئے ہیں۔ یوں شکل 92.3 الف کو دیکھتے ہوئے ہم لکھ سکتے ہیں

$$\begin{aligned}
 (219.3) \quad v_b &= \left(\frac{R_i}{R_B + R_i} \right) v_s \\
 &= \left(\frac{(\beta + 1) (r_e + R_E)}{R_B + (\beta + 1) (r_e + R_E)} \right) v_s
 \end{aligned}$$



شکل: 91.3

جہاں مساوات 218.3 سے $R_i = 218.3$ کی قیمت پر کی گئی۔ شکل 92.3 ب کو دیکھتے ہوئے ہم

$$(220.3) \quad \begin{aligned} \sum R_C &= R_C \\ \sum R_E &= r_e + R_E \\ A'_v &= \frac{v_o}{v_b} = -\frac{\sum R_C}{\sum R_E} = -\frac{R_C}{r_e + R_E} \end{aligned}$$

لکھ سکتے ہیں جس سے

$$(221.3) \quad v_o = -\left(\frac{R_C}{r_e + R_E}\right) v_b$$

حاصل ہوتا ہے۔ اس مساوات میں v_b کی قیمت مساوات 219.3 سے پڑ کرتے ہوئے

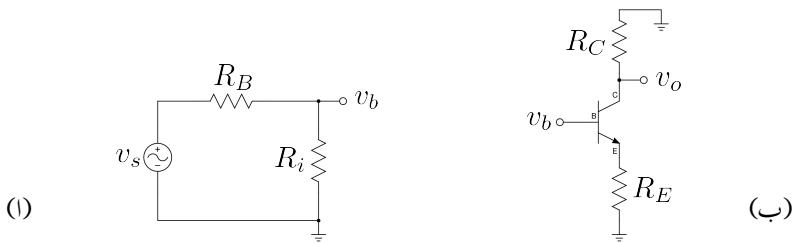
$$(222.3) \quad v_o = -\left(\frac{R_C}{r_e + R_E}\right) \left(\frac{(\beta+1)(r_e + R_E)}{R_B + (\beta+1)(r_e + R_E)}\right) v_s$$

یعنی

$$(223.3) \quad A_v = \frac{v_o}{v_s} = \frac{-R_C}{\frac{R_B}{\beta+1} + r_e + R_E}$$

حاصل ہوتا ہے۔ یہ مساوات ہو بہو مساوات 216.3 ہی ہے۔

مساوات 223.3 میں کسر کے نچلے حصے میں $r_e + R_E$ دراصل $\sum R_E$ ہے جو از خود داخلی مراجحت کا لیٹر جانب عکس ہے یعنی $\sum R_E = \frac{R_i}{\beta+1}$ یوں اگر داخلی مراجحت بڑھائی

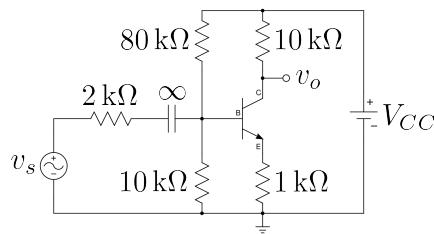


شکل: 92.3

جائے تو افزائش A_v گھٹے گی۔ یہ ایک اہم نتیجہ ہے۔ ایکپلینیٹر تخلیق دیتے وقت اس حقیقت کو سامنے رکھا جاتا ہے۔ عموماً ہمیں زیادہ داخلی مراحت اور زیادہ افزائش درکار ہوتے ہیں۔ ایسی صورت میں مصالحت سے کام لیا جاتا ہے اور خواہشات کو کم کرتے ہوئے درمیانے جوابات تسلیم کئے جاتے ہیں۔ یہ بتلاتا چلوں کہ ایک سے زیادہ ایکپلینیٹر استعمال کرتے ہوئے کسی بھی قیمت کے داخلی مراحت اور افزائش حاصل کئے جا سکتے ہیں۔ اس طرح کے ایکپلینیٹر آپ آگے جا کر دیکھیں گے۔

ایکپلینیٹر حل کرنے کا یہ طریقہ نہیت اہم ہے۔ اس طریقے کو آگے بابوں میں بار بار استعمال کیا جائے گا۔ آپ سے گزارش کی جاتی ہے کہ اس طریقے کو سمجھے بغیر آگے مت بڑھیں۔ اس طریقے کو قدم با قدم دوبارہ پیش کرتے ہیں۔

- ٹرانزسٹر کے بیس پر دیکھتے ہوئے ایکپلینیٹر کا داخلی مراحت R_i حاصل کریں۔
- دور میں بنیادی ٹرانزسٹر ایکپلینیٹر کی جگہ اس کا داخلی مراحت R_i نسب کرتے ہوئے سادہ داخلی دور حاصل کریں۔
- اس سادہ داخلی دور میں v_b سے مراد R_i پر پائے جانے والا باریک اشارہ ہے۔
- بنیادی ایکپلینیٹر کی افزائش $A'_v = \frac{v_o}{v_b} = -\frac{\sum R_C}{\sum R_E}$ سے حاصل کریں۔ $\sum R_E$ سے مراد بنیادی ایکپلینیٹر کا $\sum R_E$ ہے۔
- گل افزائش A'_v کو $A'_v = \frac{v_o}{v_s}$ اور v_b کی مدد سے حاصل کریں۔



شکل 93.3

مثال 93.3 میں بنیادی ایکپلیگار کا داخلی مزاحمت حاصل کرتے ہوئے افزائش حاصل کریں۔ $r_e = 25\Omega$ اور $\beta = 100$ ۔ باریک اشاراتی دور میں کپیٹر کو قصر دور تصور کریں۔

حل: شکل 94.3 میں بدلتی رو مساوی دور دکھایا گیا ہے۔ شکل ب میں داخلی مزاحمت

$$R_i = (100 + 1) \times (25 + 1000) = 103.525\text{ k}\Omega$$

ہے۔ شکل الف میں سادہ داخلی دور دکھایا گیا ہے جہاں

$$80\text{ k}\Omega \parallel 10\text{ k}\Omega \parallel 103.525\text{ k}\Omega = 8.186\text{ k}\Omega$$

لیتے ہوئے

$$v_b = \left(\frac{8186}{2000 + 8186} \right) v_s = 0.8036 v_s$$

حاصل ہوتا ہے۔ شکل ب سے

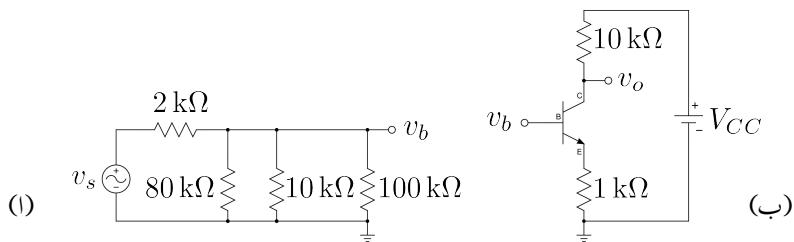
$$A'_v = \frac{v_o}{v_b} = -\alpha \frac{\sum R_C}{\sum R_E} \approx -\frac{\sum R_C}{\sum R_E} = -\frac{10000}{25 + 1000} = -9.756 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

حاصل ہوتا ہے۔ یہ

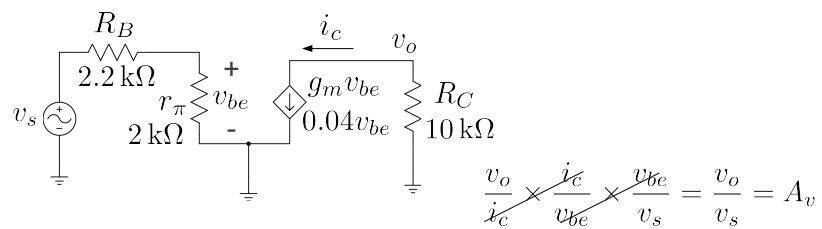
$$A_v = \frac{v_o}{v_s} = \frac{v_o}{v_b} \times \frac{v_b}{v_s} = -9.756 \times 0.8036 = -7.839 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

16.3. باریک اشاراتی ادوار کا پائے ریاضی نمونے کی مدد سے حل

391



: 94.3



: 95.3 زنجیری ضرب سے A_v کا حصول

حاصل ہوتا ہے۔

1.16.3 زنجیری ضرب کا طریقہ

ٹرانزسٹر کے پائے ریاضی نمونہ کو استعمال کرتے ہوئے افراش برقی دباؤ A_v حاصل کرنا ہم نے دیکھا۔ اس سے پہلے کے ایسے مزید مثل دیکھیں ہم ایک نہایت عملہ طریقہ کار سیکھتے ہیں جس کی مدد سے A_v کا حصول بہت آسان ہو جاتا ہے۔

شکل 95.3 میں باریک اشارتی دور دکھایا گیا ہے جس کے لئے ہم تین مساوات لکھ سکتے ہیں یعنی

$$(224.3) \quad \begin{aligned} v_o &= -i_c R_C \\ i_c &= g_m v_{be} \\ v_{be} &= \frac{r_\pi v_s}{r_\pi + R_B} \end{aligned}$$

ان تین مساوات کو یوں بھی لکھ سکتے ہیں۔

$$(225.3) \quad \begin{aligned} \frac{v_o}{i_c} &= -R_C = -10000 \\ \frac{i_c}{v_{be}} &= g_m = 0.04 \\ \frac{v_{be}}{v_s} &= \frac{r_\pi}{r_\pi + R_B} = \frac{2000}{2000 + 2200} = 0.4762 \end{aligned}$$

اس مساوات کے پہلی جزو کے بائیں 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 -10000 ہمیں دور حل کرنے سے پہلے ہی معلوم ہے۔ یوں اگرچہ دور حل کرنے سے پہلے ہمیں نہ تو v_o کی قیمت معلوم ہے اور نا ہی i_c کی، مگر اس مساوات کے تحت ہم جانتے ہیں کہ $\frac{v_o}{i_c}$ ہر صورت -10000 کے برابر ہو گا۔

اسی طرح مندرجہ بالا مساوات کے دوسرے جزو میں بائیں 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 0.04 ہمیں پہلے سے معلوم ہے۔ یوں اگرچہ دور حل کرنے سے پہلے ہمیں نہ تو i_c کی قیمت معلوم ہے اور نا ہی v_{be} کی، مگر ہم جانتے ہیں کہ $\frac{i_c}{v_{be}}$ ہر صورت 0.04 کے برابر ہو گا۔

اسی طرح مساوات کے تیرے جزو سے ہم جانتے ہیں کہ $\frac{v_{be}}{v_s}$ کی قیمت ہر صورت 0.4762 رہے گی۔

آئیں ان معلومات کو زیر استعمال لاتے ہوئے A_v حاصل کریں۔ جیسے شکل 95.3 میں دکھایا گیا ہے، A_v کو زنجیری ضرب سے یوں لکھا جا سکتا ہے۔

$$(226.3) \quad A_v = \frac{v_o}{v_s} = \left(\frac{v_o}{i_c} \right) \times \left(\frac{i_c}{v_{be}} \right) \times \left(\frac{v_{be}}{v_s} \right)$$

مندرجہ بالا مساوات میں تینوں توسین میں بند تناوب کے قیمتیں مساوات 225.3 میں دی گئی ہیں۔ یوں اگرچہ دور حل کرنے سے قبل، مساوات 226.3 کے دائیں جانب متغیرات (یعنی v_0 , v_{be} , v_i , A_v) کی قیمتیں ہم نہیں جانتے لیکن مساوات 225.3 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

$$(227.3) \quad A_v = -10000 \times 0.04 \times 0.4762 = -190 \frac{V}{V}$$

زنجیری ضرب لکھتے وقت مندرجہ ذیل نقاط یاد رکھیں۔

1. باریک اشاراتی دور حل کرنے سے پہلے ہمیں دور میں کہیں پر بھی برقی دباؤ یا برقی رو کے مقدار معلوم نہیں ہوتے۔ (یہاں اگرچہ آپ کہہ سکتے ہیں کہ v_s داخلی اشارہ ہونے کے ناطے ہمیں قبل از حل معلوم ہے لیکن یاد رہے کہ ایسی صورت بھی پیدا ہو سکتی ہے جہاں v_s بھی معلوم نہ ہو۔)

2. اس کے برعکس دور کے تمام مزاحمت کے قیمت اور ریاضی نمونہ کے تمام جزو (مسلاً g_m , r_π اور β) کے قیمت ہمیں پہلے سے معلوم ہوتے ہیں۔

3. یوں زنجیری ضرب کی خاطر توسین لکھتے ہوئے مساواتوں کے باسیں ہاتھ پر صرف نامعلوم مقدار یعنی برقی دباؤ یا برقی رو پائے جائیں گے جبکہ ان کے دائیں ہاتھ معلوم متغیرات یعنی مزاحمت یا ریاضی نمونہ کے جزو پائے جائیں گے۔

4. زنجیری ضرب لکھتے ہوئے ایمپلیفائر کے خارجی نقطے سے شروع کرتے ہوئے داخلی جانب چلتے ہوئے زنجیر کی کڑی جوڑتے رہیں۔

5. زنجیری ضرب کی ہر نئی کڑی (توسین) میں اوپر لکھا متغیرہ گزشته کڑی (توسین) کا نچلا متغیرہ ہو گا۔

مساوات 226.3 کے زنجیری ضرب پر دوبارہ غور کرتے ہیں۔ زنجیری ضرب شکل 95.3 کو دیکھتے ہوئے یوں لکھا جاتا ہے۔ ہم جانتے ہیں کہ

$$A_v = \frac{v_o}{v_s}$$

ہوتا ہے مگر ہمیں v_0 معلوم نہیں۔ البتہ شکل سے ہم دیکھتے ہیں کہ

$$\frac{v_o}{i_c} = -R_C = -10000$$

ہے اور یوں ہمیں $\frac{v_o}{i_c}$ کی قیمت معلوم ہے۔ اس طرح A_v کی مساوات کو یوں لکھا جا سکتا 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 نا معلوم بر قی دباؤ یا بر قی رو ہیں۔ مزید یہ کہ دوسری قوسین یعنی $\left(\frac{i_c}{v_s} \right)$ میں اپر i_c لکھا گیا ہے جو اس سے پہلے قوسین میں نیچے لکھا گیا ہے۔ مندرجہ بالا مساوات میں اگرچہ ہمیں پہلی قوسین کی قیمت معلوم ہے لیکن مثلہ ابھی بھی حل نہیں ہوا چونکہ دوسری قوسین کی قیمت ہمیں معلوم نہیں۔ شکل سے ہم دیکھتے ہیں کہ اگرچہ i_c کی قیمت ہم نہیں جانتے لیکن ہم جانتے ہیں کہ

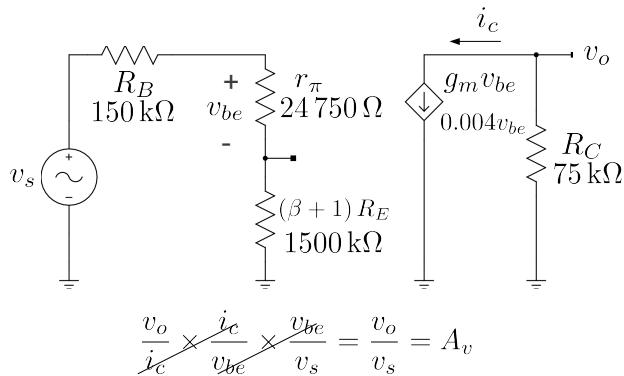
$$\frac{i_c}{v_{be}} = g_m = 0.04$$

کے برابر ہے۔ اس طرح A_v کی مساوات کو یوں لکھا جا سکتا 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 قوسین 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 کسر میں نیچے لکھا گیا ہے۔

آپ اس طریقہ کار پر ایک مرتبہ دوبارہ نظر ڈالیں۔ ہم دور کے خارجی جانب v_o سے شروع کرتے ہوئے داخلی جانب v_s کی طرف قدم بڑھاتے ہوئے قوسین شامل کئے جاتے ہیں۔ اس عمل کا مشق کرنے کے بعد آپ دیکھیں گے کہ آپ مساوات 226.3 کے طرز کی مساوات شکل کو دیکھتے ہی لکھ سکتیں گے۔ زنجیری ضرب کا یہ طریقہ نہایت اہم ہے جسے ہم عموماً استعمال کریں گے۔



شکل 96.3: زنجیری ضرب کی ایک اور مثال

مشہد 45.3: مشہد 42.3 کو زنجیری ضرب کے طریقے سے حل کریں۔ حل: شکل 96.3 میں درکار باریک اشاراتی مساوی دور دکھایا گیا ہے جس کے لئے ہم مندرجہ ذیل مساوات لکھ سکتے ہیں۔

$$(228.3) \quad \begin{aligned} v_o &= -i_c R_C \\ i_c &= g_m v_{be} \\ v_{be} &= \frac{r_\pi v_s}{R_B + r_\pi + (\beta + 1) R_E} \end{aligned}$$

جن سے مندرجہ ذیل کسر حاصل کئے جاسکتے ہیں۔

$$(229.3) \quad \begin{aligned} \frac{v_o}{i_c} &= -R_C = -75\,000 \\ \frac{i_c}{v_{be}} &= g_m = 0.004 \\ \frac{v_{be}}{v_s} &= \frac{r_\pi}{R_B + r_\pi + (\beta + 1) R_E} \\ &= \frac{24750}{150\,000 + 24750 + (99 + 1) \times 15000} \\ &= 0.014\,778\,325 \end{aligned}$$

ان کی مدد سے ہم لکھ سکتے ہیں

$$\begin{aligned}
 A_v &= \left(\frac{v_o}{i_c} \right) \times \left(\frac{i_c}{v_{be}} \right) \times \left(\frac{v_{be}}{v_s} \right) \\
 (230.3) \quad &= (-75000) \times (0.004) \times (0.014778325) \\
 &= -4.433 \frac{V}{V}
 \end{aligned}$$

مندرجہ بالا مساوات کو یوں لکھا جا سکتا ہے۔ خارجی 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 جا سکتا ہے۔ اگلے قدم پر ہم نے یہ دیکھنا ہے کہ i_c کو کیسے لکھا جا سکتا ہے۔ ہم دیکھتے ہیں کہ $i_c = g_m v_{be}$ ہے اور یوں i_c کو v_{be} کی مدد سے لکھا جا سکتا ہے۔ تیسرا قدم پر ہم دیکھتے ہیں کہ v_{be} کو v_s کی مدد سے لکھا جا سکتا ہے۔

مثال 46.3: شکل 97.3 الف کے ایکپلینیفار میں

$$\begin{array}{ll}
 V_{CC} = 15 \text{ V} & \beta = 179 \\
 R_C = 75 \text{ k}\Omega & R_E = 15 \text{ k}\Omega \\
 R_1 = 320 \text{ k}\Omega & R_2 = 1.7 \text{ M}\Omega \\
 R_s = 5 \text{ k}\Omega & R_L = 375 \text{ k}\Omega
 \end{array}$$

ہیں۔ ایکپلینیفار کی افزائش برقی دباؤ $A_v = \frac{v_o}{v_s}$ حاصل کریں۔

حل: پہلے یک سمتی متغیرات حاصل کرتے ہیں۔ ایکپلینیفار میں عموماً کپیسٹر استعمال کئے جاتے ہیں جن کا ایک اہم مقید یک سمتی برقی دباؤ اور یک سمتی برقی رو کو دور کے محدود حصے کے اندر رکھنا ہوتا ہے۔ عموماً ان کپیسٹر کی قیمت اتنی رکھی جاتی ہے کہ اشارات کے تعدد پر ان کپیسٹر کی برقی رکاوٹ کم سے کم ہو۔ یوں اشارات بغیر گھٹے ان سے گزر سکتے ہیں۔ چونکہ کپیسٹر یک سمتی متغیرات کے لئے کھلے دور کے طور کام کرتا ہے لہذا بدلتے اشارات کے ساتھ منک دور کے حصہ ٹرانزسٹر کے نقطہ کارکردگی کو متاثر نہیں کر سکتے

چونکہ ان تک یک سمی متغیرات کی رسائی نہیں ہوتی۔ ہم ایک پلینفائر ادوار میں تصور کریں گے کہ بدلتے اشارات کے لئے کپیسٹر قصر دور کے طور کام کرتے ہیں اور یک سمی متغیرات کے لئے یہ کھلے دور کے طور کام کرتے ہیں۔ جہاں ایسا تصور نہ کرنا ہو وہاں بتالیا جائے گا۔

مساوی یک سمی دور حاصل کرنے کی غرض سے شکل ب میں کپیسٹروں کو کھلے دور کر دیا گیا ہے۔ یوں آپ دیکھ سکتے ہیں کہ دو جگہ دور کے حصے یک سمی دور سے مقطوع ہو جاتے ہیں۔ انہیں نقلے دار لکیریوں میں گھیرا دکھایا گیا ہے۔ ان حصوں کو نظر انداز کرتے ہوئے شکل پ حاصل ہوتا ہے۔

شکل 97.3 پ کا صفحہ 261 پر شکل 17.3 الف کے ساتھ موازنہ کرنے سے صاف ظاہر ہوتا ہے کہ دونوں اشکال بالکل یکساں ہیں۔ اس بات کو یہاں اچھی طرح سمجھ کر آگے بڑھیں کہ ٹرانزسٹر ایک پلینفائر میں باریک اشارات کو بذریعہ کپیسٹروں کے یوں منتقل کیا جاتا ہے کہ ٹرانزسٹر کا نقطہ کارکردگی متاثر نہ ہو۔

مسئلہ تھونن کی مدد سے شکل ت میں اسی یک سمی 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 سمی متغیرات حاصل کریں۔

$$I_C = \frac{V_{th} - V_{BE}}{\frac{R_{th}}{\beta+1} + R_E}$$

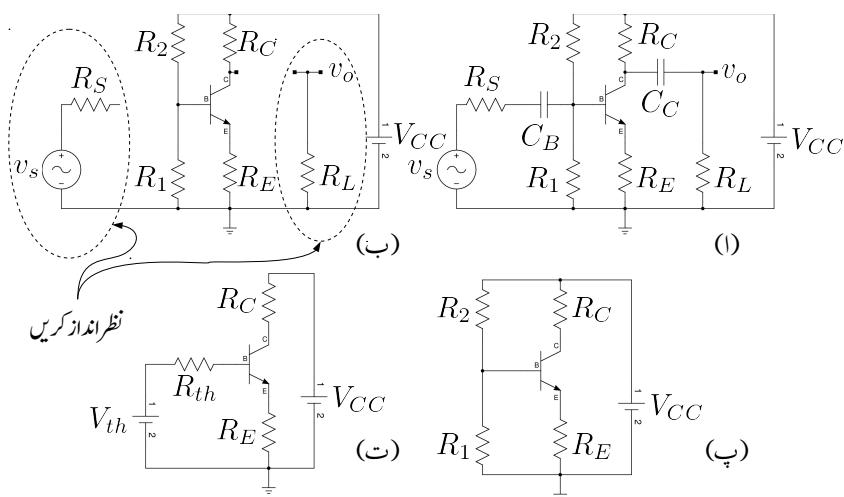
$$= \frac{2.37624 - 0.7}{\frac{269.3 \times 10^3}{179+1} + 15 \times 10^3}$$

$$= 0.1016 \text{ mA}$$

$$V_{CE} \approx V_{CC} - I_C (R_C + R_E)$$

$$= 15 - 0.1016 \times 10^{-3} \times (75 \times 10^3 + 15 \times 10^3)$$

$$= 5.856 \text{ V}$$



شکل 3.97: یہ سمتی اور بدلتے متغیرات کے علاوہ گی کی مثال

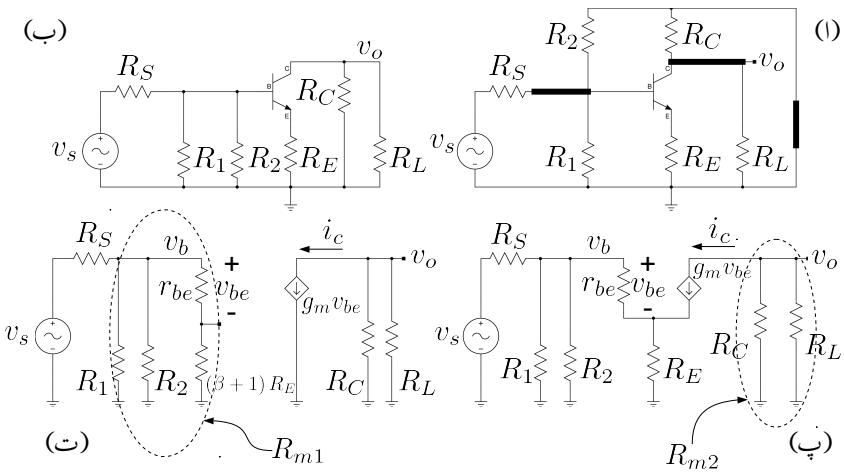
چونکہ حاصل $V_{CE} > 0.2 \text{ V}$ لہذا ٹرانزسٹر افراہندہ ہے۔ ٹرانزسٹر کے π ریاضی نمونہ کے جزو حاصل کرتے ہیں۔

$$g_m = \frac{I_C}{V_T} = \frac{0.1016 \times 10^{-3}}{25 \times 10^{-3}} = 4.046 \text{ mS}$$

$$r_{be} = \frac{\beta}{g_m} = \frac{179}{4.064 \times 10^{-3}} = 44.045 \text{ k}\Omega$$

$$r_e \approx \frac{1}{g_m} = 246 \Omega$$

جیسے پہلے ذکر ہوا کہ ایمپلیفیٹر میں کپیسٹر کی قیمت اتنی رکھی جاتی ہے کہ باریک اشارہ کے تعدد پر ان کی برقی رکاوٹ (X_C) قابل نظر انداز ہو۔ یوں مساوی بدلتا دور بنتے وقت تمام کپیسٹر کو قصر دور کر دیا جاتا ہے۔ شکل 98.3 الف میں یوں منع برقی دباؤ V_{CC} کے علاوہ کپیسٹر C_B اور C_C کو بھی قصر دور کیا گیا ہے۔ ان قصر دور کو موٹی لکیروں سے واضح کیا گیا ہے۔ ایسا کرنے سے R_C کے علاوہ R_2 کا بھی ایک سرا برقی زمین سے جا بڑتا ہے۔ اسی کو شکل ب میں صاف سترہا بنا کر دکھایا گیا ہے۔ یہاں رک کر تسلی کر لیں کہ آپ کو شکل الف اور شکل ب یکساں نظر آتے ہیں۔

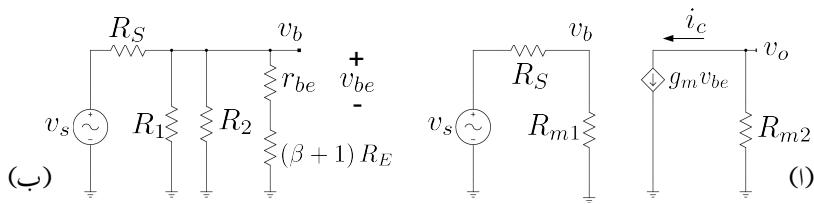


شکل 98.3: باریک اشاراتی دور

چونکہ اس عمل کی بار بار ضرورت پڑے گی۔ اس شکل میں R_C اور صاف متوازی جڑے نظر آتے ہیں۔ شکل ب میں ٹرانزسٹر کی جگہ π ریاضی نمونہ نسب کرنے سے شکل پ پ حاصل ہوتا ہے۔ یہاں داخلی اور خارجی حصوں کو علیحدہ کرتے ہوئے عکس $(\beta + 1) R_E$ کے استعمال سے شکل ت حاصل ہوتا ہے۔ شکل 98.3 ت سے زنجیری ضرب کی ذریعہ A_v حاصل کیا جاتا ہے۔ ایسا کرنے سے پہلے ایک چھوٹے سے لکھتے پر غور کرتے ہیں۔ شکل ت میں ٹرانزسٹر کے میں سرے پر بر قی دباؤ کو v_b لکھا گیا ہے۔ شکل ت میں R_1 ، R_2 اور R_{m1} میں متوازی جڑے ہیں۔ ان متوازی جڑے مراحتوں کی کل قیمت کو لکھتے ہیں جہاں

$$(231.3) \quad \frac{1}{R_{m1}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{r_{be} + (\beta + 1) R_E}$$

شکل (ت) سے زنجیری ضرب لکھ کر A_v حاصل کیا جاتا ہے۔ ایسا کرنے سے پہلے v_b پر غور کرتے ہیں۔ شکل 99.3 الف میں متوازی جڑے مراحتوں R_{m1} اور R_{m2} کو استعمال کرتے ہوئے اسی دور کو بنایا گیا ہے جس سے اس دور کا سادہ پن اجاگر ہوتا ہے۔ شکل 99.3 ب میں دور کا صرف داخلی جانب دکھایا گیا ہے۔ شکل 99.3



شکل 99.3: v_{be} اور v_b کا حصول

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 توسین حاصل ہوتے ہیں جنہیں حاصل کرنے میں استعمال کیا جائے گا۔

$$(232.3) \quad \frac{v_b}{v_s} = \frac{R_{m1}}{R_{m1} + R_S}$$

$$(233.3) \quad \frac{v_{be}}{v_b} = \frac{r_{be}}{r_{be} + (\beta + 1)R_E}$$

اُسیں اب A_v حاصل کریں۔ شکل 98.3 ت کو دیکھتے ہوئے اور شکل 99.3 کو ذہن میں رکھتے ہوئے ہم لکھ سکتے ہیں۔

$$(234.3) \quad A_v = \left(\frac{v_o}{i_c} \right) \left(\frac{i_c}{v_{be}} \right) \left(\frac{v_{be}}{v_b} \right) \left(\frac{v_b}{v_s} \right)$$

اس مساوات پر غور کریں۔ یہ گزشتہ مثالوں سے تدریجی مختلف ہے چونکہ یہاں ایک توسین زیادہ ہے۔ آئیں تمام توسین کی قیمتیں استعمال کرتے ہوئے اس مساوات کو حل کریں۔ پہلے

درکار قیتیں حاصل کرتے ہیں یعنی

$$\frac{1}{R_{m1}} = \frac{1}{320 \times 10^3} + \frac{1}{1.7 \times 10^6} + \frac{1}{44045 + (179 + 1) \times 15 \times 10^3}$$

$$R_{m1} = 245.2386 \text{ k}\Omega$$

$$\frac{1}{R_{m2}} = \frac{1}{75000} + \frac{1}{375000}$$

$$R_{m2} = 62.5 \text{ k}\Omega$$

$$\frac{v_o}{i_c} = -R_{m2} = -62500$$

$$\frac{i_c}{v_{be}} = g_m = 0.004064$$

$$\frac{v_{be}}{v_b} = \frac{r_{be}}{r_{be} + (\beta + 1)R_E} = \frac{44045}{44045 + (179 + 1) \times 15000} = 0.01605$$

$$\frac{v_b}{v_s} = \frac{R_{m1}}{R_{m1} + R_S} = \frac{245238.6}{245238.6 + 5000} = 0.980019$$

اور یوں

$$A_v = -62500 \times 0.004064 \times 0.01605 \times 0.980019 = -3.9952 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

حاصل ہوتا ہے۔

آئیں اسی افزائش کو صفحہ 380 پر دئے مساوات 217.3 کی مدد سے حاصل کریں۔ ایسا کرنے کی خاطر پہلے دور کو مخصوص شکل میں لایا جائے گا۔ اس شکل میں ٹرانزسٹر کے بین جانب بدلتا اشارہ اور مزاحمت سلسلہ وار جڑے ہونے چاہئے۔ پہلے یہی کرتے ہیں۔

شکل 98.3 ب میں ٹرانزسٹر کے داخلی جانب کے حصے کو شکل 100.3 الف میں دکھایا گیا ہے۔ اس کا تھونن مساوی دور حاصل کرتے ہیں۔ متوالی جڑے R_1 اور R_2 کی مجموعی مزاحمت 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 کرنے ہوئے تھون مساوی دور میں حاصل مراجحت کو R'_i اور حاصل برقی دباؤ کے اشارے کو v'_i لکھتے ہوئے

$$\begin{aligned} R'_i &= \frac{R_S R_{12}}{R_S + R_{12}} \\ &= \frac{5 \times 10^3 \times 269.3 \times 10^3}{5 \times 10^3 + 269.3 \times 10^3} \\ &= 4.91 \text{ k}\Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} v'_i &= \left(\frac{R_{12}}{R_S + R_{12}} \right) v_s \\ &= \left(\frac{269.3 \times 10^3}{5000 + 269.3 \times 10^3} \right) v_s \\ &= 0.98177 v_s \end{aligned}$$

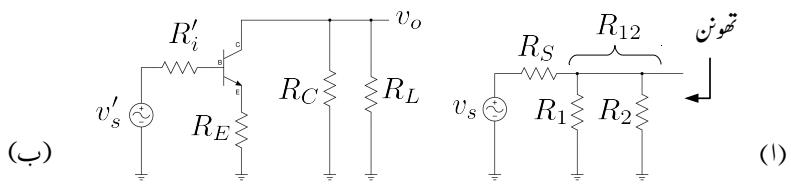
حاصل ہوتے ہیں۔ یوں

$$\begin{aligned} \sum R_C &= \frac{R_C R_L}{R_C + R_L} \\ &= \frac{75 \times 10^3 \times 375 \times 10^3}{75 \times 10^3 + 375 \times 10^3} \\ &= 62.5 \text{ k}\Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum R_E &= \frac{R'_i}{\beta + 1} + r_e + R_E \\ &= \frac{4910}{179 + 1} + 246 + 15000 \\ &= 15.273 \text{ k}\Omega \end{aligned}$$

حاصل ہوتے ہیں۔ $\alpha = \frac{179}{179+1} = 0.994444$

$$\begin{aligned} \frac{v_o}{v'_i} &= -\alpha \frac{\sum R_C}{\sum R_E} \\ &= -0.994444 \times \frac{62.5 \times 10^3}{15.273 \times 10^3} \\ &= -4.0693 \frac{\text{V}}{\text{V}} \end{aligned}$$



شکل 100.3: گل کلکٹر اور بیسٹر مزاحمتوں کے شرح سے افزائش کا حصول

حاصل ہوتا ہے جس سے

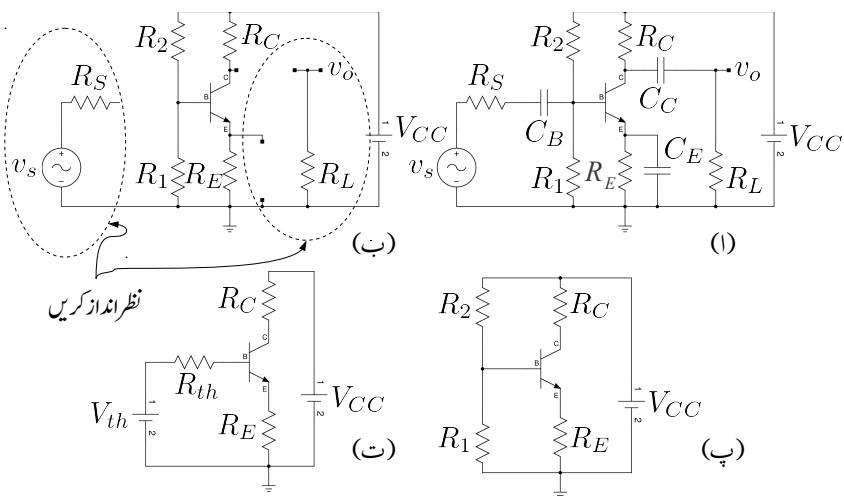
$$\begin{aligned}
 A_v &= \frac{v_o}{v'_i} \times \frac{v'_i}{v_s} \\
 &= -4.0693 \times 0.98177 \\
 &= -3.995 \frac{\text{V}}{\text{V}}
 \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے۔ آپ مساوات 217.3 کی قوت استعمال سے متاثر ہو سکتے ہیں۔

شکل 98.3 r_i کو ایک پلیفارٹ کا حصہ تصور نہیں کرتے ہوئے باریک اشاراتی داخل مزاحمت R_{m1} ہے اور یوں

$$r_i = R_{m1} = 245.2386 \text{ k}\Omega$$

حاصل ہوتا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ باریک اشاراتی داخلی مزاحمت کا دارومند R_1 , R_2 اور ٹرانزیستر کے بیس سرے پر دیکھتے ہوئے مزاحمت $(r_{be} + (\beta + 1)R_E)$ پر ہے۔ ان تمام قیمتوں میں عموماً r_{be} کی قیمت نسبتاً کم ہوتی ہے۔



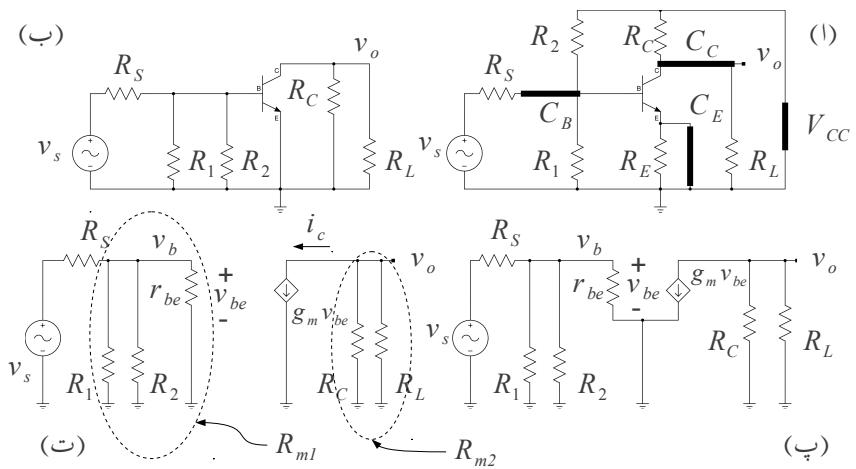
شکل 101.3: مثال کا مساوی یک سمتی دور

مثال 47.3: شکل 97.3 اف میں R_E کے متوازی کپیسٹر نسب کریں جہاں C_E کی قیمت اتنی ہے کہ یہ اشارہ کو کم سے کم گھتا تا ہے۔ اس ایکلیفیاٹر کی داخلی مزاحمت A_v اور افزائش r_i حاصل کریں۔

$$\begin{array}{ll}
 V_{CC} = 15 \text{ V} & \beta = 179 \\
 R_C = 75 \text{ k}\Omega & R_E = 15 \text{ k}\Omega \\
 R_1 = 320 \text{ k}\Omega & R_2 = 1.7 \text{ M}\Omega \\
 R_S = 5 \text{ k}\Omega & R_L = 375 \text{ k}\Omega
 \end{array}$$

حل: کپیسٹر سمتی دور کو شکل 102.3 اف میں دکھایا گیا ہے۔ اس کا مساوی یک سمتی دور حاصل کرنا شکل ب، پ اور ت میں دکھایا گیا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ کپیسٹر C_E کے شمولیت سے بھی ٹرانزسٹر کے نقطہ کار کردنگی پر کسی قسم کا کوئی اثر نہیں پڑا۔ یوں پچھلی مثال کے نتائج یہاں استعمال کئے جاسکتے 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 102.3: مثال کا مساوی باریک اشاراتی دور

شکل 102.3 میں اس کا مساوی باریک اشاراتی دور حاصل کرنا دکھایا گیا ہے۔ جیسا شکل 102.3 الف میں دکھایا گیا ہے، چونکہ C_E باریک اشارات کے لئے قصر دور ہوتا ہے لہذا R_E بھی قصر دور ہو جاتا ہے اور یہ باریک اشاراتی دور کا حصہ نہیں بنتا۔ یوں شکل ت سے

$$\frac{1}{R_{m1}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{r_{be}}$$

$$\frac{1}{R_{m2}} = \frac{1}{R_L} + \frac{1}{R_C}$$

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

$$\frac{1}{R_{m2}} = \frac{1}{75 \times 10^3} + \frac{1}{37.5 \times 10^3}$$

$$R_{m2} = 62.5 \text{ k}\Omega$$

v_b کی قیمتیں ملتی ہیں۔ شکل سے زنجیری ضرب لکھتے ہوئے ہم دیکھتے ہیں کہ اس مثال میں 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 جہاں

$$\frac{v_o}{i_c} = -R_{m2} = -62500$$

$$\frac{i_c}{v_{be}} = g_m = 0.004064$$

$$\frac{v_{be}}{v_s} = \frac{R_{m1}}{R_{m1} + R_S} = \frac{37.854 \times 10^3}{37.854 \times 10^3 + 5 \times 10^3} = 0.8833$$

جس سے

$$A_v = (-62500) \times (0.004064) \times (0.8833) = 224 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

حاصل ہوتی ہے۔ گزشتہ مثال کی افراش کے ساتھ موازنہ کرنے سے معلوم ہوتا ہے کہ C_E نسب کرنے سے افراش بہت زیادہ بڑھ گئی ہے۔ اس کو مساوات 217.3 یعنی

$$A_v = -\alpha \frac{\sum R_C}{\sum R_E}$$

کی مدد سے با آسانی سمجھا جا سکتا ہے۔ چونکہ باریک اشارات کے لئے C_E بطور قصر دور کام کرتا ہے لہذا

$$\sum R_E = \frac{R_{th}}{\beta + 1} + r_e$$

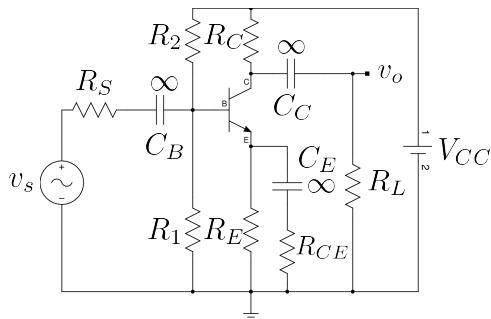
رہ جاتا ہے جبکہ

$$\sum R_C = R_{m2}$$

ہی ہے۔ $\sum R_E$ کم ہونے کی وجہ سے افراش میں اضافہ پیدا ہوا ہے۔ اس حقیقت کو سمجھ کر یاد رکھیں۔

شکل سے باریک اشاراتی داخلی مزاحمت حاصل کرتے ہیں۔

$$r_i = R_{m1} = 37.854 \text{ k}\Omega$$

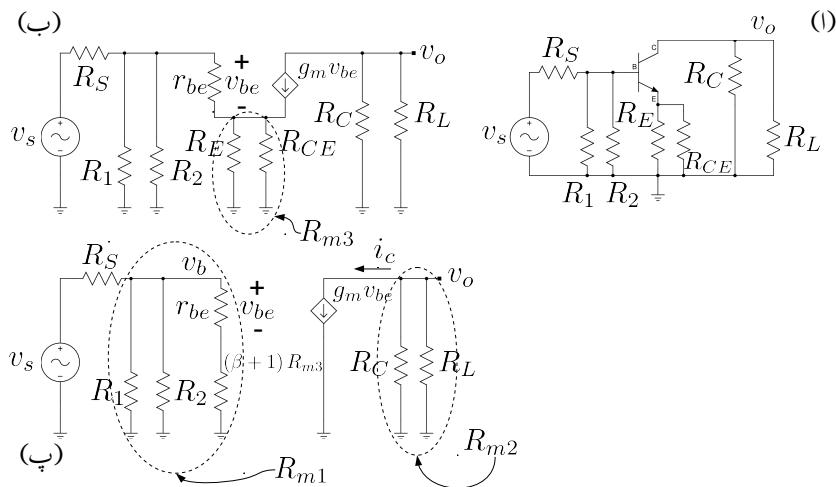


شکل 103.3: یک سمتی اور باریک اشارات کے علیحدگی کی ایک اور مثال

جہاں R_S کو ایکپلیفائر کا حصہ نہیں تصور کیا گیا ہے۔ گزشتہ ایکپلیفائر کے ساتھ موازنہ کرنے سے ہم دیکھتے ہیں کہ داخلی مزاحمت بہت کم ہو گئی ہے۔ باریک اشارات کے لئے کپیسٹر C_E بطور قصر دور کام کرتا ہے اور یوں ٹرانزسٹر کے میں سرے پر دیکھتے ہوئے ہمیں صرف r_{be} نظر آتا ہے۔ داخلی مزاحمت متوازی جڑے R_1 ، R_2 اور r_{be} پیدا کرتے ہیں اور یوں اس کی قیمت کم ہو گئی ہے۔

مندرجہ بالا دو مثالوں سے ہم دیکھتے ہیں کہ C_E اور R_E کے استعمال سے باریک اشاراتی داخلی مزاحمت A_v اور افزائش r_i متاثر ہوتے ہیں۔ ان میں ایک بڑھانے سے دوسرا گھٹتا ہے۔

مثال 48.3: شکل 97.3 الف میں R_E کے متوازی نسب کریں۔ حاصل ایکپلیفائر کی داخلی مزاحمت r_i اور افزائش A_v حاصل کریں۔ R_{CE} کی قیمت 100Ω رکھیں۔ حل: شکل 103.3 میں دور دکھایا گیا ہے۔ کپیسٹر کی برقی رکاوٹ $Z_C = \frac{1}{j\omega C}$ ہوتی ہے۔ کسی بھی تعداد پر کپیسٹر کی قیمت بڑھا کر اس کی برقی رکاوٹ کی قیمت کم کی جا سکتی ہے۔ جیسا پہلے



شکل 104.3: مثال کا باریک اشاراتی دور

بتلایا گیا کہ باریک اشارات کو بغیر گھٹائے منتقل کرنے کی خاطر کپیسٹر کی قیمت زیادہ سے زیادہ رکھی جاتی ہے۔ شکل میں کپیسٹر پر لامحدود کا نشان (∞) اسی حقیقت کو بیان کرتا ہے جہاں اس کا مطلب یوں لیا جاتا ہے کہ باریک اشارات کے تعداد پر $|Z_C|$ کی قیمت صفر لی جائے۔

اس دور کا بھی یک سمتی مساوی دور پہلی مثالوں کی طرح رہے گا اور یوں وہاں کے متناسق یہاں قابل استعمال ہیں۔ باریک اشاراتی دور کا حصول شکل 104.3 میں دکھایا گیا ہے۔ باریک اشاراتی دور میں R_{CE} اور R_E متوازی 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۔

کی قیمتیں پہلے حاصل کی جائیں گی۔ دور میں دی گئی معلومات کو اپنی سہولت کی خاطر یہاں دوبارہ لکھتے ہیں۔

$$\begin{array}{ll} V_{CC} = 15 \text{ V} & \beta = 179 \\ R_C = 75 \text{ k}\Omega & R_E = 15 \text{ k}\Omega \\ R_1 = 320 \text{ k}\Omega & R_2 = 1.7 \text{ M}\Omega \\ R_s = 5 \text{ k}\Omega & R_L = 375 \text{ k}\Omega \\ R_{CE} = 100 \Omega & \end{array}$$

اسی طرح یک سمتی حل کے بعد حاصل کئے گئے ریاضی نمونہ کے جزو بھی یہاں دوبارہ لکھتے ہیں۔

$$\begin{aligned} g_m &= 4.064 \text{ S} \\ r_{be} &= 44.045 \text{ k}\Omega \\ r_e &\approx 246 \Omega \end{aligned}$$

اور انہیں استعمال کرتے ہوئے حاصل کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned} \frac{1}{R_{m2}} &= \frac{1}{75000} + \frac{1}{375000} \\ R_{m2} &= 62.5 \text{ k}\Omega \\ \frac{1}{R_{m3}} &= \frac{1}{15000} + \frac{1}{100} \\ R_{m3} &= 99.3377 \Omega \end{aligned}$$

اور

$$\begin{aligned} \frac{1}{R_{m1}} &= \frac{1}{320000} + \frac{1}{1700000} + \frac{1}{44045 + (179 + 1) \times 99.3377} \\ R_{m1} &= 50.348 \text{ k}\Omega \end{aligned}$$

شکل 104.3 پ سے ہم مندرجہ ذیل مساوات لکھ سکتے ہیں۔

$$\begin{aligned} \frac{v_o}{i_c} &= -R_{m2} = -62500 \\ \frac{i_c}{v_{be}} &= g_m = 0.004064 \\ \frac{v_b}{v_s} &= \frac{R_{m1}}{R_{m1} + R_s} = \frac{50348}{50348 + 5000} = 0.9096625 \\ \frac{v_{be}}{v_b} &= \frac{r_{be}}{r_{be} + (\beta + 1)R_{m3}} = \frac{44045}{44045 + (179 + 1) \times 99.3377} = 0.711255 \end{aligned}$$

ان نتائج کو استعمال کرتے ہوئے شکل پ سے ہی A_v حاصل کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned} A_v &= \left(\frac{v_o}{i_c} \right) \left(\frac{i_c}{v_{be}} \right) \left(\frac{v_{be}}{v_b} \right) \left(\frac{v_b}{v_s} \right) \\ &= (-62500) \times (0.004064) \times (0.711255) \times (0.9096625) \\ &= -164 \frac{V}{V} \end{aligned}$$

اسی شکل سے ایکلیفائر کی باریک اشاراتی داخلی مزاحمت حاصل کرتے ہیں جو کہ R_{m1} کے برابر ہے۔ یوں

$$r_i = R_{m1} = 50.348 \text{ k}\Omega$$

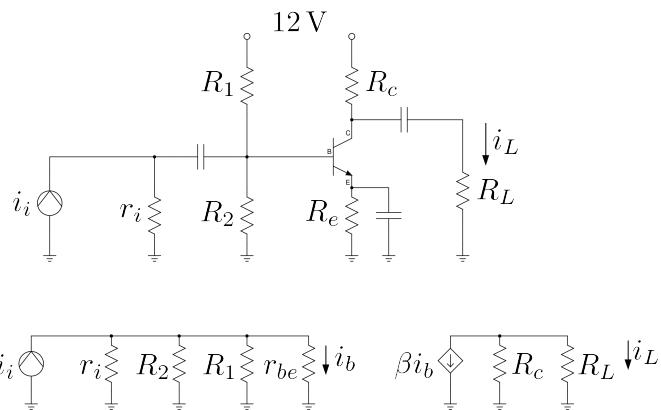
حاصل ہوتا ہے۔ یاد رہے کہ مزاحمت R_S کو یہاں ایکلیفائر کا حصہ تصور نہیں کیا گیا۔ اگر اس کو بھی شامل کیا جائے تو کل داخلی مزاحمت کی قیمت مندرجہ ذیل ہو گی۔

$$r_{i\text{کل}} = r_i + R_S = 55.348 \text{ k}\Omega$$

اس مثال میں ایک اہم بات سامنے آئی۔ کپیٹر C_E اور مزاحمت R_{CE} کے استعمال سے یہ ممکن ہے کہ ہم ٹرانزسٹر ایکلیفائر کی افزائش اپنے مرنسی سے طے کر سکیں۔ اس مثال میں اگر R_{CE} کی قیمت صفر رکھی جائے تو زیادہ سے زیادہ افزائش حاصل ہوتی ہے اور اگر R_{CE} کی قیمت لا محدود کر دیا جائے تو کم سے کم افزائش حاصل ہوتی ہے۔ R_{CE} کی قیمت ان حدود کے درمیان رکھتے ہوئے افزائش بھی دو حدود کے اندر کہیں پر بھی رکھی جا سکتی ہے۔ مساوات 217.3 یعنی

$$A_v = -\alpha \frac{\sum R_C}{\sum R_E}$$

کی مدد سے اس حقیقت کو با آسانی سمجھا جا سکتا ہے۔ اس مثال میں متوازی چڑھے مزاحمت R_E اور R_{CE} کے کل مزاحمت کو $\sum R_E$ کہیں گے۔ یہاں چونکہ R_E کو نقطہ کارکردگی تعین کرنے کی خاطر استعمال کیا گیا ہے لہذا اس کو تبدیل کئے بغیر A_v میں تبدیلی R_{CE} کی مدد سے حاصل کی جا سکتی ہے۔



شکل 105.3: ایپلینگز کا تحلیل

مثال 49.3: شکل 105.3 میں $r_i = 5 \text{ k}\Omega$ اور $R_L = 1 \text{ k}\Omega$ میں ہیں۔ بر قی رو افزائش $A_i = -30 \frac{\text{A}}{\text{A}}$ حاصل کرنے کی خاطر درکار مزاجت $\beta = 120$ حاصل کریں۔

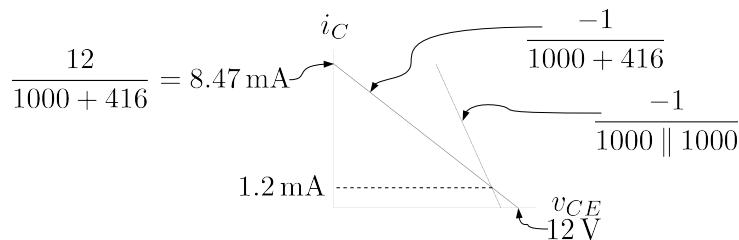
حل: مساوی دور سے افزائش لکھتے ہیں

$$A_i = \frac{i_L}{i_i} = -30 = -120 \left(\frac{R_c}{R_c + R_L} \right) \left(\frac{r_{be}}{r_{be} + r_i \| R_1 \| R_2} \right)$$

جس سے

$$(235.3) \quad \frac{1}{4} = \left(\frac{R_c}{R_c + 1000} \right) \left(\frac{r_{be}}{r_{be} + 5000 \| R_1 \| R_2} \right)$$

حاصل ہوتا ہے۔ ایسی وہ تمام قیمتیں جو اس مساوات پر پورا اتریں درست جواب ہیں۔ آئیں ہم دونوں توانیں کی قیمتیں برابر رکھ کر دیکھیں۔ ایسا کرنے سے عموماً قابل جوابات



شکل 106.3: خطوط بوجہ

حاصل ہوتے ہیں۔ یوں

$$\frac{1}{2} = \left(\frac{R_c}{R_c + 1000} \right)$$

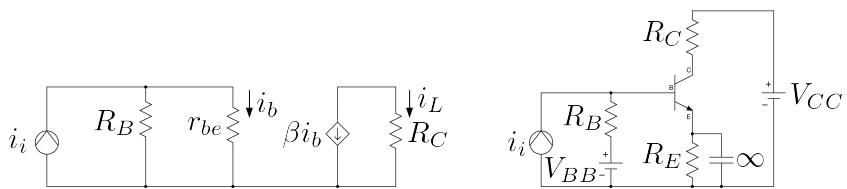
$$\frac{1}{2} = \left(\frac{r_{be}}{r_{be} + 5000 \parallel R_1 \parallel R_2} \right)$$

لیتے ہیں۔ یوں پہلی مساوات سے حاصل ہوتا ہے۔ دوسرے مساوات میں $R_c = 1 \text{ k}\Omega$ کو R_b کو $R_1 \parallel R_2$ لکھتے ہیں۔

$$\frac{1}{2} = \left(\frac{r_{be}}{r_{be} + 5000 \parallel R_b} \right)$$

اس مساوات میں دو نامعلوم 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 $R_b \rightarrow \infty$ تصور کی جائے تو $r_{be} = 5 \text{ k}\Omega$ حاصل ہوتا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ $R_b = 5 \text{ k}\Omega$ تبدیل کرنے سے r_{be} کی قیمت پر خاص اثر نہیں ہوتا۔ یوں ہم اور $R_e = 416 \Omega$ رکھتے ہیں۔ مساوات 33.3 کی مدد سے $r_{be} = 2.5 \text{ k}\Omega$ حاصل ہوتا ہے۔ چونکہ $I_{CQ} = 1.2 \text{ mA}$ ہوتا ہے لہذا $r_{be} = \frac{\beta V_T}{I_{CQ}}$ یعنی $r_{be} = \frac{\beta}{g_m}$ حاصل ہوتا ہے۔

شکل 106.3 میں یک سمتی اور بدلتی رو بخط بوجہ دکھانے گئے ہیں جہاں سے آپ دیکھ سکتے ہیں کہ i_C کے حیطے کی حد 1.2 mA ہے۔ یوں i_L کے حیطے کی حد 0.6 mA ہے۔ اگر زیادہ حیطہ درکار ہو تو تخلیق کو اس نقطہ نظر سے دوبارہ سر انجام دینا ہو گا کہ I_{CQ} درکار حیطہ فراہم کر سکے۔



شکل 107.3: ایک پلیگاٹ اور اس کا باریک اشاراتی مساوی دور

$$\begin{aligned} \text{حاصل} &= V_{BB} = 1.2492 \text{ V} & \beta & \text{اور} & I_{CQ} & , R_e \\ \text{حاصل} &= R_2 = 5.58 \text{ k}\Omega & \text{ہے۔ یوں} & \text{ہے۔} & \text{اور} & R_1 = 48 \text{ k}\Omega \end{aligned}$$

آئیں شکل 107.3 پر غور کریں۔ اس کی افزائش $A_i = \frac{i_L}{i_i}$ یوں حاصل کی جا سکتی ہے۔

$$\begin{aligned} A_i &= \frac{i_L}{i_i} = \frac{i_L}{i_b} \times \frac{i_b}{i_i} \\ &= -\beta \left(\frac{R_B}{R_B + r_{be}} \right) \end{aligned}$$

اس کو یوں

$$A_i = \frac{-\beta}{1 + \frac{r_{be}}{R_B}}$$

لکھتے ہوئے یہ حقیقت سامنے آتی ہے کہ زیادہ سے زیادہ افزائش اس وقت حاصل ہو گی جب

$$(236.3) \quad r_{be} \ll R_B$$

$$(237.3) \quad \frac{\beta V_T}{I_{CQ}} \ll R_B$$

ہو جہاں دوسرے قدم پر $r_{be} = \frac{\beta V_T}{I_{CQ}}$ کا استعمال کیا گیا۔ ایسا کرتے ہوئے افزائش کی حتیٰ قیمت ٹرانزسٹر کے β کے برابر ہو گی۔ صفحہ 281 پر مساوات 32.3 اور مندرجہ

بالا شرط کو اکٹھے لکھتے ہیں۔

$$(238.3) \quad r_{be} = \frac{\beta V_T}{I_{CQ}} \ll R_B \ll (\beta + 1) R_E$$

مساوات 238.3 ٹرانزسٹر ایمپلیفائر تخلیق دینی کی بندی شرط ہے۔ اگر ایمپلیفائر تخلیق دیتے ہوئے اس شرط کو پورا کیا جائے تو تخلیق کردہ ایمپلیفائر کی افزائش زیادہ سے زیادہ ہو گی اور ساتھ ہی ساتھ ٹرانزسٹر کا نقطہ کارکردگی β کے تبدیلی سے قابل قبول حد تک متاثر ہو گا۔ اگر اس شرط کو نجات ممکن نہ ہو تو کم افزائش اور یا پھر β کے تبدیلی سے نقطہ کارکردگی کا اپنی جگہ سے انحراف کو برداشت کرنا ہو گا۔

17.3 برقی بار، داخلی مزاحمت اور ایمپلیفائر کی افزائش

شکل 108.3 میں ایک ایمپلیفائر اور اس کا مساوی باریک اشاراتی دور دکھائے گئے جہاں تمام کپیسٹروں کی قیمت لامحدود ہے۔ اس کی افزائش

$$\begin{aligned} A_{v1} &= \frac{v_L}{v_i} = \frac{v_L}{i_c} \times \frac{i_c}{v_{be}} \times \frac{v_{be}}{v_i} \\ &= -400 \times 0.39 \times 1 = -156 \frac{V}{V} \end{aligned}$$

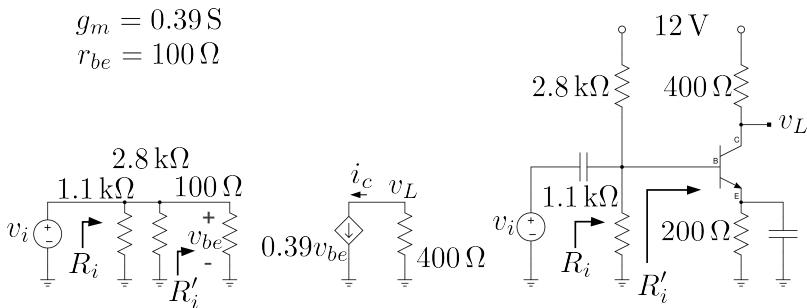
جبکہ داخلی مزاحمت

$$R'_i = 100 \Omega$$

اور

$$\begin{aligned} \frac{1}{R_i} &= \frac{1}{2800} + \frac{1}{1100} + \frac{1}{100} \\ R_i &= 88.76 \Omega \end{aligned}$$

حاصل ہوتے ہیں۔ R'_i ٹرانزسٹر کے بیس پر دیکھتے ہوئے مزاحمت ہے جبکہ R_i ٹرانزسٹر کو مائل کرنے والے مزاحمتوں کے اثر کو بھی شامل کرتا ہے۔ شکل 109.3 میں



شکل 108.3: سادہ ایکپلینیٹر

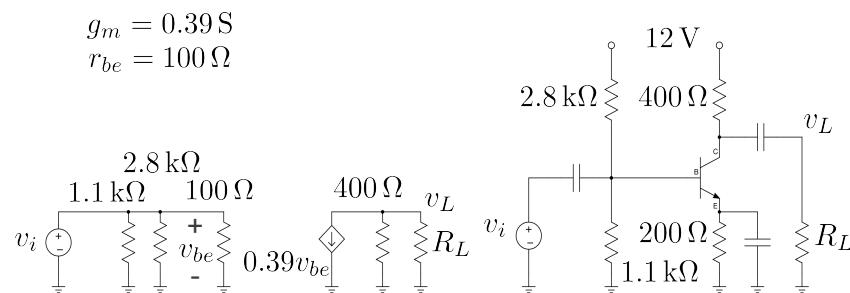
خارجی جانب برقی بوجھ $R_L = 200 \Omega$ لادا گیا ہے۔ اگر کی افزائش

$$(239.3) \quad A_{v2} = \frac{v_L}{v_i} = \frac{v_L}{i_c} \times \frac{i_c}{v_{be}} \times \frac{v_{be}}{v_i} = -\left(\frac{400 \times 200}{400 + 200}\right) \times 0.39 \times 1 = -52 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

حاصل ہوتی ہے جبکہ اگر $R_L = 88.76 \Omega$ تو

$$(240.3) \quad A_{v3} = \frac{v_L}{v_i} = \frac{v_L}{i_c} \times \frac{i_c}{v_{be}} \times \frac{v_{be}}{v_i} = -\left(\frac{400 \times 88.76}{400 + 88.76}\right) \times 0.39 \times 1 = -28 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

حاصل ہوتا ہے۔ مندرجہ بالا دونوں شکل میں $v_{be} = v_i$ ہونے کی بدولت افزائش میں تیرے کسر یعنی $\frac{v_{be}}{v_i}$ کا کوئی کردار نہیں۔ آئین داخلی اشارے کی مزاحمت کا اثر دیکھیں۔ شکل 110.3 میں اس غرض سے داخلی اشارے کا مزاحمت بھی شامل کیا گیا ہے۔ اس



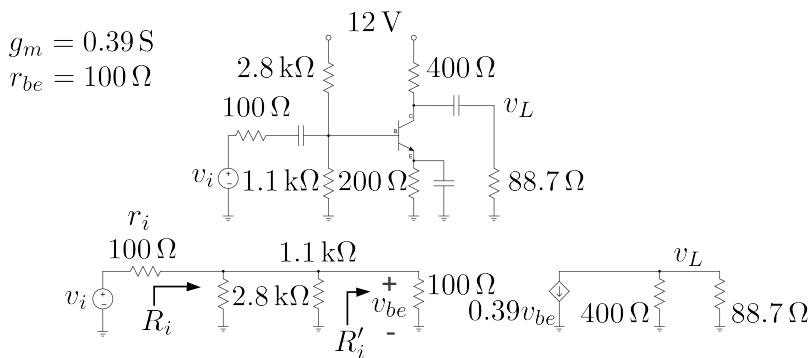
شکل 109.3: سادہ بوجھ سے لد ایکلینیفار

ایکلینیفار کے لئے ہم لکھ سکتے ہیں

$$\begin{aligned} A_{v4} &= \frac{v_L}{v_i} = \frac{v_L}{i_c} \times \frac{i_c}{v_{be}} \times \frac{v_{be}}{v_i} \\ &= - \left(\frac{400 \times 88.76}{400 + 88.76} \right) \times 0.39 \times \left(\frac{R_i}{r_i + R_i} \right) \\ &= - \left(\frac{400 \times 88.76}{400 + 88.76} \right) \times 0.39 \times \left(\frac{88.76}{100 + 88.76} \right) \\ &= -28 \times 0.47 \\ &= -13 \frac{\text{V}}{\text{V}} \end{aligned}$$

جہاں r_i اور R_i کے کردار کی وجہ سے افزائش گزشنا قیمت کے 0.47 کا رہ گئی ہے۔ یاد رہے کہ حقیقت میں r_i ہر صورت موجود ہوتا ہے۔ $A_{v4} = 0.47A_{v'}$ لکھتے ہوئے ہم دیکھتے ہیں کہ ٹرانزسٹر کے میں تا لگنگ کی افزائش $A_{v'}$ یعنی $\frac{v_L}{v_{be}}$ میں کوئی تبدیلی رونما نہیں ہوئی۔ کل افزائش $\frac{v_L}{v_i}$ میں کی اس وجہ سے پیدا ہوئی کہ ٹرانزسٹر کے میں تک مکمل داخلی اشارہ نہیں پہنچ پاتا یعنی r_i کے موجودگی میں

$$\begin{aligned} v_{be} &= \left(\frac{R_i}{r_i + R_i} \right) v_i \\ &= \left(\frac{88.76}{100 + 88.76} \right) v_i \\ &= 0.47v_i \end{aligned}$$



شکل 110.3: داخلي مزاحمت کا اثر

ہو جاتا ہے جبکہ اس کے بغیر موجودگی میں $v_{be} = v_i$ ہوتا ہے۔

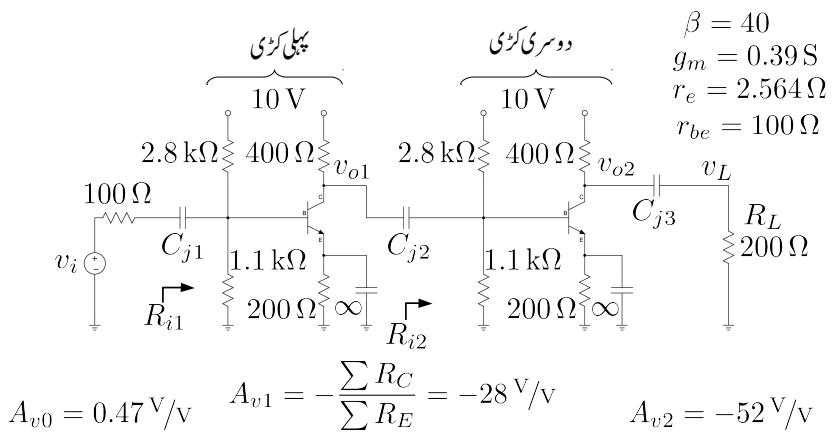
ان حقائق کو سمجھنے کے بعد زنجیری ایکلیفائر پر غور کرتے ہیں۔

18.3 زنجیری ایکلیفائر

شکل 111.3 میں دو کڑی زنجیری ایکلیفائر⁴⁹ دکھایا گیا ہے جس میں دو بالکل یکساں ایکلیفائر کو بختی کیپیٹر C_{j2} کی مدد سے آپس میں جوڑا گیا ہے۔ ایسا کرنے سے ٹرانزسٹر کا نقطہ کار کردنی ممکن نہیں ہوتا۔ داخلي جانب 100Ω مزاحمت والا داخلي اشارہ v_i بختی کیپیٹر C_{j1} کی مدد سے ایکلیفائر کی پہلی کڑی کے ساتھ جوڑا گیا ہے جبکہ خارجي جانب برقرار بوجھ R_L تک C_{j3} کی مدد سے خارجي اشارہ پہنچایا گیا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ اسی سلسلے میں مزید کڑیاں جوڑتے ہوئے زیادہ کڑیوں والا زنجیری ایکلیفائر حاصل کیا جا سکتا ہے۔ مزید یہ کہ کڑیوں کا یکساں ہونا بالکل ضروری نہیں۔ ہر کڑی مختلف ہو سکتی ہے۔

آئین جلد یک سمیٰ تجربہ کریں۔ چونکہ $R_{th} \approx 790\Omega$ اور $V_{th} \approx 2.82V$ ہے۔ یوں $r_{be} \approx 100\Omega$ اور $g_m = 0.39 S$ حاصل ہوتے ہیں۔

cascaded amplifier⁴⁹



شکل 111.3: دو کڑی زنجیری اینپلینیاٹر

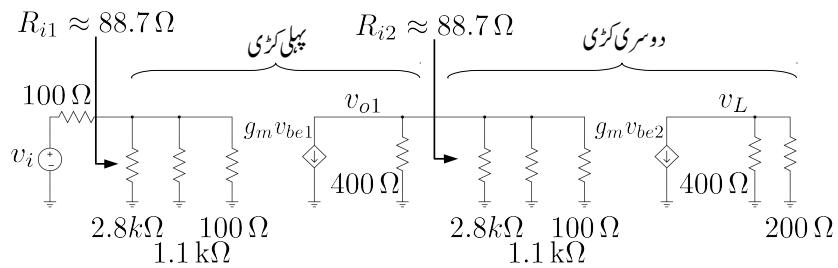
شکل 112.3 میں شکل 111.3 کا باریک اشارتی مساوی دور دکھایا گیا ہے۔ متوالی مراحتوں کا مجموع یعنی

$$\begin{aligned} 2800 \parallel 1100 \parallel 100 &= 88.7 \Omega \\ 400 \parallel 2800 \parallel 1100 \parallel 100 &= 72.6 \Omega \\ 400 \parallel 200 &= 133.33 \Omega \end{aligned}$$

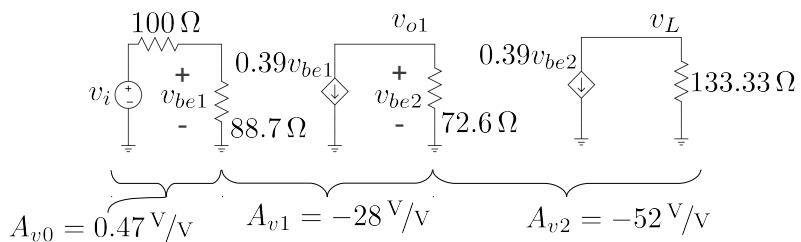
لیتے ہوئے شکل 113.3 حاصل ہوتا ہے۔

اس شکل میں

$$\begin{aligned} \frac{v_L}{v_{o1}} &= \frac{v_L}{v_{be2}} = A_{v2} = -0.39 \times 133.33 = -52 \frac{\text{V}}{\text{V}} \\ \frac{v_{o1}}{v_{be1}} &= \frac{v_{be2}}{v_{be1}} = A_{v1} = -0.39 \times 72.6 = -28 \frac{\text{V}}{\text{V}} \\ \frac{v_{be1}}{v_i} &= A_{v0} = \frac{88.7}{100 + 88.7} = 0.47 \frac{\text{V}}{\text{V}} \end{aligned}$$



شکل 112.3: دو کری زنجیری ایمپلینگ کا باریک اشاراتی مساوی دور



شکل 113.3: دو کری زنجیری ایمپلینگ کا باریک اشاراتی ساده مساوی دور

لکھا جا سکتا ہے۔ یوں زنجیری ایمپلیفیاٹر کی کل افزائش زنجیری ضرب سے

$$\begin{aligned} A_v &= \frac{v_L}{v_i} = \frac{v_L}{v_{o1}} \times \frac{v_{o1}}{v_{be1}} \times \frac{v_{be1}}{v_i} \\ &= A_{v0} A_{v1} A_{v2} \\ &= 0.47 \times (-28) \times (-52) = 684 \frac{\text{V}}{\text{V}} \end{aligned}$$

حاصل ہوتی ہے۔

یہاں رک کر دوبارہ غور کریں۔ شکل 111.3 سے سیدھا شکل 111.3 حاصل کرتے ہوئے کل افزائش حاصل کی جا سکتی ہے۔ حقیقت میں اس قدم کی بھی کوئی ضرورت نہیں۔ جیسا کہ شکل 111.3 پر ہی دکھایا گیا ہے، آپ اسی شکل پر ہر کڑی کی افزائش $\frac{\sum R_C}{\sum R_E}$ حاصل کر سکتے ہیں۔ کیلکولیٹر⁵⁰ کی مدد سے شکل کو دیکھتے ہوئے $\sum R_E$ اور $\sum R_C$ حاصل کرتے ہوئے افزائش حاصل کی جا سکتی ہے۔ یوں مثلاً دوسری کڑی میں $\sum R_C = 133 \Omega$ جبکہ $A_{v2} = -52 \frac{\text{V}}{\text{V}}$ سے $\sum R_E = r_e = 2.56 \Omega$ حاصل ہوتا ہے۔

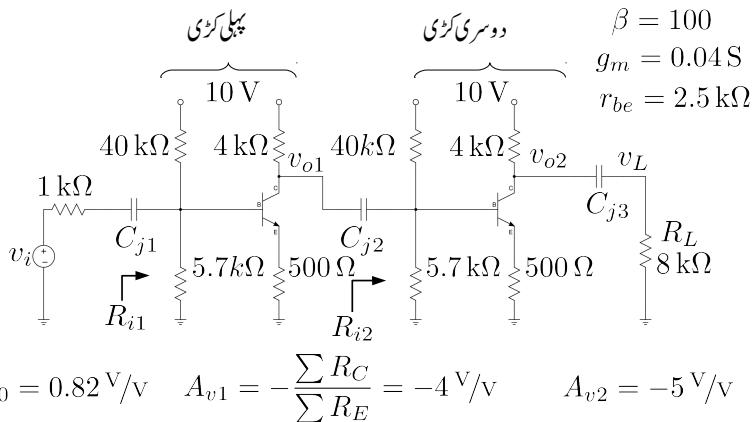
شکل 111.3 میں پہلی کڑی اور دوسری کڑی کے ایمپلیفیاٹروں کے داخلی مراحت اور R_{i1} کی وضاحت کی گئی ہے۔ شکل 112.3 میں ان کی قیمتیں

$$\begin{aligned} \frac{1}{R_{i1}} &= \frac{1}{2800} + \frac{1}{1100} + \frac{1}{100} \\ R_{i1} &= 88.7 \Omega \end{aligned}$$

اور

$$\begin{aligned} \frac{1}{R_{i2}} &= \frac{1}{2800} + \frac{1}{1100} + \frac{1}{100} \\ R_{i2} &= 88.7 \Omega \end{aligned}$$

دکھائی گئیں ہیں۔ ایمپلیفیاٹر ٹرانزسٹر کے میں سرے پر پائے جانے والے اشارے کی افزائش کرتا ہے۔ داخلی جانب ہم دیکھتے ہیں کہ ٹرانزسٹر کے میں پر v_i کی بجائے $\frac{88.7 v_i}{100 + 88.7} = 0.47 v_i$ پایا جاتا ہے۔ اشارے کے قیمت میں کمی ایمپلیفیاٹر کے داخلی مراحت R_{i1} کی بدولت ہے۔ v_i کے نقطہ نظر سے ایمپلیفیاٹر 88.7Ω کا مراحت ہے۔ اسی طرح پہلی کڑی کے ایمپلیفیاٹر کو دوسرا ایمپلیفیاٹر بطور مراحت R_{i2} نظر آتا ہے۔



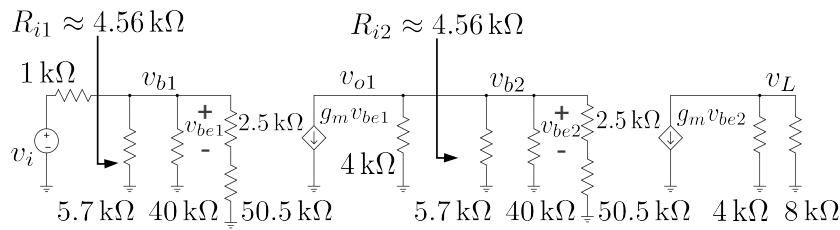
شکل 114.3: دو کڑی زنجیری ایپلینیٹر کا باریک اشاراتی سادہ مساوی دور

یہاں ایک مرتبہ دوبارہ مساوات 239.3 اور مساوات 240.3 پر نظر ڈالیں جہاں ایک کڑی کے ایپلیفائر پر تجزیہ کرتے ہوئے خارجی جانب برقی بوجھ لادنے کے اثرات پر غور کیا گیا۔ شکل 111.3 کے دوسری کڑی کے افزائش پر 200 Ω برقی بوجھ کا اثر بالکل ایسا ہی ہے جیسے شکل 109.3 میں 200 Ω کے بوجھ کا ہے۔ اسی طرح شکل 111.3 میں پہلی کڑی پر دوسری کڑی کے 88.76 Ω کے داخلی مزاحمت کا اثر شکل 109.3 میں 88.76 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 زیادہ β کے ٹرانزسٹر استعمال کرنے سے دوسری کڑی کی افزائش نہیں بڑھتی البتہ ایسا کرنے سے دوسری کڑی کا داخلی مزاحمت ضرور بڑھتا ہے جس سے پہلی کڑی کی افزائش بڑھے گی۔

مثال 50.3: شکل 114.3 میں $A_v = \frac{v_L}{v_i}$ حاصل کریں۔

حل: شکل 115.3 میں اس کا مساوی دور دکھایا گیا ہے جہاں سے $R_{i1} = R_{i2} = 4.56 \text{ k}\Omega$ حاصل ہوتے ہیں۔ اسی طرح ان دونوں اشکال میں سے کسی بھی سے مندرجہ ذیل لکھا جا



شکل 115.3: دو کڑی زنجیری ایک پلینگ کا باریک اشاراتی مساوی دور

لئے ہے۔

$$A_{v0} = \frac{v_{b1}}{v_i} = \frac{4560}{4560 + 1000} = 0.82 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

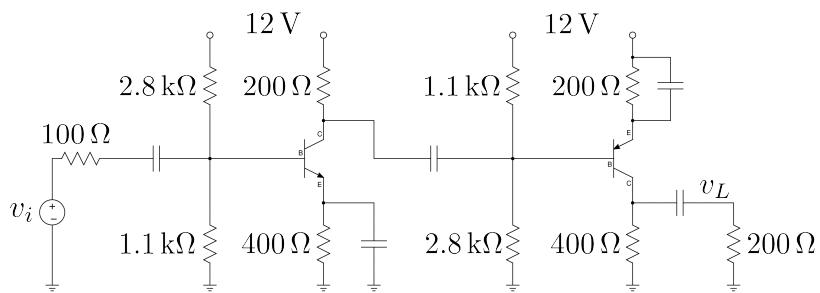
$$A_{v1} = \frac{v_{o1}}{v_{b1}} = -0.04 \times \frac{4000 \times 4560}{4000 + 4560} \times \frac{2500}{2500 + 50500} = -4 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

$$A_{v2} = \frac{v_L}{v_{b2}} = -0.04 \times \frac{4000 \times 8000}{4000 + 8000} \times \frac{2500}{2500 + 50500} = -5 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

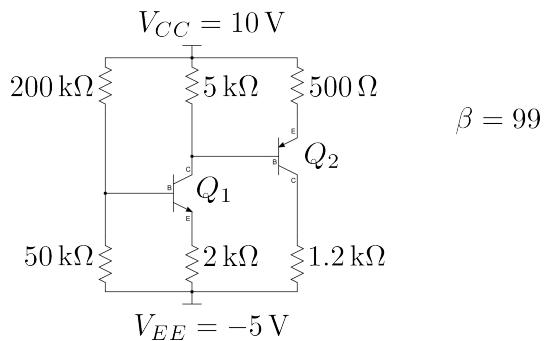
لہذا

$$\begin{aligned} A_v &= \frac{v_L}{v_i} = \frac{v_L}{v_{b2}} \frac{v_{o1}}{v_{b1}} \frac{v_{b1}}{v_i} \\ &= (-5) (-4) (0.82) = 16.4 \frac{\text{V}}{\text{V}} \end{aligned}$$

مثال 51.3: شکل 111.3 میں دوسری کڑی \$pnp\$ سے بناتے ہوئے شکل 116.3 حاصل ہوتا ہے۔ اس پر اچھی طرح غور کریں۔ شکل 111.3 پر بتتی بحث کی کئی اور اس کے تمام مساوات موجودہ دور پر لاگو ہوتے ہیں۔

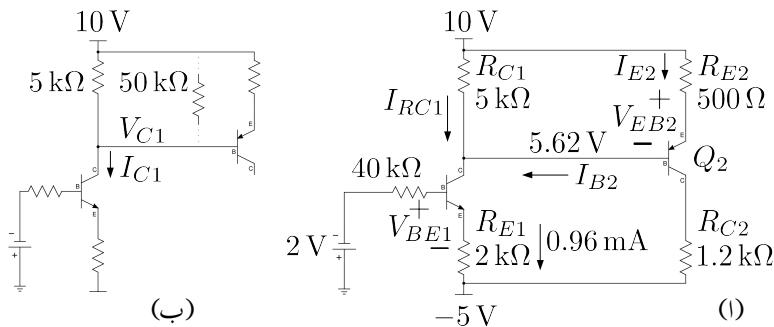


شکل 116.3: دو کڑی زنجیری ایکلینیفار



شکل 117.3: دو کڑی یک سمتی زنجیری ایکلینیفار

مثال 52.3: شکل 117.3 میں دو کڑی زنجیری یک سمتی رو ایکلینیفار دکھایا گیا ہے۔ اس کے تمام یک سمتی متغیرات ٹھیک ٹھیک حاصل کریں۔ دونوں ٹرانزسٹر کا $\beta = 99$ ہے۔



شکل 3.118: دو کڑی یک سمتی زنجیری ایک پلیناٹر

حل: Q_1 کے داخلی جانب مسئلہ تھونن کی مدد سے

$$V_{th} = \left(\frac{50000}{200000 + 50000} \right) \times [10 - (-5)] - 5 = -2 \text{ V}$$

$$R_{th} = \frac{50000 \times 200000}{50000 + 200000} = 40 \text{ k}\Omega$$

حاصل ہوتے ہیں جنہیں استعمال کرتے ہوئے شکل 3.118 کا حاصل ہوتا ہے۔ شکل 3.118 کے داخلی جانب کرخوف کے قانون برائے برقی دباؤ کی مدد سے

$$2 + 40000 \times I_B + 0.7 + 2000 \times I_E - 5 = 0$$

لکھا جا سکتا ہے جس میں $I_B = \frac{I_E}{\beta+1}$ پر کرنے سے

$$I_{E1} = \frac{5 - 2 - 0.7}{\frac{40000}{99+1} + 2000} = 0.95833 \text{ mA}$$

$$I_{C1} = \frac{\beta}{\beta + 1} I_{E1} = 0.94875 \text{ mA}$$

حاصل ہوتے ہیں۔ یوں

$$\begin{aligned} V_{E1} &= I_{E1} R_{E1} - 5 \\ &= 0.95833 \times 10^{-3} \times 2000 - 5 \\ &= -3.08 \text{ V} \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے۔ Q_1 کے گلکٹر جانب برقی رو I_{C1} کے دو راستے ہیں۔ پہلا راستہ R_{C1} کے ذریعے اور دوسرا راستہ Q_2 سے ہوتے ہوئے R_{E2} کے ذریعے۔ یہ کرنوف کے قانون برقی رو کے استعمال سے

$$(241.3) \quad I_{C1} = I_{RC1} + I_{B2}$$

$$0.94875 \times 10^{-3} = I_{RC1} + I_{B2}$$

لکھا جا سکتا ہے۔ پہلے راستے پر

$$(242.3) \quad V_{C1} = V_{B2} = 10 - I_{RC1}R_{C1} = 10 - 5000I_{RC1}$$

جبکہ دوسرا راستے پر

$$(243.3) \quad V_{C1} = V_{B2} = 10 - I_{E2}R_{E2} - V_{EB2}$$

$$10 - (\beta + 1) I_{B2}R_{E2} - V_{EB2}$$

$$= 10 - (99 + 1) \times I_{B2} \times 500 - 0.7$$

$$= 9.3 - 50000I_{B2}$$

حاصل ہوتا ہے۔ مندرجہ بالا تین مساوات کو حل کرتے ہیں۔ مساوات 242.3 اور 243.3 کو برابر لکھتے ہیں۔

$$10 - 5000I_{RC1} = 9.3 - 50000I_{B2}$$

$$5000I_{RC1} - 50000I_{B2} - 0.7 = 0$$

مساوات 241.3 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۔ یہ

$$I_{E2} = (\beta + 1) I_{B2} = 7.35 \text{ mA}$$

$$I_{C2} = \alpha I_{E2} = 7.28 \text{ mA}$$

$$I_{RC1} = I_{C1} - I_{B2} = 0.94875 \text{ mA} - 73.5 \mu\text{A} = 0.87525 \text{ mA}$$

$$V_{B2} = V_{CC} - I_{RC1}R_{C1} = 10 - 0.87525 \times 10^{-3} \times 5000 = 5.62 \text{ V}$$

حاصل ہوتے ہیں۔ Q_2 پر

$$V_{E2} = V_{B2} + V_{EB2} = 5.62 + 0.7 = 6.32 \text{ V}$$

$$V_{C2} = -5 + I_{C2}R_{C2} = -5 + 7.28 \times 10^{-3} \times 1200 = 3.736 \text{ V}$$

$$V_{EC2} = V_{E2} - V_{C2} = 6.32 - 3.736 = 2.584 \text{ V}$$

حاصل ہوتے ہیں۔ یوں Q_2 افراہنده ہے اور حاصل کردہ جوابات درست ہوں گے۔

اسی مثال کو یوں جلدی حل کیا جا سکتا ہے۔ لیتے ہوئے

$$I_{C1} \approx I_{E1} = 0.95833 \text{ mA}$$

حاصل ہوتا ہے۔ جیسے شکل 118.3 ب میں دکھایا گیا ہے، R_{E2} کا عکس ٹرانزسٹر Q_2 کے میں جانب R_{C1} نظر آتا ہے جو $(\beta + 1) R_{E2}$ کے متوازن ہے۔ یوں ان کا مجموع

$$\frac{(\beta + 1) R_{E2} R_{C1}}{(\beta + 1) R_{E2} + R_{C1}} = 4.545 \text{ k}\Omega$$

حاصل ہوتا ہے جس سے I_{C1} گزرتا ہے۔ یوں

$$V_{C1} = V_{B2} = V_{CC} - 4545 \times 0.95833 \times 10^{-3} = 5.644 \text{ V}$$

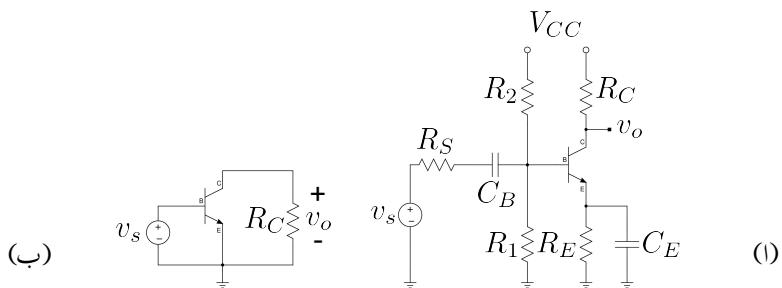
حاصل ہوتا ہے۔ یوں

$$V_{E2} = V_{B2} + V_{EB2} = 5.644 + 0.7 = 6.344 \text{ V}$$

$$I_{E2} = \frac{V_{CC} - V_{E2}}{R_{E2}} = \frac{10 - 6.344}{500} = 7.312 \text{ mA}$$

$$V_{C2} = -5 + I_{E2}R_{C2} = -5 + 7.312 \times 10^{-3} \times 1200 = 3.774 \text{ V}$$

$$V_{EC2} = V_{E2} - V_{C2} = 6.344 - 3.774 = 2.57 \text{ V}$$



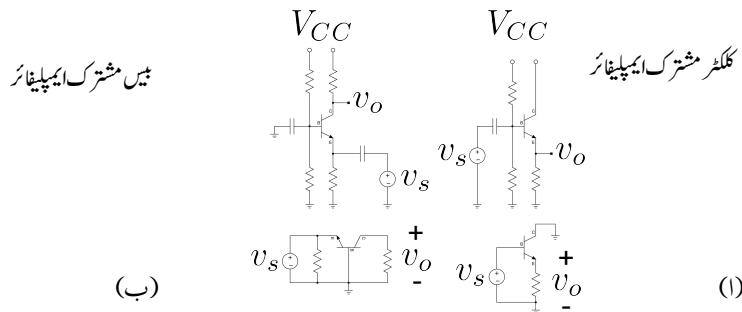
شکل 119.3: ایمپلیفیاٹر، ملکٹر مشترک اور بیس مشترک

19.3 ایمپلیفیاٹر، ملکٹر مشترک اور بیس مشترک

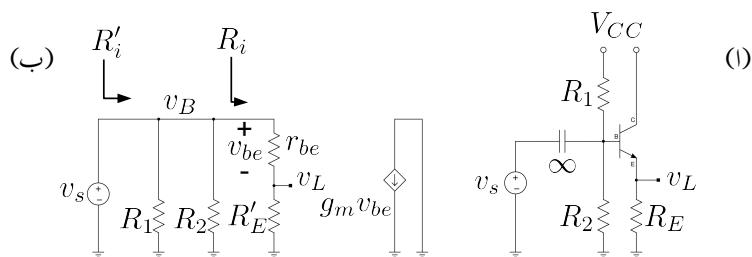
شکل الف میں ایمپلیفیاٹر دکھایا گیا ہے۔ شکل ب میں ٹرانزسٹر مائل کرنے والے رکن نہ دکھاتے ہوئے اسی کا بدلتی رو شکل دکھایا گیا ہے جہاں کپیسٹروں اور یک سمتی برقی دباؤ \$V_{CC}\$ کو قصر دور تصور کیا گیا ہے۔ مزید داخلی اشارے کی مراحت \$R_s\$ کو بھی نظر انداز کیا گیا ہے تا کہ اصل تقاطع پر نظر رکھنا زیادہ آسان ہو۔ اس شکل سے صاف ظاہر ہے کہ داخلی اشارے کو ٹرانزسٹر کے بین \$B\$ اور ایمپلیفیاٹر \$E\$ کے مابین مہیا کیا گیا ہے جبکہ خارجی اشارے کو ملکٹر \$C\$ اور ایمپلیفیاٹر \$E\$ کے مابین سے حاصل کیا جاتا ہے۔ یوں ٹرانزسٹر کا ایمپلیفیاٹر \$E\$ مشترک کہ سرا ہے۔ اسی سے اس طرز کے ایمپلیفیاٹر کو مشترک ایمپلیفیاٹر یا ایمپلیفیاٹر⁵¹ پکارا جاتا ہے۔ اگر شکل الف میں کپیسٹر \$C_E\$ استعمال نہ کیا جاتا تب ٹرانزسٹر کا ایمپلیفیاٹر برقی زمین پر نہ ہوتا اور شکل ب میں داخلی اشارہ بین اور برقی زمین کے مابین مہیا کیا جاتا۔ اسی صورت میں بھی اسے ایمپلیفیاٹر⁵² ایمپلیفیاٹر⁵³ کہا جاتا ہے۔ اس باب میں اب تک جتنے ایمپلیفیاٹر دیکھے گئے وہ تمام ایمپلیفیاٹر⁵⁴ ہیں۔

شکل 120.3 الف میں ملکٹر مشترک⁵² اور اس کے نیچے اس کا مساوی باریک اشاراتی دور جبکہ شکل ب میں بیس مشترک⁵³ ایمپلیفیاٹر اور اس کے نیچے اس کا باریک اشاراتی مساوی دور

common emitter⁵¹
common collector⁵²
common base⁵³



شکل 120.3: میں مشترک اور گلکھ مشترک ایکلینیفار



شکل 121.3: گلکھ مشترک

دکھائے گئے ہیں۔ ان ایکلینیفار میں بھی اگر مشترکہ سرے اور برقی زمین کے مابین مراجحت وغیرہ نسب ہوتا، انہیں تب بھی انہیں ناموں سے پکارا جاتا۔

مثال شکل 121.3 میں 53.3 : شکل 121.3

$$R_1 = 100 \text{ k}\Omega, \quad R_2 = 10 \text{ k}\Omega, \quad R_E = 1 \text{ k}\Omega \\ r_{be} = 1 \text{ k}\Omega, \quad \beta = 99$$

حاصل کریں۔ R'_i اور R_i اور $A_v = \frac{v_L}{v_s}$

حل: شکل ب میں مساوی باریک اشاراتی دو دکھایا گیا ہے جہاں ٹرانزسٹر کے بیس جانب R_E کا عکس یعنی $(\beta + 1) R_E$ ہے۔ یوں

$$\begin{aligned} A_v &= \frac{v_L}{v_s} = \frac{v_L}{v_B} \times \frac{v_B}{v_s} \\ &= \frac{R'_E}{r_{be} + R'_E} \\ &= \frac{(99 + 1) \times 1000}{1000 + (99 + 1) \times 1000} \\ &= 0.99 \frac{V}{V} \approx 1 \frac{V}{V} \end{aligned}$$

جبکہ

$$R_i = r_{be} + R'_E = 1000 + 100000 = 101 \text{ k}\Omega$$

اور

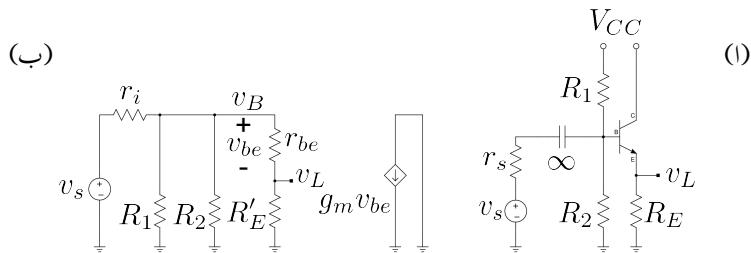
$$\begin{aligned} R'_i &= R_1 \parallel R_2 \parallel R_i \\ &= R_1 \parallel R_2 \parallel (\beta + 1) R_E \end{aligned}$$

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۔

مثال 54.3: شکل 122.3 میں $r_i = 5 \text{ k}\Omega$ ہے جبکہ بقیا تمام متغیرات مثال 53.3 کی ہی ہیں۔ A_v حاصل کریں۔



شکل 122.3: گلفر مشترک کی دوسری مثال

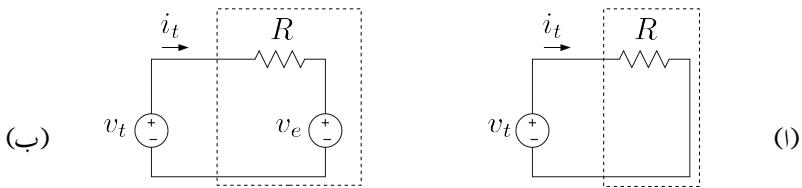
حل: شکل ب سے

$$\begin{aligned}
 A_v &= \frac{v_L}{v_s} = \frac{v_L}{v_B} \times \frac{v_B}{v_s} \\
 &= \frac{R'_E}{r_{be} + R'_E} \times \frac{R_1 \parallel R_2 \parallel (r_i + R'_E)}{r_i + [R_1 \parallel R_2 \parallel (r_{be} + R'_E)]} \\
 &= \frac{100000}{1000 + 100000} \times \frac{8367}{5000 + 8367} \\
 &= 0.99 \times 0.6259 \\
 &= 0.619 \frac{\text{V}}{\text{V}}
 \end{aligned}$$

مثال 53.3 میں ہم نے دیکھا کہ کلکٹر مشترک ایمپلیفیور کی افزائش برقی دباؤ تقریباً ایک کے برابر ہے۔ یوں ہم کہہ سکتے ہیں کہ خارجی اشارہ خوش اسلوبی سے داخلی اشارے کی پیروی کرتا ہے۔ اسی سے اس ایمپلیفیور کو پیروکار⁵⁴ 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 54.3 میں اسی کی وجہ سے افزائش بہت کم ہو گئی۔ آئین داخلي مزاحمت بڑھانے کا ایک طریقہ دیکھیں۔

شکل 123.3 الف میں نقطہ دار لکیر میں بند دور کا داخلی مزاحمت حاصل کرنے کی خاطر اس پر v_t برقی دباؤ لاگو کی جاتی ہے۔ برقی رو i_t ناپ کر داخلی مزاحمت

emitter follower⁵⁴



شکل 123.3: داخلی مزاحمت بڑھانے کا طریقہ

جس سے داخلی مزاحمت کی قیمت $\frac{v_t}{i_t}$ حاصل کی جاتی ہے۔ اس دور میں ہم جانتے ہیں کہ $i_t = \frac{v_t}{R}$ ناپی جائے گی

آئیں یہی طریقہ شکل b کے دور پر استعمال کرتے ہوئے اس کا داخلی مزاحمت حاصل کریں۔ v_t لاؤ کرنے سے $\frac{v_t - v_e}{R}$ برقرار رہتا ہے۔ اگر $v_e = 0.9v_t$ کے برابر رہتا ہے۔ یوں

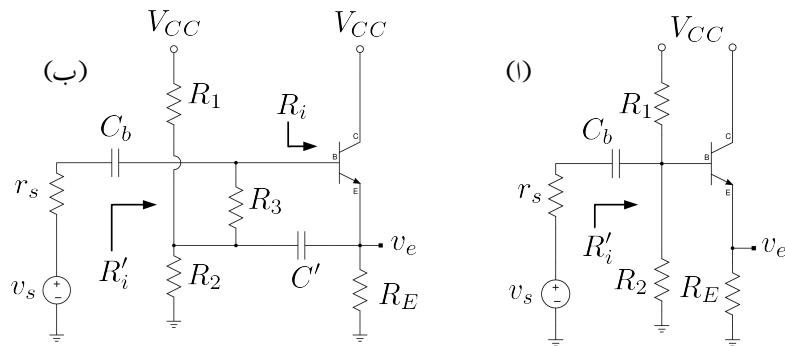
$$i_t = \frac{v_t - 0.9v_t}{R} = \frac{0.1v_t}{R}$$

ناپی جائے گی جس سے داخلی مزاحمت

$$\frac{v_t}{i_t} = \frac{R}{0.1} = 10R$$

حاصل ہوتا ہے۔ آپ نے دیکھا کہ نقطے دار لکیر میں بند دور میں پائے جانے والے برقرار دباؤ v_e کی وجہ سے داخلی مزاحمت دس گنا بڑھ گئی ہے۔ اگر $v_e = 0.99v_t$ ہوتا تو داخلی مزاحمت سو گنا بڑھ جاتی۔

ہم جانتے ہیں کہ گلکھر مشترک ایپلینیٹر کی افواش تقریباً ایک کے برابر ہے یوں اس کے یہ مشترک پر v_e تقریباً اس کے میں پر v_b کے برابر ہوتا ہے۔ اس حقیقت کو استعمال کرتے ہوئے گلکھر مشترک ایپلینیٹر کی داخلی مزاحمت بڑھائی جا سکتی ہے۔ آئیں مندرجہ ذیل مثال میں ایسا ہوتے دیکھیں۔



شکل 124.3: مکلٹر مشترک کا داخلی مراجحت بڑھایا گیا ہے

مثال 55.3: شکل 124.3 الف میں مکلٹر مشترک ایمپلیفیائر دکھایا گیا ہے جس میں کچھ تبدیلی کرتے ہوئے شکل ب حاصل کی گئی ہے۔ ثابت کریں کہ شکل 124.3 ب میں دکھائے گئے دور سے داخلی مراجحت R'_i بڑھ جاتی ہے۔ دونوں اشکال میں

$$R_1 = 10 \text{ k}\Omega, \quad R_2 = 1 \text{ k}\Omega, \quad R_E = 1 \text{ k}\Omega \\ R_3 = 10 \text{ k}\Omega, \quad r_{be} = 1 \text{ k}\Omega, \quad \beta = 99$$

ہیں۔

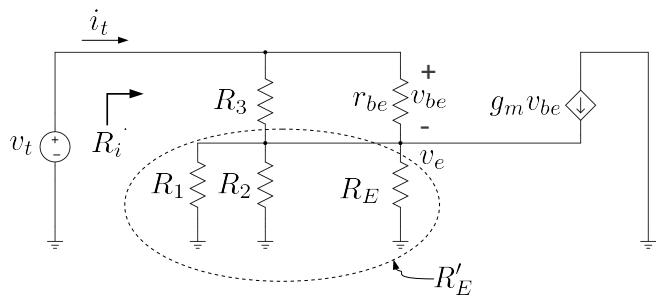
حل: شکل 125.3 میں مساوی باریک اشاراتی دور دکھایا گیا ہے۔ جوڑ v_e پر کر خوف کے قانون برائے برتن رو سے

$$(244.3) \quad \frac{v_e - v_t}{R_3} + \frac{v_e - v_t}{r_{be}} + \frac{v_e}{R_1} + \frac{v_e}{R_2} + \frac{v_e}{R_E} = g_m (v_t - v_e)$$

لکھا جا سکتا ہے۔ شکل میں R'_E کو $R_1 \parallel R_2 \parallel R_E$ طرح
 $\frac{1}{R'_E} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_E}$

لکھتے ہوئے مساوات 244.3 کو یوں

$$\frac{v_e - v_t}{R_3} + \frac{v_e - v_t}{r_{be}} + \frac{v_e}{R'_E} = g_m (v_t - v_e)$$



کل 125.3 مساوی دور

یعنی

$$v_e \left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{r_{be}} + \frac{1}{R'_E} + g_m \right) = v_t \left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{r_{be}} + g_m \right)$$

لکھتے ہوئے

$$v_e = \left(\frac{\frac{1}{R_3} + \frac{1}{r_{be}} + g_m}{\frac{1}{R_3} + \frac{1}{r_{be}} + \frac{1}{R'_E} + g_m} \right) v_t$$

حاصل کرتے ہیں۔ مساوات 188.3 کے استعمال سے اسے یوں لکھا جا سکتا ہے۔

$$\begin{aligned} v_e &= \left(\frac{\frac{1}{R_3} + \frac{1}{r_{be}} + \frac{\beta}{r_{be}}}{\frac{1}{R_3} + \frac{1}{r_{be}} + \frac{1}{R'_E} + \frac{\beta}{r_{be}}} \right) v_t \\ &= \left(\frac{\frac{1}{R_3} + \frac{\beta+1}{r_{be}}}{\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R'_E} + \frac{\beta+1}{r_{be}}} \right) v_t \end{aligned}$$

شکل سے ہم دیکھتے ہیں کہ

$$\begin{aligned} i_t &= \frac{v_t - v_e}{R_3} + \frac{v_t - v_e}{r_{be}} \\ &= (v_t - v_e) \left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{r_{be}} \right) \end{aligned}$$

کے برابر ہے v_e کی قیمت پر کرنے سے

$$\begin{aligned} i_t &= \left[v_t - \left(\frac{\frac{1}{R_3} + \frac{\beta+1}{r_{be}}}{\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R'_E} + \frac{\beta+1}{r_{be}}} \right) v_t \right] \left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{r_{be}} \right) \\ &= \left[\frac{\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R'_E} + \frac{\beta+1}{r_{be}} - \frac{1}{R_3} - \frac{\beta+1}{r_{be}}}{\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R'_E} + \frac{\beta+1}{r_{be}}} \right] \left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{r_{be}} \right) v_t \\ &= \left[\frac{\frac{1}{R_3} + \frac{1}{r_{be}}}{R'_E \left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R'_E} + \frac{\beta+1}{r_{be}} \right)} \right] v_t \end{aligned}$$

یعنی

$$\frac{v_t}{i_t} = \frac{\frac{R'_E}{R_3} + 1 + \frac{(\beta+1)R'_E}{r_{be}}}{\frac{1}{R_3} + \frac{1}{r_{be}}}$$

حاصل ہوتا ہے جس سے

$$(245.3) \quad R'_i = \frac{v_t}{i_t} = \frac{\frac{r_{be}R'_E}{R_3} + r_{be} + (\beta+1)R'_E}{\frac{r_{be}}{R_3} + 1}$$

حاصل ہوتا ہے۔ چونکہ $R_3 \gg r_{be}$ کو یوں لکھا جا سکتا ہے۔

$$(246.3) \quad R'_i \approx \frac{r_{be}R'_E}{R_3} + r_{be} + (\beta+1)R'_E$$

اس کے برعکس شکل 124.3 الف سے داخلی مزاحمت کی قیمت

$$R_1 \parallel R_2 \parallel [r_{be} + (\beta+1)R_E]$$

حاصل ہوتی ہے جو ہر صورت سے کم ہے۔

دی گئی قیمتیں پر کرنے سے شکل 124.3 الف کے لئے

$$R_1 \parallel R_2 \parallel [r_{be} + (\beta+1)R_E] = 900 \Omega$$

جبکہ دی گئی قیتوں سے حاصل کرتے ہوئے شکل ب میں

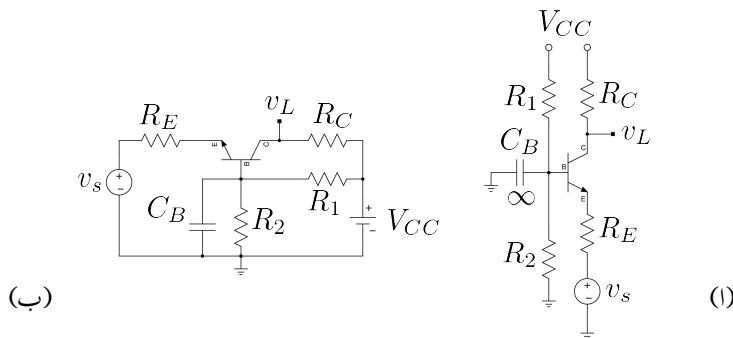
$$\begin{aligned} R'_i &= \frac{\frac{r_{be}R'_E}{R_3} + r_{pe} + (\beta + 1) R'_E}{\frac{r_{pe}}{R_3} + 1} \\ &= \frac{\frac{1000 \times 476}{10000} + 1000 + (99 + 1) 476}{\frac{1000}{10000} + 1} \\ &= \frac{47.6 + 1000 + 47600}{0.1 + 1} \\ &= 44.2 \text{ k}\Omega \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے جو کہ سادہ گلشن مشترک ایپلیفائر کی 900Ω بہت زیاد ہے۔ اس جواب سے یہ حقیقت بھی سامنے آتی ہے کہ $\frac{r_{be}R'_E}{R_3}$ اور $\frac{r_{pe}}{R_3}$ کو نظر انداز کیا جا سکتا ہے لہذا مساوات 246.3 کو

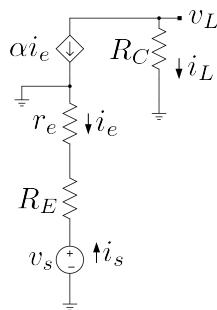
$$(247.3) \quad R'_i \approx r_{be} + (\beta + 1) R'_E$$

لکھا جا سکتا ہے۔ اس مساوات کو یاد رکھنا نہایت آسان ہے۔ شکل 124.3 ب کو دیکھتے ہوئے صاف ظاہر ہے کہ R'_i دراصل دو متوازی چڑیے مراحتوں کا مجموعہ ہے۔ اس کا ایک حصہ R_3 اور اس کے ساتھ منسلک اجزاء جبکہ اس کا دوسرا حصہ ٹرانزسٹر کے بین پر داخلی مراحت R_i ۔ چونکہ R_3 کے دونوں سروں پر تقریباً برابر برقی دباؤ رہتا ہے لہذا اس کی مراحت کو لامحدود تصور کرتے ہوئے نظر انداز کیا جاتا ہے۔ یوں داخلی مراحت R'_i اور R_i برابر ہوں گے۔ C' کو قصر دور تصور کرتے ہوئے ہم دیکھتے ہیں کہ ٹرانزسٹر کے یکٹر پر کل $R'_E \parallel R_1 \parallel R_2 \parallel R_E$ یعنی R'_E مراحت نسب ہے۔ یوں ٹرانزسٹر کے بین پر داخلی مراحت $r_{be} + (\beta + 1) R'_E$ ہو گی جو مطلوبہ جواب ہے۔

مثال 56.3: شکل 126.3 الف میں بیس مشترک ایپلیفائر دکھایا گیا ہے۔ اسے عموماً شکل ب کے طرز پر بنایا جاتا ہے جہاں داخلی جانب کو باسیں ہاتھ اور خارجی جانب کو دائیں ہاتھ پر رکھا گیا ہے۔ $A_v = \frac{v_L}{v_s}$ اور $A_i = \frac{i_L}{i_s}$ حاصل کریں۔



شکل 126.3: میں مشترک ایپلینیٹر



شکل 127.3: میں مشترک ایپلینیٹر باریک اشاراتی مساوی دور

حل: شکل 127.3 میں ٹرانزسٹر کا لٹھ-ریاضی نمونہ استعمال کرتے ہوئے اس کا باریک اشاراتی مساوی دور دکھایا گیا ہے۔ صفحہ 360 پر شکل 77.3 میں لٹھ-ریاضی نمونہ دکھایا گیا ہے۔ میں مشترک ایپلینیٹر کو لٹھ-ریاضی نمونہ سے حل کرنا زیادہ آسان ثابت ہوتا ہے۔ اس شکل میں

$$i_s = \frac{v_s}{R_E + r_e}$$

ہے۔ یوں

$$i_e = -i_s = -\frac{v_s}{R_E + r_e}$$

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

$$i_L = -i_c == -\alpha i_e = \alpha i_s$$

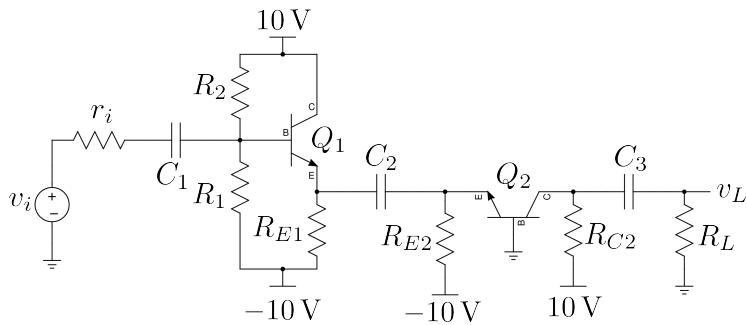
ہے لہذا

$$A_i = \frac{i_L}{i_s} = \alpha$$

حاصل ہوتا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ بیس مشترک ایکپلینیٹر برقی دباؤ کی افزائش کر پاتا ہے جبکہ اس کی برقی رو کی افزائش α کے برابر ہے۔

مثلاً شکل 128.3 میں یہ مشرک اور بیس مشترک کا زنجیری ایکپلینیٹر 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 3.128: بیٹر مشترک اور میں مشترک کا نجیگی ایمپلیفیاٹر

ہیں جبکہ ٹرانزسٹر کا حاصل کریں۔ تمام کپیسٹروں کی قیمت لا محدود تصور کریں۔

حل: پہلے یک سمی متغیرات حاصل کرتے ہیں۔ ایسا کرتے ہوئے تمام کپیسٹر کھلے دور کردار ادا کریں گے۔ یوں دونوں ایمپلیفیاٹر کو مکمل طور پر علیحدہ سمجھ کر حل کیا 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

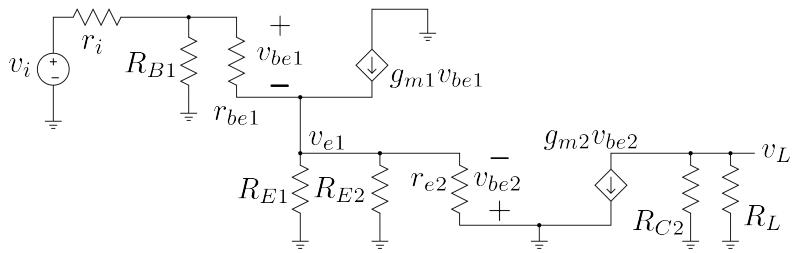
$$I_{C1} \approx I_{E1} = \frac{-7.777 - 0.7 + 10}{\frac{17778}{99+1} + 1000} = 1.29 \text{ mA}$$

$$g_{m1} = \frac{I_C}{V_T} = \frac{1.29 \times 10^{-3}}{25 \times 10^{-3}} = 51.6 \text{ mS}$$

$$r_{be1} = \frac{\beta + 1}{g_m} = \frac{99 + 1}{0.0516} = 1938 \Omega$$

حاصل ہوتے ہیں۔ اب Q_2 پر مبنی میں 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 129.3: بیٹر مشترک اور میس مشترک کا زنجیری ایپلیناٹر کا مساوی باریک اشاراتی دور

اور یوں

$$g_{m2} = \frac{1 \times 10^{-3}}{25 \times 10^{-3}} = 40 \text{ mS}$$

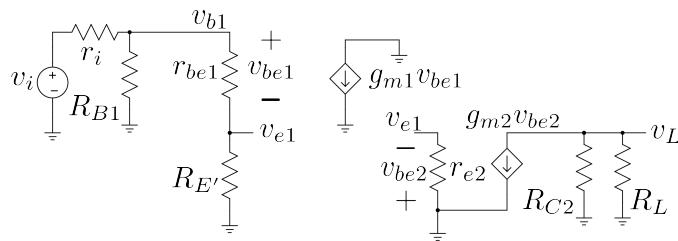
$$r_{e2} \approx \frac{1}{g_{m2}} = \frac{1}{0.04} = 25 \Omega$$

حاصل ہوتے ہیں۔

بیٹر مشترک کے لئے پائے ریاضی نمونہ جبکہ میں مشترک کے لئے نظری ریاضی نمونہ کو پائے ریاضی نمونہ کے طرز پر بناتے ہوئے زنجیری ایپلیناٹر کا باریک اشاراتی مساوی دور شکل 129.3 میں دکھایا گیا ہے، R_{E1} اور r_{e2} متوازی جڑے ہیں جن کا مساوی مزاحمت 24Ω بتا ہے۔ اس کو $(\beta + 1)$ سے ضرب دیتے ہوئے بیٹر مشترک کے پائے ریاضی نمونہ میں داخلی اور خارجی دائروں کو علیحدہ کیا جا سکتا ہے۔ ایسا کرتے ہوئے شکل 130.3 حاصل ہوتا ہے جہاں $24 \times (\beta + 1)$ کو R'_E کہا گیا ہے۔ یعنی $R'_E = 2.4 \text{ k}\Omega$ ہے۔

یوں

$$A_v = \frac{v_L}{v_i} = \frac{v_L}{v_{be2}} \times \frac{v_{be2}}{v_{e2}} \times \frac{v_{e2}}{v_{b1}} \times \frac{v_{b1}}{v_i}$$



: 130.3

لکھا جا سکتا ہے۔ شکل کو دیکھتے ہوئے

$$\frac{v_L}{v_{be2}} = -g_{m2} (R_C \parallel R_L) = -0.04 \left(\frac{5000 \times 5000}{5000 + 5000} \right) = -100$$

$$\frac{v_{be2}}{v_{e2}} = -1$$

$$\frac{v_{e2}}{v_{b1}} = \frac{R'_E}{r_{be1} + R'_E} = \frac{2400}{1938 + 2400} = 0.553$$

لکھا جا سکتا ہے۔

$$R_{B1} \parallel (r_{be1} + R'_E) = \frac{17778 \times (1938 + 2400)}{17778 + 1938 + 2400} = 3487 \Omega$$

لیتے ہوئے

$$\frac{v_{b1}}{v_i} = \frac{3487}{r_i + 3487} = \frac{3487}{1000 + 3487} = 0.777$$

حاصل ہوتا ہے۔ یوں

$$A_v = (-100)(-1) \times 0.553 \times 0.777 = 43 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

حاصل ہوتا ہے۔

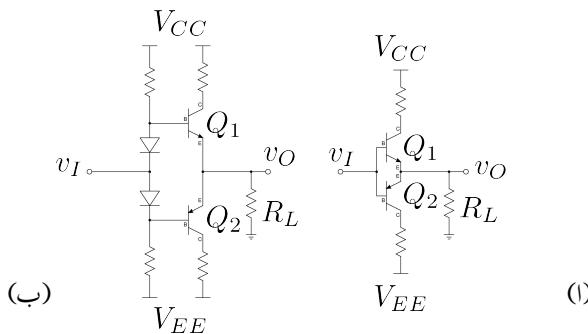
20.3 خطی لحاظ سے ایکپلیفائر کی درجہ بندی

اب تک تمام ایکپلیفائر میں ٹرانزسٹر کے نقطہ کارکردگی کو یوں رکھا گیا کہ ٹرانزسٹر تمام اوقات خطی خطے میں رہے۔ ایسا ایکپلیفائر جو 360 زاویے کے اشارے کو بڑھانے کی صلاحیت رکھتا ہے درجہ الف⁵⁵ کا ایکپلیفائر کہلاتا ہے۔ داخلی اشارے کے عدم موجودگی میں بھی ایسے ایکپلیفائر میں I_{CQ} برقی رو گزرتی ہے جس سے ٹرانزسٹر میں $V_{CEQ} I_{CQ}$ طاقت کا ضیاء پایا جاتا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ بیٹری سے چلنے والے آلات کے لئے ایسا نقطہ قابل قبول نہیں۔⁵⁶

ٹرانزسٹر کے نقطہ کارکردگی کو V_{CEQ} سے قدر نیچے رکھنے سے $I_{CQ} \approx 0$ رکھا جا سکتا ہے۔ $n-p-n$ ٹرانزسٹر کی صورت میں، ثبت اشارے کی موجودگی میں ٹرانزسٹر چالو ہو جاتا ہے اور ایکپلیفائر کام کرنا شروع کر دیتا ہے جبکہ منفی اشارے کی صورت میں ٹرانزسٹر منقطع رہتا ہے اور یوں ایسا ایکپلیفائر منفی اشارہ بڑھانے کی صلاحیت نہیں رکھتا۔ $p-n-p$ ٹرانزسٹر کی صورت میں ایسا ایکپلیفائر صرف منفی اشارے کو بڑھانے کی صلاحیت رکھتا ہے۔ ایسا ایکپلیفائر جو 180 زاویے پر اشارہ بڑھا سکے درجہ بے⁵⁷ ایکپلیفائر کہلاتا ہے۔

شکل 131.3 الف میں دو عدد درجہ ب ایکپلیفائر جوڑتے ہوئے ایک ایسا ایکپلیفائر تجسس دیا گیا ہے جو 360 زاویے پر کام کرتا ہے۔ داخلی اشارے کی عدم موجودگی میں $V_{BE} = V_{EB} = 0\text{V}$ صورت میں پایا جاتا۔ ثبت اشارے کی صورت میں Q_1 چالو ہو جاتا ہے جبکہ منفی اشارے کی صورت میں Q_2 چالو ہو جاتا ہے۔ یوں دونوں ٹرانزسٹر منقطع رہتے ہیں اور ان میں طاقت کا ضیاء نہیں پایا جاتا۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ دونوں ڈائیوڈ سیدھے مائل ہیں اور یوں ان پر تقریباً 0.7V پایا جائے گا۔ یوں معمولی ثبت حیطے پر ہی Q_1 چالو ہو جائے گا اور اسی طرح معمولی منفی حیطے پر Q_2 چالو ہو جائے گا۔

class A⁵⁵
آپ کبھی نہیں چاہیں گے کہ آپ کے موبائل کی بیہری بغیر استعمال کے ختم ہو جائے۔
class B⁵⁷



شکل 131.3: درجہ ب ایکلیفائر

درجہ ب ایکلیفائر کے خارجی اشارے کی شکل بگزی ہوتی ہے۔ اس کی شکل درست کرنے کی خاطر درجہ الف اور درجہ ب کی درمیانی صورت اختیار کی جاتی ہے جہاں ایکلیفائر 180 سے قدر زیادہ زاویے تک کام کرے۔ ایسے ایکلیفائر کو درجہ الف ۔⁵⁸ ایکلیفائر کہا جاتا ہے۔

درجہ چ ۔⁵⁹ ایکلیفائر سے مراد ایسا ایکلیفائر ہے جو 180 سے کم زاویے پر کام کرتا ہو۔ ایسے ایکلیفائر انتہائی بلند تعداد⁶⁰ پر استعمال کئے جاتے ہیں جہاں ٹرانزسٹر کے خارجی جانب LC کی مدد سے درکار خارجی اشارہ پیدا کیا جاتا ہے۔

درجہ چھتے⁶¹ ایکلیفائر سے مراد ایسا ایکلیفائر ہے جس میں ٹرانزسٹر بطور سونچ کام کرتا ہو۔ ٹرانزسٹر یا کمل چالو اور یا پھر کمل منقطع رہتا ہے۔

21.3 ٹرانزسٹر سے ڈائیوڈ کا حصول

مخلوط ادوار میں حقیقت میں ڈائیوڈ اپنے نہیں بنایا جاتا بلکہ اس کی جگہ ٹرانزسٹر بنایا جاتا ہے اور اس ٹرانزسٹر کے بین کلکٹر کے ساتھ جوڑ کر بطور ڈائیوڈ استعمال کیا جاتا ہے۔ شکل

class AB⁵⁸

class C⁵⁹

RF⁶⁰

class D⁶¹

132.3 الف میں npn استعمال کرتے ہوئے ڈائیوڈ حاصل کیا گیا ہے۔ ساتھ ہی ڈائیوڈ دکھا کر ٹرانزسٹر سے حاصل ڈائیوڈ کی سمت دکھائی گئی ہے۔ چونکہ ٹرانزسٹر کے میں اور گلکٹر آپس میں جڑے ہیں لہذا $v_{CE} = v_{BE}$ ہو گا اور یہ بالکل ایک ڈائیوڈ کی طرح ہی کردار ادا کرے گا۔ آئین اس ڈائیوڈ کا باریک اشاراتی داخلی مزاحمت حاصل کریں۔ ایسا کرنے کی خاطر ٹرانزسٹر کے گلکٹر اور ہیکٹر کے مابین v_t برقی دباؤ مہیا کرتے ہوئے i_t کا حساب لگاتے ہیں۔ ڈائیوڈ کی داخلی مزاحمت $\frac{v_t}{i_t}$ ہو گی۔ شکل ب میں ٹرانزسٹر کا پائے ریاضی نمونہ استعمال کرتے ہوئے مساوی باریک 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 قدم پر $g_m r_{be} = \beta$ کا استعمال کیا گیا ہے۔ یوں

$$(248.3) \quad \frac{v_t}{i_t} = \frac{r_{be}}{1 + \beta} = r_e$$

حاصل ہوتا ہے جہاں $r_e = \frac{r_{be}}{\beta + 1}$ کا استعمال کیا گیا۔ اس مساوات سے ڈائیوڈ کا باریک اشاراتی داخلی مزاحمت r_e حاصل ہوتا ہے۔ شکل 132.3 الف میں ٹرانزسٹر کے سامنے گلکٹر اور ہیکٹر کے مابین کو r_e مزاحمت اسی کو ظاہر کر رہی ہے۔

مثال 58.3: ایک ٹرانزسٹر کے گلکٹر اور ہیکٹر کو جوڑ کر ٹرانزسٹر کو بطور ڈائیوڈ استعمال کیا جا رہا ہے۔ اس ٹرانزسٹر میں 1mA کا یک سمتی برقی رو پایا جاتا ہے۔ اس ڈائیوڈ کی باریک اشاراتی مزاحمت حاصل کریں۔



شکل 132.3: ترانزستر سے ڈائیوڈ کا حصول

پر 1 mA : حل

$$g_m = \frac{I_C}{V_T} = \frac{1 \times 10^{-3}}{25 \times 10^{-3}} = 0.04 \text{ S}$$

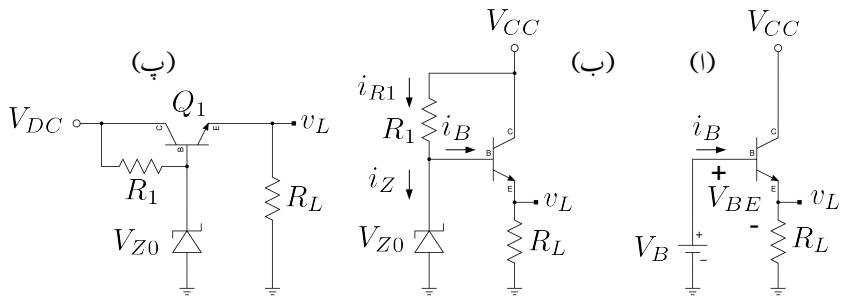
$$r_e \approx \frac{1}{g_m} = \frac{1}{0.04} = 25 \Omega$$

حاصل ہوتے ہے لہذا اس ڈائیوڈ کا باریک اشاراتی داخلی مراحت 25Ω ہے۔

منع بر قی دباؤ 22.3

صفحہ 211 پر مثال 20.2 میں آپ نے دیکھا کہ زینر ڈائیوڈ میں بر قی رو کے تبدیلی کی وجہ سے منع کے بر قی دباؤ میں تبدیلی پیدا ہوتی ہے۔ اس حصے میں زینر ڈائیوڈ کے بر قی رو میں تبدیلی کو کم کرتے ہوئے بہتر منع بنائی جائے گی۔

شکل 133.3 الف مشترکہ بمپٹر ایکلیفیٹر ہے جس کے داخلی جانب بیٹری سے بر قی دباؤ مہیا کی گئی ہے۔ یوں خارجی جانب $v_L = V_B - V_{BE}$ ہو گا بر قی بوجھ R_L میں بر قی رو i_L کی قیمت $\frac{v_L}{R_L}$ ہو گی اور بیٹری سے بر قی رو حاصل کی جائے گی۔



شکل 133.3: مشترک کم بطری مبنی بر قی دباؤ

شکل ب میں بیٹری کی جگہ مزاحمت R_1 اور زیز ڈائوڈ استعمال کیا گیا ہے۔ زیر ڈائوڈ کو غیر قابو صورت میں تصور کرتے ہوئے ٹرانزسٹر کے بین پر V_{Z0} برقی دباؤ پایا جائے گا اور یوں $R_L \rightarrow \infty$ ہو گا $v_L = V_{Z0} - V_{BE}$ کی صورت میں پایا جائے گا اور یوں $i_B = \frac{i_L}{\beta+1} = 0 \text{ A}$ اور یوں $i_L = 0 \text{ A}$ گا۔ اسی طرح

$$(249.3) \quad i_{R1} = \frac{V_{CC} - V_{Z0}}{R_1}$$

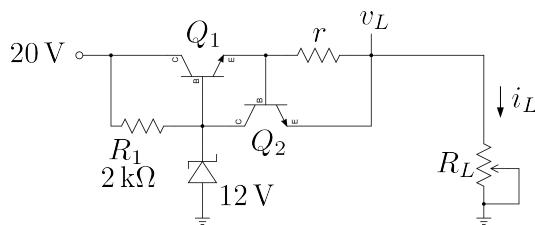
$i_{R1} = i_B + i_Z$ کی صورت میں کرخوف کے قانون برائے برقی رو سے حاصل ہوتا ہے۔ اب تصور کریں کہ R_L کی قیمت محدود اور 0Ω سے زیادہ یعنی $\infty > R_L > 0 \Omega$ ہے۔ اب بھی i_{R1} مندرجہ بالا مساوات سے ہی حاصل ہو گی۔ البتہ $i_B = \frac{i_L}{\beta+1}$ اور $i_L = \frac{v_L}{R_L}$ ہوں گے۔ یوں

$$\begin{aligned} i_Z &= i_{R1} - i_B \\ &= \frac{V_{CC} - V_{Z0}}{R_1} - \frac{i_L}{\beta+1} \end{aligned}$$

ہو گا۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ v_L کی قیمت کا دارودار صرف زیز ڈائوڈ کے برقی دباؤ پر ہے۔ یوں اس دور کو بطور منبع برقی دباؤ⁶² استعمال کیا جا سکتا ہے۔ اس دور کو بطور منبع برقی دباؤ استعمال کرتے ہوئے شکل پ کے طرز پر بنایا جاتا ہے۔

آپ دیکھ سکتے ہیں کہ i_L میں i_B تبدیلی سے Δi_L میں صرف $\frac{\Delta i_L}{\beta+1}$ تبدیلی رونما ہو گی۔ $\beta = 99$ کی صورت میں i_L کے تبدیلی کو سو گناہ کم کر دیا

voltage source⁶²



شکل 134.3: ٹرانزسٹر سے حاصل منجبری دباؤ

گیا ہے۔ یوں زینر ڈائوڈ کے برقی رو میں بھی سو گنا کم تبدیلی پیدا ہو گی جس سے زینر ڈائوڈ پر پائے جانے والے برقی دباؤ میں تبدیلی بھی سو گنا کم ہو گی۔

شکل 133.3 پ میں اگر R_L کی مزاجمت نہیں کم کر دی جائے یا منع کے خارجی جانب کو برقی زمین کے ساتھ قصر دور کر دیا جائے تو ایسی صورت میں ٹرانزسٹر کے جلنے کا امکان ہو گا۔ ایسی صورت سے بچنے کی خاطر منع کے خارجی برقی رو کی حد مقرر کر دی جاتی ہے۔ اس حد سے کم برقی رو کی صورت میں منع بالکل عام حالت کی طرح کام کرتے ہوئے مقرر برقی دباؤ مہیا کرتی ہے البتہ جیسے ہی برقی رو اس حد سے تجاوز کرنے کی کوشش کرے، منع خارجی برقی دباؤ کو گھٹا کر برقی رو کو مقررہ حد کے اندر رکھتی ہے۔ شکل 134.3 میں ٹرانزسٹر Q_2 اور مزاجمت r اسی مقصد کی خاطر منع میں نسب کئے گئے ہیں۔

برقی رو i_L مزاجمت r میں گزرتے ہوئے اس پر i_{Lr} برقی دباؤ پیدا کرے گا جو درحقیقت Q_2 کا V_{BE} ہے۔ جب تک V_{BE} کی قیمت تقریباً 0.5V سے کم رہے اس وقت تک Q_2 مقطوع رہے گا اور اس کا کسی قسم کا کوئی کردار نہیں ہو گا۔ البتہ اگر i_L بڑھتے ہوئے اتنی ہو جائے کہ $V_{BE} \geq 0.5V$ ہو، تب Q_2 چالو ہو کر i_S میں اضافہ پیدا کرتے ہوئے خارجی برقی دباؤ v_L گھٹائے گا۔

رو پر بھی Q_1 کا i_B صرف 2mA ہے۔ چالو Q_2 جیسے ہی 4mA سے زیادہ برقی رو گزارے گا اسی وقت زینر ڈائوڈ غیر قابو حالت سے نکل آئے گا اور

اس پر برقی دباؤ $12V$ سے گھٹ جائیں گے۔ بڑی ترین صورت اس وقت پیش آئے گی جب $v_L = 0V$ ہوں۔ ایسا خارجی جانب قصر دور ہونے سے ہو سکتا ہے۔ اس وقت Q_2 کو مد نظر رکھتے ہوئے V_{CE} غیر افزاینده

$$\frac{20 - 0.2}{2000} = 9.9 \text{ mA}$$

سیدھا خارجی جانب پہنچائے گا جبکہ Q_1 میں سے 200 mA گزر رہا ہو گا لہذا $i_L = 209.9 \text{ mA}$ تک پہنچ پائے گا۔ یاد رہے کہ Q_2 کسی صورت بھی Q_1 کو سے کم برقی رو گزارنے پر مجبور نہیں کر سکتا پونکہ ایسا ہوتے ہی ہو جائے گا اور Q_2 چالو نہیں رہ سکے گا۔ $V_{BE} < 0.5V$

برقی رو کا حد مقرر کرنے کی خاطر استعمال کئے گئے مراحت r کی وجہ سے خارجی برقی دباؤ v_L پر اثر ہوتا ہے جس سے $v_L = V_{Z0} - V_{BE} - i_L r$ لیکن جیسا آپ نے دیکھا اس مراحت کی قیمت نہایت کم ہوتی ہے اور کم برقی رو پر اس کے اثر کو نظر انداز کیا جا سکتا ہے۔ اس مراحت کے اثر کو منع میں مزید پرے نسب کر کے ختم کیا جا سکتا ہے۔

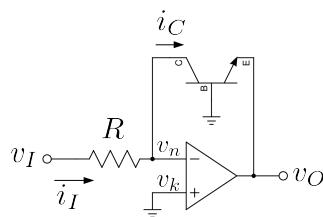
23.3 ٹرانزسٹر لوگاریتمی ایمپلیفیاٹر

شکل 135.3 میں ٹرانزسٹر لوگاریتمی ایمپلیفیاٹر⁶³ دکھایا گیا ہے۔ $v_k = v_n = 0V$ ہونے کی بدولت

$$i_I = \frac{v_I}{R}$$

لکھا جا سکتا ہے۔ کرخوف کے قانون برائے برقی رو سے $i_I = i_C$ ہو گا جہاں مساوات 55.3 کے تحت

$$i_C \approx I_S e^{\frac{v_{BE}}{V_T}}$$



نکل 135.3: ٹرانزسٹر لوگار تھمی ایمپلیفیاٹر

لیتے ہوئے یوں $v_{BE} = -v_O$ کھلا جا سکتا ہے۔

$$\begin{aligned}\frac{v_I}{R} &= I_S e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} \\ &= I_S e^{-\frac{v_O}{V_T}}\end{aligned}$$

جس سے

$$(250.3) \quad v_O = -V_T \ln \frac{v_I}{I_S R}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اس مساوات کے تحت خارجی برقی دباؤ v_O داخلی برقی دباؤ کے قدرتی لوگار تھم⁶⁴ کے برابر ہے۔ یہاں رک کر نکل 24.2 کو بھی ایک نظر دیکھیں۔

شانکی ٹرانزسٹر 24.3

غیر افزائندہ ٹرانزسٹر کے BE اور BC جوڑ سیدھے مائل ہوتے ہیں۔ جیسے حصہ 1.20.2 میں بتایا گیا، سیدھے مائل pn جوڑ کا نفوذ لکپیٹر کافی زیادہ ہوتا ہے۔ یہاں اگر ٹرانزسٹر کو افزائندہ خطے میں لانا ہو تو پہلے ان کپیٹروں میں ذخیرہ برقی بار⁶⁵ کی نکاسی کرنی ہو گی۔ زیادہ بڑے کپیٹر کی نکاسی زیادہ دیر میں ہوتی ہے لہذا ایسا ٹرانزسٹر زیادہ تیزی سے

⁶⁴ $\ln \frac{v_I}{I_S R}$

⁶⁵ charge

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 قابل ہو جائے گا۔

شکل 136.3 الف میں ٹرانزسٹر کے بین اور ٹلکٹر کے درمیان شاکی ڈائوڈ نسب کیا گیا ہے۔ ایسا کرنے سے شاکی ٹرانزسٹر⁶⁶ وجود میں آتا ہے جس کی علامت شکل ب میں دکھائی گئی ہے۔ شاکی ٹرانزسٹر کی کارکردگی شکل 137.3 میں دئے ایمپلیفیاٹر کی مدد سے دیکھتے ہیں۔ چالو ٹرانزسٹر کا $V_{BE} = 0.7\text{V}$ ہوتا ہے۔ اگر ٹرانزسٹر افزائندہ حال میں ہو تو شاکی ڈائوڈ الٹا مائل ہو گا اور اس کا کوئی کردار نہیں ہو گا البتہ اگر ٹرانزسٹر غیر افزائندہ ہونے کی کوشش کرے تو V_{CE} کم ہو کر شاکی ڈائوڈ کو سیدھا مائل کر دے گا۔ یہی صورت حال شکل میں دکھائی گئی ہے۔ یہیں سے ایک اہم حقیقت واضح ہوتی ہے۔ چونکہ سیدھے مائل شاکی ڈائوڈ پر 0.3V پائے جاتے ہیں لہذا ٹرانزسٹر کا V_{BC} بھی 0.3V پر ہو گا۔ آپ جانتے ہیں کہ pn جوڑ کو چالو کرنے کی خاطر کم از کم 0.5V درکار ہوتے ہیں لہذا BC جوڑ چالو حالت میں نہیں ہو گا۔ غیر چالو جوڑ کی برتنی رو قابل نظر انداز ہوتی ہے۔ یوں صفحہ 189 پر دئے مساوات 66.2 کے تحت اس جوڑ کی نفوذ کپیسٹر بھی قابل نظر انداز ہو گی۔ کپیسٹر کے کم ہونے کی وجہ سے یہ ٹرانزسٹر زیادہ رفتار پر کام کر پائے گا۔

کرنوف کے قانون برائے برتقی دباؤ سے ہم دیکھتے ہیں کہ

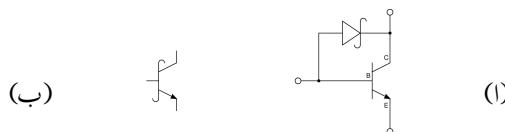
$$V_{BE} = V_{CE} + V_D$$

کے برابر ہے۔ یوں شاکی ڈائوڈ کے سیدھے برتقی دباؤ کو 0.3V لیتے ہوئے ہم دیکھتے ہیں کہ $V_{CE} = 0.4\text{V}$ حاصل ہوتا ہے۔ یہ اہم حقیقت ہے جس کے مطابق شاکی ٹرانزسٹر کا V_{CE} کسی صورت 0.4V سے کم نہیں ہو سکتا اور یوں یہ کبھی بھی غیر افزائندہ حال میں نہیں پایا جائے گا۔

شکل میں یوں

$$I_{RB} = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B} = \frac{9.7 - 0.7}{10000} = 0.9 \text{ mA}$$

$$I_{RC} = \frac{V_{CC} - V_{CE}}{R_C} = \frac{9.4 - 0.4}{1200} = 7.5 \text{ mA}$$



شکل 3.136: شاکی ٹرانزسٹر کی بنادت اور علامت

حاصل ہوتے ہیں۔ مزید کرخوف کے قانون برائے برقی رو سے ہم دیکھتے ہیں کہ

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

$$I_D = I_{RB} - I_B$$

ہیں۔ ان دو مساوات کے ساتھ $I_B = \frac{I_C}{\beta}$ کو ملا کر

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

$$= I_{RB} - \frac{I_C}{\beta} + I_{RC}$$

یعنی

$$I_C = 8.316 \text{ mA}$$

حاصل ہوتا ہے۔ یوں

$$I_D = I_C - I_{RC} = 0.816 \text{ mA}$$

ہوں گے۔

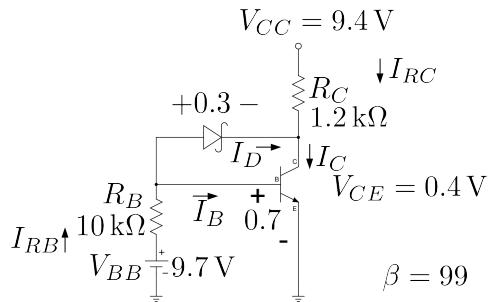
قوى ٹرانزسٹر 25.3

سلیکان پتری پر ٹرانزسٹر کا رقبہ بڑھا کر زیادہ طاقت کے ٹرانزسٹر بنائے جاتے ہیں۔ کئی ایکسپریس اور کئی سو ولٹ تک کام کرنے والے ایسے قوی ٹرانزسٹر⁶⁷ زیادہ طاقت قابو کرنے میں کام آتے ہیں۔ اس طرح کے متعدد ٹرانزسٹر متوازی جوڑ کر مزید زیادہ برقی رو کو قابو کیا جاتا

power transistor⁶⁷

$$\begin{aligned}V_{CE} &= V_{BE} - V_D \\&= 0.7 - 0.3 \\&= 0.4 \text{ V}\end{aligned}$$

شانگی ٹرانزسٹر کبھی
بھی غیر افراستہ نہیں ہوتا

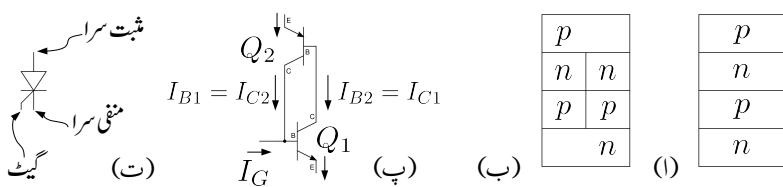


شکل 137.3: شانگی ایمپلینیٹر

ہے۔ یک سمتی سے بدلتی رو برقی دباؤ بناتے انور⁶⁸ میں انہیں عموماً استعمال کیا جاتا ہے۔ قوی ٹرانزسٹر ایک مائیکرو سینٹر کے لگ بھگ دورانیہ میں چالو سے منقطع یا منقطع سے چالو حالت میں لائے جاسکتے ہیں۔

برقی طاقت کا ضیاءع قوی ٹرانزسٹر کو گرم کرتے ہوئے اس کا درجہ حرارت بڑھاتا ہے۔ ٹرانزسٹر کا درجہ حرارت بڑھنے سے اس کا V_{BE} گھٹتا ہے۔ یوں متوازی جڑے ٹرانزسٹر میں اگر کسی وجہ سے ایک ٹرانزسٹر زیادہ گرم ہو تو اس کا V_{BE} گھٹ جائے گا۔ متوازی جڑے ٹرانزسٹروں میں جس ٹرانزسٹر کا V_{BE} کم سے 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 ٹرانزسٹر مزید زیادہ برقی رو گزارتے ہوئے مزید زیادہ گرم ہو گا۔ اگر اس عمل کو روکا نہ جائے تو یہ ٹرانزسٹر آخر کار جل جائے گا۔ ٹرانزسٹر کے کلکٹر کو عموماً موصل نالی دار دھاتی چادر⁶⁹ کے ساتھ جوڑ کر ٹھنڈا رکھا جاتا ہے۔ تمام ٹرانزسٹر کو قریب قریب ایک ہی موصل نالی دار دھاتی چادر کے ساتھ جوڑ کر کوشش کی جاتی ہے کہ تمام ٹرانزسٹر ایک ہی درجہ حرارت پر رہیں تاکہ ان میں برقی رو کی تقسیم متاثر نہ ہو۔

inverter⁶⁸
heat sink⁶⁹



شکل 3.138.3: قابو ریکٹیفائر

26.3 قابو ریکٹیفائر

شکل 3.138.3 الف میں p اور n کے چار تہ کا پر زہ دکھایا گیا ہے جسے ٹالو ریکٹیفائر⁷⁰ کہتے ہیں۔ شکل ب کے درمیان لکیر لگا کر اسی کو آپس میں جڑے اور npn ٹرانزسٹر دکھایا گیا ہے جس سے شکل پ حاصل ہوتا ہے۔ قابو ریکٹیفائر کے عموماً تین سرے باہر مہیا کئے جاتے ہیں جنہیں ہم شبٹ سرا⁷¹، منفی سرا⁷² اور گیٹ⁷³ کہیں گے۔ گیٹ عموماً npn کا ہیں ہوتا ہے۔ قابو ریکٹیفائر کی علامت شکل ت میں دکھائی گئی ہے۔

قابو ریکٹیفائر کی کارکردگی با آسانی شکل پ کی مدد سے سمجھی جا سکتی ہے۔ تصور کریں کہ دونوں ٹرانزسٹر منقطع ہیں۔ پیرونی مداخلت کے بغیر دونوں منقطع ہی رہیں گے۔ اب تصور کریں کہ گیٹ پر باہر سے بر قی رو I_G فراہم کی جاتی ہے۔ یوں Q_1 چالو ہو کر $I_{C2} = \beta_1 I_G$ خارج کرے گا جو کہ Q_2 کے بیس کی بر قی رو ہے اور یوں Q_2 بھی چالو ہو کر $\beta_2 I_{B2}$ خارج کرے گا جو Q_1 کو برقرار چالو رکھے گا۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ اگر اب I_G کو صفر بھی کر دیا جائے تو قابو ریکٹیفائر چالو ہی رہے گا۔ حقیقت میں دیکھا گیا ہے کہ I_G منفی کرنے سے بھی قابو ریکٹیفائر منقطع نہیں ہوتا۔ قابو ریکٹیفائر کو بغیر I_G کے چالو رکھنے کی خاطر ضروری ہے کہ اس میں کم از کم I_L بر قی رو گزر رہی ہو۔ اس بر قی رو کو ہم بر قی رو پالو رکھنے کے بعد⁷⁴ کہیں گے۔

scr, thyristor⁷⁰anode⁷¹cathode⁷²gate⁷³latching current⁷⁴

چالو قابو ریکٹیفائز کو منقطع کرنے کا ایک ہی طریقہ ہے۔ اس سے گزرتے ہوئے برقی رو کو کچھ دورانیے کے لئے تقریباً صفر کرنا ہو گا۔ حقیقت میں اگر اس سے گزرتی برقی رو کو ایک مخصوص حد I_h سے کم کر دی جائے تو قابو ریکٹیفائز منقطع صورت اختیار کر لیتا ہے۔ اس حد کو ہم قابو ریکٹیفائز کی برقی رو منقطع کرنے کے حد⁷⁵ کہیں گے۔

چالو ہونے کے بعد قابو ریکٹیفائز بالکل ایک سادہ ڈائیوڈ کی طرح کام کرتے ہوئے گزرتی برقی رو قابو کرنے کی صلاحیت کھو دیتا ہے۔

قابو ریکٹیفائز بغیر I_G کے بھی کئی طریقوں سے چالو کیا جا سکتا ہے۔ اگر اس پر لاگو برقی دباؤ قابل برداشت سے تجاوز کر جائے تو یہ چالو ہو جاتا ہے۔ اسی طرح درجہ حرارت بڑھانے سے ٹرانزسٹر کی الٹی جانب رستا برقی رو بڑھتی ہے جس سے یہ چالو ہو سکتا ہے۔

جہاں توی ٹرانزسٹر صرف چند ایمپیر برقی رو گزارنے کی صلاحیت رکھتا ہے وہاں قابو ریکٹیفائز کی ہزار ایمپیر قابو کرنے کی صلاحیت رکھتا ہے اور یہ کئی سینکڑوں ولٹ کے برقی دباؤ کو برداشت کر سکتا ہے۔ اس وقت ٹرانزسٹر پر مبنی انورٹر⁷⁶ تقریباً 100 kW تک دستیاب ہیں جبکہ قابو ریکٹیفائز پر مبنی 10 MW طاقت کے انورٹر لو ہے کی بھیوں میں عام استعمال ہوتے ہیں۔

holding current⁷⁵
inverter⁷⁶

مکانیک

$$\begin{aligned}
 i_C &= I_S \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right) \approx I_S e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} \\
 V_T &= \frac{kT}{q} \approx 25 \text{ mV} \\
 I_C &= \alpha I_E \\
 I_E &= I_B + I_C
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 i_c &= \beta i_b \\
 i_e &= (\beta + 1) i_b \\
 \beta &= \frac{\alpha}{1 - \alpha} \\
 \alpha &= \frac{\beta}{\beta + 1}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{BE} &= 0.7 \text{ V} \\
 V_{CE\text{sat}} &= 0.2 \text{ V} \\
 \frac{\Delta v_{BE}}{\Delta T} &= -2 \text{ mV/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 g_m &= \left. \frac{\partial i_C}{\partial v_{BE}} \right|_Q = \frac{I_C}{V_T} \\
 r_{be} &= \left. \frac{\partial v_{BE}}{\partial i_B} \right|_Q = \frac{\beta}{g_m} \\
 r_e &= \left. \frac{\partial v_{BE}}{\partial i_E} \right|_Q = \frac{r_{be}}{\beta + 1} = \frac{\alpha}{g_m} \approx \frac{1}{g_m} \\
 r_o &= \left. \frac{\partial v_{CE}}{\partial i_C} \right|_Q = \frac{V_A + V_{CE}}{I_C} \approx \frac{V_A}{I_C}
 \end{aligned}$$

$$R_E = \frac{10R_B}{\beta + 1}$$

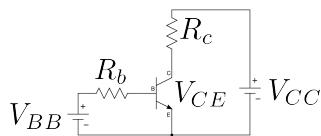
$$r_{be} = \frac{\beta V_T}{I_{CQ}} \ll R_B \ll (\beta + 1) R_E$$

$$S_{V_{BE}} \approx -\frac{1}{R_E}$$

$$S_\beta = \frac{I_{C1}}{\beta_1} \left[\frac{R_B + R_E}{R_B + (\beta_2 + 1) R_E} \right]$$

$$I_{CQ} = \frac{V_{CC}}{R_{کمتر} + R_{بڑی}}$$

$$A_v = -\alpha \frac{\sum R_C}{\sum R_E} = -\alpha \left(\frac{\text{مجموعہ کل پر گلکشہ حساسیت}}{\text{مجموعہ کل پر گلکشہ حساسیت}} \right)$$



شکل 139.3: ٹرانزسٹر کا یک سبق دور

سوالات

مندرجہ ذیل سوالات میں تصور کرتے ہوئے حل کریں۔

سوال 1.3: شکل 139.3 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 حاصل کریں۔

$$V_{CE} = 5.1 \text{ V} \quad \text{اور} \quad I_B = 12.245 \mu\text{A} \quad I_C = 1.2245 \text{ mA}$$

سوال 2.3: سوال 1.3 میں کرتے ہوئے اسے دوبارہ حل کریں۔

$$V_{CE} = 0.2 \text{ V} \quad \text{اور} \quad I_B = 12.245 \mu\text{A} \quad I_C = 1.2245 \text{ mA}$$

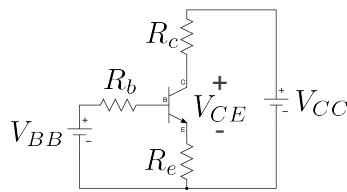
سوال 3.3: سوال 1.3 میں کرتے ہوئے اسے دوبارہ حل کریں۔

$$V_{CE} = 0.2 \text{ V} \quad \text{اور} \quad I_B = 12.245 \mu\text{A} \quad I_C = 0.8166 \text{ mA}$$

سوال 4.3: شکل 139.3 میں

$$V_{CC} = 20 \text{ V} \quad \beta = 99 \\ R_b = 100 \text{ k}\Omega \quad R_c = 9 \text{ k}\Omega$$

V_{BB} کی وہ قیمت حاصل کریں جس پر ٹرانزسٹر غیر افراہنده صورت اختیار کر لیتا ہے۔



شکل : 140.3

جواب: $V_{BB} = 2.9 \text{ V}$, $I_B = 22 \mu\text{A}$, $I_C = 2.2 \text{ mA}$, $V_{CE} = 0.2 \text{ V}$ سوال 4.3 میں $V_{CE} = \frac{V_{CC}}{2}$ کی وہ قیمت حاصل کریں جس پر V_{BB} سوال 5.3 ہو گا۔جواب: $V_{BB} = 1.811 \text{ V}$, $I_B = 11.11 \mu\text{A}$, $I_C = 1.111 \text{ mA}$

سوال 6.3 میں شکل 140.3

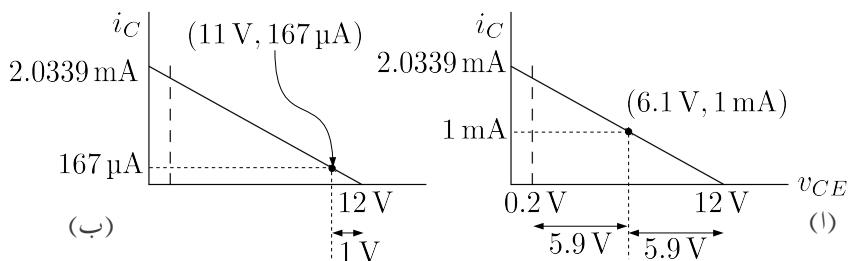
$$V_{CC} = 15 \text{ V}, V_{BB} = 3.5 \text{ V}, \beta = 99 \\ R_b = 14.7 \text{ k}\Omega, R_c = 4 \text{ k}\Omega, R_e = 1.47 \text{ k}\Omega$$

لیتے ہوئے حاصل کریں۔

جوابات: $V_{CE} = 5.528 \text{ V}$ اور $I_B = 17.49 \mu\text{A}$, $I_C = 1.73 \text{ mA}$ سوال 6.3: سوال 6.3 میں $V_{BB} = 6 \text{ V}$ کرتے ہوئے اسے دوبارہ حل کریں۔جوابات: ٹرانزسٹر غیر افزائندہ ہے۔ اور $I_B = 84.03 \mu\text{A}$, $I_C = 2.681 \text{ mA}$, $V_{CE} = 0.2 \text{ V}$ سوال 7.3: سوال 7.3 میں ٹرانزسٹر غیر افزائندہ ہے۔ اس صورت میں ٹرانزسٹر کا β کیا ہے۔

$$\beta = \frac{I_C}{I_B} = 31.9$$

سوال 9.3: شکل 139.3 میں $R_C = 3.3 \text{ k}\Omega$, $V_{CC} = 12 \text{ V}$, $\beta = 37$ اور $V_{BB} = 6 \text{ V}$ رکھنے کی خاطر درکار حاصل کریں۔



شکل 141.3:

جوابات: $V_{BB} = 6\text{V}$ اور $R_B = 107.86\text{k}\Omega$ کو جوابات: $V_{BB} = V_{BE} + I_B R_B$ سے حاصل کیا جا سکتا ہے۔ البتہ اس مساوات میں دو نامعلوم جزو ہیں۔ دو نامعلوم اجزاء حاصل کرنے کی خاطر دو مساوات درکار ہوتے ہیں۔ اس طرح کے مسائل سے انجینئر کا عموماً واسطہ پڑتا ہے۔ انجینئر کی صلاحیت یہاں کام آتی ہے۔ موجودہ مسئلہ میں اگر V_{BB} اور R_B میں سے کسی ایک کی قیمت چن لی جائے تو دوسرے کی قیمت اس مساوات سے حاصل کی جا سکتی ہے۔ یوں $V_{BB} = 6\text{V}$ پنے سے حاصل ہوتا ہے۔

سوال شکل 140.3 میں $R_C = 3.3\text{k}\Omega$ اور $V_{CC} = 12\text{V}$ اور $\beta = 37$ ہیں۔ رکھنے کی خاطر بقایا اجزاء حاصل کریں۔

جوابات: $V_{BB} = 3.67\text{V}$ اور $R_B = 10.26\text{k}\Omega$ اور $R_E = 2.7\text{k}\Omega$

سوال 11.3: شکل 140.3 میں $\beta = 37$ اور $V_{CC} = 12\text{V}$ اور $V_{CEQ} = 6.1\text{V}$ اور $I_C = 1\text{mA}$ کا حیط زیادہ سے زیادہ رکھنے کی خاطر خط بوچھپیں اور اس سے حاصل کریں۔ بقایا تمام اجزاء بھی حاصل کریں۔ ایسا کرتے ہوئے $R_C = 10R_E$ اور $R_E = 536\Omega$ رکھیں۔

جوابات: خط بوچھ کو شکل 141.3 الف میں دکھایا گیا ہے جس سے 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 12.3: شکل 140.3 میں خارجی اشارے کا حیطہ $\pm 1V$ متوقع ہے۔ دور کو نو ولٹ کے بیٹری سے V_{CC} مہیا کیا جاتا ہے۔ بیٹری کو زیادہ دیر کارآمد رکھنے کی خاطر اس سے حاصل کیک سمتی برقی رو کم سے کم رکھا جاتا ہے۔ سوال 11.3 میں حاصل کئے گئے I_{CQ} اور R_C استعمال کرتے ہوئے خط بوجھ سے V_{CEQ} اور V_{BB} حاصل کریں۔

جوابات: خط بوجھ کو شکل 141.3 ب میں دکھایا گیا ہے جس سے اور $V_{CEQ} = 11V$ حاصل ہوتے ہیں۔ یوں $V_{BB} = 0.798V$ $I_C = 167\mu A$

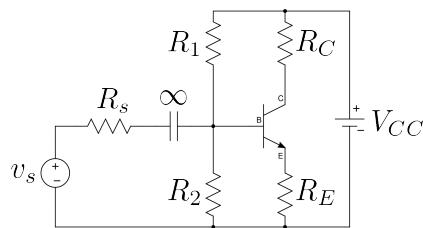
سوال 13.3: سوال 12.3 میں R_E کی قیمت V_{BB} سے بہت کم رکھی گئی جس کی وجہ سے V_{BE} کی قیمت بھی بہت کم حاصل ہوئی۔ دیکھتے ہیں کہ کم ہونے سے کیا مسئلہ پیدا ہوتا ہے۔ سوال 12.3 کے دور میں اگر حقیقت میں I_C کے بجائے $0.65V$ ہوتا تو $V_{BE} = 0.7V$ کیا ہو گی۔

جواب: $I_C = 251\mu A$ - آپ دیکھ سکتے ہیں کہ V_{BE} میں ذرہ سی تبدیلی سے برقی رو پچاس فنی صد بڑھ گئی ہے جبکہ ہم چاہتے ہیں کہ ٹرانزسٹر کے خصوصیات تبدیل ہونے سے برقی رو میں کم سے کم تبدیلی رو نما ہو۔

سوال 14.3: شکل 140.3 میں $V_{CE} = 5V$ اور $I_C = 1mA$ ، $V_{CC} = 21V$ کو برابر رکھتے ہوئے R_B کی وہ قیمت حاصل کریں جس سے β کی قیمت 49 تا 149 تبدیل ہونے کے باوجود I_C میں کل دس فنی صد سے زیادہ تبدیلی رو نما نہ ہو۔ V_{BB} بھی حاصل کریں۔

جوابات: $\beta = 49$ پر $1mA$ درکار ہے لہذا $R_E = R_C = 8k\Omega$ ہے۔ 5% کم یعنی $0.95mA$ پر برقی رو زیادہ یعنی $1.05mA$ تصور کرتے ہوئے $V_{BB} = 9.566k\Omega$ ، $R_B = 66.66k\Omega$ حاصل ہوتے ہیں۔

سوال 15.3: سوال 14.3 کے نتائج حاصل کرنے کی خاطر شکل 142.3 میں R_1 اور R_2 حاصل کریں۔



: شکل 142.3

$$R_2 = 328 \text{ k}\Omega, R_1 = 83 \text{ k}\Omega \quad \text{جوابات:}$$

سوال شکل 142.3 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 $\beta = 100$ ہیں۔ نقطہ کار کر دگی حاصل کریں۔ اس دور میں کم β کا ٹرانزسٹر استعمال کرنا ہے۔ ایسا کرتے ہوئے برقی رو میں دس فنی صد تک کی تبدیلی قابل قبول ہے۔ نئے ٹرانزسٹر کے کم سے کم قابل قبول β کی قیمت حاصل کریں۔

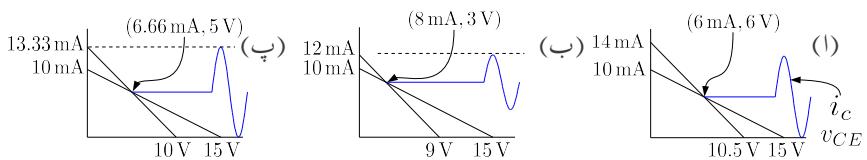
$$\beta = 68, 3.57 \text{ V}, 10.7 \text{ mA} \quad \text{جوابات:}$$

سوال 16.3 کے تمام مزاحمت اور ٹرانزسٹر کے بیس۔ گلکٹر جوڑ پر برقی طاقت کا ضیاء حاصل کریں۔

$$\text{جوابات: اور } P_{RC} = 11.4 \text{ mW} \quad I_C = I_E = 10.7 \text{ mA} \\ V_B = 1.77 \text{ V} \quad V_E = I_E R_E = 1.07 \text{ V} \quad \text{حاصل ہوتا ہے۔ اور یوں} \quad P_{RE} = 57 \text{ mW} \\ P_{R1} = 4.5 \text{ mW} \quad \text{اور} \quad 0.78 \text{ mW} \quad \text{سے} \quad P_{R2} = \frac{V_B^2}{R_2} \quad \text{حاصل ہوتا ہے۔ یوں}$$

سوال شکل 142.3 میں R_E کے متوازی لامددو قیمت کا کپیسٹر نسب کیا جاتا ہے۔ $\beta = 37$ ، $R_E = 750 \Omega$ ، $R_C = 750 \Omega$ ، $V_{CC} = 15 \text{ V}$ ۔

سوال کی خاطر $I_{CQ} = 6 \text{ mA}$ • R_2 اور R_1 حاصل کریں۔



شکل 143.3

- یک سمتی اور بدلتی رو خط بوجھ کھنپیں اور ان پر تمام اہم نقطیں ظاہر کریں۔
- V_{CEQ} کو نظر انداز کرتے ہوئے، حاصل قیتوں کے استعمال سے خارجی اشارے کا زیادہ سے زیادہ ممکنہ جیٹہ کیا ہو گا۔

جوابات:

$$R_2 = 4572 \Omega \quad \text{اور} \quad R_1 = 7566 \Omega \quad , V_{BB} = 5.65 \text{ V} \quad \bullet$$

- شکل 143.3 اف میں یک سمتی اور بدلتی رو، خط بوجھ دکھائے گئے ہیں۔ بدلتی رو، خط بوجھ کی ڈھلوان $\frac{1}{750}$ - ہے اور یہ یک سمتی رو، خط بوجھ کو نقطہ کارکردگی پر لکھ راتا ہے۔

- شکل سے i_c کا جیٹہ 6mA تک ممکن ہے۔ i_c کی منفی چوٹی پہلے تراشی جائے گی۔

سوال 19.3: سوال 18.3 میں $I_{CQ} = 9 \text{ mA}$ رکھتے ہوئے i_c کا زیادہ سے زیادہ جیٹہ کیا ممکن ہے۔

حل: شکل 143.3 ب میں یک سمتی اور بدلتی رو خطوط دکھائے گئے ہیں جہاں سے i_c کا زیادہ سے زیادہ جیٹہ 4mA تک ممکن ہے۔ i_c کی ثابت چوٹی پہلے تراشی جائے گی۔

سوال 20.3: سوال 18.3 میں نقطہ کارکردگی کس مقام پر رکھنے سے i_c کا جیٹہ زیادہ سے زیادہ حاصل کرنا ممکن ہو گا۔ اس جیٹہ کی قیمت حاصل کریں۔

حل: $I_{CQ} = 6.66 \text{ mA}, 5 \text{ V}$) درکار نقطہ کارکردگی ہے۔ جیسے شکل 143.3 پ میں دکھایا گیا ہے i_c کا زیادہ سے زیادہ حیطہ 6.66 mA ہو گا۔ i_c کا حیطہ مزید بڑھانے سے دونوں جانب تراشا جائے گا۔

باب 4

میدانی ٹرانزسٹر

دو جوڑ ٹرانزسٹر کی طرح میدانی ٹرانزسٹر یا فیٹ FET بھی اپنے دو سروں کے مابین برقی رو کا گزر قابو کرنے کی صلاحیت رکھتا ہے۔ یوں انہیں بطور ایپلیکیشن یا برقی سوچ استعمال کیا جا سکتا ہے۔ میدانی ٹرانزسٹر کے دو سروں کے مابین برقی میدان کو شدت¹ اس میں برقی رو کے گزر کو قابو کرتا ہے۔ اسی سے اس کا نام میدانی ٹرانزسٹر لکلا ہے۔ میدانی ٹرانزسٹر n یا p قسم کا بنانا ممکن ہوتا ہے۔ n قسم فیٹ میں برقی رو کا گزر بذریعہ منفی برقی بار² جبکہ p قسم کے فیٹ میں بذریعہ مثبت برقی بار ہوتا ہے۔

میدانی ٹرانزسٹر کے کئی اقسام ہیں جن میں ماسفیٹ MOSFET سب سے زیادہ مقبول ہے۔ بقايا اقسام کے ٹرانزسٹروں کے نسبت ماسفیٹ کا بنانا نسبتاً آسان ہے۔ مزید یہ کہ ماسفیٹ کم رقبہ پر بنتا ہے اور یوں انہیں استعمال کرتے ہوئے سلیکان کی پتھری پر زیادہ گھنے ادوار بنانا ممکن ہوتا ہے۔ مخلوط عددی ادوار صرف ماسفیٹ استعمال کرتے ہوئے تخلیق دینا ممکن ہے یعنی ایسے ادوار مراحت یا ڈائیڈ کے استعمال کے بغیر بنائے جا سکتے ہیں۔ انہیں وجوہات کی بنا پر جدید عددی مخلوط ادوار³ مثلاً مائیکرودسیمیر⁴ اور عافظہ⁵ ماسفیٹ سے ہی تخلیق دئے جاتے ہیں۔

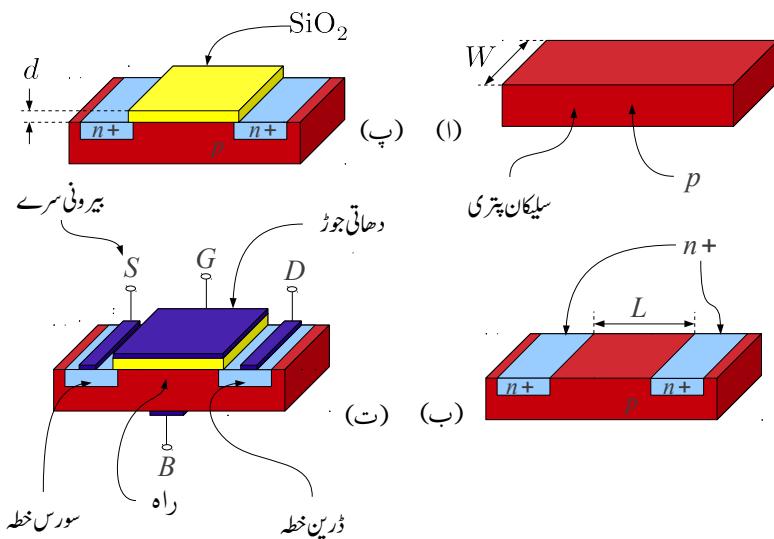
electric field intensity¹

charge²

digital integrated circuits³

microprocessor⁴

memory⁵



شکل 1.4: n ماسفیٹ کی ساخت

بیل۔ اس باب میں ماسفیٹ MOSFET پر باخوص اور جوڑدار فیٹ JFET پر بالعوم غور کیا جائے گا۔

1.4 n ماسفیٹ کی ساخت (برہاتا n ماسفیٹ)

شکل 1.4 میں n ماسفیٹ بنتے ہوئے دکھایا گیا ہے۔ اس شکل میں وضاحت کی غرض سے ماسفیٹ کے مختلف حصے بڑھا چڑھا کر دکھائے گئے ہیں جن کا ماسفیٹ کے حقیقی جامات سے کوئی تعلق نہیں۔ اگرچہ شکل میں سیلیکان کی پتی کی موٹائی کو کم دکھایا گیا ہے حقیقت میں یہ ماسفیٹ کے جامات سے اتنی موٹی ہوتی ہے کہ اس کے موٹائی کو ماسفیٹ کی جامات کے لحاظ سے لامحدود تصور کیا جاتا ہے۔ شکل 1.4 الف میں ثبت یعنی p قسم کے سیلیکان⁶ کی پتی جس کی چوڑائی W ہے سے شروع کیا گیا ہے۔ سیلیکان

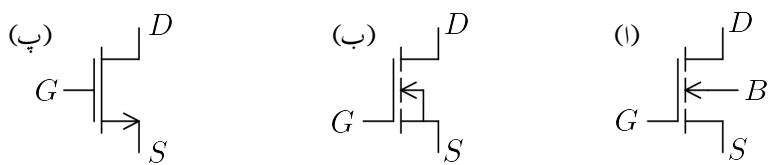
پتری کی موٹائی ماسفیٹ کے وجود سے بہت زیادہ ہوتی ہے لہذا سلیکان پتری کی موٹائی کو لاحدہ تصور کیا جاتا ہے۔ جیسا شکل ب میں دکھایا گیا ہے، اس پتری میں دو جگہ دور کے جدول⁷ کے پانچویں گروہ، یعنی n قسم کے ایٹم کے نفوذ سے ملاوٹ کر کے n+ خطے بنئے گئے ہیں۔ ان خطوں میں n ایٹموں کی عددی کثافت عام حالات سے کئی زیادہ رکھی جاتی ہے۔ اسی لئے انہیں n کے بجائے n+ خطے کہا گیا ہے۔ ان دو n+ خطوں کے مابین فاصلہ L ہے۔ شکل پ میں p قسم کی سلیکان کی پتری کے اوپر، دو n+ خطوں کے مابین SiO_2 اگایا جاتا ہے۔ SiO_2 انتہائی بہتر غیر موصل ہے۔ اگائے گئے SiO_2 کی موٹائی d ہے۔ شکل ت میں n+ خطوں کے علاوہ SiO_2 کے اوپر سلیکان پتری کے نچلے سطح پر برقی جوڑ بنانے کی غرض سے دھات جوڑا گیا ہے۔ ان چاروں دھاتی سطحوں کے ساتھ برقی تار جوڑ کر انہیں بطور ماسفیٹ کے بیرونی سروں کے استعمال کیا جاتا ہے۔ ان بیرونی برقی سروں کو سورس⁸، گیٹ⁹، ڈرائیور اور بیڈرنج¹⁰ کہا جائے گا اور انہیں S، G، D اور B اور D میں ماسفیٹ کی مختلف علامتیں دکھائی گئی ہیں۔ عموماً بیڈرنج¹⁰ کو سورس کے ساتھ جوڑ کر باہر ان دونوں کے لئے ایک ہی سرانگاہ جاتا ہے جسے سورس کو سورس کے ساتھ جوڑ کر باہر ان دونوں کے لئے ایک ہی سرانگاہ 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 رو کی صحیح سمت دکھاتا ہے۔ اس کتاب میں عموماً ماسفیٹ کو تین سروں کا ہی تصور کیا گیا ہے۔

بیڈرنج اور ڈرین pn ڈائیوڈ بناتے ہیں۔ اسی طرح بیڈرنج اور سورس بھی pn ڈائیوڈ بناتے ہیں۔ بیڈرنج اور سورس کو ایک ساتھ جوڑنے سے بیڈرنج اور سورس کے درمیان ڈائیوڈ قصر دور ہو جاتا ہے اور ساتھ ہی ساتھ بیڈرنج اور ڈرین کے درمیان ڈائیوڈ سورس اور ڈرین کے درمیان جڑ جاتا ہے۔ شکل 2.4 پ میں اگرچہ سورس سے ڈرین ڈائیوڈ نہیں دکھایا گیا لیکن یہ یاد رکھنا ضروری ہے کہ ایسا ڈائیوڈ پایا جاتا ہے۔ اسے عموماً استعمال بھی کیا جاتا ہے۔

جیسا کہ آپ دیکھیں گے گیٹ اور سورس سروں کے مابین برقی دباؤ کو شدت¹¹ کے ذریعہ سلیکان کی پتری میں، گیٹ کے نیچے، سورس اور ڈرین خطوں کے مابین برقی رو کے لئے

periodic table⁷
gate⁸
₉

body¹⁰
MOSFET¹¹ کے نام کے پہلے تین مخفف یعنی MOS کی ساخت یعنی MetalOxideSemiconductor سے حاصل کئے گئے ہیں جبکہ پایا مخفف یعنی FET برقی دباؤ کی شدت سے پہلے کے عمل یعنی FieldEffectTransistor سے لئے گئے ہیں۔



ن: 2.4 بڑھاتا ماسفیٹ کی مختلف عالمتیں

راہ¹² پیدا کی جاتی ہے۔ اس راہ کے مقام کو شکل 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 عموماً $1 \mu\text{m}$ تا $10 \mu\text{m}$ جبکہ اس کی چوڑائی $2 \mu\text{m}$ تا $500 \mu\text{m}$ ہوتی ہے۔

دو جوڑ ٹرانزسٹر میں میں پر لاؤ برقی رو کی مدد سے ٹرانزسٹر میں برقی رو I_C کو قابو کیا جاتا ہے جہاں بیس میں $\frac{I_C}{\beta}$ برقی رو درکار ہوتی ہے۔ اس کے برکس ماسفیٹ کے گیٹ اور بقايا حصوں کے درمیان غیر موصل SiO_2 پیلا جاتا ہے جس میں برقی رو کا گزر تقریباً ناممکن ہوتا ہے۔ حقیقت میں گیٹ میں یک سستی برقی رو کی مقدار 10^{-15} آپسیٹ کے لگ بھگ ہوتی ہے جو ایک قابل نظر انداز مقدار ہے۔

دو جوڑ ٹرانزسٹر کے برکس میدانی ٹرانزسٹروں میں دونوں $n+$ خطے بالکل یکساں ہوتے ہیں اور ان میں کسی ایک کو بطور سورس اور دوسرے کو ڈرین خطہ استعمال کیا جاسکتا ہے۔

اگرچہ موجودہ کئی اقسام کے میدانی ٹرانزسٹروں کے ساخت مندرجہ بالا بتائے ساخت سے مختلف ہوتے ہیں (چیزیں ان میں عموماً دھات کے بجائے دیگر صنیعی اجزاء استعمال کئے جاتے ہیں) ہم پھر بھی انہیں ماسفیٹ پکاریں گے۔

2.4 n ماسفیٹ کی بنیادی کارکردگی

1.2.4 گیٹ پر برقی دباؤ کی عدم موجودگی

n ماسفیٹ، جسے ہم اس کتاب میں منفی ماسفیٹ بھی کہیں گے، کے گیٹ پر برقی دباؤ لاگو کے بغیر اسے دو آپس میں الٹے جڑے ڈائیوڈ تصور کیا جا سکتا ہے جہاں p سلیکان پتھری (بدن) اور n+ سورس پہلا ڈائیوڈ اور اسی طرح p سلیکان پتھری (بدن) اور n+ ڈرین دوسرا ڈائیوڈ ہے۔ یہ دو الٹے جڑے ڈائیوڈ ڈرین اور سورس سروں کے مابین برقی رو کے گزر کو ناممکن بناتے ہیں۔ اس صورت میں ان دو سروں کے مابین نہایت زیادہ مزاحمت (تقریباً $10^{12} \Omega$) پائی جاتی ہے۔

شکل 3.4 الف میں ماسفیٹ کا گیٹ آزاد رکھ کر اس کے سورس اور ڈرین سروں کے مابین برقی دباؤ v_{DS} لاگو کیا گیا ہے۔ مزید یہ کہ ان کے بدھن اور ڈرین دونوں سروں کو برقی زمین پر رکھا گیا ہے۔ v_{DS} لاگو کرنے سے ڈرین-بدن جوڑ پر ویران خطہ بڑھ جاتا ہے اور اس برقی دباؤ کو روکے رکھتا ہے۔

2.2.4 گیٹ کے ذریعہ برقی روکے لئے راہ کی تیاری

شکل 3.4 ب میں بدн 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 سلیکان پتھری میں آزاد خول کو دور دھکیلتا ہے جبکہ یہاں موجود آزاد اقلیتی الیکٹران کو گیٹ کی جانب کھینچتا ہے۔ مزید یہ کہ اس برقی دباؤ کی وجہ سے دونوں n+ خطوں میں موجود (ضرورت سے زیادہ تعداد میں) آزاد الیکٹرانوں کو بھی گیٹ کے نیچے کھینچا جاتا ہے۔ اگر گیٹ پر ثابت برقی دباؤ بذریعہ بڑھا جائے تو گیٹ کے نیچے p سلیکان میں الیکٹرانوں کی تعداد بڑھتی ہے اور آخر کار الیکٹرانوں کی تعداد خلوں کی تعداد سے بھی زیادہ ہو جاتی ہے۔ اس عمل سے p خطہ الٹا ہو کر n خطہ بن جاتا ہے۔ ایک قسم کے سلیکان سے زبردستی دوسرا قسم کی سلیکان بنانے کے عمل کو الٹا کرنا¹³ کہتے ہیں اور ایسے الٹا کئے گئے خطے کو الٹا خطہ¹⁴ کہا جاتا ہے۔ گیٹ پر برقی دباؤ بڑھانے سے گیٹ کے نیچے الٹا خطہ بھی بڑھتا ہے اور آخر کار یہ سورس سے ڈرین تک پہل جاتا ہے۔ یوں سورس سے ڈرین تک n قسم کی راہ وجود میں آتی ہے۔ جیسے ہی سورس اور ڈرین خطوں کے مابین راہ پیدا ہوتا ہے ان خطوں کے مابین برقی رو کا گزر ممکن ہو جاتا ہے۔ جس برقی دباؤ پر ایسا ہو جائے اس کو دہیز برٹھ دباؤ¹⁵

inversion¹³inversion layer¹⁴threshold voltage¹⁵

V_t کہتے ہیں۔ شکل ب میں یوں پیدا کیا گیا راہ دکھایا گیا ہے۔ حقیقت میں V_t سے ذرا سی زیادہ برقی دباؤ پر برقی رو کا گزر ممکن ہوتا ہے۔ یوں ہم کہہ سکتے ہیں کہ گیٹ پر V_t یا اس سے کم برقی دباؤ کی صورت میں ٹرانزسٹر غیر چالو یا منقطع رہتا ہے جبکہ گیٹ پر V_t سے زیادہ برقی دباؤ کی صورت میں ٹرانزسٹر چالو یا غیر منقطع رہتا ہے یعنی

$$(1.4) \quad \begin{array}{ll} v_{GS} \leq V_t & \text{منقطع} \\ v_{GS} > V_t & \text{منقطع غیر یا چالو} \end{array}$$

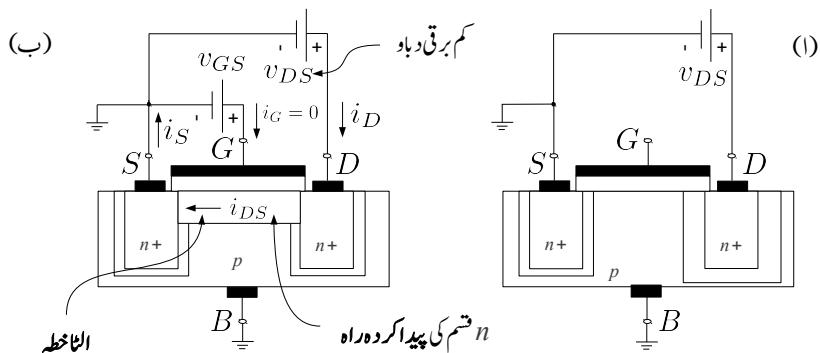
یوں $v_{GS} = V_t$ کو دبليز تصور کیا جا سکتا ہے جس کی ایک جانب ماسفیٹ چالو جبکہ اس کی دوسری جانب ماسفیٹ منقطع رہتا ہے۔ چالو ماسفیٹ کے ڈرین اور سورس سروں کے مابین برقی دباؤ v_{DS} لاگو کرنے سے پیدا کردہ راہ میں برقی رو i_{DS} گزرتے گی۔ چونکہ گیٹ کی برقی رو کی قیمت صفر ہے لہذا ڈرین سرے پر برقی رو i_D اور سورس سرے پر برقی رو i_S کی قیمتیں برابر ہوں گی یعنی

$$(2.4) \quad \begin{array}{l} i_G = 0 \\ i_D = i_S = i_{DS} \end{array}$$

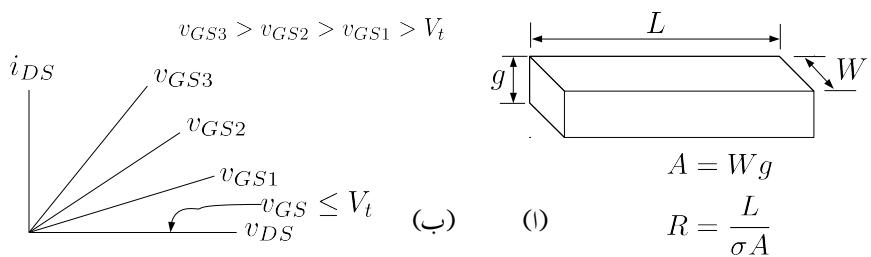
دھیان رہے کہ p قسم کی سیلیکان پتری پر n قسم کا راہ پیدا ہوتا ہے اور ایسے ٹرانزسٹر کا پورا نام n ماسفیٹ nMOSFET ہے جہاں n اس پیدا کردہ راہ کے قسم کو بتلاتا ہے۔ n راہ میں برقی رو کا وجود الیکٹرانوں کے حرکت کی بدولت ہے جو سورس سے راہ میں داخل ہو کر ڈرین تک سفر کرتے ہیں۔ اس کو یوں بھی کہا جا سکتا ہے کہ الیکٹران سورس سے راہ میں خارج ہوتے ہیں اور ڈرین پر راہ سے حاصل کئے جاتے ہیں۔ اسی سے ماسفیٹ کے ان دو خطوں کے نام سورس¹⁶ اور ڈرین¹⁷ نکلے¹⁸ ہیں۔ جیسے آپ آگے دیکھیں گے، ماسفیٹ کے گیٹ کی مدد سے ماسفیٹ میں برقی رو کو قابو کیا جاتا ہے۔ اسی سے گیٹ کا نام نکلا ہے۔ جیسا کہ اوپر ذکر ہوا، v_{GS} لاگو کئے بغیر V_t یا اس سے زیادہ v_{GS} لاگو کرنے سے n قسم کا راہ پیدا ہوتا ہے۔ اس پیدا کردہ راہ کو شکل 4.4 الف میں دکھایا گیا ہے۔ گیٹ پر لاگو برقی دباؤ کو V_t سے مزید بڑھانے سے گیٹ کے نیچے الیکٹرانوں کی تعداد مزید بڑھتی ہے اور یوں پیدا کردہ راہ کی گہرائی

source¹⁶
drain¹⁷

¹⁸ جس مقام سے کوئی چیز خارج ہو، اس کو انگریزی میں سورس کہتے ہیں اور جہاں سے ناکسی ہواں کو ڈرین کہتے ہیں۔



شکل 4.3: برقی راہ کا وجود پیدا ہونا



شکل 4.4: پیدا کر راہ کی مزاحمت

g بڑھتی ہے۔ یوں اس قسم کے ماسفیٹ کو n بڑھاتا ماسفیٹ¹⁹ کہتے ہیں۔ شکل الف میں پیدا کر راہ اور اس کی مزاحمت R دکھائی گئی ہے جہاں n قسم کے راہ کے موصلیت کا مستقل²⁰ σ ہے۔ گیٹ پر v_{GS1} برقی دباؤ (جہاں V_{GS1} کی قیمت V_t سے زیادہ ہے) سے پیدا کر راہ کو مزاحمت R تصور کرتے ہوئے ہم دیکھتے ہیں کہ اس پر لمبائی کی جانب تھوڑا سا برقی دباؤ v_{DS} لاؤ کرنے سے اس میں برقی رو i_{DS} گزرے گی۔ شکل 4.4 ب میں انہیں گراف کیا گیا ہے جہاں خط کے قریب لکھ کر اس بات کی یاد دہانی کرائی گئی ہے کہ راہ کو V_{GS1} برقی دباؤ سے حاصل کیا

enhancement nMOSFET¹⁹
conductivity²⁰

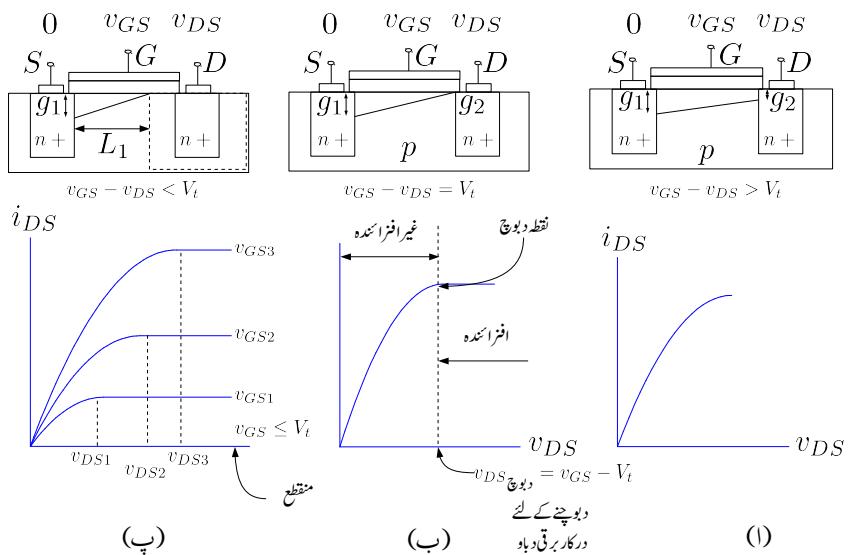
گیا ہے۔ گیٹ پر برقی دباؤ V_{GS} بڑھانے سے پیدا کردہ راہ کی گہرائی g بڑھتی ہے جس سے اس کی مزاحمت R کم ہوتی ہے اور یوں $v_{DS} - i_{DS}$ کے گراف کا ڈھلوان بڑھتا ہے۔ اس حقیقت کو شکل ب میں دکھایا گیا ہے جہاں گیٹ پر نسبتاً زیادہ برقی دباؤ یعنی v_{GS2} لاگو کرتے ہوئے $v_{DS} - i_{DS}$ کا خط گراف کیا گیا ہے۔ اسی طرح گیٹ پر برقی دباؤ کو مزید بڑھا کر v_{GS3} کرتے ہوئے بھی $v_{DS} - i_{DS}$ کا خط گراف کیا گیا ہے۔

سورس خطے کو برقی زمین پر رکھتے ہوئے گیٹ پر لاگو برقی دباؤ جیسے ہی V_t سے تجاوز کر جائے، سورس اور ڈرین خطوط کے درمیان راہ پیدا ہو جاتی ہے۔ یوں پیدا کردہ راہ کی گہرائی g گیٹ پر V_t سے اضافی برقی دباؤ ($v_{GS} - V_t$) پر منحصر ہوتی ہے۔

یاد رہے کہ گیٹ کے نیچے کسی بھی نقطے پر p قسم سیلیکان کی پتری میں n قسم کی راہ پیدا کرنے کی خاطر یہ ضروری ہے کہ اس نقطے پر گیٹ اور سیلیکان کی پتری کے مابین کم از کم V_t برقی دباؤ پایا جائے۔ اگر گیٹ اور سیلیکان پتری کے مابین برقی دباؤ پایا جائے تو پیدا کردہ راہ کی گہرائی لاحدہ کم ہو گی۔ پیدا کردہ راہ کی گہرائی گیٹ اور سیلیکان پتری کے مابین V_t سے اضافی برقی دباؤ پر منحصر ہے۔

شکل 5.4 الف میں سورس خطہ برقی زمین یعنی صفر ولٹ پر ہے جبکہ گیٹ پر برقی دباؤ ہے۔ یوں یہاں گیٹ اور سیلیکان پتری کے مابین ($v_{GS} - 0 = v_{GS}$) برقی دباؤ پایا جاتا ہے اور پیدا کردہ راہ کی گہرائی اضافی برقی دباؤ یعنی ($v_{GS} - V_t$) پر منحصر ہو گی جسے شکل میں g_1 کہا گیا ہے۔ اسی شکل میں ڈرین خطہ v_{DS} ولٹ پر ہے اور یوں یہاں پیدا کردہ راہ کی گہرائی ($v_{GS} - v_{DS} - V_t$) کے اضافی برقی دباؤ پر منحصر ہو گی جسے شکل میں g_2 کہا گیا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ g_2 کی مقدار g_1 سے کم ہے۔ یوں پیدا کردہ راہ مکونی شکل اختیار کر لے گا۔ v_{DS} کی مقدار صفر ہونے کی صورت میں g_1 اور g_2 برابر ہوتے ہیں اور پیدا کردہ راہ کی مزاحمت یعنی پالوماسفیٹ کے مزاحمت

$$(3.4) \quad \frac{\text{لمبائی}}{\text{رقبہ} \times \text{مستقل کا موصلیت}} = \frac{L}{\sigma W g} = \text{مزاحمت}$$



شکل 5.4: پیدا کردہ را کی گھرائی اور n بڑھاتے ماسفیٹ کے خط

کے برابر ہوتی ہے۔ v_{DS} کی مقدار صفر ولٹ سے بڑھانے سے $v_{DS} - i_{DS}$ کم ہوتا ہے اور پیدا کردہ راہ کی مزاحمت بڑھتی ہے جس سے $v_{DS} - i_{DS}$ خط کی ڈھلوان کم ہو گی۔ شکل الف میں بڑھتے v_{DS} کے ساتھ $v_{DS} - i_{DS}$ خط کی ڈھلوان بذریعہ کم ہوتی دکھائی گئی ہے۔

آپ دیکھ سکتے ہیں کہ v_{DS} کو بڑھا کر v_{GS} کی مقدار صفر کی جا سکتی ہے جیسے شکل ب میں دکھایا گیا ہے۔ ہم کہتے ہیں کہ پیدا کردہ راہ دلوچ²¹ دی گئی ہے۔

سورس خطے کو برقی زمین اور گیٹ کو v_{GS} برقی دباؤ پر رکھتے ہوئے اگر بڑھایا جائے تو ڈرین خطے کے بالکل قریب گیٹ اور سلیکان پتری کے مابین $v_{GS} - v_{DS}$ برقی دباؤ پایا جائے گا اور جب تک یہ برقی دباؤ V_t سے زیادہ رہے یہاں n قسم کی راہ برقرار رہے گی۔ اگر $v_{GS} - v_{DS}$ کی قیمت V_t سے کم ہو تو ڈرین کے قریب راہ کا بننا ممکن نہیں ہو گا۔ جب

$$(4.4) \quad v_{GS} - v_{DS} = V_t$$

ہو جائے تو ہم کہتے ہیں کہ پیدا کردہ راہ دلوچ دی گئی ہے اور جس v_{DS} پر ایسا ہو اسے پیدا کردہ راہ دلوچنے کے لئے درکار برقی دباؤ $V_{DS\text{ pinch off}}$ کہتے ہیں۔ مساوات 4.4 سے

$$(5.4) \quad V_{DS\text{ pinch off}} = v_{GS} - V_t$$

حاصل ہوتا ہے۔ مساوات 4.4 میں لکھتے ہیں $v_{DS} = v_D - v_S$ اور $v_{GS} = v_G - v_S$ ہوئے ہوئے

$$(v_G - v_S) - (v_D - v_S) = V_t \\ v_G - v_D = V_t$$

حاصل ہوتا ہے جس میں لکھ کر

$$(6.4) \quad v_{GD} = v_G - v_D = V_t$$

لکھا جا سکتا ہے۔

یہاں ایسا محسوس ہوتا ہے کہ پیدا کردہ راہ کی گہرائی صفر ہوتے ہی (یعنی راہ دلوچتے ہی) راہ کی مزاحمت لامحدود ہو جائے گی اور ٹرانزسٹر میں برقی رو کا گزرنانا ممکن ہو

²¹ pinch off

جائے گا۔ حقیقت میں ایسا نہیں ہوتا۔ جب تک v_{DS} کی قیمت v_{DS1} سے کم رہے، اسے بڑھانے سے i_{DS} بترنگ بڑھتا ہے مگر چونکہ v_{DS} بڑھانے سے پیدا کردہ راہ کی مزاحمت بھی بڑھتی ہے لہذا i_{DS} کے بڑھنے کی شرح بترنگ کم ہوتی ہے۔ v_{DS} پر ٹرانزسٹر میں گزرتی برقی رو کی قیمت v_{DS2} کہلاتی ہے اور اگر v_{DS} کو v_{DS3} سے بڑھایا جائے تو دیکھا جاتا ہے کہ ٹرانزسٹر سے گزرتی برقی رو مستقل i_{DS} کے برابر ہی رہتی ہے اور اس میں کسی قسم کا اضافہ نہیں آتا۔ یہ تمام شکل ب میں دکھایا گیا ہے۔

شکل 5.4 ب میں ٹرانزسٹر کے افراستدہ اور غیر افراستدہ خطے بھی دکھائے گئے ہیں۔ یہ دو ہوڑ ٹرانزسٹر کے نوعیت کے ہی ہیں۔ شکل 5.4 پ میں مختلف گیٹ کے برقی دباؤ پر $i_{DS} - v_{DS}$ کے خط کھینچ گئے ہیں اور ان کے نقطہ ملوج پر برقی دباؤ کو v_{DS1} ، v_{DS2} اور v_{DS3} اور لکھ کر واضح کیا گیا ہے۔ سورس خط برقی زمین پر رکھتے ہوئے اگر گیٹ پر برقی دباؤ V_t سے کم ہو تو راہ وجود میں نہیں آتا اور ٹرانزسٹر منقطع صورتے اختیار کئے رہتا ہے اور اس میں برقی رو کی قیمت صفر رہتی ہے۔ منقطع صورت بھی اسی شکل میں دکھایا گیا ہے۔

n ماسیٹ کے ان نتائج کو یہاں ایک جگہ لکھتے ہیں۔

منقطع

(7.4)

$$v_{GS} \leq V_t$$

چالو

$$(8.4) \quad \begin{array}{ll} v_{GS} - v_{DS} \geq V_t & \text{افراستدہ غیر} \\ v_{GS} - v_{DS} = V_t & \text{دبوچ نقطہ} \\ v_{GS} - v_{DS} \leq V_t & \text{افراستدہ} \end{array}$$

انہیں مساوات کو یوں

$$(9.4) \quad \begin{array}{ll} v_{GS} \leq V_t & \text{منقطع} \\ v_{DS} \leq v_{GS} - V_t & \text{افرا نندہ غیر} \\ v_{DS} = v_{GS} - V_t & \text{دبوچ نقطہ} \\ v_{DS} \geq v_{GS} - V_t & \text{افرا نندہ} \end{array}$$

یا یوں

$$(10.4) \quad \begin{array}{ll} v_{GS} \leq V_t & \text{منقطع} \\ v_{GD} \geq V_t & \text{افرا نندہ غیر} \\ v_{GD} = V_t & \text{دبوچ نقطہ} \\ v_{GD} \leq V_t & \text{افرا نندہ} \end{array}$$

بھی لکھا جا سکتا ہے۔ یاد رہے کہ افرا نندہ یا غیر افرا نندہ خلط ہونے کے لئے لازمی ہے کہ ماسفیٹ چالو (یعنی غیر منقطع) ہو۔ ماسفیٹ کو افرا نندہ خلٹے میں رکھ کر ایک پلیناٹر بنایا جاتا ہے۔

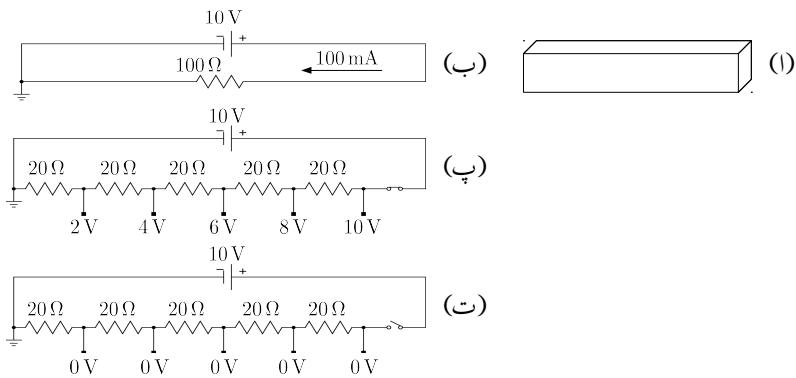
مثال 1.4: شکل 6.4 الف میں n ماسفیٹ کے پیدا کردہ راہ کو بطور سو اوہم (100Ω) کے موصل سلاخ دکھایا گیا ہے جس پر لمبائی کے جانب دس وولٹ ($10V$) برقی دباؤ لائے گیا ہے۔ مسئلہ کو سادہ رکھنے کی خاطر پیدا کردہ راہ کے ترچھا پن کو نظر انداز کریں۔

1. پیدا کردہ راہ کے مختلف مقامات پر برقی دباؤ حاصل کریں۔

2. اگر $V_t = 3V$ اور $v_{GS} = 15V$ ہوں تب پیدا کردہ راہ کا صورت حال کیا ہو گا۔

3. اگر $V_t = 3V$ اور $v_{GS} = 11V$ ہوں تب پیدا کردہ راہ کا صورت حال کیا ہو گا۔

حل:



شکل 6.4: پیدا کردہ راہ میں مختلف مقامات پر برقی دباؤ

1. موصل سلاخ کو ایک مزاحمت تصور کیا جا سکتا ہے۔ یوں اس سلسلہ کو شکل ب کے طرز پر پیش کیا جا سکتا ہے جس میں 100mA برقی رو پیدا ہو گی۔ مزید یہ کہ سو اُہم کے مزاحمت کو کئی مزاحمت سلسلہ وار جڑے تصور کیا جا سکتا ہے۔ شکل پ میں اسے پانچ عدد 20Ω سلسلہ وار جڑے تصور کیا گیا ہے جہاں ہر جوڑ پر برقی دباؤ بھی دکھایا گیا ہے۔

2. چونکہ ڈرین سرے پر

$$v_{GS} - v_{DS} = 15 - 10 = 5 > V_t$$

ہے لہذا یہاں پیدا کردہ راہ وجود میں آئے گا اور ٹرانزسٹر میں برقی رو کا گزر ممکن ہو گا۔

3. چونکہ ڈرین سرے پر

$$v_{GS} - v_{DS} = 11 - 10 = 1 < V_t$$

ہے لہذا پیدا کردہ راہ دلوچا جائے گا۔ اگر ایسا ہونے سے پیدا کردہ راہ کی مزاحمت لامحدود ہو جائے اور اس میں برقی رو کی مقدار صفر ہو جائے تو صورت حال شکل ت کے مانند ہو گی جہاں ڈرین سرے پر لامحدود مزاحمت کو بطور منقطع کرنے کے لئے برقی سوچ دکھایا گیا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ برقی رو کی عدم موجودگی میں پیدا کردہ

راہ میں ہر مقام پر برقی دباؤ کی مقدار صفر ولٹ (0 V) ہو جائے گی اور یوں ڈرین سرے پر بھی صفر ولٹ ہوں جس سے

$$v_{GS} - v_{DS} = 11 - 0 = 11 > V_t$$

ہو گا اور یوں برقی رو کا گزر ممکن ہو گا۔

مندرجہ بالا دو نتائج متصاد ہیں۔ پہلے نتیجے کے مطابق برقی رو کا گزر ناممکن ہے جبکہ دوسرا نتیجے کے مطابق، اس کے برعکس، برقی رو کا گزر ممکن ہے۔ حقیقی صورت حال کو شکل 5.4 پ میں دکھایا گیا ہے جہاں آپ دیکھ سکتے ہیں کہ پیدا کردہ راہ کے دلوچنے کا مقام تبدیل ہو چکا ہے اور یوں پیدا کردہ راہ کی لمبائی قدر کم ہو گئی ہے اور ساتھ ہی ساتھ ڈرین سرے پر ویران خط اتنا بڑھ گیا ہے کہ ایک جانب یہ ڈرین خط کو اور دوسری جانب پیدا کردہ راہ کو چھوتا ہے۔ چونکہ نقطہ دبوچ پر گیٹ اور پیدا کردہ راہ کے مابین V_t برقی دباؤ پایا جاتا ہے لہذا نقطہ دبوچ پر

$$v_{DS} = v_{GS} - V_t$$

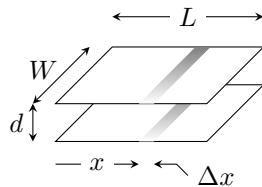
ہو گا اور ڈرین-سورس سروں کے مابین اضافی برقی دباؤ ($v_{DS} - v_{GS}$) ویران خط برداشت کرے گا۔

پیدا کردہ راہ پر لاگو برقی دباؤ (v_{DS}) اس میں برقی رو پیدا کرے گا جو کہ سورس سے ڈرین جانب الکٹران کے بھاؤ سے پیدا ہو گا۔ یہ الکٹران نقطہ دبوچ پر پہنچتے ہی ویران خط میں داخل ہوں گے۔ ویران خط میں آزاد الکٹران نہیں ٹھر سکتے اور انہیں ڈرین خط میں دھکیل دیا جاتا ہے۔ یوں الکٹران سورس سرے سے رووال ہو کر ڈرین سرے پہنچ کر i_{DS} پیدا کرتے ہیں۔

شکل پ میں گیٹ پر مختلف برقی دباؤ کے لئے ماسفیٹ کے خط گراف کئے گئے ہیں۔

3.4 n ماسفیٹ کی مساوات

مندرجہ بالا مذکورے کو مد نظر رکھتے ہوئے n ماسفیٹ کی $i_{DS} - v_{DS}$ مساوات حاصل کرتے ہیں۔ ایسا کرتے وقت سورس سرے کو برقی زمین (یعنی صفر ولٹ) پر رکھا



شکل 7.4: گیٹ اور راہ بطور دو چادر کپیسٹر کردار ادا کرتے ہیں۔

جائے گا جبکہ گیٹ کو v_{GS} اور ڈرین سرے کو v_{DS} پر رکھا جائے گا۔ مزید یہ کہ $v_{GS} - v_{DS} > V_t$ رکھا گیا ہے۔

پیدا کردہ راہ میں سورس سے ڈرین خطے کی جانب فاصلے کو x لیتے ہوئے سورس جانب $x = 0$ اور برقی دباؤ صفر وولٹ ہو گا جبکہ ڈرین جانب $x = L$ اور برقی دباؤ v_{DS} ہو گا۔ ان دو حدود کے درمیان کسی بھی نقطے x پر برقی دباؤ کو ہم $v(x)$ لکھتے ہیں۔ گیٹ اور پیدا کردہ راہ (یعنی n قسم کا موصل) بطور دو چادر کے کپیسٹر²² کا کردار ادا کریں گے۔ پیدا کردہ راہ میں لمبائی کے رخ نقطے x پر ذرہ سی لمبائی Δx پر غور کرتے ہیں۔ یہ لمبائی بطور کپیسٹنس ΔC کردار ادا کرے گا جہاں

$$(11.4) \quad \Delta C = \frac{\epsilon \times \text{رقبہ}}{\text{فاصلہ}} = \frac{\epsilon W \Delta x}{d}$$

ہو گا۔ اس کپیسٹر کو شکل 7.4 میں دکھایا گیا ہے۔

آپ کپیسٹر کی مساوات $Q = C \times V$ سے بجوبی آگاہ ہوں گے۔ اس مساوات کے مطابق کپیسٹر کے ثابت چادر پر بار Q کی مقدار کپیسٹر کے دو چادروں کے مابین برقی دباؤ V پر منحصر ہوتا ہے۔ کپیسٹر کے منفی چادر پر $(-Q)$ بار پایا جاتا ہے۔ ماسیٹ کے کپیسٹر ΔC پر بھی اسی طرح بار پایا جائے گا مگر اس کا تخمینہ لگانے کی خاطر اس مسئلہ کو زیادہ گھرائی سے دیکھنا ہو گا۔ آئیں ایسا ہی کرتے ہیں۔

جیسا کہ آپ جانتے ہیں کہ کسی بھی نقطے x پر تب راہ پیدا ہوتا ہے جب اس نقطے پر گیٹ اور سیلیکان پتھری کے مابین V_t برقی دباؤ پایا جائے (یعنی

parallel plate capacitor²²

جب $v_{GS} - v(x) = V_t$ ہو) اور ایسی صورت میں پیدا کردہ راہ میں قابل نظر انداز (تقریباً صفر) مقدار میں n قسم کا بار یعنی آزاد الکیٹران جمع ہوتے ہیں۔ یوں $(v_{GS} - V_t - v(x) = 0)$ ہونے کی صورت میں آزاد الکیٹرانوں کی تعداد بھی (تقریباً) صفر ہوتی ہے۔ جیسے جیسے گیٹ اور سلیکان پتری کے مابین برقی دباؤ مزید بڑھایا جائے یہاں آزاد الکیٹرانوں کی تعداد بڑھتی ہے۔ یوں آزاد الکیٹرانوں کی تعداد کا دارود دباؤ برقی دباؤ $(v_{GS} - V_t - v(x))$ پر ہوتا ہے اور ہم ماسیف کے گیٹ کے لئے کپیٹر کی مساوات یوں لکھ سکتے ہیں۔

$$(12.4) \quad \Delta Q = \Delta C \times V \\ = \left[\frac{\epsilon W \Delta x}{d} \right] \times [v_{GS} - V_t - v(x)]$$

پیدا کردہ راہ میں اس نقطہ پر بار کی مقدار اتنی ہی مگر منفی قسم کی ہو گی۔ اس مساوات کو پیدا کردہ راہ کے لئے یوں لکھا جا سکتا ہے۔

$$(13.4) \quad \frac{\Delta Q_n}{\Delta x} = - \left[\frac{\epsilon W}{d} \right] \times [v_{GS} - V_t - v(x)]$$

فاصلہ کے ساتھ برقی دباؤ کی شرح کو شدت برقی دباؤ E کہتے ہیں۔ یوں نقطہ x پر

$$(14.4) \quad E = - \frac{\Delta v(x)}{\Delta x}$$

ہو گا۔ اس کی سمت ڈرین سے سورس نھٹے کی جانب ہے۔ شدت برقی دباؤ کسی بھی ثبت بار کو E کی سمت میں جبکہ منفی بار کو اٹھی جانب دھکیلتا ہے۔ چونکہ پیدا کردہ راہ میں منفی بار پائے جاتے ہیں لہذا شدت برقی دباؤ انہیں سورس سے ڈرین نھٹے کی جانب دھکیلے گا۔ کسی بھی موصل میں چارجوں کی رفتار وہاں کے شدت برقی دباؤ کے برائے راست متناسب ہوتا ہے۔ یوں منفی چارجوں کے رفتار کو $(-\mu_n E)$ اور ثبت چارجوں کے رفتار کو $(\mu_p E)$ لکھا جائے گا جہاں μ_n سلیکان پتری میں الکٹران کے حرکت پذیری²³ کھلااتا ہے جبکہ μ_p سلیکان پتری میں خول کے حرکت پذیری²⁴ کھلااتا ہے۔ یہاں حرکت پذیری سے مراد الٹا نھٹے میں حرکت پذیری ہے۔ یہاں رک کر تسلی کر لیں کہ یہ دو مساوات دونوں اقسام کے چارجوں کے رفتار کے صحیح سمت دیتے ہیں۔ یوں رفتار کو $\frac{\Delta x}{\Delta t}$ لکھتے ہوئے الکیٹرانوں کے

electron mobility²³
hole mobility²⁴

لئے ہم یوں لکھ سکتے ہیں۔

$$(15.4) \quad \frac{\Delta x}{\Delta t} = -\mu_n E = \mu_n \frac{\Delta v(x)}{\Delta t}$$

مساوات 13.4 اور مساوات 15.4 کی مدد سے ہم پیدا کردہ راہ میں آزاد الیکٹرونوں کے حرکت سے پیدا برقی رو یوں حاصل کر سکتے ہیں۔

$$(16.4) \quad i(x) = \frac{\Delta Q_n}{\Delta t} = \frac{\Delta Q_n}{\Delta x} \times \frac{\Delta x}{\Delta t} \\ = - \left[\frac{\epsilon W}{d} \right] [v_{GS} - V_t - v(x)] \times \left[\mu_n \frac{\Delta v(x)}{\Delta x} \right]$$

اس مساوات کو یوں لکھا جا سکتا ہے۔

$$(17.4) \quad i(x)\Delta x = - \left[\frac{\epsilon W}{d} \right] [v_{GS} - V_t - v(x)] \times [\mu_n \Delta v(x)]$$

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 نقطہ جبکہ اس کے ڈین سرے کو اختتامی نقطہ لیتے ہیں۔ یوں ابتدائی نقطہ پر $x = 0$ جبکہ اختتامی نقطہ پر $x = L$ ہے۔ اسی طرح ابتدائی برقی دباؤ $v(L) = v_{DS}$ جبکہ اختتامی برقی دباؤ $v(0) = 0$ ہے۔ یوں

$$(18.4) \quad \int_0^L i(x) dx = \int_0^{v_{DS}} - \left[\frac{\epsilon \mu_n W}{d} \right] [v_{GS} - V_t - v(x)] dv(x)$$

چونکہ پیدا کردہ راہ میں از خود برقی رو نہ پیدا اور نہ ہی غائب ہو سکتی ہے لہذا اس میں لمبائی کی جانب برقی رو تبدیل نہ ہو گی۔ اس برقی رو کو i لکھتے ہوئے تکملہ سے باہر نکلا جا سکتا ہے۔

$$(19.4) \quad \int_0^L i(x) dx = i \int_0^L dx = \int_0^{v_{DS}} - \left[\frac{\epsilon \mu_n W}{d} \right] [v_{GS} - V_t - v(x)] dv(x) \\ ix|_0^L = - \left[\frac{\epsilon \mu_n W}{d} \right] \left[(v_{GS} - V_t) v(x)|_0^{v_{DS}} - \frac{v(x)^2}{2}|_0^{v_{DS}} \right] \\ iL = - \left[\frac{\epsilon \mu_n W}{d} \right] \left[(v_{GS} - V_t) v_{DS} - \frac{v_{DS}^2}{2} \right] \\ i = - \left[\frac{\epsilon \mu_n}{d} \right] \left[\frac{W}{L} \right] \left[(v_{GS} - V_t) v_{DS} - \frac{v_{DS}^2}{2} \right]$$

منقی برقی رو کا مطلب ہے کہ یہ بڑھتے x کے الٹ جانب روں ہے یعنی ڈرین سے سورس جانب ماسفیٹ میں اسی جانب برقی رو کو i_{DS} لکھا جاتا ہے۔ یوں درج ذیل حاصل ہوتا ہے۔

$$(20.4) \quad i_{DS} = \left[\frac{\epsilon \mu_n}{d} \right] \left[\frac{W}{L} \right] \left[(v_{GS} - V_t) v_{DS} - \frac{v_{DS}^2}{2} \right]$$

نقطہ دبوچ پر استعمال کرتے اس مساوات سے حاصل ہوتا ہے۔

$$\begin{aligned} i_{DS\text{دبوچ}} &= \left[\frac{\epsilon \mu_n}{d} \right] \left[\frac{W}{L} \right] \left[(v_{GS} - V_t) v_{DS\text{دبوچ}} - \frac{v_{DS\text{دبوچ}}^2}{2} \right] \\ (21.4) \quad &= \left[\frac{\epsilon \mu_n}{d} \right] \left[\frac{W}{L} \right] \left[(v_{GS} - V_t) (v_{GS} - V_t) - \frac{(v_{GS} - V_t)^2}{2} \right] \\ &= \frac{1}{2} \left[\frac{\epsilon \mu_n}{d} \right] \left[\frac{W}{L} \right] (v_{GS} - V_t)^2 \end{aligned}$$

چونکہ افزائندہ خطے میں نقطہ دبوچ پر برقی رو کے برابر برقی رو ہی رہتی ہے لہذا افزائندہ خطے میں برقی رو کی بھی یہی مساوات ہے۔

ان مساوات میں

$$\begin{aligned} (22.4) \quad k'_n &= \left(\frac{\epsilon \mu_n}{d} \right) \\ k_n &= \left(\frac{\epsilon \mu_n}{d} \right) \left(\frac{W}{L} \right) = k'_n \left(\frac{W}{L} \right) \end{aligned}$$

لیتے ہوئے انہیں دوبارہ لکھتے ہیں۔ ساتھ ہی ساتھ ان کا دائرہ عمل متعین کرنے کے نکات بھی درج کرتے ہیں۔
غیر افزائندہ خط:

$$(23.4) \quad \begin{aligned} v_{GS} &> V_t \\ v_{GS} - v_{DS} &= v_{GD} \geq V_t \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (24.4) \quad i_{DS} &= k'_n \left[\frac{W}{L} \right] \left[(v_{GS} - V_t) v_{DS} - \frac{v_{DS}^2}{2} \right] \\ &= k_n \left[(v_{GS} - V_t) v_{DS} - \frac{v_{DS}^2}{2} \right] \end{aligned}$$

نقطہ دبوچ:

$$(25.4) \quad v_{GS} > V_t \\ v_{GS} - v_{DS} = v_{GD} = V_t$$

$$(26.4) \quad i_{DS} = \frac{k'_n}{2} \left[\frac{W}{L} \right] [v_{GS} - V_t]^2 \\ = \frac{k_n}{2} [v_{GS} - V_t]^2$$

افراکنده:

$$(27.4) \quad v_{GS} > V_t \\ v_{GS} - v_{DS} = v_{GD} \leq V_t$$

$$(28.4) \quad i_{DS} = \frac{k'_n}{2} \left[\frac{W}{L} \right] [v_{GS} - V_t]^2 \\ = \frac{k_n}{2} [v_{GS} - V_t]^2$$

منقطع:

$$(29.4) \quad v_{GS} \leq V_t \\ i_{DS} = 0$$

ماسفیٹ تخلیق دیتے وقت پیدا کردہ راہ کے چوڑائی W اور لمبائی L کی تناسب بدل کر مختلف $i_{DS} - v_{DS}$ خط حاصل کئے جاتے ہیں۔

یاد دہانی کی خاطر کچھ باتیں دوبارہ دہراتے ہیں۔

nMOSFET کو غیر افراکنده خطے میں استعمال کرنے کی خاطر گیٹ اور سورس کے مابین V_t سے زیادہ برقی دباؤ مہیا کیا جاتا ہے اور ڈرین-سورس سروں کے مابین برقی دباؤ کو راہ دبوچ برقی دباؤ v_{DS} سے کم رکھا جاتا ہے یعنی

$$(30.4) \quad v_{GS} > V_t \quad \text{پیدا راہ} \\ v_{DS} \leq v_{DS\text{نقطہ}} \quad \text{دبوچ نقطہ} \\ \leq v_{GS} - V_t$$

اسی طرح nMOSFET کو افراستنہ نقطے میں استعمال کرنے کی خاطر گیٹ اور سورس کے مابین V_t سے زیادہ برقی دباؤ مہیا کیا جاتا ہے اور ڈرین-سورس سروں کے مابین برقی دباؤ کو رہا دیوچ برقی دباؤ v_{DS} سے زیادہ رکھا جاتا ہے یعنی

$$(31.4) \quad \begin{aligned} v_{GS} &> V_t && \text{پیدا رہ} \\ v_{DS} &\geq v_{DS} && \text{دیوچ نقطہ} \\ &\geq v_{GS} - V_t && \end{aligned}$$

نقطہ دیوچ ان دو خطوں کے درمیان حد ہے جسے دونوں کا حصہ تصور کیا جا سکتا ہے۔

nMOSFET کو منقطع کرنے کی خاطر گیٹ اور سورس کے مابین V_t یا اس سے کم برقی دباؤ رکھا جاتا ہے یعنی

$$(32.4) \quad v_{GS} \leq V_t \quad \text{منقطع}$$

غیر افراستنہ ماسفیٹ پر جب باریک v_{DS} لاگو کیا جائے تو مساوات 24.4 میں کو نظر انداز کرنا ممکن ہوتا ہے اور اس مساوات کو یوں لکھا جا سکتا ہے۔

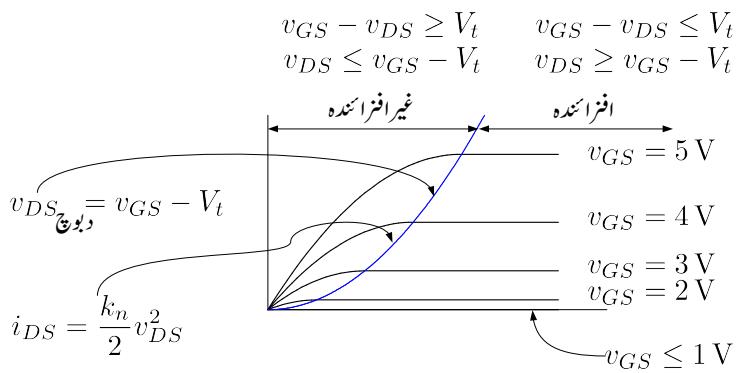
$$i_{DS} = k'_n \left[\frac{W}{L} \right] \left[(v_{GS} - V_t) v_{DS} - \frac{v_{DS}^2}{2} \right] \approx k'_n \left[\frac{W}{L} \right] [(v_{GS} - V_t) v_{DS}]$$

اس مساوات سے باریک v_{DS} کی صورت میں ماسفیٹ کی مزاحمت حاصل کی جا سکتی ہے یعنی

$$(33.4) \quad R = \frac{v_{DS}}{i_{DS}} = \frac{1}{k'_n \left[\frac{W}{L} \right] [v_{GS} - V_t]}$$

ماسفیٹ کے گیٹ پر برقی دباؤ تبدیل کر کے اس کی مزاحمت تبدیل کی جاتی ہے اور یوں ماسفیٹ کو بطور قابو مزاحمت استعمال کیا جا سکتا ہے۔

شکل 8.4 میں ماسفیٹ کا خط دکھایا گیا ہے جس میں افراستنہ اور غیر افراستنہ خطوں کے درمیان لکیر کھینچی گئی ہے۔ چونکہ ماسفیٹ غیر افراستنہ سے افراستنہ نقطے میں اس وقت داخل ہوتا ہے جب $v_{GS} - v_{DS} = V_t$ یعنی $v_{GS} = v_{DS} + V_t$ ہو لہذا مساوات



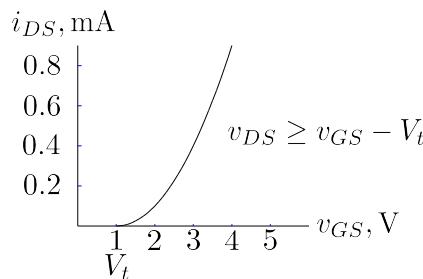
8.4 میں

28.4 میں میں مساوات حاصل ہو گی۔ یہ اس کی وجہ پر کرنے سے جبکہ مساوات حاصل ہو گی۔

$$(34.4) \quad i_{DS} = \frac{k_n}{2} v_{DS}^2$$

حاصل ہوتا ہے جسے شکل 8.4 میں ماسفیٹ کے خطوط پر کھینچا گیا ہے جبکہ مساوات 28.4 کو شکل 9.4 میں کھینچا گیا ہے۔ باب 3 میں دو ٹرانزیستور کے غیر افزائندہ اور افزائندہ خطے دکھانے گے ہیں۔ ان کا ماسفیٹ کے خطوں کے ساتھ موازنہ کریں۔ ٹرانزیستور تقریباً 0.2 V سے کم v_{CE} پر غیر افزائندہ جبکہ اس سے زیادہ برقی دباؤ پر افزائندہ ہوتا ہے۔ ماسفیٹ v_{DS} سے کم برقی دباؤ پر غیر افزائندہ جبکہ اس سے زیادہ برقی دباؤ پر افزائندہ ہوتا ہے جہاں v_{DS} کی قیمت مساوات 5.4 سے حاصل کی جاتی ہے۔ شکل 8.4 اور 9.4 میں $V_t = 1 \text{ V}$ اور $k_n = 0.2 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2}$ ہیں۔

ٹرانزیستور کے β کی طرح ایک ہی قسم کے k_n میں فرق پایا جاتا ہے۔ اسی طرح ان کے V_t میں بھی فرق پایا جاتا ہے۔ ان وجوہات کی بنا پر کسی بھی دور میں ماسفیٹ تبدیل کرنے سے نقطہ کارکردگی تبدیل ہونے کا امکان ہوتا ہے۔



شکل 4.9: افزائندہ ماسفیٹ کا برقی رو بمقابل گیٹ کی برقی دباؤ

v_{DS} کو دبوق سے جتنا بڑھایا جائے، نقطہ دبوق ڈرین خطے سے اتنا ہی دور ہو جاتا ہے۔ اگر اس برقی دباؤ کو بتدریج بڑھایا جائے تو نقطہ دبوق آخر کار سورس خطے تک پہنچ جاتا ہے اور ان خطوں کے مابین برقی رو تیزی سے بڑھتا ہے۔ یہ عمل تقریباً 20 V پر پیدا ہوتا ہے۔ یہ عمل از خود نقصان دہ نہیں جب تک بے قابو برقی رو ماسفیٹ کی قابل برداشت برقی رو کے حد سے تجاوز نہ کر جائے۔ یہ عمل نسبتاً کم لمبائی کے راہ رکھنے والے ماسفیٹ میں پایا جاتا ہے۔

ڈرین اور سیلکان بتری کے مابین برقی دباؤ کو ویران خطہ برداشت کرتا ہے۔ اگر یہ برقی دباؤ ویران خطے کی برداشت سے تجاوز کر جائے تو ویران خطہ تودہ کے عمل سے بے قابو ہو جائے گا جس سے ان خطوں کے مابین برقی رو تیزی سے بڑھنے شروع ہو جائے گا۔ یہ عمل عموماً 50 V تا 100 V 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 یہاں کے قابل 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 شدت برقی دباؤ بہت زیادہ بڑھ کر اس کے برداشت کی حد سے تجاوز کر جاتا ہے۔ یہ عمل تقریباً 50 V پر نمودار ہوتا ہے۔ اس عمل سے بچنے کی خاطر گیٹ پر ڈائیوڈ بطور شکنجہ لگایا جاتا ہے جو گیٹ پر برقی دباؤ کو اس خطراں کی حد سے کم رکھتا ہے۔ یاد رہے کہ عام استعمال میں ماسفیٹ کو قابل برداشت برقی دباؤ سے کم برقی دباؤ پر استعمال کیا جاتا ہے۔

2.3.4 درجہ حرارت کے اثرات

V_{BE} اور k'_n دونوں پر درجہ حرارت کا اثر پایا جاتا ہے۔ دو جوڑ ٹرانزسٹر کے کی طرح V_t بھی حرارت بڑھنے سے کم ہوتا ہے لیکن

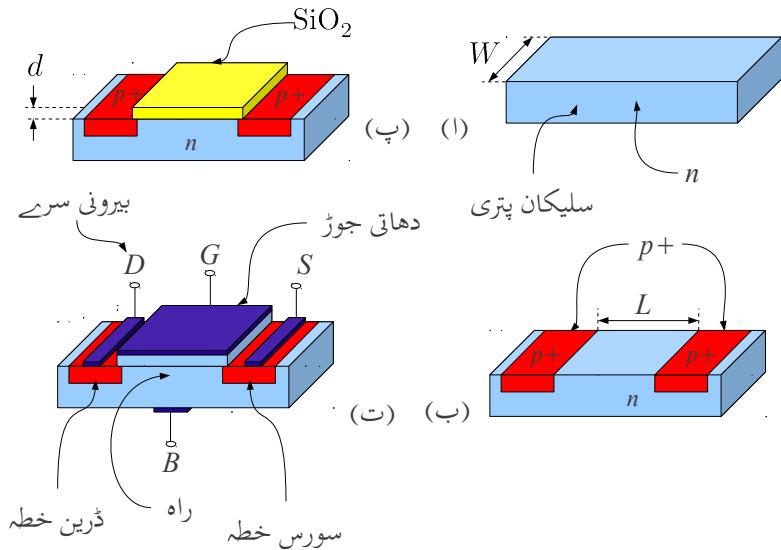
$$(35.4) \quad \frac{dV_t}{dT} = -2 \frac{\text{mV}}{\text{°C}}$$

البتہ k'_n کی قیمت درجہ حرارت بڑھنے سے بڑھتی ہے اور k'_n بڑھنے کا اثر گھٹنے کے اثر سے زیادہ ہوتا ہے لہذا ماسفیٹ کی مزاحمت درجہ حرارت بڑھنے سے بڑھتی ہے۔ قوی ماسفیٹ کو آپس میں متوازی جوڑتے وقت اس حقیقت کو زیر استعمال لایا جاتا ہے۔

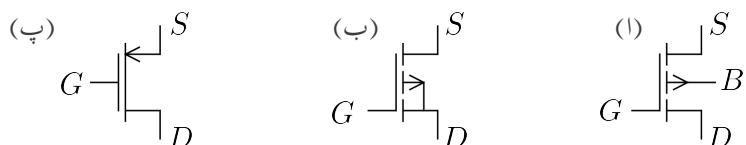
4.4 بڑھاتا pMOSFET ماسفیٹ

p ماسفیٹ، جسے ہم اس کتاب میں ثبت ماسفیٹ بھی کہیں گے، کو n قسم کی سلیکان پتھری پر بنایا جاتا ہے جس میں دو عدد p+ قسم کے نعلے بنائے جاتے ہیں۔ pMOSFET کی کارکردگی بالکل nMOSFET کی طرح ہے البتہ اس میں v_{DS} سمت بھی الٹی ہوتی ہے لیکن برقی رو ٹرانزسٹر کے ڈرین سرے سے باہر کی جانب ہوتا ہے۔ اسی لئے pMOSFET کے برقی رو کو i_{SD} لکھا جائے گا۔ p ماسفیٹ بنانے کی ترکیب شکل 10.4 میں دکھائی گئی ہے جبکہ اس کی علامتیں شکل 11.4 میں دکھائی گئی ہیں۔ pMOSFET کے راہ میں برقی رو خواہ کے حرکت کی بدولت ہے۔ سورس سے خواہ راہ میں خارج ہو کر ڈیڑھ تک سفر کرتے ہیں جہاں انہیں راہ سے حاصل کیا جاتا ہے۔ ماسفیٹ میں برقی رو خواہ کے اسی حرکت کی بدولت ہے۔

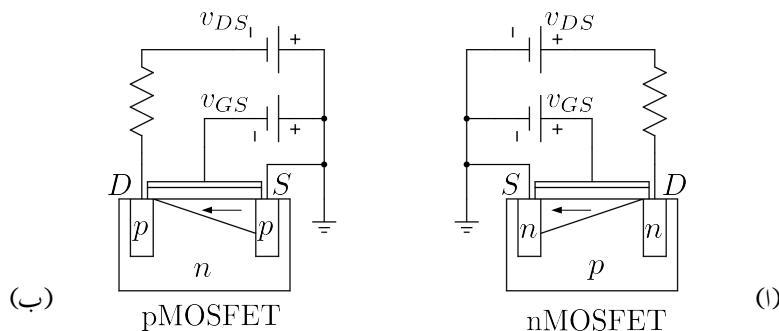
nMOSFET کی جامات کم ہونے کی بدولت سلیکان پتھری پر انہیں زیادہ تعداد میں بنایا جا سکتا ہے۔ یوں اگرچہ مخلوط ادوار میں nMOSFET کو pMOSFET پر ترجیح دی جاتی ہے مگر پھر بھی ان کی اپنی اہمیت ہے جس کی بناء پر انہیں بھی مخلوط ادوار میں استعمال کیا جاتا ہے۔ بالخصوص جڑوا ماسفیٹ (CMOS) ادوار جو کہ اہم ترین ادوار تصور کئے جاتے ہیں ان دونوں اقسام کو استعمال کرتے ہی بنائے جاتے ہیں۔



شکل 10.4: p-ماسیٹ کی ساخت



شکل 11.4: p-بڑھاتا-ماسیٹ کی علامتیں



شکل 12.4: بڑھاتے نقطہ دبوچ پر pMOSFET اور nMOSFET

شکل 12.4 میں موازنے کے لئے بڑھاتے pMOSFET اور nMOSFET کو نقطہ دبوچ پر مائل کرتے دکھائے گئے ہیں۔ pMOSFET میں سورس S کو برقی زمین پر رکھا گیا ہے۔ پیدا کردہ رہا میں برقی رو کو تیر کے نشان سے دکھایا گیا ہے۔ یوں اگر رہا کا بایاں سرا صفر ولٹ پر ہو تو اس کا بایاں سرا ثابت برقی دباؤ پر ہو گا۔ یوں گیٹ اور باکس سرے کے مابین برقی دباؤ زیادہ ہو گا جبکہ گیٹ اور داکس سرے کے مابین برقی دباؤ نسبتاً کم ہو گا جس سے رہا ترقیجی شکل کا پیدا ہو گا۔ جہاں گیٹ اور سیلیکان کے مابین برقی دباؤ زیادہ ہو وہاں رہا کی گہرائی زیادہ ہو گی۔ pMOSFET میں بھی سورس S کو برقی زمین پر رکھا گیا ہے۔ پیدا کردہ رہا میں برقی رو کو تیر کے نشان سے دکھایا گیا ہے۔ یوں اگر رہا کا بایاں سرا صفر ولٹ پر ہو تو اس کا بایاں سرا منقی برقی دباؤ پر ہو گا۔ یوں گیٹ اور داکس سرے کے مابین برقی دباؤ زیادہ ہو گا جبکہ گیٹ اور باکس سرے کے مابین برقی دباؤ نسبتاً کم ہو گا۔ جہاں گیٹ اور سیلیکان کے مابین برقی دباؤ زیادہ ہو وہاں رہا کی گہرائی زیادہ ہو گی۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ دونوں اقسام کے ماسیٹ میں پیدا کردہ رہا ڈرین پر دبوچ جاتا ہے۔

pMOSFET کے v_{SG} ، v_{DS} اور i_{DS} منفی مقداریں ہیں لہذا v_{SD} اور i_{SD} شبت مقدار ہوں گے۔ pMOSFET کے مساوات مندرجہ ذیل ہیں۔

نیم افزایش

1.4.4

$$(36.4) \quad \begin{aligned} v_{SG} &> -V_t \\ v_{DG} &\geq -V_t \\ i_{SD} &= k'_p \left[\frac{W}{L} \right] \left[(v_{SG} + V_t) v_{SD} - \frac{v_{SD}^2}{2} \right] \end{aligned}$$

نقطه دبورج

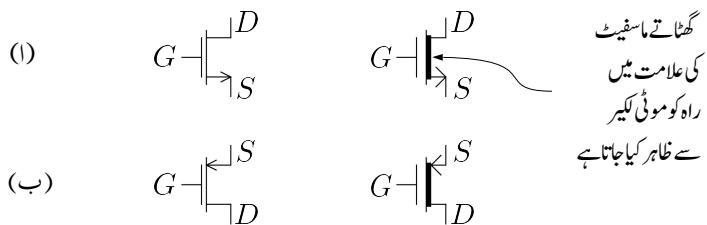
$$(37.4) \quad \begin{aligned} v_{SG} &> -V_t \\ v_{DG} &= -V_t \\ i_{SD} &= \frac{k'_p}{2} \left[\frac{W}{L} \right] [v_{SG} + V_t]^2 \end{aligned}$$

افزایش

$$(38.4) \quad \begin{aligned} v_{SG} &> -V_t \\ v_{DG} &\leq -V_t \\ i_{SD} &= \frac{k'_p}{2} \left[\frac{W}{L} \right] [v_{SG} + V_t]^2 \end{aligned}$$

منقطع

$$(39.4) \quad \begin{aligned} v_{SG} &\leq -V_t \\ i_{SD} &= 0 \end{aligned}$$



شکل 13.4: گھٹاتے اور بڑھاتے ماسفیٹ کی علامتیں

5.4 گھٹاتا n ماسفیٹ

nMOSFET گیٹ کے بالکل نیچے n قسم کے خطے کے اضافے سے n قسم کا گھٹاتا ماسفیٹ²⁵ وجود میں آتا ہے۔ شکل 13.4 الف میں n قسم کے گھٹاتے ماسفیٹ کی علامت دکھائی گئی ہے۔ گھٹاتے ماسفیٹ کی علامت میں راہ کو موٹی لکیر سے ظاہر کیا جاتا ہے۔ شکل الف میں n گھٹاتا ماسفیٹ کی علامت دکھائی گئی ہے۔ ساتھ ہی موازنے کی خاطر n بڑھاتے 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 ($v_{GS} = 0$) ہوتے ہوئے بھی اگر سورس اور ڈرین سروں کے مابین برقی دباؤ v_{DS} لاگو کی جائے تو ماسفیٹ میں برقی رو i_{DS} گزرنے گا۔ گیٹ پر برقی دباؤ بڑھانے 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 قسم کا گھٹاتا ماسفیٹ نکلا ہے۔ اگر گیٹ پر لاگو برقی دباؤ کو بذریع منفی جانب لے جایا جائے تو آخر کار راہ کی گہرائی صفر ہو جائے گی اور ماسفیٹ میں برقی رو کا گزرننا ممکن نہیں رہے گا۔ یہ برقی دباؤ اس ماسفیٹ کا V_t ہوتا ہے۔ یوں n قسم کے گھٹاتا ماسفیٹ کا V_t منفی قیمت رکھتا ہے۔

گھٹاتا اور بڑھاتا منفی ماسفیٹ کے مساوات میں کوئی فرق نہیں لہذا اب تک کے تمام بڑھاتا ماسفیٹ کے مساوات جوں کے توں گھٹاتا ماسفیٹ کے لئے بھی استعمال کئے جائیں گے۔

1.5.4 منقطع صورت

اگر گھٹاتا ماسفیٹ کے v_{GS} پر V_t سے کم (یعنی مزید منفی) برقی دباؤ لاگو کیا جائے تو راہ کا وجود نہیں رہے گا یعنی پیدا کردہ راہ نہیں رہے گا اور ماسفیٹ منقطع صورت²⁶ اختیار کر لے گا۔ اس شرط کو یوں بیان کیا جاتا ہے۔

$$(40.4) \quad v_{GS} \leq V_t$$

یوں اگر کسی گھٹاتا ماسفیٹ کا $V_t = -3.5V$ ہو اور اس کے گیٹ پر $v_{GS} = -4V$ لاگو کیا جائے تو یہ منقطع ہو جائے گا اور اگر اس کے گیٹ پر $v_{GS} = 5.3V$ اور یا $v_{GS} = 1.2V$ یا $v_{GS} = -2.2V$ ماسفیٹ چالو رہے گا۔

2.5.4 غیر افزائندہ

v_{GS} پر V_t سے زیادہ برقی دباؤ لاگو کرنے سے ماسفیٹ چالو حالت اختیار کر لیتا ہے۔ جب تک چالو ماسفیٹ کے گیٹ پر ڈرین بخطے سے $|V_t|$ ولٹ کم نہ ہو جائیں گھٹاتا ماسفیٹ غیر افزائندہ ہو گا۔ اس شرط کو یوں بیان کیا جاتا ہے۔

$$(41.4) \quad \begin{aligned} v_{GS} - v_{DS} &\geq V_t \\ v_{GD} &\geq V_t \end{aligned}$$

یوں اسی مثال کو آگے بڑھاتے ہوئے اگر $V_t = -3.5V$ ہو اور $v_{DS} < 8.8V$ رہے ماسفیٹ غیر افزائندہ رہے گا۔

cut off state²⁶

3.5.4 دبوچ

جب گیٹ پر ڈرین سے $|V_t|$ ولٹ کم ہو جائیں تو پیدا کردہ راہ دبوچا جاتا ہے۔ اس شرط کو یوں بیان کرتے ہیں۔

$$(42.4) \quad v_{GS} - v_{DS} = V_t \\ v_{GD} = V_t$$

$v_{DS} = 8.8\text{ V}$ $v_{GS} = 5.3\text{ V}$ اور $V_t = -3.5\text{ V}$ یوں کی صورت میں جب ہو تب پیدا کردہ راہ دبوچا جائے گا۔

4.5.4 افزائندہ

جب چالو ماسفیٹ کے ڈرین پر گیٹ سے $|V_t|$ ولٹ زیادہ ہوں تب یہ افزائندہ حال میں ہو گا۔ اس شرط کو یوں بیان کرتے ہیں۔

$$(43.4) \quad v_{GS} - v_{DS} \leq V_t \\ v_{GD} \leq V_t$$

$v_{DS} > 8.8\text{ V}$ $v_{GS} = 5.3\text{ V}$ اور $V_t = -3.5\text{ V}$ یوں کی صورت میں جب ہو تب ماسفیٹ افزائندہ خطے میں ہو گا۔

یہاں تسلی کر لیں کہ گھٹاتا ماسفیٹ کے مختلف خطوطوں کی مساواتیں بالکل وہی ہیں جو عام ماسفیٹ کی ہیں۔ فرق صرف اتنا ہے کہ گھٹاتا ماسفیٹ کے V_t کی قیمت منفی ہوتی ہے۔

6.4 گھٹاتا p ماسفیٹ

p قسم کا گھٹاتا ماسفیٹ اسی طرح p ماسفیٹ بناتے وقت سیلیکان پتھری میں گیٹ کے بالکل نیچے p قسم کی راہ، سورس سے ڈرین خطے تک بنانے سے پیدا ہوتا ہے۔

p قسم کے گھناتا ماسفیٹ اور عام p قسم کے مساوات ایک ہی طرح کے ہیں۔ فرق صرف اتنا ہے کہ p قسم کے گھناتا ماسفیٹ کی V_t کی قیمت ثابت ہوتی ہے۔ مزید یہ کہ کسی بھی p قسم کے ماسفیٹ کی طرح p قسم کے گھناتا ماسفیٹ میں برقی رو ڈرین سرے سے باہر کی جانب ہوتا ہے۔ شکل 13.4 ب میں p قسم کے گھناتے ماسفیٹ کی علامت دکھائی گئی ہے۔

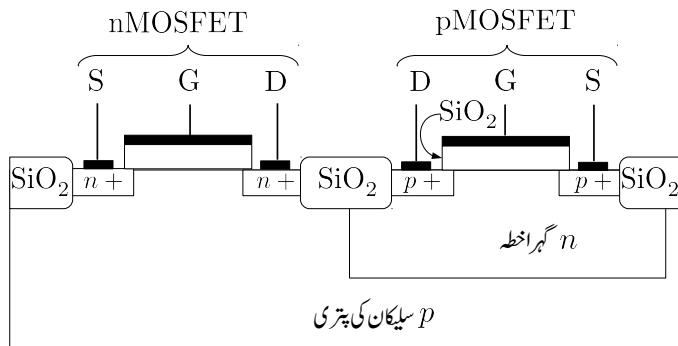
7.4 جزو اماسفیٹ CMOS

جزو اماسفیٹ nMOSFET اور pMOSFET دونوں استعمال کرتے بنے ہیں جنہیں سیلیکان پر بنایا جاتا ہے۔ تو بتا ہی p سیلیکان پر ہے البتہ pMOSFET بناتے وقت پہلے p سیلیکان میں گھرا n خطہ بنایا جاتا ہے اور پھر اس خطے میں pMOSFET بنایا جاتا ہے۔ شکل 14.4 میں جزو اماسفیٹ کی ساخت دکھائی گئی ہے۔ جزو اماسفیٹ کو عام فہم میں سیارہ²⁷ کہتے ہیں۔ شکل میں ماسفیٹ کے دونوں جانب SiO_2 کے گھرے حصے دکھائے گئے ہیں جو ساتھ ساتھ دو ماسفیٹ کو مکمل طور پر علیحدہ رکھنے کی خاطر استعمال کئے جاتے ہیں۔ یاد رہے کہ SiO_2 نہایت عمدہ غیر موصل ہے۔ سیماں کو p سیلیکان پر بھی بنایا جا سکتا ہے۔ پس اس میں pMOSFET کو گھرے n خطے میں بنانا ہو گا جبکہ n MOSFET تو بتا ہی p سیلیکان پر ہے۔

8.4 ماسفیٹ کے یک سمی ادوار کا حل

اس حصے میں ماسفیٹ کے یک سمی ادوار حل کئے جائیں گے۔ جیسے اس کتاب کے شروع میں بتایا گیا ہے، یک سمی متغیرات انگریزی کے بڑے حروف سے ظاہر کئے 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 حصے میں دئے گئے مثالوں کو پہلے خود حل کرنے کی کوشش کریں اور بعد میں کتاب میں دئے حل دیکھیں۔



شکل 14.4: سیلکان یا جردو ماسفیٹ کی ساخت

مثال 2.4: ایک منفی گھٹاتا ماسفیٹ جس کا $V_t = -3.2 \text{ V}$ اور $v_{DS} = 1 \text{ V}$ کا برقی رو مندرجہ ذیل پر حاصل کریں۔ $k_n = 0.1 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2}$

$$v_{GS} = -4 \text{ V} .1$$

$$v_{GS} = -3.2 \text{ V} .2$$

$$v_{GS} = -2.8 \text{ V} .3$$

$$v_{GS} = -2.2 \text{ V} .4$$

$$v_{GS} = 1.5 \text{ V} .5$$

: حل

$v_{GS} = -4 \text{ V} .1$ اور $V_t = -3.2 \text{ V}$ اور یوں گھٹاتا ماسفیٹ مفقط ہے اور اس میں برقی رو کا گزر ممکن نہیں ہے لیکن $i_{DS} = 0$ ہے۔ $v_{GS} < V_t$ ہے اور چونکہ $(-4 < -3.2)$ ہے لہذا

$v_{GS} = V_t$ اور $V_t = -3.2 \text{ V}$ اور $v_{GS} = -3.2 \text{ V}$.2
ہے۔ اس صورت پیدا کردہ راہ وجود میں آئے گا مگر اس کی گہرائی تقریباً صفر ہو گی اور اس میں برقی رو کا گزر ممکن نہیں ہے یعنی $i_{DS} = 0$ ہے۔

$(-2.8 > -3.2)$ اور $V_t = -3.2 \text{ V}$ پر چونکہ $v_{GS} = -2.8 \text{ V}$.3
ہے اور یوں گھٹاتا ماسفیٹ چالو ہے۔ $V_{DS} = 1 \text{ V}$ پر گیٹ اور
ڈرین کے ماہین برقی دباؤ

$$v_{GS} - v_{DS} = (-2.8) - (1) = -3.8 \text{ V}$$

ہے جو کہ V_t سے کم ہے یعنی

$$v_{GS} - v_{DS} < V_t$$

لہذا گھٹاتا ماسفیٹ افزائندہ ہے اور یوں

$$\begin{aligned} i_{DS} &= \frac{k_n}{2} [v_{GS} - V_t]^2 \\ &= \frac{0.1 \times 10^{-3}}{2} \times [(-2.8) - (-3.2)]^2 \\ &= 8 \mu\text{A} \end{aligned}$$

$(-2.2 > -3.2)$ اور $V_t = -3.2 \text{ V}$ اور $v_{GS} = -2.2 \text{ V}$.4
ہے اور یوں گھٹاتا ماسفیٹ چالو ہے۔ $V_{DS} = +1 \text{ V}$ پر گیٹ اور
ڈرین کے ماہین برقی دباؤ

$$v_{GS} - v_{DS} = (-2.2) - (1) = -3.2 \text{ V}$$

ہے جو کہ V_t کے برابر ہے یعنی

$$v_{GS} - v_{DS} = V_t$$

لہذا گھٹاتا ماسفیٹ نقطہ دبوچ پر ہے۔ یوں

$$\begin{aligned} i_{DS} &= \frac{k_n}{2} [v_{GS} - V_t]^2 \\ &= \frac{0.1 \times 10^{-3}}{2} [(-2.2) - (-3.2)]^2 \\ &= 50 \mu\text{A} \end{aligned}$$

(+1.5 > -3.2) اور $v_{GS} = 1.5 \text{ V}$.5 پر چونکہ $V_t = -3.2 \text{ V}$ اور $v_{GS} > V_t$ ہے اور یوں گھٹاتا ماسفیٹ چالو ہے۔ پر گیٹ اور ڈرین کے مابین برقی دباؤ ڈرین کے مابین برقی دباؤ

$$v_{GS} - v_{DS} = +1.5 - 1 = 0.5 \text{ V}$$

ہے جو کہ V_t سے زیادہ ہے یعنی

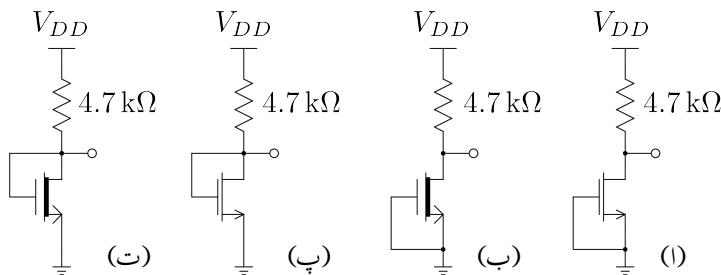
$$v_{GS} - v_{DS} > V_t$$

لہذا گھٹاتا ماسفیٹ غیر افرائید 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 3.4: شکل 15.4 اف میں منقی بڑھاتا ماسفیٹ کے گیٹ کو سورس کے ساتھ جوڑ کر دور بنایا گیا ہے۔ اس ماسفیٹ کا $k_n = 0.2 \text{ mA V}^{-2}$ اور $V_t = 3 \text{ V}$ ہے۔ دور میں برقی رو حاصل کریں۔ جبکہ دور میں $V_{DD} = 10 \text{ V}$

حل: n قسم کے بڑھاتا ماسفیٹ کے V_t کی قیمت ہر صورت ثابت ہوتی ہے۔ n قسم کے ماسفیٹ کا گیٹ اور سورس آپس میں جوڑنے سے $V_{GS} = 0$ ہو جاتا ہے اور یوں $I_{DS} = 0$ ہوتا ہے جس سے ماسفیٹ منقطع ہو جاتا ہے اور ہوتا ہے۔



شکل 15.4: ماسفیٹ کے یک سمتی ادوار

مثال 4.4: شکل 15.4 ب میں مخفی گھٹاتا ماسفیٹ کے گیٹ کو سورس کے ساتھ جوڑ کر دور بنایا گیا ہے۔ اس ماسفیٹ کا $V_t = -3\text{V}$ اور $k_n = 0.2 \text{ mAV}^{-2}$ ہے۔ دور میں برقی رو حاصل کریں۔ جبکہ دور میں $V_{DD} = 10\text{V}$ ہے۔

حل: n قسم کے گھٹاتا ماسفیٹ کے V_t کی قیمت ہر صورت منفی ہوتی ہے۔ n قسم کے ماسفیٹ کا گیٹ اور سورس آپس میں جوڑنے سے $V_{GS} = 0$ ہو جاتا ہے اور یوں $V_{GS} > V_t$ یعنی ماسفیٹ چالو ہوتا ہے۔ اب یہ دیکھنا ہو گا کہ آیا یہ ماسفیٹ افزائندہ خطے میں ہے یا کہ غیر افزائندہ خطے میں۔

ماسفیٹ کے سوالات میں عموماً قبل از وقت یہ جاننا ممکن نہیں ہوتا کہ ماسفیٹ افزائندہ یا غیر افزائندہ خطے میں ہے۔ یوں آپ جان نہیں سکتے کہ ماسفیٹ کی برقی رو حاصل کرتے وقت افزائندہ ماسفیٹ کی مساوات یا غیر افزائندہ ماسفیٹ کی مساوات استعمال ہو گی۔

اس طرح کے سوالات حل کرتے وقت آپ تصور کریں گے کہ ماسفیٹ افزائندہ (یا غیر افزائندہ) خطے میں ہے²⁸ اور پھر دور حل کرنے کی کوشش کریں گے۔ حل کرنے کے بعد دوبارہ تسلی کریں گے کہ ماسفیٹ افزائندہ (یا غیر افزائندہ) خطے میں ہی ہے۔ اگر حتیٰ جواب اور تصور کردہ صورتیں یکساں نکل آئیں تو حل تسلیم کر لیا جاتا ہے ورنہ ماسفیٹ

²⁸ میری عادت ہے کہ میں ماسفیٹ کو افزائندہ تصور کر کے دور حل کرنے کی کوشش پہلے کرتا ہوں۔

کو غیر افزائندہ (افزاں نہ) تصور کر کے دور کو دوبارہ حل کیا جاتا ہے۔ آئین اس ترکیب کو استعمال کریں۔

ہم تصور کرتے ہیں کہ گھٹاتا ماسفیٹ افزائندہ خطے میں ہے۔ یوں مساوات 28.4 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 جانب کرخوف کا قانون برائے برقی دباؤ 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 افزائندہ ہے یا نہیں۔ مساوات 8.4 کا آخری جزو افزائندہ ماسفیٹ کی شرط بیان کرتا ہے۔ موجودہ مثال میں

$$V_{GS} - V_{DS} = 0 - 5.77 = -5.77 \text{ V}$$

ہے جبکہ $V_{GS} - V_{DS} < V_t$ ہے۔ یوں $V_t = -3 \text{ V}$ کی شرط پوری ہوتی ہے اور ماسفیٹ یقیناً افزائندہ ہی ہے لہذا $I_{DS} = 0.9 \text{ mA}$ ہی صحیح جواب ہے۔

آئین اسی مثال میں ماسفیٹ کو غیر افزائندہ تصور کر کے مثال کو دوبارہ حل کرتے ہیں۔ غیر افزائندہ ماسفیٹ کی مساوات حل کرنے کی خاطر V_{DS} کا معلوم ہونا ضروری ہے۔ دور کے خارجی جانب کرخوف کے قانون برائے برقی دباؤ سے ملتا ہے

$$\begin{aligned} V_{DD} &= I_{DS} R_D + V_{DS} \\ 10 &= I_{DS} \times 4.7 \times 10^3 + V_{DS} \\ V_{DS} &= 10 - 4700 I_{DS} \end{aligned}$$

غیر افزائندہ ماسفیٹ کے مساوات میں V_{DS} کی جگہ اسے استعمال کرتے حل کرتے ہیں۔

$$I_{DS} = k_n \left[(V_{GS} - V_t) V_{DS} - \frac{V_{DS}^2}{2} \right]$$

$$\frac{I_{DS}}{k_n} = \left[(V_{GS} - V_t) V_{DS} - \frac{V_{DS}^2}{2} \right]$$

$$\frac{I_{DS}}{0.2 \times 10^{-3}} = \left[(0 - (-3)) (10 - 4700 I_{DS}) - \frac{(10 - 4700 I_{DS})^2}{2} \right]$$

س

$$I_{DS} = 1.26 \mp j0.46 \text{ mA}$$

حاصل ہوتا ہے۔ یہ مخلوط جوابات ہیں۔ غیر حقیقی برقی رو معنی نہیں رکھتی لہذا ماسفیٹ کے غیر افزائندہ ہونے کو رد کیا جاتا ہے۔

مثال 5.4: شکل 15.4 پ میں منفی بڑھاتا ماسفیٹ کے ڈرین اور گیٹ جوڑ کر یک سمتی دور بنایا گیا ہے۔ اس ماسفیٹ کا $k_n = 0.2 \text{ mA V}^{-2}$ اور $V_t = 3 \text{ V}$ ہیں جبکہ دور میں $V_{DD} = 10 \text{ V}$ ہے۔ دور میں برقی رو حاصل کریں۔

حل: گیٹ اور ڈرین جوڑنے سے گیٹ اور ڈرین برابر برقی دباؤ پر ہوں گے یعنی

$$V_{GS} = V_{DS}$$

ہو گا۔ یوں $V_{GS} - V_{DS} < V_t$ ہو گا اور یوں $V_{GS} - V_{DS} = 0$ ہو گا۔ اس طرح ماسفیٹ افزائندہ 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 پ کے خارجی جانب کرخوف کے قانون 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 یوں 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 افرائندہ ماسفیٹ کے مساوات کے ساتھ حل کرنے سے برقی رو حاصل کی جا سکتی ہے۔ اس مساوات سے حاصل V_{GS} کو افرائندہ ماسفیٹ کے ماسفیٹ میں 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 $V_{GS} < V_t$ ہے جس سے $V_{GS} = -2.06 \text{ V}$ حاصل ہوتا ہے۔ اگر ایسا ہوتا تو ماسفیٹ منقطع ہوتا اور اس میں برقی رو کا گزر ممکن نہیں ہوتا لہذا یہ جواب غلط ہے۔ دوسرا جواب کے مطابق $V_{GS} = 5.94 \text{ V}$ حاصل ہوا ہے اور یوں $V_{GS} > V_t$ ہے۔ اس طرح ماسفیٹ چالو حال میں ہے اور جواب تسلیم کرنا ہو گا۔

مثال 6.4: شکل 15.4 ت میں متنی گھٹاتا ماسفیٹ کا گیٹ اور ڈرین جوڑ کر دور بنایا گیا ہے۔ اس ماسفیٹ کا $k_n = 0.2 \text{ mA}V^{-2}$ اور $V_t = -3 \text{ V}$ ہیں جبکہ دور میں $V_{DD} = 10 \text{ V}$ ہے۔ دور میں برقی رو حاصل کریں۔

حل: اس مثال میں خارجی جانب کرخوف کے قانون برائے برقی دباؤ کے تحت

$$\begin{aligned} V_{DD} &= I_{DS} R_D + V_{DS} \\ 10 &= I_{DS} \times 4700 + V_{DS} \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے۔ چونکہ گیٹ اور ڈرین آپس میں جڑے ہیں لہذا ان پر برابر برقی دباؤ پایا جائے گا یعنی $V_{GS} = V_{DS}$ ہو گا لہذا اس مساوات کو یوں بھی لکھ سکتے ہیں۔

$$\begin{aligned} V_{DD} &= I_{DS} R_D + V_{GS} \\ 10 &= I_{DS} \times 4700 + V_{GS} \\ V_{GS} &= 10 - 4700 I_{DS} \end{aligned}$$

اگر ماسفیٹ منقطع ہو تو برقی رو کی مقدار صفر ہو گی اور اس صورت میں اس مساوات کے تحت $V_{GS} = 10 \text{ V}$ حاصل ہوتا ہے۔ گھٹاتا ماسفیٹ کا متنی ہوتا ہے اور یوں یہاں $V_{GS} > V_t$ ہے جو کہ چالو ماسفیٹ کی نشانی ہے۔ یوں اس ماسفیٹ کو منقطع تصور کرنا غلط ہے۔ آئیں اب دیکھتے ہیں کہ آیا ماسفیٹ افزائندہ یا غیر افزائندہ خطے میں ہے۔

گیٹ اور ڈرین آپس میں جڑے ہونے کی وجہ سے $V_{GS} - V_{DS} = 0$ ہو گا۔ چونکہ گھٹاتا ماسفیٹ کا V_t متنی مقدار ہوتا ہے لہذا $V_{GS} - V_{DS} > V_t$ ہے یہاں ہو گا اور یوں اگر یہ ماسفیٹ چالو ہو تو یہ ہر صورت غیر افزائندہ خطے میں ہو گا اور اس کی مساوات غیر افزائندہ ماسفیٹ کی مساوات سے حاصل کی جا سکتی ہے۔

$$\begin{aligned} I_{DS} &= k_n \left[(V_{GS} - V_t) V_{DS} - \frac{V_{DS}^2}{2} \right] \\ \frac{I_{DS}}{k_n} &= (10 - 4700 I_{DS} + 3) (10 - 4700 I_{DS}) - \frac{(10 - 4700 I_{DS})^2}{2} \\ I_{DS} &= 4.3 \text{ mA}, 1.68 \text{ mA} \end{aligned}$$

ہم جانتے ہیں کہ اگر یہاں ماسفیٹ چالو ہو تب یہ غیر افزائندہ ہو گا لہذا دیکھنا یہ ہے کہ آیا ماسفیٹ چالو ہے یا نہیں۔

$$I_{DS} = 4.3 \text{ mA} \quad \text{اگر} \quad \text{ہو تب}$$

$$\begin{aligned} V_{GS} &= 10 - 4700 I_{DS} \\ &= 10 - 4700 \times 4.3 \times 10^{-3} \\ &= -10.21 \text{ V} \end{aligned}$$

اور یوں $V_{GS} < V_t$ ہو گا جو کہ منقطع ماسفیٹ کی نشانی ہے۔ منقطع ماسفیٹ برقی رو گزار ہی نہیں سکتا لہذا اس جواب کو رد کیا جاتا ہے۔

$$I_{DS} = 1.68 \text{ mA} \quad \text{اگر} \quad \text{ہو تب}$$

$$\begin{aligned} V_{GS} &= 10 - 4700 I_{DS} \\ &= 10 - 4700 \times 1.68 \times 10^{-3} \\ &= 2.104 \text{ V} \end{aligned}$$

اور یوں $I_{DS} = 1.68 \text{ mA}$ ہو گا جو کہ چالو ماسفیٹ کی نشانی ہے۔ یوں $V_{GS} > V_t$ ہی درست جواب ہے۔

مثال 7.4: شکل 15.4 پ میں

$$k_n = 0.15 \text{ mAV}^{-2}$$

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

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

ہیں۔ برقی رو $I_{DS} = 0.6 \text{ mA}$ حاصل کرنے کی خاطر R_D کی قیمت دریافت کریں۔

حل: جیسے مثل 6.4 میں ثابت کیا گیا، بڑھاتا n ماسفیٹ کا گیٹ اور ڈرین جوڑنے سے ماسفیٹ چالو حال میں رہتا ہے۔ مزید یہ کہ یہ افزائندہ ہوتا ہے جیسے مندرجہ ذیل مساوات سے دیکھا جا سکتا ہے۔

$$\begin{aligned}V_{GS} &= V_{DS} \\V_{GS} - V_{DS} &= 0 \\V_{GS} - V_{DS} &< V_t\end{aligned}$$

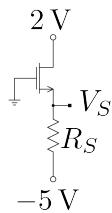
یوں افزائندہ ماسفیٹ کی مساوات استعمال کرتے ہوئے حل کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned}I_{DS} &= \frac{k_n}{2} (V_{GS} - V_t)^2 \\0.6 \times 10^{-3} &= \frac{0.15 \times 10^{-3}}{2} (V_{GS} - 3)^2 \\\frac{2 \times 0.6 \times 10^{-3}}{0.15 \times 10^{-3}} &= (V_{GS} - 3)^2 \\8 &= (V_{GS} - 3)^2 \\V_{GS} &= \mp \sqrt{8} + 3 \\V_{GS} &= 0.172 \text{ V}, 5.828 \text{ V}\end{aligned}$$

وہ $V_{GS} < V_t$ کے جواب کو رد کرتے ہیں چونکہ اس طرح $V_{GS} = 0.172 \text{ V}$ گا اور ماسفیٹ منقطع ہو گا۔ $V_{GS} = 5.828 \text{ V}$ کو تسلیم کرتے ہوئے دور کے خارجی جانب کرخوف کے قانون برائے برقی دباد میں V_{DS} کی قیمت کو حاصل شدہ V_{GS} کی قیمت کے برابر لیتے ہوئے

$$\begin{aligned}V_{DD} &= I_{DS} R_D + V_{DS} \\10 &= 0.6 \times 10^{-3} \times R_D + 5.828 \\R_D &= 6.95 \text{ k}\Omega\end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے۔



شکل 16.4:

مثال 8.4: اگر شکل 16.4 میں $V_t = 2.5\text{V}$ ، $k_n = 0.4\text{mAV}^{-2}$ اور $R_S = 2\text{V}$ تو اس دور کے مزاحمت کی قیمت حاصل کریں۔

حل: دور کے داخلی جانب کرنوف کے قانون برائے برقی دباؤ کے تحت

$$\begin{aligned}V_{GS} + I_{DS}R_S - 5 &= 0 \\V_{GS} &= 5 - I_{DS}R_S\end{aligned}$$

اگر ماسفیٹ منقطع ہو تب برقی رو کی 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 ثابت ہوتا ہے جو کہ چالو ماسفیٹ کی نشانی ہے۔ لہذا ماسفیٹ منقطع 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 افزائندہ ماسفیٹ کی نشانی

ہے۔ اس طرح افزائندہ ماسفیٹ کی مساوات استعمال ہو گی

$$\begin{aligned} I_{DS} &= \frac{k_n}{2} (V_{GS} - V_t)^2 \\ I_{DS} &= \frac{k_n}{2} ([5 - I_{DS}R_S] - V_t)^2 \\ 0.8 \times 10^{-3} &= \frac{0.4 \times 10^{-3}}{2} \left(5 - 0.8 \times 10^{-3} \times R_S - 2.5 \right)^2 \\ \mp \sqrt{4} &= (2.5 - 0.8 \times 10^{-3} \times R_S) \\ R_S &= 0.625 \text{ k}\Omega, \quad 5.625 \text{ k}\Omega \end{aligned}$$

اگر $R_S = 0.625 \text{ k}\Omega$ تو

$$V_{GS} = 5 - I_{DS}R_S = 5 - 0.8 \times 10^{-3} \times 0.625 \times 10^3 = 4.5 \text{ V}$$

ہو گا اور یوں ہو گا یعنی ماسفیٹ چالو ہو گا جو کہ قابل قبول جواب ہے۔ اس کے برعکس اگر $R_S = 5.625 \text{ k}\Omega$ ہو تو

$$V_{GS} = 5 - I_{DS}R_S = 5 - 0.8 \times 10^{-3} \times 5.625 \times 10^3 = 0.5 \text{ V}$$

ہو گا اور یوں ہو گا یعنی ماسفیٹ منقطع ہو گا۔ منقطع ماسفیٹ میں برقرار رہنے کا گزرنامہ نہیں اور یوں یہ ناقابل قبول جواب ہے اور اسے رد کیا جاتا ہے۔

مثال 9.4: شکل 17.4 الف میں دئے گئے دور کو اس طرح تحلیق کریں کہ $V_D = 2 \text{ V}$ ، $I_{DS} = 2 \text{ mA}$ ، $V_t = 3.3 \text{ V}$ ، $V_{DD} = 15 \text{ V}$ ، $k_n = 0.6 \text{ mAV}^{-2}$ اور $V_{SS} = -10 \text{ V}$ رکھیں۔

حل: چونکہ گیٹ صفر جکہ ڈرین دو ولٹ پر ہے لہذا $V_{GD} = -2 \text{ V}$ اور یوں $V_{GD} < V_t$ ہے جو کہ افزائندہ ماسیٹ کی نشانی ہے۔ یوں

$$I_{DS} = \frac{k_n}{2} (V_{GS} - V_t)^2$$

$$2 \times 10^{-3} = \frac{0.6 \times 10^{-3}}{2} (V_{GS} - 3.3)^2$$

$$V_{GS} = 3.3 \pm \sqrt{\frac{4}{0.6}}$$

$$V_{GS} = 0.718 \text{ V}, 5.88 \text{ V}$$

اگر $V_{GS} < V_t$ لیا جائے تب $V_{GS} = 0.718 \text{ V}$ لہذا اس جواب کو رد کیا جاتا ہے۔ یوں صحیح جواب ہے۔ دور کے خارجی جانب کرخوف کے قانون برائے برقی دباؤ کے تحت

$$V_{GS} = V_G - V_S$$

$$5.88 = 0 - V_S$$

$$V_S = -5.88 \text{ V}$$

یوں اُوہم کے قانون کے تحت

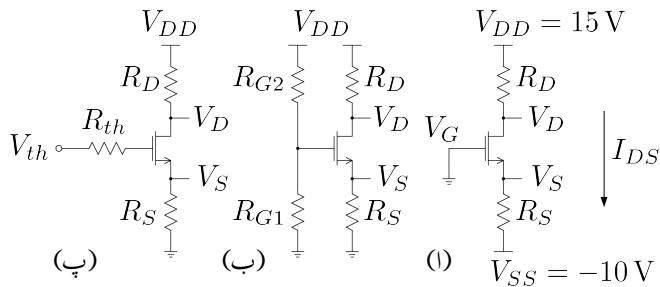
$$R_S = \frac{V_S - V_{SS}}{I_{DS}} = \frac{-5.88 - (-10)}{2 \times 10^{-3}} = 2.06 \text{ k}\Omega$$

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 10.4: شکل 17.4 ب میں دو جوڑ ٹرانزسٹر مائل کرنے کے طرز پر گیٹ



شکل 17.4: ماسفیٹ کے مزیدیک سمتی ادوار

کے ساتھ دو مزاحمت منسلک کر کے ماسفیٹ کو مائل کیا گیا ہے۔ اگر

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

$$R_D = 6.8 \text{ k}\Omega$$

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

$$R_{G1} = R_{G2} = 10 \text{ M}\Omega$$

$$V_t = 2.5 \text{ V}$$

$$k_n = 0.1 \text{ mA V}^2$$

ہوں تب اس دور میں تمام برقی دباؤ اور برقی رو حاصل کریں۔

حل: شکل پ میں اس کا مساوی تھونن دور دکھایا گیا ہے جہاں

$$V_{th} = \frac{R_{G1} V_{DD}}{R_{G1} + R_{G2}} = 6 \text{ V}$$

$$R_{th} = \frac{R_{G1} R_{G2}}{R_{G1} + R_{G2}} = 5 \text{ M}\Omega$$

چونکہ ماسفیٹ کے گیٹ پر برقی رو کی قیمت صفر ہوتی ہے (لہذا ماسفیٹ کے گیٹ پر برقی دباؤ اسی تھونن برقی دباؤ کے برابر ہو گا یعنی

$$V_G = 6 \text{ V}$$

شکل ب میں گیٹ کو سکھلے سرے تصور کرتے ہوئے R_1 اور R_2 کے جوڑ پر یہی 6 V پائے جائیں گے۔ یوں ماسفیٹ کے ادوار حل کرتے ہوئے تھونن مساوی دور بنانا لازم نہیں اور شکل ب پر ہی گیٹ پر 6 V لکھ کر آگے بڑھا جا سکتا ہے۔

خارجی جانب مراحت پر اُہم کا قانون لگو کرنے سے ماسفیٹ کے سورس اور ڈرین سروں پر برقی دباد کے مندرجہ ذیل کلیات حاصل ہوتے ہیں۔

$$V_{DD} - V_D = I_{DS} R_D$$

$$V_D = V_{DD} - I_{DS} R_D$$

$$V_D = 12 - 6800 I_{DS}$$

$$V_S = I_{DS} R_S = 5600 I_{DS}$$

یوں

$$V_{GS} = V_G - V_S = (6) - (5600 I_{DS})$$

$$V_{GD} = V_G - V_D = (6) - (12 - 6800 I_{DS}) = -6 + 6800 I_{DS}$$

ہو گا۔ ان معلومات کے ساتھ رہتے ہوئے ہم یہ نہیں کہہ سکتے کہ ماسفیٹ افزائندہ یا غیر افزائندہ خلطے میں ہے۔ اس طرح کے مسائل میں ہم ماسفیٹ کو افزائندہ (غیر افزائندہ) تصور کر کے دور کو حل کرتے ہیں۔ حقیقی جواب حاصل ہونے کے بعد دوبارہ دیکھتے ہیں کہ آیا ماسفیٹ افزائندہ (غیر افزائندہ) ہی ہے۔ آئیں ایسا ہی کرتے ہوئے ہم ماسفیٹ کو افزائندہ 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۔

$$V_{GS} = 6 - 1.65 \times 10^{-3} \times 5.6 \times 10^3 = -3.24 \text{ V}$$

0.237 mA حاصل ہوتا ہے لہذا اس جواب کو رد کیا جاتا ہے۔

$$V_{GS} < V_t \quad \text{یعنی سے}$$

$$V_{GS} = 6 - 0.237 \times 10^{-3} \times 5.6 \times 10^3 = 4.67 \text{ V}$$

$V_{GS} > V_t$ حاصل ہوتا ہے جو کہ چالو ماسفیٹ کی نشانی ہے۔ مزید یہ کہ اس برقی رو سے

$$V_{GD} = -6 + 0.237 \times 10^{-3} \times 6.8 \times 10^3 = -4.39 \text{ V}$$

یعنی $V_{GD} < V_t$ حاصل ہوتا ہے جو کہ افزائندہ ماسفیٹ کی نشانی ہے۔ یہنے 0.237 mA کو درست جواب تسلیم کیا جاتا ہے۔ اس طرح

$$V_D = 12 - 0.237 \times 10^{-3} \times 6.8 \times 10^3 = 10.388 \text{ V}$$

$$V_S = 0.237 \times 10^{-3} \times 5.6 \times 10^3 = 1.327 \text{ V}$$

حاصل ہوتے ہیں۔

مثال 11.4 ب میں شکل 17.4

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

$$R_D = 8 \text{ k}\Omega$$

$$R_S = 2 \text{ k}\Omega$$

$$V_t = 2.5 \text{ V}$$

$$k_n = 0.2 \text{ mA V}^2$$

ہیں۔ اس ایپلیفائر کے گیٹ پر لامحدود کپیسٹر کے ذریعہ داخلی اشارہ مہیا کیا جاتا ہے۔ v_{DS} کی زیادہ سے زیادہ تناظل چوٹی کے لئے درکار نقطہ مائل حاصل کریں۔

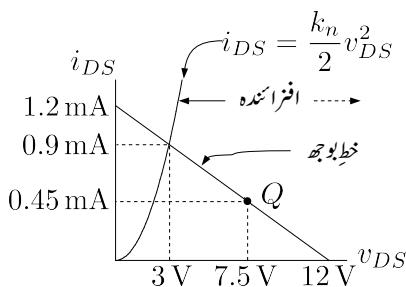
حل: خط بوجہ²⁹ کی مساوات

$$V_{DD} = v_{DS} + i_{DS} (R_D + R_S)$$

$$12 = v_{DS} + 10000 i_{DS}$$

کو شکل 18.4 میں گراف کیا گیا ہے۔ شکل میں نقطہ دبوج کے گراف کی مدد سے افزائندہ خطے کی نشاندہی بھی کی گئی ہے۔ نقطہ دبوج کا خط مساوات 34.4 سے حاصل کیا گیا یعنی

$$i_{DS} = \frac{k_n}{2} v_{DS}^2$$



فکل 18.4: خط بوجہ سے نقطہ کارکردگی کا حصول

ان دو مساوات کو اکٹھے کرتے ہوئے

$$\begin{aligned} 12 &= v_{DS} + 10000i_{DS} \\ &= v_{DS} + 10000 \times \frac{0.2 \times 10^{-3}}{2} v_{DS}^2 \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اس دو درجی مساوات سے $v_{DS, \text{دبوچ}} = 3 \text{ V}$ حاصل ہوتا ہے۔ اس کا دوسرا جواب -4 V ہے جسے رد کیا جاتا ہے چونکہ $v_{DS, \text{دبوچ}}$ ممکن نہیں۔ حاصل $i_{DS, \text{دبوچ}} = 0.9 \text{ mA}$ سے $v_{DS, \text{دبوچ}}$ حاصل ہوتا ہے۔

ماسفیٹ ایمپلیفیاٹر خط بوجہ پر چہل قدمی کرتا ہے۔ جیسے شکل میں دکھایا گیا ہے، ماسفیٹ اس وقت تک افرا اندہ رہتا ہے جب تک v_{DS} کی قیمت $v_{DS, \text{دبوچ}}$ سے زیادہ ہو۔ یوں ماسفیٹ کا v_{DS} تین ولٹ سے کم نہیں رکھا جا سکتا لہذا

$$\begin{aligned} 3 \text{ V} &\leq v_{DS} < 12 \text{ V} \\ 0 &< i_{DS} < 0.9 \text{ mA} \end{aligned}$$

خارجی متغیرات کے حدود ہیں جن میں ماسفیٹ افرا اندہ رہے گا۔ ان قیتوں کے باکل درمیانی نقطے پر نقطہ کارکردگی رکھنے سے زیادہ سے زیادہ v_{DS} اور i_{DS} حاصل کرنا ممکن ہو گا۔ یوں نقطہ کارکردگی کو $(7.5 \text{ V}, 0.45 \text{ mA})$ رکھا جائے گا۔

مثال 12.4: p بڑھاتا ماسفیٹ استعمال کرتے ہوئے شکل 19.4 الف کا دور بنایا گیا ہے۔ ماسفیٹ کو افزائندہ نظر میں رکھتے ہوئے $I_{SD} = 0.2 \text{ mA}$ اور $V_D = 4 \text{ V}$ اور حاصل کریں۔

حل: حاصل کرنے کی خاطر اُوہم کے قانون حاصل کرنے کی خاطر اُوہم کے قانون کے تحت

$$\begin{aligned}V_D &= I_{SD} R_D \\4 &= 0.2 \times 10^{-3} R_D \\R_D &= 20 \text{ k}\Omega\end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے۔

افزاںندہ ماسفیٹ کی مساوات سے

$$\begin{aligned}I_{SD} &= \frac{k_p}{2} (V_{SG} + V_t)^2 \\0.2 \times 10^{-3} &= \frac{0.1 \times 10^{-3}}{2} (V_{SG} - 2)^2 \\V_{SG} &= 0 \text{ V}, 4 \text{ V}\end{aligned}$$

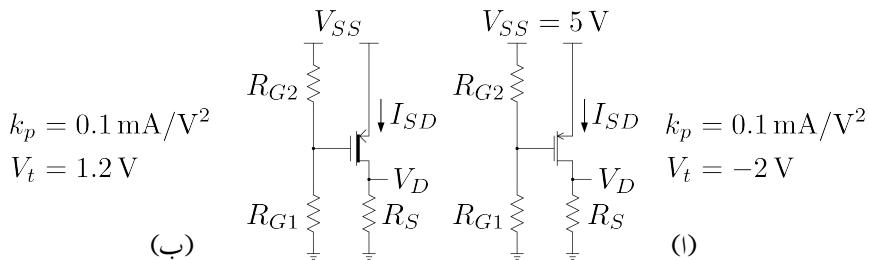
$V_{SG} > -V_t$ افزاںندہ p بڑھاتا ماسفیٹ کے لئے ضروری ہے کہ رہے۔ چونکہ

$$-V_t = -(-2) = 2 \text{ volt}$$

ہے لہذا اس شرط کا مطلب ہے کہ جواب تسلیم کیا جاتا ہے۔ یوں چونکہ لہذا $V_{SG} = 4 \text{ V}$ $V_{SG} > 2 \text{ V}$ ہو۔ یوں $V_S = 5 \text{ V}$

$$\begin{aligned}V_{SG} &= V_S - V_G \\4 &= 5 - V_G \\V_G &= 1 \text{ V}\end{aligned}$$

درکار ہے۔ $V_G = 1 \text{ V}$ اور R_{G2} کے قیمتیں چن کر R_{G1} حاصل کیا جا



شکل 19.4: p ماسیٹ کے یک سمتی ادوار

سکتا ہے۔ مثلاً اگر $R_{G1} = 1 \text{ M}\Omega$ چنانچہ جائے تو

$$V_G = \frac{R_{G1} V_{SS}}{R_{G1} + R_{G2}}$$

$$R_{G2} = R_{G1} \left(\frac{V_{SS}}{V_G} - 1 \right)$$

$$R_{G2} = 4 \text{ M}\Omega$$

حاصل ہوتا ہے۔

مثال 13.4: شکل 19.4 ب میں p قسم کا گھناتا ماسفیٹ استعمال کرتے دور بنایا گیا ہے جس میں ماسفیٹ کو افزائندہ رکھتے ہوئے $I_{SD} = 0.2 \text{ mA}$ اور $V_D = 1 \text{ V}$ درکار ہیں۔ اس دور کو حل کریں۔

حل: اُوہم کے قانون کے تحت

$$V_D = I_{SD} R_D$$

$$1 = 0.2 \times 10^{-3} R_D$$

$$R_D = 5 \text{ k}\Omega$$

افزاں نہ ماسفیٹ کی مساوات سے

$$I_{SD} = \frac{k_p}{2} (V_{SG} + V_t)^2$$

$$0.2 \times 10^{-3} = \frac{0.1 \times 10^{-3}}{2} (V_{SG} + 1.2)^2$$

$$V_{SG} = -3.2 \text{ V}, 0.8 \text{ V}$$

چالو p قم کے گھٹاتا ماسفیٹ کے لئے $V_{SG} > -V_t$ یعنی ضروری ہے۔ یوں $V_{SG} = 0.8 \text{ V}$ کو رد کیا جاتا ہے اور $V_{SG} = -3.2 \text{ V}$ درست جواب تسلیم کیا جاتا ہے۔ یوں

$$V_{SG} = V_S - V_G$$

$$0.8 = 5 - V_G$$

$$V_G = 4.2 \text{ V}$$

درکار ہے۔ لیتے ہوئے $R_{G1} = 10 \text{ M}\Omega$

$$R_{G2} = R_{G1} \left(\frac{V_{SS}}{V_G} - 1 \right) = 10 \times 10^6 \left(\frac{5}{4.2} - 1 \right) = 1.9 \text{ M}\Omega$$

حاصل ہوتا ہے۔

مثال 14.4: شکل 20.4 الف میں گھٹاتا حاصل کریں۔ ماسفیٹ کے

$$k_n = 0.1 \text{ mA V}^{-2}$$

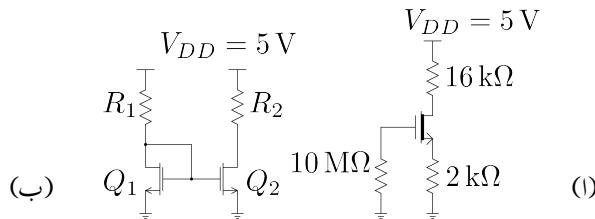
$$V_t = -1 \text{ V}$$

ہیں۔

حل: ماسفیٹ کا گیٹ برقی زمین پر ہے یعنی $V_G = 0 \text{ V}$ ہے۔ بقایا دو سروں کے لئے ہم لکھ سکتے ہیں۔

$$V_S = I_{DS} R_S = 2000 I_{DS}$$

$$V_D = V_{DD} - I_{DS} R_D = 5 - 16000 I_{DS}$$



شکل 20.4: ماسفیٹ کے یک سختی ادوار

پوس

$$V_{GS} = V_G - V_S = 0 - 2000I_{DS} = -2000I_{DS}$$

تصور کرتے ہیں کہ ماسفیٹ افزائندہ ہے۔ اس طرح

$$I_{DS} = \frac{k_n}{2} (V_{GS} - V_t)^2$$

$$I_{DS} = \frac{0.1 \times 10^{-3}}{2} [(-2000I_{DS}) - (-1)]^2$$

$$I_{DS} = 5.958 \text{ mA}, 0.042 \text{ mA}$$

$V_{GS} = -5.958 \times 10^{-3} \times 2000 = -11.9 \text{ V}$ کے برتی رو سے 5.958 mA حاصل ہوتا ہے جو کہ منفی ماسفیٹ کی نشانی ہے لہذا اس جواب کو رد کیا جاتا ہے۔ $V_{GS} = -0.042 \times 10^{-3} \times 2000 = -0.084 \text{ V}$ کے برتی رو سے 0.042 mA حاصل ہوتا ہے جو کہ چالو ماسفیٹ کی نشانی ہے۔ یہی صحیح جواب ہے۔ مزید یہ کہ

$$V_S = 0.042 \times 10^{-3} \times 2000 = 0.084 \text{ V}$$

$$V_D = 5 - 0.042 \times 10^{-3} \times 16000 = 4.328 \text{ V}$$

$$V_{DS} = V_D - V_S = 4.328 - 0.084 = 4.224 \text{ V}$$

$$V_{GD} = V_G - V_D = 0 - 4.328 = -4.328 \text{ V}$$

چونکہ $V_{GD} < V_t$ ہے لہذا ماسفیٹ افزائندہ ہی ہے جیسے تصور کیا گیا تھا۔

مثال 15.4: شکل 20.4 ب میں برقی آئینہ³⁰ دکھایا گیا ہے۔ اس دور میں استعمال ہونے والے دونوں ماسفیٹ کو بالکل یکساں تصور کرتے ہوئے اسے حل کریں۔

حل: Q_1 کا گیٹ اس کے ڈرین کے ساتھ منسلک کیا گیا ہے۔ یہاں رک کر مثال 5.4 کو دوبارہ دیکھیں جہاں اس طرح جڑے ماسفیٹ پر تفصیلی گفتگو کی گئی ہے۔

ماسفیٹ کا گیٹ اور ڈرین جڑے ہونے کی وجہ سے ان دونوں پر برابر برقی دباؤ پایا جائے گا یعنی $V_{GS1} = V_{D1}$ ہو گا۔ یوں $V_{GS1} - V_{DS1} < V_t$ اور $V_{GS1} = V_{DS1}$ ہو گا۔ یہ افراہندہ ماسفیٹ کی نشانی ہے۔

کرخوف کے قانون برائے برقی دباؤ کے تحت

$$V_{DD} = I_{DS1}R_1 + V_{DS1}$$

$$V_{DS1} = V_{DD} - I_{DS1}R_1$$

ہے۔ چونکہ V_{GS1} اور V_{DS1} برابر ہیں لہذا

$$V_{GS1} = V_{DS1} = V_{DD} - I_{DS1}R_1$$

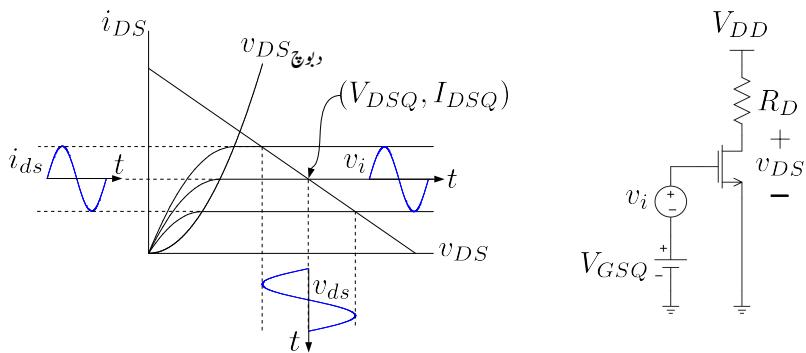
ہو گا اور یوں

$$\begin{aligned} I_{DS1} &= \frac{k_n}{2} (V_{GS} - V_t)^2 \\ &= \frac{k_n}{2} [(V_{DD} - I_{DS1}R_1) - V_t]^2 \end{aligned}$$

ہو گا۔ اس مساوات کو حل کرتے برقی رو کی دو مقداریں حاصل ہوں گے جن میں سے صرف ایک مقدار قابل قبول ہو گی۔ اس برقی رو کے مطابق V_{GS1} حاصل کیا جا سکتا ہے۔

دور میں دونوں ماسفیٹ کے گیٹ آپس میں جڑے ہیں جبکہ دونوں کے سورس برقی زمین پر ہیں۔ یوں $V_{GS2} = V_{GS1}$ ہو گا۔ جب تک ماسفیٹ Q_2 بھی افراہندہ رہے اس کی برقی رو

$$I_{DS2} = \frac{k_n}{2} (V_{GS2} - V_t)^2$$



شکل 21.4: ماسفیٹ ایمپلیفیاٹر

ہو گی جو کہ ماسفیٹ Q_1 کے برقی رو کے برابر ہے یعنی $I_{DS2} = I_{DS1}$ یا R_1 کی مدد سے Q_1 میں درکار برقی رو حاصل کی جاتی ہے۔ چونکہ V_{GS1} اور V_{GS2} برابر ہیں لہذا Q_2 میں بھی Q_1 کے برقی رو جتنا برقی رو گزرتے گا۔

9.4 ماسفیٹ ایمپلیفیاٹر کا ترکیبی تجربہ

ماسفیٹ کو بطور ایمپلیفیاٹر استعمال کرنے کی خاطر اسے افزائندہ نقطے میں مائل کیا جاتا ہے۔ شکل 21.4 میں ماسفیٹ ایمپلیفیاٹر دکھایا گیا ہے۔ ساتھ ہی ماسفیٹ کے خطوط اور برقی نقطے بوجہ بھی دکھایا گیا ہے۔ افزائندہ نقطے کے حد کو v_{DSQ} کے خط سے دکھایا گیا ہے۔ ماسفیٹ ایمپلیفیاٹر اس وقت تک خوش اسلوبی سے داخلی اشارے کو بڑھاتا ہے جب تک ماسفیٹ افزائندہ نقطے میں رہے۔ ہم یہاں nMOSFET کو مثال بنا کر ماسفیٹ ایمپلیفیاٹر پر تبصرہ کریں گے۔ ماسفیٹ کے بقایا تمام اقسام پر مبنی ایمپلیفیاٹر بھی اسی طرح کام کرتے ہیں۔

شکل 21.4 میں نقطہ کارکردگی ماسفیٹ کے گیٹ پر برقی دباؤ V_{GSQ} ، بوجہ کی مزاحت R_D اور برقی دباؤ کی منع V_{DD} تعین کرتے ہیں۔ $v_i = 0$ ہونے کی صورت میں ماسفیٹ نقطہ کارکردگی پر پایا جائے گا جہاں اس کے یک سمیت برقی دباؤ V_{DSQ} اور یک

سمتی برقی رو I_{DSQ} ہوں گے۔ اب تصور کریں کہ باریک اشارہ v_i ثبت جانب بڑھتا ہے۔ یوں ماسفیٹ کے گیٹ پر کل برقی دباؤ V_{GSQ} سے بڑھ جائے گا جس سے i_{DS} بڑھ جائے گی جبکہ v_{DS} کھٹ جائے گا۔ اسی طرح اگر v_i منفی ہوتا ہے تو گیٹ پر برقی دباؤ کھٹے گا جس سے i_{DS} کھٹے گی جبکہ v_{DS} بڑھے گا۔ شکل میں سائن نما v_i کی صورت میں ایسا ہوتا دکھایا گیا ہے۔ آپ دکھے سکتے ہیں کہ خط بوجھ کی ڈھلوان کم کرنے سے v_{ds} بڑھتا ہے۔ اس ایکلیفائر کی افزائش برقی دباؤ A_v ہے۔

10.4 ماسفیٹ ایکلیفائر کا تحلیلی تجزیہ

شکل 22.4 میں بڑھتا ماسفیٹ کو استعمال کرتے ہوئے ایکلیفائر کا دور بنایا گیا ہے جس میں دو عدد منع برقی دباؤ V_{DD} اور V_{GS} ماسفیٹ کو مائل کرنے کی خاطر استعمال کئے گئے ہیں۔ جیسا کہ ہم اسی باب میں آگے دیکھیں گے، حقیقت میں عموماً ایسا نہیں کیا جاتا۔ بہر حال اس دور کی مدد سے ایکلیفائر پر غور کرنا نسبتاً آسان ہے۔

اس دور میں داخلی جانب یک سمتی منع V_{GS} کے ساتھ سلسلہ وار بدلتا اشارہ v_{gs} مشکل کیا گیا ہے۔ اس دور کا مقصد داخلی اشارہ v_{gs} کا حیطہ بڑھانا ہے۔ بڑھایا گیا اشارہ ماسفیٹ کے ڈرین سے حاصل کیا جائے گا۔

مندرجہ ذیل بحث گزشتہ باب میں ٹرانزسٹر پر بحث کے ہو بہو ہے۔

1.10.4 یک سمتی تجزیہ

ماسفیٹ کا نقطہ کارکردگی حاصل کرنے کی خاطر بدلتے اشارہ کو قصر دور کیا جاتا ہے یعنی اس کی قیمت صفر کر دی جاتی ہے۔ یوں

$$(44.4) \quad I_{DS} = \frac{k_n}{2} (V_{GS} - V_t)^2$$

$$\begin{aligned}
 i_{DS} &= \frac{k_n}{2} (v_{GS} - V_t)^2 = \frac{k_n}{2} (V_{GS} + v_{gs} - V_t)^2 \\
 &= \underbrace{\frac{k_n}{2} (V_{GS} - V_t)^2}_{I_{DS}} + \underbrace{k_n (V_{GS} - V_t) v_{gs}}_{i_{ds}} + \underbrace{\frac{k_n}{2} v_{gs}^2}_{\text{ناؤار جزو}} \\
 &\quad \text{کیک سمتی جزو} \qquad \text{اشاراتی جزو} \qquad \text{ناؤار جزو}
 \end{aligned}$$

$$v_{GS} = V_{GS} + v_{gs}$$

شکل 22.4: ماسفیٹ ایکلینیفار کے بر قی رو کے مختلف اجزاء

حاصل ہوتا ہے۔ خارجی جانب کرخوف کے قانون برائے بر قی دباؤ سے

$$(45.4) \quad V_{DS} = V_{DD} - I_{DS}R_D$$

حاصل ہوتا ہے۔ ماسفیٹ افزائندہ رہنے کی خاطر

$$V_{GS} - V_{DS} < V_t$$

کا ہونا ضروری ہے۔

2.10.4 بدلتی رو تجزیہ

بدلتی رو تجزیہ کی خاطر دور میں v_{gs} پر نظر رکھی جائے گی۔ شکل 22.4 میں اور v_{gs} سلسلہ وار جوڑنے سے

$$(46.4) \quad v_{GS} = V_{GS} + v_{gs}$$

حاصل ہوتا ہے جس کو استعمال کرتے ہوئے

$$(47.4) \quad i_{DS} = \frac{k_n}{2} (v_{GS} - V_t)^2$$

س

$$\begin{aligned}
 i_{DS} &= \frac{k_n}{2} \left(V_{GS} + v_{gs} - V_t \right)^2 \\
 &= \frac{k_n}{2} \left[(V_{GS} - V_t) + v_{gs} \right]^2 \\
 &= \frac{k_n}{2} \left[(V_{GS} - V_t)^2 + 2(V_{GS} - V_t)v_{gs} + v_{gs}^2 \right] \\
 &= \frac{k_n}{2} (V_{GS} - V_t)^2 + k_n (V_{GS} - V_t) v_{gs} + \frac{k_n}{2} v_{gs}^2
 \end{aligned} \tag{48.4}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اس مساوات کا پہلا جزو یہ یہ یک سمتی جزو ہے۔ یہ مساوات 44.4 میں دئے I_{DS} کے برابر ہے اور یوں اسے لکھا جا سکتا ہے۔ مساوات کا دوسرا جزو $k_n (V_{GS} - V_t) v_{gs}$ بدلتی رو جزو ہے۔ یہ جزو داخلی اشارہ کا $k_n (V_{GS} - V_t)$ لٹا بڑھایا جزو ہے اور یوں اسے i_{ds} لکھا جا سکتا ہے۔ مساوات کا تیسرا جزو v_{gs} کے مرین کے راست تناسب ہے اور یوں یہ جزو اشارہ کی شکل بگاتے ہیں۔ یہ آخری جزو $\frac{k_n}{2} v_{gs}^2$ ناگوارہ جزو ہے۔ اشارہ کی اصل شکل برقرار رکھنے کی خاطر اس جزو کی قیمت دوسرے جزو سے بہت کم رکھنی ضروری ہے لیکن

$$\frac{k_n}{2} v_{gs}^2 \ll k_n (V_{GS} - V_t) v_{gs}$$

اس سے حاصل ہوتا ہے

$$v_{gs} \ll 2(V_{GS} - V_t) \tag{49.4}$$

مساوات 49.4 باریکے اشارہ³² کی شرط بیان کرتا ہے۔ جو اشارہ اس مساوات پر پورا اترے اسے باریکے اشارہ تصور کیا جاتا ہے۔

اگر داخلی اشارہ باریک اشارہ کی شرط پر پورا اترے تب مساوات 48.4 میں آخری جزو کو نظر انداز یا جا سکتا ہے اور اسے یوں لکھا جا سکتا ہے۔

$$i_{DS} \approx I_{DS} + i_{ds} \tag{50.4}$$

جہاں

$$i_{ds} = k_n (V_{GS} - V_t) v_{gs} \tag{51.4}$$

distortion³¹
small signal³²

مساوات 51.4 کو یوں بھی لکھا جا سکتا ہے۔

$$(52.4) \quad i_d = g_m v_{gs}$$

جہاں

$$(53.4) \quad g_m = \frac{i_d}{v_{gs}} = k_n (V_{GS} - V_t)$$

ماسفیٹ کی باریک اشارتی موصل-نا افزائش ہے۔ مساوات 44.4 کی مدد سے g_m کو یوں بھی لکھا جا سکتا ہے۔

$$(54.4) \quad g_m = \sqrt{2I_{DS}k_n} \\ = \frac{2I_{DS}}{V_{GS} - V_t}$$

g_m کے باضابطہ تعریف کے مطابق یہ ماسفیٹ کے نظر کے نقطہ نظر پر مماس کی ڈھلوان ہے یعنی

$$(55.4) \quad g_m = \left. \frac{\partial i_{DS}}{\partial v_{GS}} \right|_{v_{GS}=V_{GSQ}}$$

اشارہ v_{gs} کی موجودگی میں مساوات 45.4 مندرجہ ذیل صورت اختیار کر لیتا ہے۔

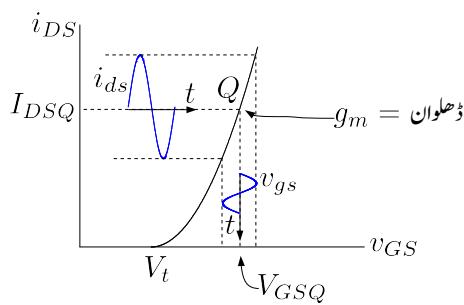
$$(56.4) \quad v_{DS} = V_{DD} - i_{DS} R_D$$

مساوات 50.4 کے استعمال سے

$$(57.4) \quad v_{DS} = V_{DD} - (I_{DS} + i_{ds}) R_D \\ = V_{DD} - I_{DS} R_D - i_{ds} R_D$$

یہ مساوات داخلی اشارہ کے موجودگی میں خارجی برقی دباد دیتا ہے۔ داخلی اشارہ کے عدم موجودگی میں i_{ds} کی قیمت صفر ہو گی اور اس سے مساوات 45.4 حاصل ہو گا۔ اس مساوات کو یوں بھی لکھا جا سکتا ہے۔

$$(58.4) \quad v_{DS} = V_{DS} + v_{ds}$$



شکل 4.23: مافیٹ ایک پلیناٹ کا گیٹ پر برقی دباؤ بال مقابل مافیٹ کی برقی روکا جط

جہاں V_{DS} مساوات 45.4 میں دی گئی ہے جبکہ

$$(59.4) \quad v_{ds} = -i_{ds} R_D$$

ہے۔ مساوات 52.4 کی مدد سے

$$(60.4) \quad v_{ds} = -g_m R_D v_{gs}$$

حاصل ہوتا ہے جس سے افزائش برقی دباؤ یوں حاصل ہوتا ہے۔

$$(61.4) \quad A_v = \frac{v_{ds}}{v_{gs}} = -g_m R_D$$

یہاں منفی علامت کا مطلب یہ ہے کہ جب داخلی اشارہ v_{gs} ثابت ہو تو خارجی اشارہ v_{ds} منفی ہو گا یعنی یہ دو اشارات آپس میں 180 زاویہ پر رہتے ہیں۔

شکل 4.23 میں مساوات 47.4 کا خط کھینچا گیا ہے۔ نقطہ کارکردگی پر اس خط کی ڈھلوان g_m کہلاتی ہے۔ داخلی اشارہ v_{gs} کے عدم موجودگی میں مافیٹ نقطہ کارکردگی Q پر رہے گا اور یوں اس پر I_{DSQ} اور V_{GSQ} پائے جائیں گے۔ سائن نما کی صورت میں i_{DS} میں سائن نما جزو پایا جائے گا جسے i_{ds} کہا جاتا ہے۔

11.4 ماسفیٹ ریاضی نمونہ

اس حصے میں ماسفیٹ کے ریاضی نمونے³³ حاصل کئے جائیں گے جنہیں استعمال کر کے بدلتے برقی دباؤ اور بدلتے برقی رو حاصل کئے جاتے ہیں۔

1.11.4 خارجی مزاحمت v_o

ماسفیٹ کو بطور ایکپلیفارٹ استعمال کرنے کی خاطر اسے افزائندہ خطے میں مائل کیا جاتا ہے۔ مساوات 26.4 کے مطابق افزائندہ خطے میں v_{DS} تبدیل کرنے سے i_{DS} پر کوئی اثر نہیں ہوتا۔ صفحہ 471 پر شکل 5.4 پ میں v_{DS} کو v_{DSQ} سے بڑھانے پر پیدا کردہ راہ کی لمبائی کم ہوتے دکھائی گئی ہے۔ مساوات 26.4 حاصل 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 یوں i_{DS} بڑھ جاتا ہے۔ بڑھتے برقی دباؤ کے ساتھ پیدا کردہ راہ کی لمبائی کم ہونے کے اثر کو ہم مساوات 26.4 میں البتہ برقی دباؤ³⁴ V_A کے طرز کا جزو شامل کرنے سے حاصل کر سکتے ہیں جیسے

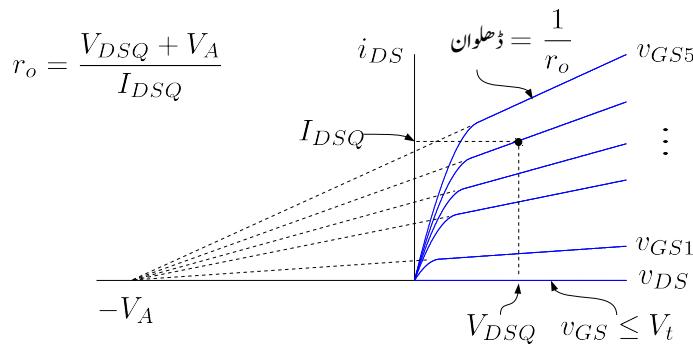
$$(62.4) \quad i_{DS} = \frac{k'_n}{2} \left[\frac{W}{L} \right] [v_{GS} - V_t]^2 \left[1 + \frac{v_{DS}}{V_A} \right]$$

$$= \frac{k_n}{2} [v_{GS} - V_t]^2 \left[1 + \frac{v_{DS}}{V_A} \right]$$

البتہ برقی دباؤ کے اثر کو شامل کرتے ہوئے ماسفیٹ کے خط شکل 24.4 میں گراف کئے گئے ہیں۔ اس مساوات سے ماسفیٹ کا خارجی مزاحمت حاصل کرنے کی غرض سے اس کا تفرقہ نقطہ مائل پر لیتے ہیں۔

$$\frac{\partial i_{DS}}{\partial v_{DS}} \Big|_{V_{GS}} = \frac{k_n}{2} (V_{GS} - V_t)^2 \frac{1}{V_A}$$

model³³
Early voltage³⁴



شکل 24.4: ارلی بر قی دباؤ

اور یوں

$$(63.4) \quad r_o = \left. \frac{\partial i_{DS}}{\partial v_{DS}} \right|_{v_{GS}}^{-1} = \frac{1}{\frac{k_n}{2} [v_{GS} - V_t]^2 \frac{1}{V_A}}$$

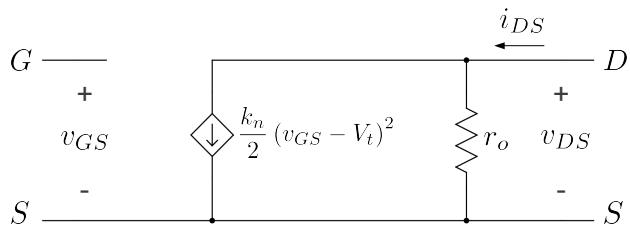
حاصل ہوتا ہے۔ اگر ارلی بر قی دباؤ کے اثر کو نظر انداز کیا جائے تو $\frac{k_n}{2} (v_{GS} - V_t)^2$ کو I_{DS} لکھا جا سکتا ہے اور یوں مندرجہ بالا خارجی مزاحمت کی مساوات کو بہتر طریقے سے یوں لکھا جا سکتا ہے۔

$$(64.4) \quad r_o = \left. \frac{\partial i_{DS}}{\partial v_{DS}} \right|_{v_{GS}}^{-1} \approx \frac{V_A}{I_{DS}}$$

ہم V_A کو ارلی بر قی دباؤ ہی کہیں گے۔ ارلی بر قی دباؤ کی قیمت پیدا کردہ راہ کے لمبائی کے راست تناسب ہوتا ہے۔

$$(65.4) \quad V_A \propto L_{ds}$$

یوں r_o بڑھانے کی خاطر زیادہ لمبائی کی راہ تحقیق دی جاتی ہے۔ ماسفیٹ کے ارلی بر قی دباؤ کی عمومی قیمت 200 V تا 300 V ہوتی ہے۔



شکل 25.4: وسیع اشارات ماسفیٹ ریاضی نمونہ

2.11.4 وسیع اشاراتی ماسفیٹ ریاضی نمونہ

افراستنده خطے میں ماسفیٹ کا وسیع اشاراتی ریاضی نمونہ³⁵ شکل 25.4 میں دکھایا گیا ہے۔ اس ریاضی نمونے کے داخی جانب مزاحمت لامحدود ہے جبکہ مساوات 64.4 اس کا خارجی مزاحمت i_{DS} حاصل ہوتا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ اس ریاضی نمونے سے درست i_{DS} حاصل ہوتا ہے۔

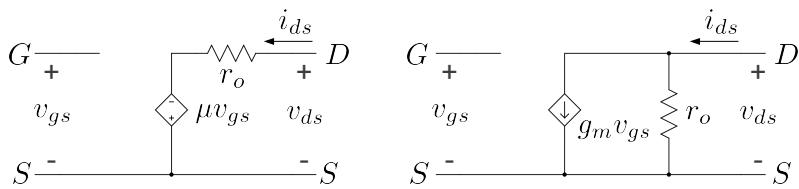
3.11.4 باریک اشاراتی ماسفیٹ π ریاضی نمونہ

ماسفیٹ کا باریک اشاراتی ریاضی نمونہ بالکل BJT ٹرانزسٹر کی طرح حاصل کیا جاتا ہے۔ افراستنده خطے میں استعمال ہوتے ماسفیٹ کا باریک اشاراتی ریاضی نمونہ حاصل کرنے کی غرض سے مساوات 28.4 کا جزوی تفرق حاصل کرتے ہیں جس سے افزائش g_m حاصل ہو گی۔ جزوی تفرق کی قیمت نقطہ مائل V_{GS} پر حاصل کیا جاتا ہے۔ یوں

$$(66.4) \quad g_m = \left. \frac{\partial i_{DS}}{\partial v_{GS}} \right|_{V_{GS}} = k_n [V_{GS} - V_t]$$

حاصل ہوتا ہے۔ مساوات 28.4 کی یک سمتی شکل

$$I_{DS} = \frac{k_n}{2} (V_{GS} - V_t)^2$$



شکل 26.4: پست تعددی باریک اشاراتی ماسفیٹ پائے ریاضی نمونہ

س

$$V_{GS} - V_t = \sqrt{\frac{2I_{DS}}{k_n}}$$

حاصل ہوتا ہے جس کی مدد سے مساوات 66.4 کو یوں بھی لکھا جا سکتا ہے۔

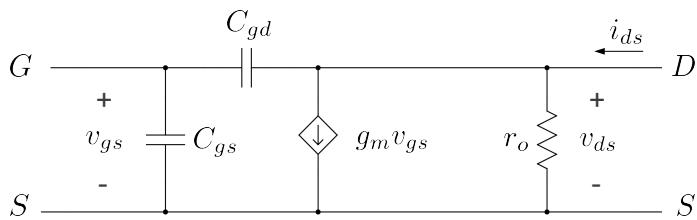
$$(67.4) \quad g_m = k_n [V_{GS} - V_t] = k_n \sqrt{\frac{2I_{DS}}{k_n}} = \sqrt{2k_n I_{DS}}$$

مساوات 64.4 سے حاصل r_o اور مساوات 67.4 سے حاصل g_m استعمال کرتے ہوئے ماسفیٹ کا پختہ تعددی باریک اشاراتی ماسفیٹ پائے ریاضی نمونہ حاصل ہوتا ہے جسے شکل 26.4 میں دیکھیں ہاتھ دکھایا گیا ہے۔ اس ریاضی نمونے کا عمومی نام π ریاضی نمونہ ہے۔ دو جوڑ ٹرانزسٹر کے باریک اشاراتی ریاضی نمونے کے ساتھ موازنہ کرتے ہوئے صاف ظاہر ہے کہ ماسفیٹ کا داخلی مزاجمت لامحدود ہونے کی وجہ سے اس کی داخلی برقی رو صفر ہو گی۔ ماسفیٹ کے g_m کا دو جوڑ ٹرانزسٹر کے g_m کے ساتھ موازنہ کرنے سے معلوم ہوتا ہے کہ ماسفیٹ کی برقی رو چار گنا کرنے سے اس کا g_m دو گنا ہوتا ہے جبکہ دو جوڑ ٹرانزسٹر کی برقی رو صرف گنا کرنے سے ہی اس کا g_m گنا ہو جاتا ہے۔

شکل 26.4 میں اسی ریاضی نمونے کی دوسری شکل بھی دکھائی گئی ہے جہاں ریاضی نمونے میں خارجی جانب نارٹن مساوی کی جگہ تھونن مساوی استعمال کیا گیا ہے۔ یوں تھونن برقی دباؤ $g_m v_{gs} r_o$ کے برابر لیتے ہوئے

$$\mu = g_m r_o$$

حاصل ہوتا ہے۔



شکل 27.4: بلند تعدادی باریک اشاراتی ماسفیٹ پائے ریاضی نمونہ

ماسفیٹ کے گیٹ اور سورس کے مابین C_{gs} کپیسٹر پایا جاتا ہے۔ اسی طرح گیٹ اور ڈرین کے مابین C_{gd} کپیسٹر پایا جاتا ہے۔ کم تعداد پر ان کپیسٹر کو نظر انداز کیا جاتا ہے البتہ بلند تعداد پر ان کو نظر انداز کرنا ممکن نہیں ہوتا۔ یوں بلند تعداد پر ماسفیٹ کے پائے ریاضی نمونے میں انہیں شامل کرنے سے بلند تعداد پائے ریاضی نمونہ حاصل ہوتا ہے جسے شکل 27.4 میں دکھایا گیا ہے۔ کم v_{DS} کی صورت میں غیر افزائندہ ماسفیٹ کے گیٹ کے نیچے الٹا نظہ سورس سے ڈرین تک تقریباً یکساں شکل کا ہوتا ہے۔ گیٹ اور الٹا نظہ مل کر کپیسٹر $\frac{\epsilon WL}{d}$ کو جنم دیتے ہیں۔ اس کپیسٹر کا آدھا حصہ C_{gs} اور آدھا C_{gd} ہے یعنی

$$(68.4) \quad C_{gs} \approx C_{gd} \approx \left(\frac{1}{2}\right) \frac{\epsilon WL}{d}$$

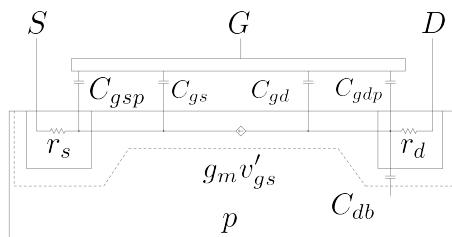
جہاں W گیٹ کی چوڑائی، L گیٹ کی لمبائی، d گیٹ اور سلیکان کے درمیان فاصلہ ہے۔ $\epsilon = \epsilon_r \epsilon_0$ ہے جہاں $\epsilon_r = 3.9$ جبکہ $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \frac{\text{F}}{\text{m}}$ ہے۔

افزاں نہ ماسفیٹ کے ڈرین جانب راہ دبوچا گیا ہوتا ہے۔ یوں گیٹ کے نیچے پیدا کردہ راہ ہر جگہ یکساں نہیں ہوتا۔ اس صورت میں $C_{gs} \approx 0$ جبکہ $C_{gd} \approx \frac{2\epsilon WL}{3d}$ ہوتا ہے۔

$$(69.4) \quad C_{gd} \approx 0$$

$$C_{gs} \approx \left(\frac{2}{3}\right) \frac{\epsilon WL}{d}$$

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 کپیسٹر C_{gsp} اور اسی طرح گیٹ اور ڈرین کے



شکل 4.28: ماسفیٹ ریاضی نمونے کے اجزاء

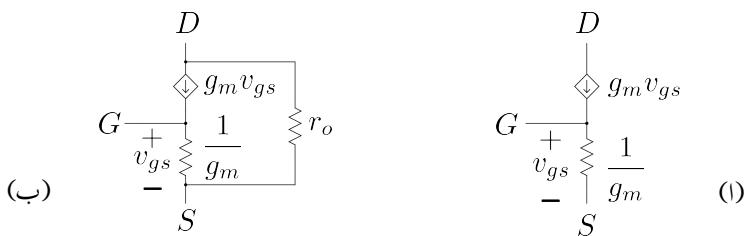
ماین غیر مطلوب کپیسٹر C_{gsp} پیدا ہوتا ہے۔ ڈرین اور سیکان پتری کا ماین pn جوڑ پایا جاتا ہے جس کے کپیسٹر کو C_{db} سے ظاہر کیا جاتا ہے۔

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 28.4 میں ان تمام قسم کے کپیسٹروں کو دکھایا گیا ہے۔ ساتھ ہی ساتھ مزاحمت r_s اور r_d بھی دکھائے گئے ہیں۔ بیرونی سورس سرے اور اندروںی سورس کے درمیان r_s مزاحمت پایا جاتا ہے۔ اسی طرح بیرونی ڈرین سرے اور اندروںی ڈرین کے درمیان r_d پایا جاتا ہے۔ اس کتاب میں C_{db} ، r_s اور r_d کو استعمال نہیں کیا جائے گا۔

دو جوڑ ٹرانزسٹر کے پائے ریاضی نمونوں کی طرح ماسفیٹ کے باریک اشاراتی پائے ریاضی نمونے pMOSFET اور nMOSFET دونوں کے لئے کیساں قبل استعمال ہیں۔

4.11.4 باریک اشاراتی ماسفیٹ کی ریاضی نمونہ

شکل 29.4 الف میں r_0 کو نظر انداز کرتے ہوئے ماسفیٹ کا $\frac{1}{g_m}$ ریاضی نمونہ³⁶ دکھایا گیا ہے۔ اس ریاضی نمونے میں گیٹ اور سورس کے ماین مزاحمت نسب ہے جس کی قیمت $\frac{1}{g_m}$



شکل 29.4: باریک اشاراتی ماسفیٹ کی ریاضی نمونہ

ہے۔ اس ماسفیٹ ریاضی نمونے کو پائے ریاضی نمونے سے یوں حاصل کیا جا سکتا ہے۔ پائے ریاضی نمونے میں

$$(70.4) \quad i_g = 0 \\ i_d = i_s = i_{ds} = g_m v_{gs}$$

پائے جاتے ہیں جہاں i_d اور i_s ڈرین اور سورس کے برقی رو ہیں۔ داخلی مزاحمت لامحدود ہے۔ آئیں اب ٹی ریاضی نمونے پر نظر ڈالیں۔ ٹی ریاضی نمونے میں $i_d = g_m v_{gs}$ ہے۔ گیٹ اور سورس کے مابین مزاحمت نسب ہے جس پر برقی دباؤ v_{gs} ہے۔ یوں اوہم کے قانون سے اس مزاحمت میں برقی رو کی مقدار

$$\frac{برقی دباؤ}{برقی رو} = \frac{v_{gs}}{\frac{1}{g_m}} = g_m v_{gs}$$

ہو گی۔ یہی برقی رو سورس پر ہو گی۔ گیٹ G کے جوڑ پر D کی جانب سے $g_m v_{gs}$ برقی رو آتی ہے۔ اس جوڑ سے اتنی ہی برقی رو مزاحمت سے گزرتے ہوئے S روں ہے۔ یوں کرخوف کے قانون برائے برقی رو کی مدد سے گیٹ پر برقی رو $i_g = 0$ حاصل ہوتی ہے۔ داخلی مزاحمت $\frac{v_{gs}}{i_g}$ کی قیمت $i_g = 0$ کی بنا پر لامحدود حاصل ہوتی ہے۔ ہم دیکھتے ہیں کہ ٹی ریاضی نمونے سے بھی بالکل وہی جوابات حاصل ہوتے ہیں جو پائے ریاضی نمونے سے حاصل ہوتے ہیں لہذا ماسفیٹ کے ادوار حل کرتے وقت ٹی ریاضی نمونے کو بھی استعمال کیا جا سکتا ہے۔ ٹی ریاضی نمونے میں r_o کی شمولیت شکل 29.4 ب میں دکھایا گیا ہے۔

دو جوڑ ٹرانزسٹر کے ٹی ریاضی نمونے کی طرح شکل 29.4 میں دکھائے گئے ماسفیٹ کے

ٹی ریاضی نمونے دونوں اقسام کے ماسفیٹ یعنی nMOSFET اور pMOSFET کے لئے قابل استعمال ہیں۔

5.11.4 یک سمتی اور بدلتے متغیرات کی علیحدگی

مندرجہ بالا تذکرہ سے ہم دیکھتے ہیں کہ برقی دباؤ اور برقی رو کے دو حصے (یعنی یک سمتی حصہ اور بدلتا حصہ) ہوتے ہے۔ ماسفیٹ کے ادوار حل کرتے وقت ان دو حصوں کو علیحدہ علیحدہ حل کیا جاتا ہے۔ پہلے بدلتے متغیرات کی قیمتیں صفر کرتے ہوئے یک سمتی حصہ حل کر کے نقطہ مائل حاصل کیا جاتا ہے اور پھر بدلتے حصے کو ریاضی نمونے کی مدد سے حل کیا جاتا ہے۔

مثال 16.4 مساوات 48.4 میں $\frac{k_n v_{gs}^2}{2}$ ناپنڈیدہ حصہ ہے۔ اگر داخلی اشارہ $v_{gs} = V_p \cos \omega t$ ہو تو ناپنڈیدہ جزو میں $\cos^2 \omega t = \frac{1+\cos(2\omega t)}{2}$ استعمال کرتے ہوئے $\frac{k_n V_p^2}{4} [1 + \cos(2\omega t)]$ لکھا جا سکتا ہے جو داخلی اشارے کے دگنی تعداد کا جزو ہے۔ یہی اصل اشارے کی شکل بگاثتا ہے۔ خارجی اشارے میں دگنی تعداد اور اصل تعداد کے اجزاء کے حیطوں کی نسبت حاصل کریں۔ اگر $V_{GS} = 4V$ اور $V_t = 1.4V$ ہوں تو داخلی اشارے کی چوٹی کی وہ حد حاصل کریں جس پر حاصل کردہ نسبت 1% ہو۔

حل: دگنی تعداد کا حصہ $\frac{k_n V_p^2}{4} \cos(2\omega t)$ ہے۔ یوں

$$\frac{\text{جزو گمرا}}{\text{جزو حاصل}} = \frac{V_p}{4(V_{GS} - V_t)}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اس طرح

$$\frac{V_p \times 100}{4(4 - 1.4)} = 1$$

حاصل ہوتا ہے۔ $V_p \leq 104 \text{ mV}$ سے

مثال 17.4: ایک دور جسے شکل 17.4 ب میں دکھایا گیا ہے کا تجزیہ کرتے ہوئے مندرجہ ذیل معلومات حاصل کئے جاتے ہیں۔

$$V_{DD} = 15 \text{ V}$$

$$R_D = 6.8 \text{ k}\Omega$$

$$R_S = 560 \Omega$$

$$R_{G1} = 10 \text{ M}\Omega$$

$$R_{G2} = 15 \text{ M}\Omega$$

ہیں۔ مزید اس کے گیٹ پر $V_G = 6 \text{ V}$ جبکہ سورس پر $V_S = 0.81 \text{ V}$ ناپے جاتے ہیں۔ ساتھ ہی ساتھ باریک اشارتی برتنی دباؤ کی افزائش $A_v = -6.8 \frac{\text{V}}{\text{V}}$ ناپی جاتی ہے جہاں خارجی اشارے کو ڈرین سے لیا گیا۔ استعمال کئے گئے ماسفیٹ کی k_n اور V_t حاصل کریں۔

حل: اُوہم 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 53.4 کی مدد سے $g_m = 1 \text{ mA/volt}$ حاصل کرتے ہوئے مساوات 61.4 میں پر کرتے ملتا ہے۔

$$10^{-3} = k_n (5.19 - V_t)$$

تصور کرتے ہیں کہ ماسفیٹ افراہنده خطے میں ہے یوں افراہنده ماسفیٹ کی مساوات سے

$$1.4464 \times 10^{-3} = \frac{k_n}{2} (5.19 - V_t)^2$$

حاصل ہوتا ہے۔ مندرجہ بالا دو نتائج ملا کر

$$1.4464 \times 10^{-3} = \frac{k_n}{2} \left(\frac{10^{-3}}{k_n} \right)^2$$

لکھا جا سکتا ہے جس سے اس قیمت کو استعمال کرتے ہوئے $k_n = 0.345 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2}$ حاصل ہوتا ہے۔ $V_t = 2.29 \text{ V}$

شکل کو دیکھتے ہوئے

$$V_D = V_{DD} - I_{DS}R_D = 12 - 1.4464 \times 10^{-3} \times 6800 = 2.16 \text{ V}$$

لکھا جا سکتا ہے۔ یوں

$$V_{GD} = V_G - V_D = 6 - 5.16 = 0.835 \text{ V}$$

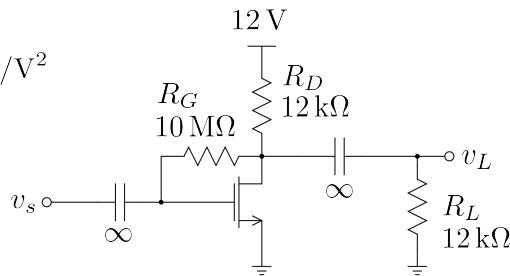
حاصل ہوتا ہے جو V_t سے کم ہے لہذا ماسفیٹ افزائندہ خطے میں ہی ہے۔

مثال 18.4: شکل 30.4 میں ماسفیٹ ایمپلیفیاٹر دکھایا گیا ہے۔ داخلی اور خارجی جانب لامدد جفت کپیسٹر استعمال کئے گئے ہیں۔ داخلی مزاحمت، خارجی مزاحمت اور افزائش $A_v = \frac{v_L}{v_s}$ حاصل کریں۔

حل: چونکہ گیٹ پر برقی رو صفر ہے لہذا R_G پر صفر ولٹ کا گھٹاؤ ہو گا۔ اس طرح $V_{GS} = V_{DS} = V_G = V_D$ ہوں گے، یعنی $V_{GD} = 0 \text{ V}$ ہو گا، لہذا $V_{GD} < V_t$ ہو گا۔ یوں جس سے ثابت ہوتا ہے کہ ماسفیٹ افزائندہ خطے میں ہے۔ یوں

$$\begin{aligned} I_{DS} &= \frac{0.2 \times 10^{-3}}{2} (V_{GS} - 2)^2 \\ &= \frac{0.2 \times 10^{-3}}{2} (V_{DS} - 2)^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_t &= 2 \text{ V} \\k_n &= 0.2 \text{ mA/V}^2 \\V_A &= 60 \text{ V}\end{aligned}$$



شکل 30.4: ماسفیٹ ایک پلینیٹر

لکھا جا سکتا ہے۔ اور ہم کے قانون 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۔ دو درجی مساوات کے دوسرے جواب کو رد کیا جاتا ہے۔

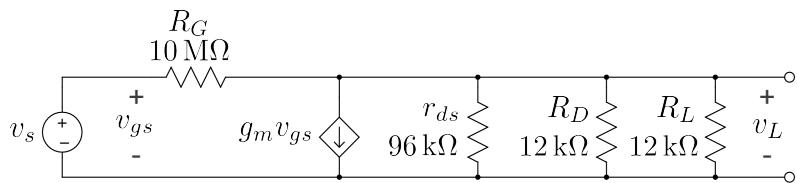
g_m کی قیمت

$$\begin{aligned}g_m &= k_n (V_{GS} - V_t) \\&= 0.2 \times 10^{-3} (4.5 - 2) \\&= 0.5 \frac{\text{mA}}{\text{V}}\end{aligned}$$

اور خارجی 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 31.4 میں ان قیتوں کو استعمال کرتے ہوئے مساوی پست تعدادی باریک اشاراتی دور دکھایا گیا ہے۔ R_G سے گزرتے برقی رو کو نظر انداز کرتے ہوئے



شکل 1.4: ماسنیٹ ایکپلینگ کا مساوی باریک اشاراتی دور

$$v_L \approx -g_m v_{gs} \overbrace{(r_o \parallel R_D \parallel R_L)}^{5.647 \text{ k}\Omega} = -2.823 v_{gs}$$

حاصل ہوتا ہے۔ چونکہ v_s اور v_{gs} میں لہذا برابر ہیں

$$A_v = \frac{v_L}{v_s} = -2.823 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

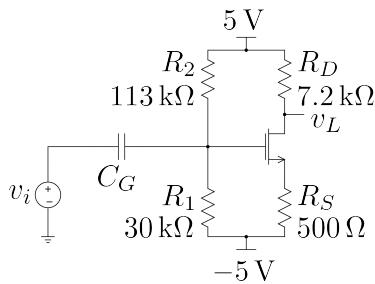
حاصل ہوتا ہے۔ چونکہ R_G میں برقی رو

$$\begin{aligned} i_s &= \frac{v_s - v_L}{R_G} \\ &= \frac{v_s}{R_G} \left(1 - \frac{v_L}{v_s} \right) \\ &= \frac{v_s}{R_G} [1 - (-2.823)] \\ &= 3.823 \frac{v_s}{R_G} \end{aligned}$$

کے برابر ہے لہذا داخلی مراجحت

$$R_i = \frac{v_s}{i_s} = \frac{R_G}{3.823} = 2.6 \text{ M}\Omega$$

حاصل ہوتا ہے۔



شکل 32.4: مشترک پیٹر بچ پیٹر مراحت

مثال 19.4: شکل 32.4 میں $k_n = 1.2 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2}$ اور $V_t = 0.8 \text{ V}$ میں۔ کمیٹر کی قیمت لامحدود تصور کریں۔

حل: یک سمی تجزیہ سے $V_{DS} = 5.38 \text{ V}$ اور $V_{GS} = 1.8 \text{ V}$ ، $I_{DS} = 0.6 \text{ mA}$ حاصل ہوتے ہیں۔ پوں ماسفیٹ افزائندہ خطے میں ہے۔ انہیں استعمال کرتے ہوئے

$$g_m = \sqrt{2k_n I_{DS}} = \sqrt{2 \times 1.2 \times 10^{-3} \times 0.6 \times 10^{-3}} = 1.2 \text{ mS}$$

حاصل ہوتا ہے۔ ایمپلیفیائر کا باریک اشارتی مساوی دور شکل 33.4 میں دکھایا گیا ہے جس سے

$$v_L = -g_m v_{gs} R_D = -8.64 v_{gs}$$

$$v_g = v_i$$

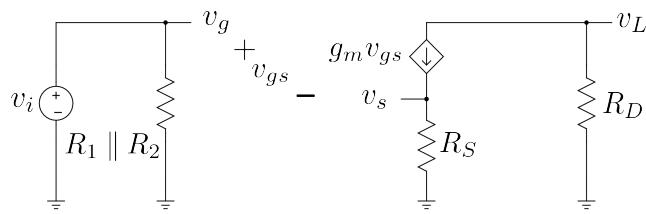
$$v_s = g_m v_{gs} R_S = 0.6 v_{gs}$$

حاصل ہوتے ہیں۔ چونکہ $v_g = v_g - v_s$ لہذا

$$v_{gs} = v_i - 0.6 v_{gs}$$

لکھا جا سکتا ہے جس سے

$$v_{gs} = \frac{v_i}{1.6} = 0.625 v_i$$



شکل 4.33: مشترک یونگین ٹرانزستور مزاحمت کا باریک اشاراتی مساوی دور

حاصل ہوتا ہے۔ اس قیمت کو v_L کی مساوات میں پڑ کرتے ملتا ہے

$$v_L = -8.64 \times 0.625 \times v_i = -5.4v_i$$

یعنی

$$A_v = \frac{v_L}{v_i} = -5.4 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

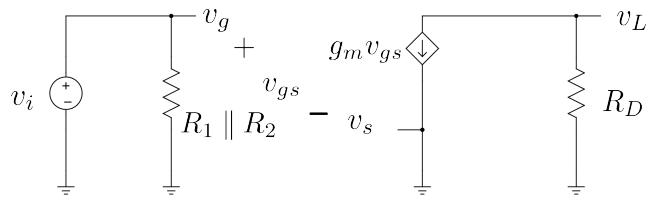
مثال 20.4: مثال 19.4 میں R_S کے متوازی لامحدود قیمت کا کپیسٹر نسب کرتے ہوئے A_v دوبارہ حاصل کریں۔

حل: کپیسٹر نسب کرنے سے نقطہ کار کردگی پر کوئی اثر نہیں پڑتا لہذا $g_m = 1.2 \text{ mS}$ ہی رہے گا۔ باریک اشاراتی مساوی دور شکل 34.4 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 34.4:

یعنی

$$v_{gs} = v_i$$

$$v_L = -8.64v_i$$

اور

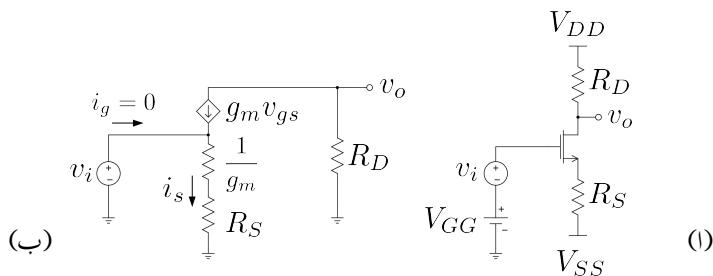
$$A_v = -8.64 \frac{V}{V}$$

حاصل ہوتے ہیں۔

ان دو مثالوں سے آپ دیکھتے ہیں کہ R_S کی شمولیت سے A_v گھٹتا ہے لیکن چونکہ R_S کے استعمال سے نقطہ کار کردار میکم ہوتا ہے لہذا R_S کا استعمال کیا جاتا ہے۔ R_S کے متوازی لامحدود کپیسٹر نب کرنے سے A_v پر R_S کے بُرے اثر کو ختم کیا جاتا ہے۔

مثال 21.4: شکل 35.4 الف کے ایکلیفائر کو ٹی ریاضی نمونے سے حل کریں۔

حل: شکل ب میں ٹی ریاضی نمونے استعمال کرتے ہوئے اس کا باریک اشاراتی مساوی دور دکھایا گیا ہے۔ ٹی ریاضی نمونے استعمال کرتے وقت اس حقیقت کو بروئے کار لائیں کہ گیٹ



شکل: 35.4

پر برقی رو صفر رہتی ہے۔ شکل میں $i_g = 0$ لکھ کر اس حقیقت کی یاد دہانی کرائی گئی ہے۔ داخلی جانب کرخوف کے قانون برائے برقی 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 یہی برقی رو R_D سے بھی گزرے گی۔ اس طرح

$$v_o = - \left(\frac{v_i}{\frac{1}{g_m} + R_S} \right) R_D$$

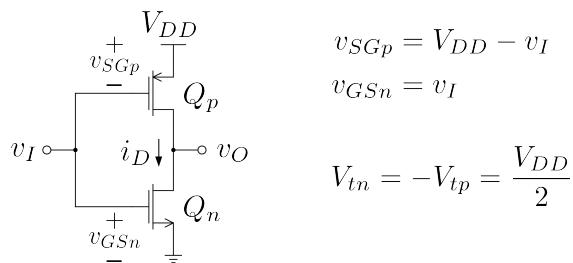
ہو گا۔ جس سے

$$(71.4) \quad A_v = \frac{v_o}{v_i} = - \left(\frac{R_D}{\frac{1}{g_m} + R_S} \right)$$

حاصل ہوتا ہے۔ اس مساوات کو یوں بہتر طرز پر لکھا جا سکتا ہے

$$(72.4) \quad A_v = - \frac{\sum R_{نیچے}}{\sum R_{سرے}}$$

صفحہ 380 پر مساوات 217.3 میں $\alpha = 1$ لیتے ہوئے مساوات 72.4 ہی حاصل ہوتا ہے۔ دو جوڑ ٹرانزسٹر کی صورت میں r_e کو لکھا گیا جکہ یہاں ہم اس کو $\frac{1}{g_m}$ ہی لکھیں گے۔



شکل 36.4: نفی کار

12.4 سیماں نفی کار

عددی ادوار³⁷ میں نفی کار³⁸ کلیدی کردار ادا کرتا ہے۔ جیسا کہ پہلے بھی ذکر کیا گیا، سیماں ٹیکنالوژی کی بہتر خصوصیات کی بنا پر ملتوط ادوار زیادہ تر انہیں کو استعمال کرتے ہوئے بنائے جاتے ہیں۔

شکل 36.4 میں ایک عدد pMOSFET اور ایک عدد nMOSFET استعمال کرتے ہوئے نفی کار بنایا گیا ہے۔ عددی اشارات صرف دو ہی قیمتیں 0V یعنی پست صورت یا 5V یعنی بلند صورت اختیار کر سکتے ہیں۔ آئین v_I کو ان قیمتیوں پر رکھتے ہوئے خارجی اشارہ v_O حاصل کریں۔ شکل کو دیکھتے ہوئے

$$(73.4) \quad \begin{aligned} v_{SGp} &= V_{DD} - v_I \\ v_{GSn} &= v_I \end{aligned}$$

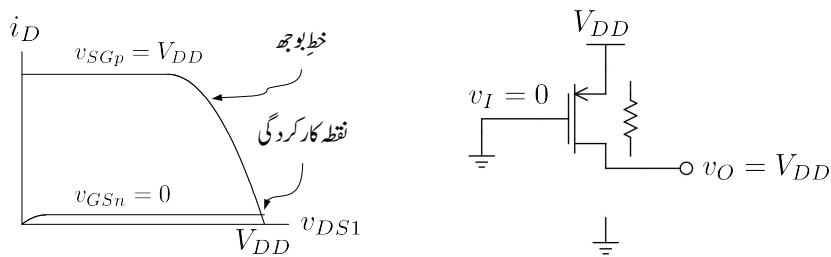
لکھا جا سکتا ہے۔ مزید تصور کریں کہ

$$(74.4) \quad V_{tn} = -V_{tp} = V_t$$

کے برابر ہے۔

داخلی اشارہ $v_I = 0V$ کی صورت میں مساوات $v_{GSn} = 0V$ سے 73.4 سے منقطع حاصل ہوتا ہے۔ چونکہ V_{tn} ثابت مقدار ہے لہذا $v_{GSn} < V_{tn}$ ہے۔ اس طرح Q_n منقطع ہو گا اور

digital circuits³⁷
NOT gate³⁸



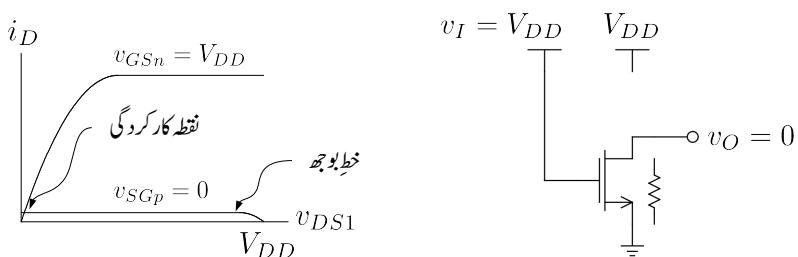
شکل 37.4: داخلی اشارہ پست ہونے کی صورت میں خارجی اشارہ بند حاصل ہوتا ہے۔

اس کی برقی رو صفر ہو گی۔ اس کے برعکس Q_p کے لئے مساوات 73.4 کے مطابق $v_{SGp} = V_{DD}$ حاصل ہوتا ہے۔ یوں $v_{SGp} > -V_{tp}$ ہے لہذا Q_p چالو ہو گا۔ شکل 37.4 میں منقطع Q_n کے خط پر چالو Q_p کے خط کو بطور خط بوجھ دکھایا گیا ہے۔ Q_p -کے خط کا عمودی محور میں عکس لینے کے بعد اس عکس کو افقی محور پر دائیں جانب V_{DD} اکیاں منتقل کرنے سے خط بوجھ³⁹ حاصل ہوتا ہے۔ Q_n کے خط کو افقی محور سے قدر اوپر کر کے دکھایا گیا ہے تا کہ یہ محور سے علیحدہ نظر آئے۔ ان دو خطوط سے حاصل نقطہ کارکردگی کے مطابق $v_{DSQ} \approx V_{DD}$ کے برابر ہے۔ اس طرح $v_I = 0$ کی صورت میں $v_O = V_{DD}$ حاصل ہوتا ہے۔

یہی جواب خطوط کھینچنے بغیر یوں حاصل کیا جا سکتا ہے۔ منقطع Q_n کو کھلے دور جبکہ چالو Q_p کو بطور مزاحمت تصور کریں۔ ایسا کرنے سے شکل 37.4 میں دکھایا دور حاصل ہوتا ہے جس کو دیکھ کر $v_O = V_{DD}$ لکھا جا سکتا ہے۔

داخلی اشارہ $v_I = V_{DD}$ کی صورت میں مساوات 73.4 سے $v_{GSn} = V_{DD}$ حاصل ہوتا ہے لہذا $v_{GSn} > V_{tn}$ ہے۔ اس طرح Q_n چالو ہو گا۔ اس کے برعکس Q_p کے لئے مساوات 73.4 کے مطابق $v_{SGp} = 0$ حاصل ہوتا ہے۔ یوں $v_{SGp} < -V_{tp}$ ہے لہذا Q_p منقطع ہو گا۔ شکل 38.4 میں چالو Q_n کے خط پر منقطع Q_p کے خط کو بطور خط بوجھ دکھایا گیا ہے۔ خط بوجھ کو افقی محور سے قدر اوپر کر کے دکھایا گیا ہے تا کہ یہ محور سے علیحدہ نظر آئے۔ ان دو خطوط سے حاصل نقطہ کارکردگی کے مطابق $v_{DSQ} \approx 0$ کے برابر ہے۔ اس طرح $v_I = V_{DD}$ کی صورت میں $v_O = 0$ حاصل ہوتا ہے۔

³⁹ صفحہ 337 پر حصہ 12.3 کے شروع میں تراز سر خط بوجھ کھینچنا دکھایا گیا۔ اس طریقے پر ایک مرتبہ دبارہ نظر ڈالیں۔



شکل 38.4: داخلی اشارہ بلند ہونے کی صورت میں خارجی اشارہ پست حاصل ہوتا ہے۔

یہی جواب خطوط کھینچے بغیر یوں حاصل کیا جا سکتا ہے۔ چالو Q_n کو مزاحمت جگہ منقطع Q_p کو کھلے دور تصور کریں۔ ایسا کرنے سے شکل 38.4 میں دکھایا دور حاصل ہوتا ہے جس کو دیکھ کر $v_O = V_{DD}$ لکھا جا سکتا ہے۔

$v_I = 0$ کی صورت میں $v_{DS} = V_{DD}$ جگہ $i_D \approx 0$ کے برابر حاصل ہوتا ہے لہذا Q_n میں برقی طاقت کا ضیاع قابل نظر انداز ہو گا۔ چونکہ اس صورت میں $V_{SD} \approx 0$ ہے لہذا Q_p میں طاقت کا ضیاع اس سے بھی کم ہو گا۔ $v_I = V_{DD}$ کی صورت میں Q_n کے کردار آپس میں تبدیل ہو جاتے ہیں لہذا طاقت کا ضیاع جوں کا توں رہتا ہے۔ حقیقت میں ماسفیٹ سے بنائے نئی کار میں کل طاقت کا ضیاع ایک مائیکرو وات سے بھی کم ہوتا ہے۔

آئیں شکل 36.4 میں دئے نئی کار کا v_O بال مقابل v_I خط حاصل کریں۔ ایسا کرنے کی خاطر v_I کو بتدریج $0V$ سے V_{DD} تک تبدیل کرتے ہوئے v_O حاصل کیا جائے گا۔ پہلے دونوں ماسفیٹ کے برقی رو بال مقابل برقی دباؤ مساوات لکھتے ہیں۔

شکل سے Q_n کے لئے 23.4 میں دیا گیا مساوات کا مقابل $v_{GS} = v_I$ اور $v_{DS} = v_O$ لکھا جا سکتا ہے۔ یوں مساوات اور مساوات 24.4 کو یوں لکھا جا سکتا ہے۔

$$(75.4) \quad i_{DS} = k_n \left[(v_I - V_{tn}) v_O - \frac{v_O^2}{2} \right] \quad \text{جب } v_O \leq v_I - V_{tn}$$

اسی طرح مساوات 27.4 اور مساوات 28.4 کو

$$(76.4) \quad i_{DS} = \frac{k_n}{2} [v_I - V_{tn}]^2 \quad \text{جب } v_O \geq v_I - V_{tn}$$

لکھا جا سکتا ہے۔ اسی طرح Q_p کے لئے مساوات 36.4 کو

(77.4)

$$i_{SD} = k_p \left[(V_{DD} - v_I + V_{tp}) (V_{DD} - v_O) - \frac{(V_{DD} - v_O)^2}{2} \right] \quad \text{جب } v_O \geq v_I - V_{tp}$$

اور مساوات 38.4 کو

$$(78.4) \quad i_{SD} = \frac{k_p}{2} \left[V_{DD} - v_I + V_{tp} \right]^2 \quad \text{جب } v_O \leq v_I - V_{tp}$$

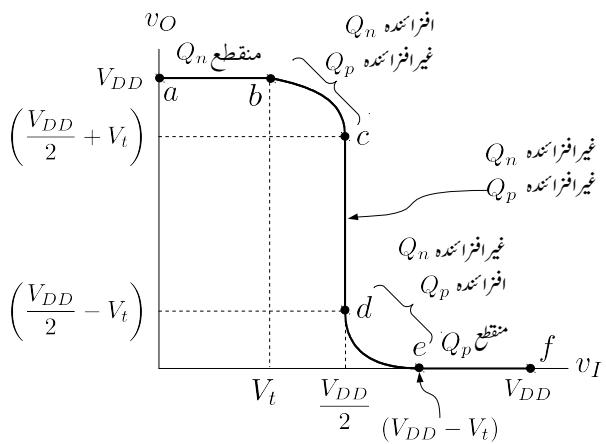
لکھا جا سکتا ہے۔ نفی کار کو عموماً یوں تخلیق دیا جاتا ہے کہ

$$(79.4) \quad V_{tn} = |V_{tp}| = V_t$$

$$(80.4) \quad k_n = k_p$$

ہوں۔ اس طرح v_O بال مقابل v_I کا خط تقاضہ رکھتا ہے اور خارجی سرے پر v_O کی پست اور بلند دونوں صورتوں میں نفی کار یکساں برقی روکی صلاحیت رکھتا ہے۔ مندرجہ بالا چار مساوات سے شکل 39.4 میں دکھایا گیا خط حاصل ہوتا ہے۔ عددی ادوار کے نقطہ نظر سے غالباً اس خط سے زیادہ اہم کوئی خط نہیں پایا جاتا لہذا اس کو اچھی طرح سمجھ کر ہی آگے بڑھیں۔ آئیں اس پر خط مزید غور کریں۔

شکل 39.4 پر اہم نقطے دکھائے گئے ہیں۔ تصویر کریں کہ $V_{DD} = 5\text{V}$ اور $V_t = 1\text{V}$ اور $v_O = 5\text{V}$ ہیں۔ اس طرح $V_{tn} = 1\text{V}$ اور $V_{tp} = -1\text{V}$ ہوں گے۔ شکل میں a تا b خط پر غور کریں۔ یہاں v_I کی قیمت 0V تا 1V ہے۔ چونکہ Q_n کی $v_{GS} = v_I$ ہے لہذا اس کو اچھی طرح سمجھ کر ہے۔ یوں Q_n مقطوع ہے۔ اس کے برعکس Q_p کی $v_{SG} = V_{DD} - v_I$ ہے لہذا v_{SG} کی قیمت 4V تا 5V رہے گی۔ چونکہ $V_{tp} = -1\text{V}$ ہے لہذا $-V_{tp} = 1\text{V}$ ہے۔ اس طرح $v_{SG} > -V_{tp}$ ہے۔ اس طرح Q_p چالو ہے۔ مزید $v_O = 5\text{V}$ ہے لہذا اسی ماسنیٹ کے v_{GD} کی قیمت -5V تا -4V رہے گی جو v_{tp} سے کم ہے لہذا Q_p غیر افراستہ ہو گا۔



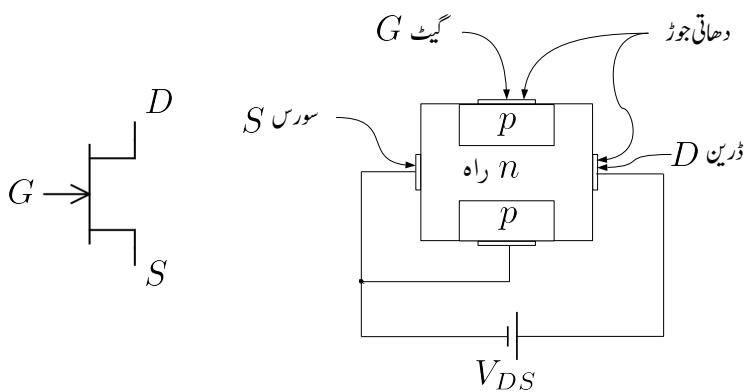
شکل 39.4: نئی کارکانٹ

شکل 39.4 سے v_I اور v_O کی قیمتیں پڑھتے ہوئے تسلی کر لیں کہ b تا c متفق ماسفیٹ افزائندہ جبکہ ثابت ماسفیٹ غیر افزائندہ ہے۔ بقیا خطوط کے درمیان بھی صورت حال دیکھیں۔

(JFET) 13.4 جوڈارفیٹ

جوڈارفیٹ کے دو اقسام یعنی n اور p پائے جاتے ہیں۔ شکل 40.4 میں n قسم کے جوڈارفیٹ یعنی (nJFET) کی ساخت اور علامت دکھائے گئے ہیں۔ متفق جوڈارفیٹ بنانے کی خاطر n قسم سیلیکان نکٹرے کے دونوں اطراف p قسم کے خطے بنائے جاتے ہیں جنہیں گیٹ⁴⁰ کہتے ہیں۔ ان دو خطوں کو بیرونی دھاتی تار سے جوڈ کر بطور گیٹ (G) استعمال کیا جاتا ہے۔ شکل میں اس بیرونی دھاتی تار کو نہیں دکھایا گیا ہے۔ دو گیٹوں کے درمیان راہ میں آزاد الکٹران پائے جاتے ہیں۔ اس راہ پر بیرونی برقی دباؤ v_{DS} لاگو کرنے سے راہ میں موجود آزاد الکٹران منفی برقی دباؤ والے سرے سے

⁴⁰ gate



شکل 40.4: جوڑدار منفی فیٹ کی ساخت

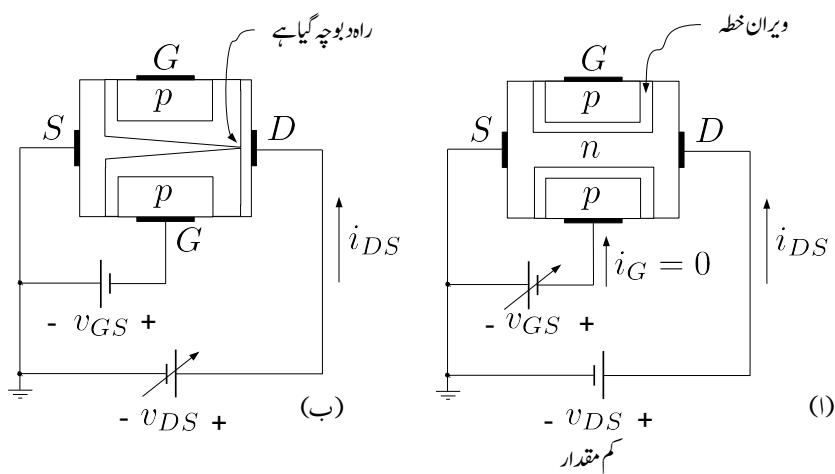
ثبت برقی دباؤ والے سرے کی جانب حرکت کریں گے جس سے برقی رو i_{DS} پیدا ہو گی۔ یوں منفی برقی دباؤ والے سرے سے خارج الکیٹران، ثبت برقی دباؤ والے سرے پر حاصل ہوتے ہیں۔ اسی سے ان دو سروں کو سورس S اور ڈرین D کے نام دئے گئے ہیں۔ روایتی برقی رو کی سمت ہوتی ہے۔ یوں (nJFET) کے نام دینا شاید درست نہ لگے ہم پھر بھی اس راہ کے ایک سرے کو سورس (S) جبکہ دوسرے سرے کو ڈرین (D) پکاریں گے۔ بیرونی برقی دباؤ کا ثبت سرا (nJFET) کے D کی جانب رکھا جائے گا۔ جوڑنی برقی دباؤ کا قسم کے نیم موصل سے حاصل ہوتا ہے اور اس کے نام میں n اسی کو ظاہر کرتا ہے۔

آئیں شکل 41.4 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 اس 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 خطے کی چوڑائی کا دادو مرار 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 لاگو کیا گیا ہے۔ گیٹ پر لاگو منفی برقی دباؤ کو جتنا

زیادہ 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 بذریعہ منفی جانب بڑھایا جائے تو ویران خطہ بڑھتے آخر کار تمام n راہ کو گھیر لے گا۔ جس v_{GS} پر ایسا ہو، اس کو nJFET کے دبوپتے کا برقی دباؤ کہتے ہیں اور روایتی طور سے V_p سے ظاہر کیا جاتا ہے۔ یوں nJFET کے V_p کی قیمت منفی ہو گی۔ اس سے معلوم یہ ہوا کہ راہ کی گہرائی کو گیٹ پر برقی دباؤ سے قابو کیا جا سکتا ہے۔ مزید یہ کہ گیٹ اور راہ pn جوڑ بناتے ہیں۔ اگر گیٹ اور راہ کے درمیان ثبت برقی دباؤ دی جائے تو راہ کی گہرائی مزید نہیں بڑھ سکتی بلکہ گیٹ اور راہ کے مابین pn جوڑ سیدھا مالک ہو جائے گا اور اس میں برقی رو گزرنے 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 $0.5V$ سے کم ہی رکھا جاتا ہے۔

D اور S کے مابین راہ بالکل ایک موصل سلاخ کی مانند مزاحمت 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 مزاحمت $R = \frac{L}{\sigma W g}$ ہو گا۔

اب تصور کریں کہ ڈرین D پر معمولی ثبت برقی دباؤ v_{DS} لاگو کیا جاتا ہے۔ n راہ میں برقی رو i_{DS} گزرنے کی جس کی قیمت اُہم کے قانون سے حاصل کی جا سکتی ہے۔ v_{DS} کو کم یا زیادہ کرتے ہوئے i_{DS} کو کم یا زیادہ کرنا ممکن ہے۔ کم v_{DS} پر، کسی بھی مزاحمت کی طرح، برقی دباؤ بالمقابل برقی رو کا خط تقریباً سیدھا ہو گا۔ اب تصور کریں کہ v_{GS} کو تبدیل کئے بغیر v_{DS} کو بڑھایا جائے۔ یوں n راہ کے سورس سرے پر $0V$ جبکہ اس کے ڈرین سرے پر v_{DS} برقی دباؤ پائی جائے گی۔ جیسا شکل ب میں دکھایا گیا ہے، یوں سورس سرے کے قریب pn جوڑ پر ویران خطے کی چوڑائی کم جبکہ ڈرین سرے کے قریب ویران خطے کی چوڑائی زیادہ ہو گی۔ ان دو سروں کے درمیان ویران خطے کی چوڑائی ترچھی شکل اختیار کرے گی۔ اس ترچھا پن کی وجہ سے n راہ کی مزاحمت بڑھے گی جس سے راہ کا مزاحمت بھی بڑھے گا۔ یوں اگرچہ کم $v_{DS} - i_{DS}$ پر v_{DS} کا خط سیدھا ہو گا لیکن جیسے جیسے v_{DS} بڑھایا جائے، راہ کا مزاحمت ایسے ایسے بڑھے گا اور یوں $v_{DS} - i_{DS}$ کے خط میں جھکاؤ پیدا ہو گا۔ اگر v_{DS} کو بذریعہ بڑھتے راہ کو دبوچ جائے گا۔ شکل ب میں ایسا کار ڈرین سرے کی جانب ویران خطہ بڑھتے بڑھتے راہ کو دبوچ جائے گا۔



شکل 41.4: جوڑدار منفی فیٹ کی کارکردگی

ہوتے دکھایا گیا ہے۔ v_{DS} کو مزید بڑھانے سے برقی رو میں تبدیلی نہیں پیدا ہوتی اور اس کی قیمت نقطہ دبوچ پر پائے جانے والے برقی رو کے قیمت پر ہی رہتی ہے۔

مندرجہ بالا تذکرے سے ظاہر ہے کہ JFET بالکل گھٹاتا ماسفیٹ کی مانند کام کرتا ہے۔ البتہ جہاں ماسفیٹ کے گیٹ پر ثابت یا منفی برقی دباؤ دینا ممکن ہے، nJFET کے گیٹ پر صرف منفی برقی دباؤ ہی دینا ممکن ہے۔ اگر اس کے گیٹ پر ثابت برقی دباؤ دی جائے تو گیٹ اور راہ کے مابین pn جوڑ یعنی بیہاں کا ڈائیوڈ سیدھا مائل ہو جائے گا اور گیٹ nJFET کو قابو کرنے کی صلاحیت کھو دے گا۔ چونکہ JFET کے گیٹ پر ڈائیوڈ کو الٹا مائل رکھا جاتا ہے لہذا اس کے گیٹ پر نہایت کم (الٹے مائل ڈائیوڈ کے برابر) برقی رو پائی جاتی ہے جسے عموماً صفر ایمپیر تصور کیا جاتا ہے۔ یہ برقی رو اگرچہ نہایت کم ہے لیکن ماسفیٹ کے گیٹ پر اس سے بھی کئی گناہم برقی رو پائی جاتی ہے۔

1.13.4 برقی رو بالقابل بر قی دباد

چونکہ JFET کی کارکردگی با کل گھٹاتا ماسفیٹ کی مانند ہے لہذا گھٹاتا ماسفیٹ کے مساوات ہی JFET کے لئے بھی استعمال کئے جائیں گے۔ البتہ ادب میں JFET کے مساوات کو قدر مختلف طریقے سے لکھا جاتا ہے۔ آئیں nJFET کے مساوات دیکھیں۔

1.1.13.4 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 ممکن نہیں ہوتا یعنی

$$(81.4) \quad v_{GS} \leq V_p \quad i_D = 0$$

2.1.13.4 غیر افزائندہ خط

غیر افزائندہ خط میں pn جوڑ کو الٹا مائل رکھتے ہوئے v_{GS} کو V_p سے زیادہ رکھا جاتا ہے۔ مزید یہ کہ v_{DS} کو نقطہ دبوچ سے کم رکھا جاتا ہے۔ اس خط میں ماسفیٹ کی مساوات 24.4 کو JFET کے لئے یہاں لکھتے ہیں۔ ایسا کرتے ہوئے V_t کی جگہ V_p لکھا جائے گا۔

$$\begin{aligned} i_{DS} &= k_n \left[(v_{GS} - V_p)v_{DS} - \frac{v_{DS}^2}{2} \right] \\ &= \frac{k_n V_p^2}{2} \left[2 \left(\frac{v_{GS}}{V_p} - 1 \right) \frac{v_{DS}}{V_p} - \left(\frac{v_{DS}}{V_p} \right)^2 \right] \end{aligned}$$

اس مساوات میں I_{DSS} کو لکھا جاتا ہے۔ یوں

$$(82.4) \quad \begin{aligned} V_p &\leq v_{GS} \leq 0, & v_{DS} &\leq v_{GS} - V_p \\ i_{DS} &= I_{DSS} \left[2 \left(\frac{v_{GS}}{V_p} - 1 \right) \frac{v_{DS}}{V_p} - \left(\frac{v_{DS}}{V_p} \right)^2 \right] \end{aligned}$$

مسفیٹ کی مساوات 28.4 کو یوں لکھا جاتا ہے۔

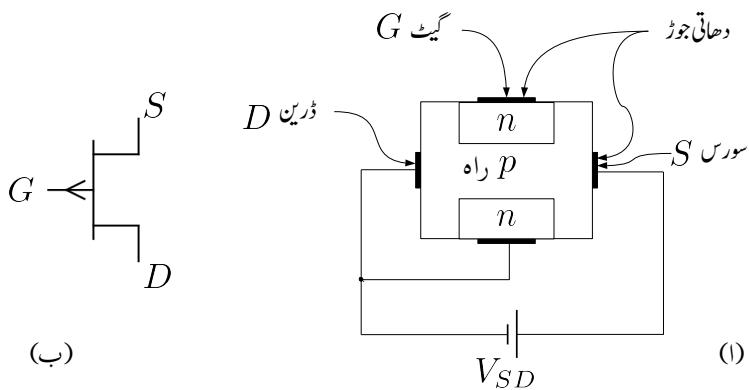
$$(83.4) \quad V_p \leq v_{GS} \leq 0, \quad v_{DS} \geq v_{GS} - V_p$$

$$i_{DS} = I_{DSS} \left(1 - \frac{v_{GS}}{V_p} \right)^2 \left(1 + \frac{v_{DS}}{V_A} \right)$$

جہاں ارلی برقی دباؤ V_A ⁴¹ کے اثر کو بھی شامل کیا گیا ہے۔ ارلی برقی دباؤ کے اثر کو نظر انداز کرتے ہوئے، $v_{GS} = 0$ پر اس مساوات سے $i_{DS} = I_{DSS}$ حاصل ہوتا ہے لہذا I_{DSS} وہ برقی رو ہے جو گیٹ کو سورس کے ساتھ جوڑنے سے حاصل ہوتی ہے۔ مندرجہ بالا مساوات میں $(v_{DS} \geq v_{GS} - V_p)$ کو $(v_{GS} - v_{DS} \leq V_p)$ یا $(v_{GD} \leq V_p)$ بھی لکھا جا سکتا ہے۔

pJFET 2.13.4

جیسا شکل 42.4 الف میں دکھایا گیا ہے، ثبت جوڑدار فیٹ بنانے کی خاطر p قسم سیکان گلکرے کے دونوں اطراف n گیٹ بنائے جاتے ہیں۔ ان دو خطوں کو بیرونی دھاتی تار سے جوڑ کر بطور گیٹ (G) استعمال کیا جاتا ہے۔ دو گیٹوں کے درمیان راہ میں آزاد خول پائے جاتے ہیں۔ اس راہ پر بیرونی برقی دباؤ والے v_{SD} لਾگو کرنے سے راہ میں موجود آزاد خول ثبت برقی دباؤ والے سرے سے منفی برقی دباؤ والے سرے کی جانب حرکت کریں گے جس سے برقی رو i_{SD} پیدا ہو گی۔ یوں ثبت برقی دباؤ والے سرے سے خارج خول، منفی برقی دباؤ والے سرے پر حاصل ہوتے ہیں۔ اسی سے ان دو سروں کو سورس S اور ڈرین D کے نام دئے گئے ہیں۔ یوں (pJFET) میں روایتی برقی رو کی سمت راہ میں سورس سے ڈرین کی جانب ہو گی۔ بیرونی برقی دباؤ کا ثبت سرا (pJFET) کے S کی جانب رکھا جائے گا۔ pJFET میں راہ p قسم کے نیم موصل سے حاصل ہوتا ہے اور اس کے نام میں p اسی کو ظاہر کرتا ہے۔ جیسا شکل 42.4 ب میں دکھایا گیا ہے، pJFET کی علامت میں گیٹ پر تیر کا نشان راہ سے گیٹ کی جانب کو ہوتا ہے۔ pJFET کی صحیح کارکردگی کے لئے ضروری ہے کہ گیٹ اور راہ پر بننے والے pn جوڑ کو غیر چالو رکھا جائے لیکن اس جوڑ پر ڈائیوڈ کے سیدھے رخ 0.5V سے برقی دباؤ کو کم رکھا جائے۔



شکل 42.4: جوڈارفیٹ کی ساخت

3.13.4 باریک اشاراتی ریاضی نمونہ

چونکہ JFET اور MOSFET کی کارکردگی یکساں ہے لہذا ان کے پست تعددی اور بلند تعددی پائے ریاضی نمونے بھی یکساں ہیں۔ یہاں

$$(84.4) \quad g_m = \left(\frac{-2I_{DSS}}{V_p} \right) \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_p} \right)$$

$$(85.4) \quad = \left(\frac{-2I_{DSS}}{V_p} \right) \sqrt{\frac{I_D}{I_{DSS}}}$$

کے برابر ہے جہاں I_D نقطہ مائل پر یک سمیتی برقی رو ہے۔ اسی طرح

$$(86.4) \quad r_o = \frac{V_A}{I_D}$$

کے برابر ہے۔

مثلاً 22.4: ایک nJFET کی برقی رو $I_{DSS} = 8 \text{ mA}$ اور $V_p = -3 \text{ V}$ ہیں۔ اس کی برقی رو $v_{DS} = 3.5 \text{ V}$ اور $v_{GS} = -1.5 \text{ V}$ پر حاصل کریں۔ اولیٰ برقی دباؤ کے اثر کو نظر انداز کریں۔

حل: چونکہ $v_{GS} - V_p$ کی قیمت

$$(-1.5 \text{ V}) - (-3 \text{ V}) = 1.5 \text{ V}$$

دئے گئے v_{DS} کے قیمت سے کم ہے لہذا مساوات 83.4 کے پہلے جزو کے تحت فیٹ افزائندہ خطے میں ہے اور یوں اسی مساوات کے دوسرے جزو کے تحت

$$i_{DS} = 8 \times 10^{-3} \left[1 - \left(\frac{-1.5}{-3} \right) \right]^2 = 2 \text{ mA}$$

حاصل ہوتا ہے۔

مثال 23.4: 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 84.4 سے g_m کی قیمت حاصل کرتے ہوئے دونوں جوابات کا موازنہ 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

$$\frac{\Delta i_{DS}}{\Delta v_{GS}} = \frac{2.2756 \text{ mA} - 2 \text{ mA}}{(-1.4) - (-1.5)} = 2.756 \frac{\text{mA}}{\text{V}}$$

حاصل ہوتا ہے۔ مساوات 84.4 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

$$\left(\frac{2.756 - 2.6667}{2.6667} \right) \times 100 = 3.34\%$$

کا فرق ہے۔ v_{GS} میں تبدیلی کو کم سے کم کرتے ہوئے زیادہ درست جواب حاصل ہوتا ہے۔

مثال 24.4: ارلی برقی دباؤ V_A کی قیمت 75V لیتے ہوئے خارجی مزاحمت کا تخمینہ r_o پر لگائیں۔ ایسا کرتے ہوئے تصور کریں کہ فیٹ افراندہ خطے میں ہے۔

حل: ایک ملی ایمپیسٹر پر

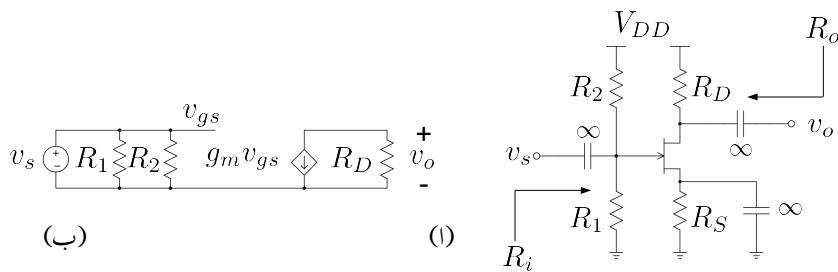
$$r_o = \frac{75}{0.001} = 75 \text{ k}\Omega$$

اور دس ملی ایمپیسٹر پر

$$r_o = \frac{75}{0.01} = 7.5 \text{ k}\Omega$$

حاصل ہوتا ہے۔

مثال 25.4: شکل 43.4 میں منقی جوڈار فیٹ کا ایکلیفاٹر دکھایا گیا ہے جس میں استعمال ہونے والے فیٹ کی $V_{DD} = 15 \text{ V}$ اور $I_{DSS} = 8 \text{ mA}$ اور $V_p = -3 \text{ V}$ ہیں۔ تصور کرتے ہوئے برقی رو $V_D = 9 \text{ V}$ ، $V_G = 4 \text{ V}$ ، $I_{DS} = 5 \text{ mA}$ جبکہ حاصل



شکل 4.43: جوڑدار متنی فیٹ کی مثال

کرنے کی خاطر درکار مزاحمت معلوم کریں۔ ایسا کرتے وقت گیٹ پر نسب مزاحمت میں $10 \mu\text{A}$ کی برقی رو تصور کریں۔ تمام کپسیلوں کی قیمت لامحدود تصور کرتے ہوئے ایکپلیفاٹر کی افزائش A_v حاصل کریں۔ ایکپلیفاٹر کی داخلی مزاحمت R_i اور خارجی مزاحمت R_o بھی حاصل کریں۔

حل: گیٹ کے مزاحمت میں $10 \mu\text{A}$ برقی رو ہے۔ یوں

$$\frac{V_{DD}}{R_1 + R_2} = 10 \mu\text{A}$$

$$R_1 + R_2 = \frac{15}{10 \times 10^{-6}} = 1.5 \text{ M}\Omega$$

حاصل ہوتا ہے۔ گیٹ پر 4 V حاصل کرنے کی خاطر

$$V_G = \left(\frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) V_{DD}$$

$$4 = \left(\frac{R_1}{1.5 \times 10^6} \right) \times 15$$

$$R_1 = 400 \text{ k}\Omega$$

حاصل ہوتا ہے۔ یوں

$$R_2 = 1.5 \text{ M}\Omega - 400 \text{ k}\Omega = 1.1 \text{ M}\Omega$$

حاصل ہوتا ہے۔ $V_D = 9 \text{ V}$ کی خاطر

$$V_{DD} - V_D = I_{DS} R_D$$

$$R_D = \frac{15 - 9}{5 \times 10^{-3}} = 1.2 \text{ k}\Omega$$

حاصل ہوتا ہے۔

چونکہ $(V_G - V_D = 4 \text{ V} - 9 \text{ V} = -5 \text{ V})$ فیٹ افزائندہ نسلے میں ہے۔ یوں مساوات 83.4 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۔ مقنی جواب 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

$$V_S = I_{DS} R_S$$

$$R_S = \frac{4.628}{5 \times 10^{-3}} = 925.6 \Omega$$

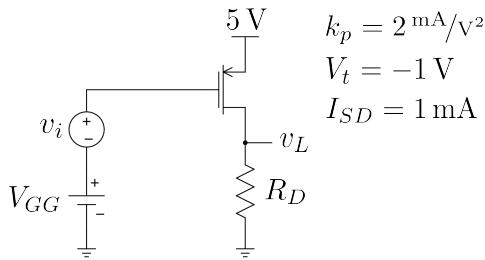
حاصل ہوتا ہے۔

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 دارودار گیٹ پر نسب مزاجتوں پر ہے۔ یوں داخلی مزاجت بڑھانے کی خاطر ان مزاجتوں کو زیادہ سے زیادہ رکھا جاتا ہے جس کا مطلب ہے کہ ان میں گزرتے یک سمی رو کو کم سے کم رکھا جاتا ہے۔ اس مثل میں اس برتنی رو کو $10 \mu\text{A}$ رکھا گیا ہے۔



کل : 44.4

مساویات کی مدد سے

$$g_m = \frac{-2 \times 8 \times 10^{-3}}{-3} \sqrt{\frac{5 \times 10^3}{8 \times 10^{-3}}} = 4.216 \frac{\text{mA}}{\text{V}}$$

اور یوں

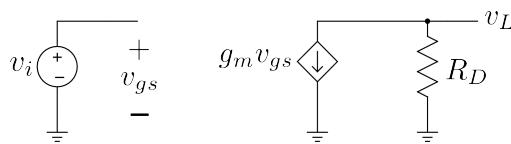
$$A_v = \frac{v_o}{v_s} = -g_m R_D = -4.216 \times 10^{-3} \times 1.2 \times 10^3 = -5.059 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

حاصل ہوتا ہے۔

$I_{SD} = 1 \text{ mA}$ اور $v_L = 2 + 0.56 \sin \omega t$ میں 44.4 کل حاصل کرتے ہوئے مثال 26.4 میں $A_v = \frac{v_L}{v_i}$ حاصل کریں۔

حل: یک سمتی لیندا ہے $v_L = 2 \text{ V}$

$$R_D = \frac{2}{1 \times 10^{-3}} = 2 \text{ k}\Omega$$



شکل 45.4

ہے۔ ماسفیٹ کو افزائندہ تصور کرتے ہوئے ماسفیٹ کی مساوات سے

$$10^{-3} = \frac{2 \times 10^{-3}}{2} (V_{SG} - 1)^2$$

کو $V_t = -1 \text{ V}$ حاصل ہوتے ہیں۔ اور 2 V اور 0 V کی قیمت V_{SG} سے لہذا $V_{SG} = 2 \text{ V}$ کے برابر ہے۔ $V_{SG} > -V_t$ کی شرط سے $-V_t = 1 \text{ V}$ درست جواب تسلیم کیا جاتا ہے۔ یوں

$$\begin{aligned} V_{SG} &= V_S - V_G \\ 2 &= 5 - V_G \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے۔ شکل 45.4 میں باریک اشاراتی مساوی دور دکھایا گیا ہے جسے دیکھ کر $v_L = -g_m v_{gs} R_D$ لکھا جا سکتا ہے جہاں

$$\begin{aligned} g_m &= \sqrt{2k_p I_{SD}} = \sqrt{2 \times 2 \times 10^{-3} \times 10^{-3}} = 2 \text{ mS} \\ v_{gs} &= v_i \end{aligned}$$

کے برابر ہیں۔ $v_L = 0.56 \sin \omega t$ میں بدلتا حصہ ہے جسے استعمال کرتے ہوئے

$$0.56 \sin \omega t = -2 \times 10^{-3} v_i \times 2000$$

حاصل ہوتے ہیں۔ $A_v = -4 \frac{\text{V}}{\text{V}}$ اور $v_i = -0.14 \sin \omega t$ سے

14.4 مخلوط ادوار میں ماسفیٹ کا نقطہ کارکردگی تعین کرنے کے ادوار

شکل 43.4 اور 22.4 میں مزاحمت استعمال کرتے ہوئے انفرادی ماسفیٹ کا نقطہ کارکردگی تعین کیا گیا۔ مخلوط ادوار میں ماسفیٹ کا نقطہ کارکردگی مزاحمت استعمال کرتے ہوئے تعین نہیں کیا جاتا۔ مخلوط دور بناتے وقت سلیکان پتھری کے کم سے کم سے کم رقبے پر زیادہ سے زیادہ پر زے بنائے جاتے ہیں۔ یوں مخلوط دور میں ان پرزوں کو ترجیح دی جاتی ہے جو کم سے کم رقبہ گھیریں۔ ماسفیٹ کی نسبت سے مزاحمت زیادہ رقبہ گھیرتا ہے لہذا مزاحمت کے استعمال سے بچنے کی ہر ممکنہ کوشش کی جاتی ہے۔ مزید یہ کہ سلیکان پر بالکل درست قیمت کا مزاحمت بنانے کی خاطر اضافی گراں قیمت اقدام کرنے پڑتے ہیں جبکہ درکار خوبیوں کا ماسفیٹ آسانی سے بنتا ہے۔ اس کے علاوہ انفرادی ماسفیٹ ایمپلیغاٹر میں بھتھ اور متابلہ راستہ کپیسٹر استعمال کئے جاتے ہیں۔ مخلوط دور میں چند pF سے زیادہ قیمت کا کپیسٹر بنانا ممکن نہیں ہوتا لہذا کپیسٹر کا استعمال بھی ممکن نہیں ہوتا۔ آئین دیکھیں کہ مخلوط دور میں ماسفیٹ کا نقطہ کارکردگی کیسے تعین کیا جاتا ہے۔

منج مستقل بر قی رو 1.14.4

شکل 46.4 الف میں منج مستقل بر قی رو⁴² کا سادہ دور اور شکل ب میں اس کی علامت دکھائے گئے ہیں۔ مثال 5.4 کی طرح Q_1 اور R_{GS} کے دور کو حل کرنے سے بر قی رو $I_{DS1} = V_{GS1} = V_{GS1}$ اور بر قی دباؤ V_{GS1} حاصل ہوں گے۔ Q_1 اور Q_2 کے سورس آپس میں جڑے ہیں اور اسی طرح ان کے گیٹ بھی آپس میں جڑے ہیں لہذا ان دونوں کے V_{GS} برابر ہوں گے یعنی

$$V_{GS1} = V_{GS2} = V_{GS}$$

ہو گا۔ Q_1 کا گیٹ اور ڈبین آپس میں جڑے ہیں لہذا اس کا $V_{GD} < V_t$ ہے اور یہ افزائندہ خطے میں ہے لہذا

$$(87.4) \quad I_{DS1} = \frac{k'_n}{2} \left(\frac{W}{L} \right)_1 (V_{GS} - V_t)^2$$

constant current source⁴²

ہو گا۔ گیٹ پر برقی رو صفر ہونے سے I_{DS1} برابر ہوں گے۔ یوں اُوہم کے قانون سے

$$(88.4) \quad I_{DS1} = I_{\text{حوار}} = \frac{V_{DD} - V_{GS1}}{R_{\text{حوار}}}$$

لکھا جا سکتا ہے۔ درکار I_{DS1} کے لئے دور میں مزاحمت $R_{\text{حوار}}$ کی قیمت مندرجہ بالا دو مساوات حل کر کے حاصل کی جاتی ہے۔

اگر ہم تصور کریں گے کہ Q_2 بھی افزائندہ نقطے میں ہے تو اس کے لئے ہم لکھ سکتے ہیں

$$(89.4) \quad I_{DS2} = I_{\text{حوار}}' = \frac{k'_n}{2} \left(\frac{W}{L} \right)_2 (V_{GS} - V_t)^2$$

I_{DS1} کو I_{DS2} سے تقسیم کرتے ہوئے ملتا ہے

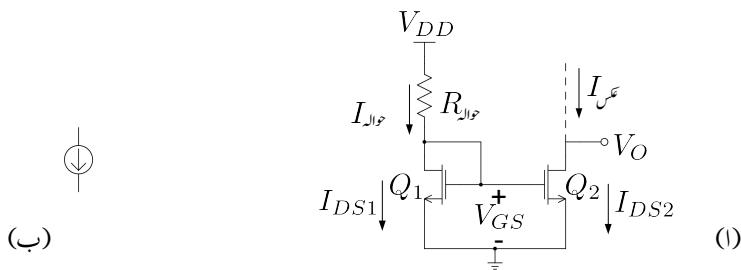
$$(90.4) \quad \frac{I_{DS2}}{I_{DS1}} = \frac{I_{\text{حوار}}'}{I_{\text{حوار}}} = \frac{\left(\frac{W}{L} \right)_2}{\left(\frac{W}{L} \right)_1}$$

آپ دیکھ سکتے ہیں کہ I_{DS2} کی قیمت کا دارومند I_{DS1} کے قیمت کے حوالے سے ہے۔ اگر دونوں ماسفیٹ بالکل ایک ہی جامات کے ہوں تو

$$(91.4) \quad I_{\text{حوار}} = I_{\text{حوار}}'$$

حاصل ہوتا ہے۔ ایسا معلوم ہوتا ہے جیسے عکس $I_{\text{حوار}}$ کا عکس ہے۔ اسی سے اس دور کا دوسرا نام آئینہ برقی رو⁴³ نکلا ہے۔ دونوں برقی رو برابر نہ ہونے کی صورت میں بھی اس دور کو اسی نام سے پکارا جاتا ہے۔

منٹھ مستقل برقی رو میں مزاحمت $R_{\text{حوار}}$ کی مدد سے درکار برقی رو حاصل کیا جاتا ہے۔ اس مزاحمت کو تبدیل کرنے سے V_{GS1} اور V_{GS2} تبدیل ہوتے ہیں۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ Q_1 کو Q_2 تابع ماسفیٹ ہے۔ یوں تخطی دور میں



شکل 46.4: منبع مستقل برقی رو

دونوں ماسفیٹ کے $\left(\frac{W}{L}\right)_1$ اور k'_n اور V_t یکساں ہوتے ہیں۔ یوں اور $\left(\frac{W}{L}\right)_2$ کی شرح سے عرض I_{DS} اور R_{load} کی شرح تعین ہوتی ہے۔

مندرجہ بالا تبرعے میں الٹ برقی دباؤ کے اثر کو نظر انداز کرتے ہوئے تصور کیا گیا کہ دو ماسفیٹ کے V_{GS} برابر ہونے کی صورت میں ان کے I_{DS} بھی برابر ہوتے ہیں۔ حقیقت میں ایسا نہیں ہوتا اور دو ماسفیٹ جن کے V_{GS} برابر ہوں کے برقی رو صرف اور صرف اسی وقت برابر ہوتے ہیں جب ان کے V_{DS} بھی برابر ہوں۔ شکل 47.4 میں ماسفیٹ Q_2 کے خط دکھائے گئے ہیں۔ V_{GS2} کی قیمت V_{GS1} کے برابر ہے جو قطعی مقدار ہے لہذا ان تمام خطوط میں صرف ایک ہی خط کارآمد ہے۔ اس خط کو موٹا کر کے دکھایا گیا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ V_{GS} تبدیل کئے بغیر V_{DS} کے بڑھانے سے I_{DS} بڑھتی ہے۔ V_{DS2} کے تبدیلی سے عرض I میں تبدیلی کو ماسفیٹ کے خارجی مزاحمت r_o کی مدد سے حاصل کیا جا سکتا ہے۔

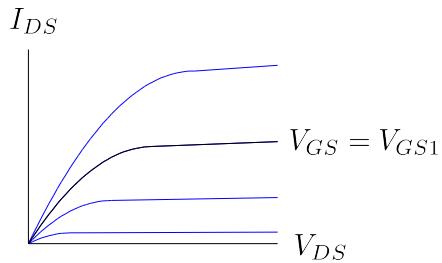
شکل 48.4 الف میں R_{load} کی جگہ دوسرا منبع مستقل برقی رو کا استعمال کیا گیا ہے۔ Q_1 میں R_{load} برقی رو پائی جاتی ہے۔ افراستدہ ماسفیٹ کی مساوات سے Q_1 کی V_{GS} حاصل کی جا سکتی ہے جو Q_2 پر بھی لاگو ہے۔ یوں آپ دیکھ سکتے ہیں کہ اس صورت میں بھی

$$I_{load} = I_{\text{عرض}}$$

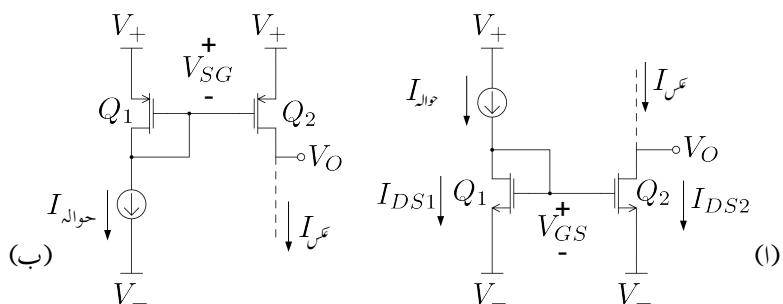
ہو گا۔ اس شکل میں ثبت برقی منبع کو V_+ اور منفی کو V_- لکھا گیا ہے۔ شکل ب میں pMOSFET استعمال کرتے ہوئے آئینہ برقی رو بنایا گیا ہے جس کی کارکردگی بالکل

14.4. مخلوط ادوار میں ماسفیٹ کا نقطہ کارکردگی تعین کرنے کے ادوار

557



کل 47.4: ماسفیٹ کا خط



کل 48.4: آئینہ برقی رو

nMOSFET سے بنائے گئے آئینہ برقہ رو کی طرح ہے۔ فرق صرف اتنا ہے کہ nMOSFET میں عرض I_s کی سمت آئینہ کے جانب ہے جبکہ pMOSFET آئینہ میں عرض I_s کی سمت آئینہ سے باہر کو ہے۔

مثال 27.4: منبع مستقل برقہ رو میں

$$V_{DD} = 15 \text{ V}, \quad k_n = 0.12 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2}, \quad V_t = 2.1 \text{ V}$$

ہیں۔ I_s حاصل کرنے کے لئے درکار $R_{\text{حوالہ}}$ حاصل کریں۔

حل: $I_s = I_{\text{حوالہ}}$ لیتے ہوئے مساوات 87.4

$$2 \times 10^{-3} = \frac{0.12 \times 10^{-3}}{2} (V_{GS1} - 2.1)^2$$

س

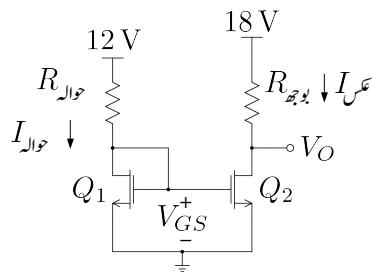
$$V_{GS1} = 7.8735 \text{ V}, \quad -3.67 \text{ V}$$

حاصل ہوتے ہیں۔ منفی جواب کو رد کیا جاتا ہے چونکہ یہ V_t سے کم ہے جس سے ماسفیٹ منقطع حالت میں ہو گا۔ ثابت جواب کو لیتے ہوئے مساوات 87.4 کو استعمال کرتے ہوئے

$$2 \times 10^{-3} = \frac{15 - 7.8735}{R_{\text{حوالہ}}}$$

حاصل ہوتا ہے۔ $R_{\text{حوالہ}} = 5.66 \text{ k}\Omega$ س

مثال 28.4: شکل 49.4 میں دونوں ماسفیٹ کے ڈنکل 49.4 میں مزید یہ کہ $V_t = 1.7 \text{ V}$ اور $k_n = 0.2 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2}$ اور $V_O = 4.7 \text{ V}$ اور $R_{\text{حوالہ}} = 6.8 \text{ k}\Omega$ اور I_s ہیں۔ میں دوں ماسفیٹ کے حاصل کریں۔



حکل 49.4: منع مستقل بر قی رو کی مثال

$$\text{لیتے ہوئے} \quad V_{DS1} = V_{GS1} : \text{حکل}$$

$$\frac{12 - V_{GS1}}{6800} = \frac{0.2 \times 10^{-3}}{2} (V_{GS1} - 1.7)^2$$

س

$$V_{GS1} = 4.926 \text{ V}, -2.99 \text{ V}$$

حاصل ہوتا ہے۔ -2.99 V کو رد کیا جاتا ہے چونکہ $V_{GS1} < V_t$ اس طرح حاصل ہوتا ہے جو ممکن نہیں کو ظاہر کرتا ہے۔ مساوات 87.4 اور 88.4 دونوں استعمال کرتے ہوئے بر قی رو حاصل کرتے ہیں۔ ظاہر ہے دونوں جوابات برابر ہوں گے۔

$$I_{DS1} = \frac{12 - 4.926}{6800} = 1.04 \text{ mA}$$

$$I_{DS1} = \frac{0.2 \times 10^{-3}}{2} (4.926 - 1.7)^2 = 1.04 \text{ mA}$$

چونکہ یہ آئینہ بر قی رو ہے لہذا

$$I_{\text{ج}} = I_{\text{وا}} = 1.04 \text{ mA}$$

ہو گا۔ Q_2 کے ڈرین پر

$$\begin{aligned} V_O &= V_{DS2} = 17 - I_{DS2} R_{\text{ج}} \\ &= 17 - 1.04 \times 10^{-3} \times 4700 \\ &= 12.1 \text{ V} \end{aligned}$$

کا Q_2 ہیں۔ یوں

$$V_{GD2} = V_{GS2} - V_{DS2} = 4.925 - 12.1 = -7.1 \text{ V}$$

حاصل ہوتا ہے۔ چونکہ $V_{GD2} < V_t$ افزاں ندہ خطے میں ہی ہے۔

مثال 29.4: مندرجہ بالا مثال میں R_{DS2} کی وہ قیمت حاصل کریں جس پر Q_2 افزاں ندہ خطے سے نکل آئے گا۔

حل: Q_2 اس وقت تک افزاں ندہ رہے گا جب تک $V_{GD2} < V_t$ ہو۔ چونکہ $V_{GS2} = V_{GS1} = 4.925 \text{ V}$

$$\begin{aligned} V_{DS2} &= 17 - I_{DS2} R_{DS2} \\ &= 17 - 1.04 \times 10^{-3} \times R_{DS2} \end{aligned}$$

کے برابر ہے۔ یوں Q_2 اس وقت افزاں ندہ خطے سے باہر نکلے گا جب

$$\begin{aligned} V_{GD2} &= V_{GS2} - V_{DS2} > V_t \\ &= 4.925 - (17 - 1.04 \times 10^{-3} \times R_{DS2}) > 1.7 \end{aligned}$$

ہو گا۔ یوں تقریباً $R_{DS2} > 13.24 \text{ k}\Omega$ حاصل ہوتا ہے۔ مثال کے طور پر اگر بوجھ کی مراجحت $15 \text{ k}\Omega$ کر دیا جائے تو $V_{GD2} = 3.5 \text{ V}$ اور $V_{DS2} = 1.4 \text{ V}$ اور $V_A = 50 \text{ V}$ حاصل ہوتا ہے جو کہ V_t سے زیادہ ہے لیکن ماسیٹ افزاں ندہ خطے میں نہیں ہے۔

مثال 30.4: مثال 28.4 میں $V_{DS2} = 12.1 \text{ V}$, $V_{DS1} = 4.926 \text{ V}$, $V_A = 50 \text{ V}$ اور $I_{DS2} = 1.04 \text{ mA}$ حاصل ہوئے۔ I_{DS1} کی صورت میں I_{DS1} حاصل کردا ہے۔ I_{DS1} کی قیمت سے کتنا اختلاف کرے گا۔

حل: ماسفیٹ کا خارجی مزاحمت تقریباً

$$r_o = \frac{50}{1.04 \times 10^{-3}} \approx 48 \text{ k}\Omega$$

1.04 mA I_{DS2} بھی ہوتا تب تو کی قیمت V_{DS2} ہے۔ اگر V_{DS2} ہوتا البتہ

$$12.1 - 4.926 = 7.175 \text{ V}$$

زیادہ ہے لہذا ماسفیٹ کے خارجی مزاحمت کی تعریف

$$r_o = \frac{\Delta V_{DS}}{\Delta I_{DS}}$$

سے

$$\Delta I_{DS} = \frac{7.175}{48000} \approx 149 \mu\text{A}$$

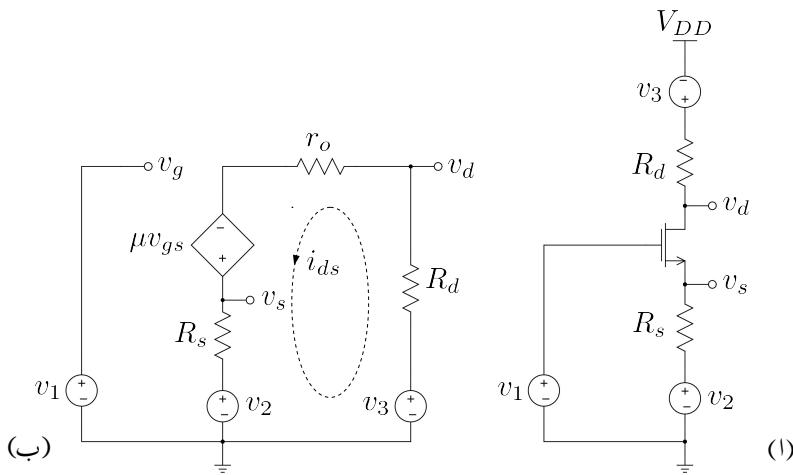
ہو گا۔ یوں

$$I_{DS} = 1.04 \text{ mA} + 149 \mu\text{A} = 1.189 \text{ mA}$$

ہو گا۔

15.4 مزاحمت کے عکس

دو جوڑ ٹرانزسٹر کے حصہ 8.3 میں آپ نے دیکھا کہ ٹرانزسٹر کے بیٹر پر پائے جانے والے بیرونی مزاحمت R_E کا ٹرانزسٹر کے بیس جانب عکس $(\beta+1) R_E$ نظر آتا ہے۔ اسی طرح ٹرانزسٹر کے بیٹر پر اس کے اندروںی مزاحمت r_e کا عکس ٹرانزسٹر کے بیس جانب $(\beta+1) r_e$ نظر آتا ہے جسے r_{be} لکھا جاتا ہے۔ ٹرانزسٹر کے بیس جانب بیرونی جڑے مزاحمت R_B کا عکس ٹرانزسٹر کے بیٹر جانب $\frac{R_B}{\beta+1}$ نظر آتا ہے۔ اسی طرح ٹرانزسٹر کے بیس جانب ٹرانزسٹر کی اندروںی مزاحمت r_{be} کا عکس ٹرانزسٹر



کے ایکٹر جانب $\frac{r_{be}}{\beta+1}$ نظر آتا ہے جسے r_e لکھا جاتا ہے۔ برقی دباؤ کا عکس میں سے ایکٹر یا ایکٹر سے بیس جانب تبدیلی کے بغیر جوں کا توں نظر آتا ہے۔

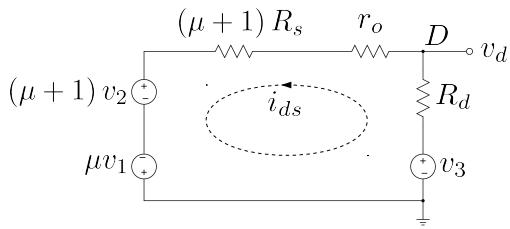
ماسیٹ میں مزاحمت کے عکس پر گفتگو کرنے کی خاطر شکل 50.4 اف پر غور کرتے ہیں۔ اس دور میں ماسیٹ کے تینوں سروں پر اشارات فراہم کئے گئے ہیں تا کہ مختلف ممکنات کو دیکھا جاسکے۔ ماسیٹ مائل کرنے والے اجزاء کو شامل نہیں کیا گیا ہے تا کہ اصل موضوع پر توجہ رہے۔

شکل ب میں اس کا باریک اشاراتی 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 جا سکتا ہے جہاں

$$v_{gs} = v_1 - i_{ds} R_s - v_2$$



51.4: ڈرین جانبی عکس

کے برابر ہے۔ ان دو مساوات کو ملا کر حاصل ہوتا ہے

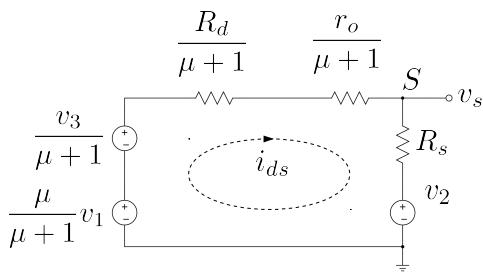
$$(92.4) \quad i_{ds} = \frac{\mu v_1 + v_3 - (\mu + 1) v_2}{(\mu + 1) R_s + r_o + R_d}$$

مساوات 92.4 سے شکل 51.4 حاصل ہوتا ہے۔ اس شکل کو دیکھتے ہوئے یہ حقیقت سامنے آتی ہے کہ ڈرین پر پائے جانے والے v_3 اور r_o جوں کے توں ہیں جبکہ سورس پر پائے جانے والے v_1 اور R_s دونوں $(\mu + 1)$ سے ضرب شدہ ہیں جبکہ گیٹ پر پائے جانے والا v_2 صرف μ سے ضرب شدہ ہے۔ ڈرین پر پائے جانے والے اجزاء جوں کے توں ہیں الہذا یہ شکل ڈرین سے دیکھتے ہوئے نظر آئے گی۔ اس طرح ڈرین سے دیکھتے ہوئے سورس پر پائے جانے والہ مزاحمت اور برقی اشارہ دونوں کا عکس $(\mu + 1)$ سے ضرب ہوتا نظر آئے گا جبکہ گیٹ پر برقی اشارہ صرف μ سے ضرب ہوتا نظر آئے گا۔

مساوات 92.4 کے کسر میں اوپر اور نچلے دونوں حصوں کو $\mu + 1$ سے تقسیم کرتے ہوئے یوں لکھا جا سکتا ہے

$$(93.4) \quad i_{ds} = \frac{\frac{\mu v_1}{\mu+1} + \frac{v_3}{\mu+1} - v_2}{R_s + \frac{r_o}{\mu+1} + \frac{R_d}{\mu+1}}$$

جس سے شکل 52.4 حاصل ہوتا ہے۔ یہاں آپ دیکھ سکتے ہیں کہ سورس کا مزاحمت R_s اور اشارہ v_2 جوں کے توں ہیں جبکہ ڈرین اور گیٹ کے اشارات اور مزاحمت کے



شکل 52.4: سورس جانب عکس

عکس نظر آتے ہیں۔ اس طرح سورس سے دیکھتے ہوئے ڈرین کے اجزاء یعنی v_3 , R_d اور r_o تینوں $(\mu+1)$ سے تقسیم ہوتے نظر آتے ہیں۔ جیسے گزشتہ شکل میں دیکھا گیا تھا کہ v_1 کا عکس ڈرین پر μ سے ضرب ہوتا نظر آتا ہے اور ڈرین پر پائے جانے والے اس عکس کا سورس جانب عکس $(\mu+1)$ سے تقسیم ہوتا ہے۔

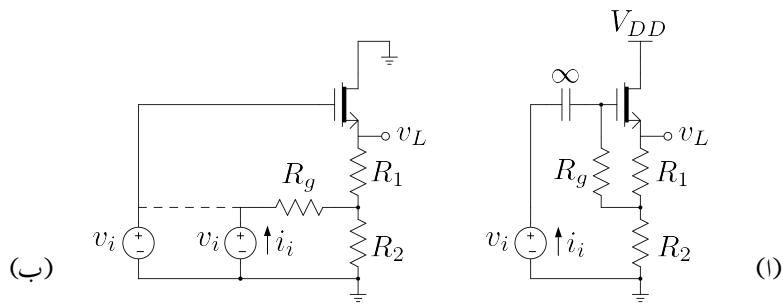
16.4 تابع سورس (ڈرین مشترک ایمپلینیٹر)

نقطہ مائل

شکل 53.4 اف میں گھنٹا ماسفیٹ کا تابع سورس ایمپلینیٹر دکھایا گیا ہے۔ یہاں nFET بھی استعمال کیا جا سکتا تھا۔ ایسا دور منفی V_{GSQ} مہیا کرنے کی خاطر استعمال کیا جاتا ہے۔ یہ سمتھ رو خطیبو جو لکھتے ہیں۔

$$(94.4) \quad V_{DD} = v_{DS} + i_{DS} (R_1 + R_2)$$

نقطہ مائل یک سمتی مقداروں سے حاصل ہوتا ہے۔ مزاحمت R_g میں صفر یک سمتی برقی رو ہونے کی وجہ سے اس کے دونوں سروں پر برابر یک سمتی برقی دباؤ پایا جائے گا۔ شکل 8 میں R_g کے نچلے سرے پر $I_{DSQ}R_2$ برقی دباؤ پایا جاتا ہے اور یوں



شکل 53.4: تابع سورس

ماسیٹ کے گیٹ پر بھی بھی برقی دباؤ ہو گا۔ ماسیٹ کے سورس پر برقی دباؤ ہے۔ یوں ماسیٹ کے لئے ہم لکھ سکتے ہیں

$$\begin{aligned}
 V_{GSQ} &= V_{GQ} - V_{SQ} \\
 (95.4) \quad &= I_{DSQ}(R_2) - I_{DSQ}(R_1 + R_2) \\
 &= -I_{DSQ}R_1
 \end{aligned}$$

عموماً V_{GSQ} چند ولٹ کے برابر ہو گا جبکہ V_{DSQ} تقریباً $R_1 \ll R_2$ ہو گا۔ کسی بھی حقیقی ایمپلیفیاٹر میں کے نصف V_{DD} کے برابر ہو گا۔ یوں کسی بھی ایمپلیفیاٹر میں

A_v افزائش

شکل 53.4 ب میں باریک اشاراتی مساوی دور بنانے کی غرض سے V_{DD} اور گیٹ کپیٹر کو قصر دور کیا گیا ہے۔ مزید گیٹ اور سورس کو علیحدہ کرنے کی خاطر v_i کو دو مرتبہ بنایا گیا ہے جہاں نقطہ دار لکیر کے دونوں سروں پر ہر وقت برابر برقی اشارہ v_i پایا جاتا ہے۔ نقطہ دار لکیر کو مٹانے سے گیٹ اور سورس دونوں جانب کوئی تبدیلی نہیں پیدا ہوتی چونکہ دونوں جانب v_i اپنی جگہ پر برقرار پایا جاتا ہے۔ یوں شکل 52.4 کے طرز پر باریک اشاراتی مساوی دور بناتے ہوئے شکل 54.4 الف حاصل ہوتا ہے۔ اس شکل میں تمام اجزاء کو سورس منتقل کیا گیا ہے۔ R_g اور v_i کی جگہ ان کا تھونن مساوی

دور استعمال کرتے ہوئے شکل 54.4 ب حاصل ہوتا ہے جہاں

$$v_{th} = \frac{R_2 v_i}{R_2 + R_g}$$

$$R_{th} = \frac{R_2 R_g}{R_2 + R_g} = R_2 \parallel R_g$$

کے برابر ہیں۔ شکل 54.4 ب میں

$$R_s = R_1 + (R_2 \parallel R_g)$$

لکھتے ہوئے

$$(96.4) \quad i_{ds} = \frac{\left[\frac{\mu}{\mu+1} - \frac{R_2}{R_2+R_g} \right] v_i}{\frac{r_o}{\mu+1} + R_s}$$

$$v_L = i_{ds} R_s + \frac{R_2}{R_2 + R_g} v_i$$

لکھا جا سکتا 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 یہ مساوات ہے۔

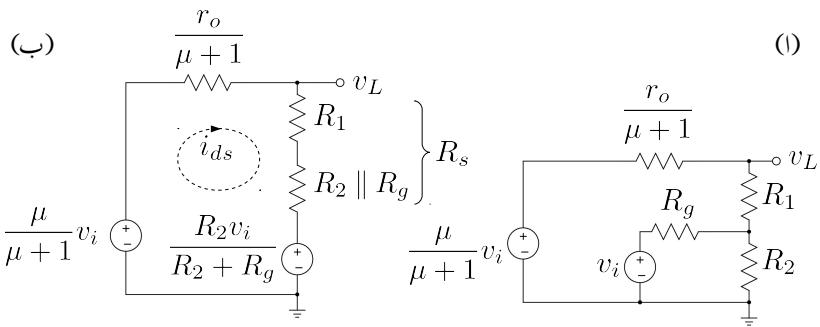
$$(97.4) \quad A_v = \frac{\left(\frac{\mu}{\mu+1} \right) R_s + \left(\frac{R_2}{R_2+R_g} \right) \left(\frac{r_o}{\mu+1} \right)}{\frac{r_o}{\mu+1} + R_s}$$

چونکہ $\frac{r_o}{\mu+1} \approx \frac{1}{g_m}$ کے برابر ہے لہذا $\mu = g_m r_o$ مندرجہ بالا مساوات کو یہی لکھ سکتے ہیں۔

$$(98.4) \quad A_v = \frac{g_m \left(\frac{\mu}{\mu+1} \right) R_s + \left(\frac{R_2}{R_2+R_g} \right)}{1 + g_m R_s}$$

اگر $R_g \gg R_2$ ہو، جیسا کہ عموماً ہوتا ہے، تب اس مساوات کو یہی لکھا جا سکتا ہے۔

$$(99.4) \quad A_v \approx \frac{g_m \left(\frac{\mu}{\mu+1} \right) R_s}{1 + g_m R_s}$$



شکل 54.4: تابع سورس کا مساوی باریک اشاراتی دور

عموماً $g_m R_s \gg 1$ اور یوں لکھا جا سکتا ہے۔ اگر $R_s \approx R_1 + R_2$ اور $R_g \gg R_2$ بھی ہو تو مندرجہ بالا مساوات کو

$$(100.4) \quad A_v \approx \frac{\mu}{\mu+1} \approx 1$$

لکھا جا سکتا ہے۔ اس مساوات سے صاف ظاہر ہے کہ ماسفیٹ کے تابع سورس ایمپلیفیئر کا خارجی اشارہ بھی خوش اسلوبی سے داخلی اشارے کی پیروی کرتا ہے۔ دو جوڑ ٹرانزسٹر کی طرح ماسفیٹ کے مشترک ڈرین ایمپلیفیئر کا A_v بھی تقریباً ایک کے برابر ہے۔

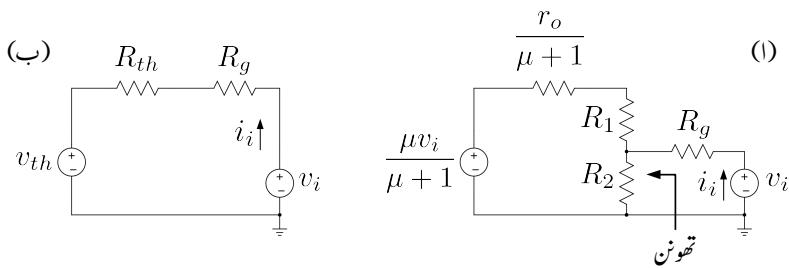
خارجی مزاحمت

شکل 54.4 ب کو دیکھتے ہوئے خارجی مزاحمت یوں لکھی جا سکتی ہے۔

$$(101.4) \quad R_o = \frac{r_o}{\mu+1} \| R_s \\ = \frac{1}{g_m} \| R_s$$

اگر $R_s \gg \frac{1}{g_m}$ ہو تو اسے یوں لکھا جا سکتا ہے۔

$$(102.4) \quad R_o \approx \frac{1}{g_m}$$



شکل 55.4: تابع سورس کا داخلی مراجعت

داخلی مراجعت

داخلی مراجعت شکل 53.4 الف میں $\frac{v_i}{i_i}$ سے حاصل ہو گی۔ چونکہ گیٹ کی برقی رو صفر ہوتی ہے لہذا i_i وہ برقی رو ہے جو مراجعت R_g سے گزرتی ہے۔ شکل 53.4 ب میں اس کی نشاندہی کی گئی ہے۔ چونکہ اس شکل میں v_i دو جگہ نظر آتا ہے لہذا یہ ضروری ہے کہ R_g کے ساتھ جبڑی v_i پر نظر رکھی جائے۔

شکل 54.4 الف کو قدر مختلف طرز پر شکل 55.4 الف میں دکھایا گیا ہے جہاں مطلوبہ v_{th} اور i_i کی وضاحت کی گئی ہے۔ R_g کے باہمی جانب کا تحونن مساوی دور لیتے ہوئے ہے۔

$$(103.4) \quad v_{th} = \frac{R_2 \left(\frac{\mu}{\mu+1} \right) v_i}{R_1 + R_2 + \frac{r_o}{\mu+1}}$$

$$R_{th} = R_2 \parallel \left(\frac{r_o}{\mu+1} + R_1 \right)$$

حاصل ہوتا ہے۔ شکل 55.4 ب میں حاصل کردہ تحونن دور استعمال کیا گیا ہے۔ یوں

$$i_i = \frac{v_i - v_{th}}{R_g + R_{th}}$$

$$= \frac{v_i - \frac{R_2 \left(\frac{\mu}{\mu+1} \right) v_i}{R_1 + R_2 + \frac{r_o}{\mu+1}}}{R_g + R_2 \parallel \left(\frac{r_o}{\mu+1} + R_1 \right)}$$

لکھتے ہوئے داخلی مزاحمت R_i یوں حاصل ہوتا ہے۔

$$(104.4) \quad R_i = \frac{v_i}{i_i} = \frac{R_g + R_2 \parallel \left(\frac{r_o}{\mu+1} + R_1 \right)}{1 - \frac{R_2 \left(\frac{\mu}{\mu+1} \right)}{R_1 + R_2 + \frac{r_o}{\mu+1}}}$$

اس مساوات میں پر کرنے سے

$$(105.4) \quad R_i = \frac{R_g + R_2 \parallel \left(\frac{1}{g_m} + R_1 \right)}{1 - \frac{g_m R_2 \left(\frac{\mu}{\mu+1} \right)}{g_m (R_1 + R_2) + 1}}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اگر $g_m (R_1 + R_2) \gg 1$ اور $R_g \gg R_2$ ہوں، جیسا کہ عموماً ہوتا ہے، تو اس مساوات کو

$$(106.4) \quad R_i \approx \frac{R_g}{1 - \frac{R_2 \left(\frac{\mu}{\mu+1} \right)}{R_1 + R_2}}$$

لکھا جا سکتا ہے۔ اگر ساتھ ہی ساتھ $R_2 \gg R_1$ ہو تو اس سے مزید سادہ مساوات یوں حاصل ہوتی ہے۔

$$(107.4) \quad R_i \approx (\mu + 1) R_g$$

مثال 55.3 میں بیس سے ایکٹر مزاحمت جوڑنے سے داخلی مزاحمت میں اضافہ ہوتا دکھایا گیا۔ یہاں بھی ایسا کرنے سے داخلی مزاحمت کی قیمت R_g سے زیادہ ہو جاتی ہے۔

مثال 31.4 شکل 53.4 الف میں استعمال کئے جانے والے ماسنیٹ کے گیا۔ یہاں بھی ایسا کرنے سے داخلی مزاحمت کی قیمت R_i ہیں۔ $r_o = 90 \text{ k}\Omega$ اور $V_t = -3 \text{ V}$ ، $k_n = 0.2 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2}$ کی شرط استعمال کرتے ہوئے خاطر درکار مزاحمت حاصل کریں۔

حل:

$$I_{DSQ} = \frac{k_n}{2} (V_{GS} - V_t)^2$$

$$0.0004 = \frac{0.0002}{2} (V_{GSQ} + 3)^2$$

سے

$$V_{GSQ} = -5 \text{ V}, -1 \text{ V}$$

حاصل ہوتے ہیں۔ V_t کو رد کیا جاتا ہے چونکہ یہ قیمت $V_{GSQ} = -5 \text{ V}$ سے کم ہے جس سے ماسیف مقطع ہو جاتا ہے۔ یوں مساوات 95.4 کے تحت حاصل ہوتا ہے۔ مساوات 94.4 کی مدد سے

$$R_1 + R_2 = \frac{V_{DD} - V_{DSQ}}{I_{DSQ}}$$

$$= \frac{15 - 10}{0.4 \times 10^{-3}}$$

$$= 12.5 \text{ k}\Omega$$

حاصل ہوتا ہے اور گا۔ چونکہ $R_2 = 10 \text{ k}\Omega$

$$V_{GD} = V_{GS} - V_{DS} = -1 - 10 = -11 \text{ V} < V_t$$

ہے لہذا ماسیف کو افراہنده نظر میں ٹھیک تصور کیا گیا تھا۔

مساوات 67.4 سے

$$g_m = \sqrt{2k_n I_{DS}} = \sqrt{2 \times 0.2 \times 10^{-3} \times 0.4 \times 10^{-3}} = 0.4 \text{ mS}$$

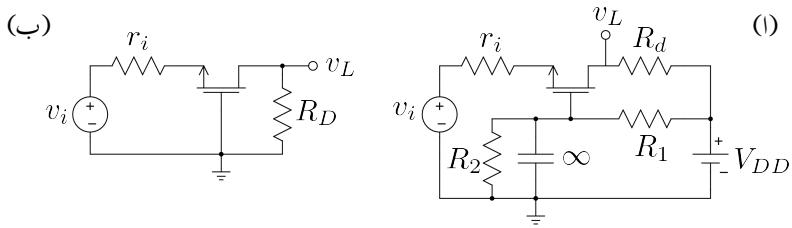
اور یوں $R_g \gg R_2$ حاصل ہوتا ہے۔ $\mu = g_m r_o = 36$ تصور کرتے ہوئے حاصل ہوتا ہے اور یوں مساوات 99.4 سے

$$A_v \approx \frac{0.4 \times 10^{-3} \left(\frac{36}{36+1} \right) 12.5 \times 10^3}{1 + 0.4 \times 10^{-3} \times 12.5 \times 10^3} = 0.81 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

حاصل ہوتا ہے۔

مساوات 106.4 کی مدد سے حاصل کرنے کی خاطر

$$200000 = \frac{R_g}{1 - \frac{10000 \left(\frac{36}{36+1} \right)}{2500 + 10000}}$$



شکل 56.4: گیٹ مشترک ایمپلیفیاٹر

حاصل ہوتا ہے۔ $R_g = 44 \text{ k}\Omega$ سے

17.4 گیٹ مشترک ایمپلیفیاٹر

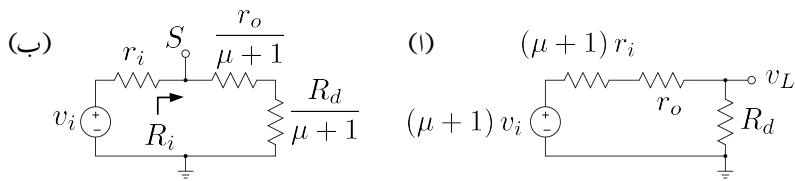
شکل 56.4 الف میں گیٹ مشترک ایمپلیفیاٹر دکھایا گیا ہے جبکہ شکل ب میں اسی کا مساوی بدلتی رو دور دکھایا گیا ہے۔ گیٹ پر نسب کپیسٹر کی قیمت لامحدود دکھائی گئی ہے۔ یوں درکار تعداد پر کپیسٹر کو قصر دور تصور کیا گیا ہے۔ شکل ب کا شکل 50.4 کے ساتھ موازنہ کریں۔ بیہان v_1 اور v_3 صفر ولٹ ہیں جبکہ v_2 کو v_i کہا گیا ہے۔ لہذا تمام اجزاء کو ڈرین میں منتقل کرتے ہوئے شکل 51.4 کے طرز پر شکل 57.4 الف حاصل ہوتا ہے۔ اسی طرح سورس جانب کا عکس شکل ب میں دکھایا گیا ہے۔

شکل 57.4 الف 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 افزائش $A_v = \frac{v_L}{v_i}$

$$A_v = \frac{(\mu + 1) R_d}{(\mu + 1) r_i + r_o + R_d}$$



شکل 57.4: گیٹ مشترک ایمپلیفیاٹر کے ڈرین اور سورس جانب عکس

شکل 57.4 ب سے ایمپلیفیاٹر کا داخلی مزاحمت لکھا جا سکتا ہے یعنی

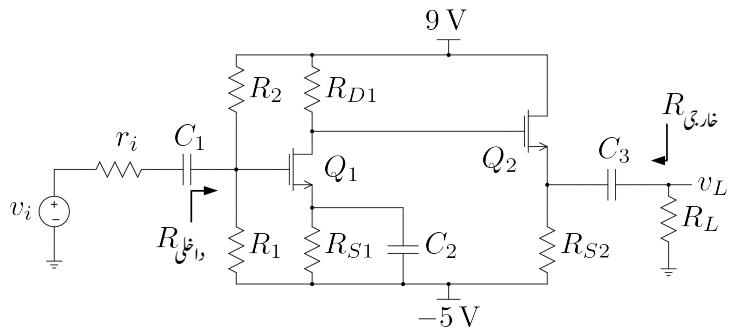
$$R_i = \frac{r_o + R_d}{\mu + 1}$$

گیٹ مشترک ایمپلیفیاٹر بلند تعداد پر استعمال ہوتا ہے۔ یہ بطور برقی سوچ بھی استعمال کیا جاتا ہے۔

18.4 زنجیری ایمپلیفیاٹر

ایک سے زیادہ ایمپلیفیاٹر کو زنجیر کی شکل میں جوڑ کر زیادہ سے زیادہ افزائش حاصل کرنا ممکن ہوتا ہے۔ ایسے زنجیری ایمپلیفیاٹر میں عموماً داخلی جانب پہلی کڑی، درکار داخلی مزاحمت فراہم کرنے کی غرض سے تحقیق دیا جاتا ہے جبکہ آخری کڑی کو درکار خارجی مزاحمت کے لئے تحقیق دیا جاتا ہے۔ درمیانی کڑیاں درکار افزائش حاصل کرنے کے لئے تحقیق دیں جاتی ہیں۔

مثال 32.4: شکل 58.4 میں دو بالکل یکساں ماسفیٹ استعمال کرتے ہوئے، پہلی کڑی سورس مشترک اور دوسری کڑی ڈرین مشترک ایمپلیفیاٹر سے تحقیق دی گئی ہے۔



شکل 58.4: دو کڑی زنجیری ماسفیٹ ایپلیگاڑ

$I_{DS2} = 1.2 \text{ mA}$ ، $I_{DS1} = 0.12 \text{ mA}$ ہیں۔ $V_t = 1 \text{ V}$ اور $k_n = 0.6 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2}$ اور R_{S1} ، R_{D1} حاصل کرنے کے لئے درکار $V_{DS1} = V_{DS2} = 5 \text{ V}$ اور R_{S2} حاصل کریں۔ R_1 اور R_2 حاصل کریں۔ $R_{S2} = 150 \text{ k}\Omega$ اور $R_{S2} = 7.5 \text{ k}\Omega$ حاصل کریں۔ تمام کپیسٹروں کی قیمت لامحدود تصور کریں۔

حل: Q_2 کے خارجی جانب کرخوف کے قانون برائے برقی دباؤ سے

$$9 + 5 = V_{DS2} + I_{DS2}R_{S2} \\ = 5 + 1.2 \times 10^{-3}R_{S2}$$

حاصل ہوتا ہے۔ افزائندہ ماسفیٹ کی مساوات سے $R_{S2} = 7.5 \text{ k}\Omega$ ہے

$$1.2 \times 10^{-3} = \frac{0.6 \times 10^{-3}}{2} (V_{GS2} - 1)^2$$

Q_2 کے سورس پر برقی دباؤ حاصل ہوتا ہے۔ $V_{GS2} = 3 \text{ V}$ ہے

$$V_{S2} = 9 - V_{DS2} = 9 - 5 = 4 \text{ V}$$

ہے یوں اس کے گیٹ پر

$$V_{G2} = V_{S2} + V_{GS2} = 4 + 3 = 7 \text{ V}$$

ہوں گے جو R_{D1} کے برابر ہے۔ یوں مراجحت کے قانون سے

$$9 - V_{D1} = I_{DS1} R_{D1}$$

$$9 - 7 = 0.12 \times 10^{-3} R_{D1}$$

حاصل ہوتا ہے۔ چونکہ $V_{DS1} = 5\text{V}$ ہے لہذا

$$V_{S1} = V_{D1} - V_{DS1} = 7 - 5 = 2\text{V}$$

اور R_{S1} پر اُوہم کے قانون سے

$$V_{S1} - (-5) = I_{DS1} R_{S1}$$

$$7 = 0.12 \times 10^{-3} R_{S1}$$

حاصل ہوا ہے۔ Q_1 کو افزائندہ تصور کرتے ہوئے افزائندہ ماسنیٹ کی مساوات سے

$$0.12 \times 10^{-3} = \frac{0.6 \times 10^{-3}}{2} (V_{GS1} - 1)^2$$

حاصل ہوتے ہیں لہذا $V_{GS1} = 1.632\text{V}$ سے

$$V_{G1} = V_{S1} + V_{GS1}$$

$$2 + 1.632 = 3.632\text{V}$$

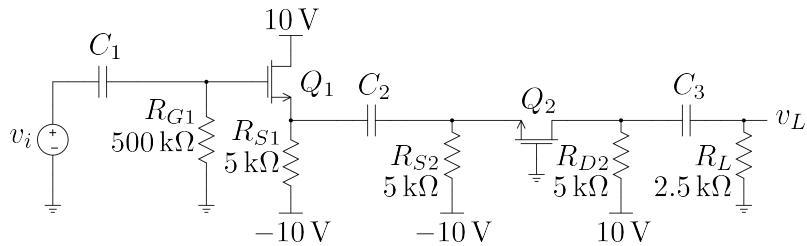
حاصل ہوتا ہے۔ V_{G1} کے لئے ہم لکھ سکتے ہیں

$$V_{G1} = 3.632 = \left[\frac{9 - (-5)}{R_1 + R_2} \right] R_1 - 5$$

چونکہ $R_{\text{اغلی}} = R_1 \parallel R_2$ 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 بالا دو مساوات سے مندرجہ بالا دو مساوات سے



59.4: دو کڑی زنجیری مشترک ڈرین، مشترک گیٹ ایپلیناٹ

مثال 33.4: 59.4 میں $V_{f1} = V_{f2} = 2 \text{ V}$ اور $k_{n1} = k_{n2} = 3 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2}$ حاصل کریں۔ ان قیتوں کو استعمال کرتے ہوئے لیتے ہوئے I_{DS1} , I_{DS2} , g_{m1} اور g_{m2} حاصل کریں۔ کل افزائش $A_v = \frac{v_L}{v_i}$

حل: ماسفیٹ کو افزائندہ تصور کرتے ہوئے بدلتے متغیرات کی قیمت صفر کرتے ہوئے نقطہ مائل حاصل کرنے کی غرض سے Q_1 کے لئے لکھا جا سکتا ہے

$$V_{G1} = 0$$

$$V_{S1} = -10 + I_{DS1}R_{S1} = -10 + 5000I_{DS1}$$

جس سے

$$V_{GS1} = V_{G1} - V_{S1} = 10 - 5000I_{DS1}$$

حاصل ہوتا ہے۔ پوں افزائندہ ماسفیٹ 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

$$V_{G2} = 0$$

$$V_{S2} = -10 + 5000I_{DS2}$$

$$V_{GS2} = V_{G2} - V_{S2} = 10 - 5000I_{DS2}$$

سے افزائندہ ماسیفیٹ کا مساوات

$$I_{DS2} = \frac{0.003}{2} (10 - 5000I_{DS2} - 2)^2$$

$$\text{دیتا ہے جس سے } I_{DS2} = 0.73 \text{ mA}$$

$$g_{m2} = \sqrt{2 \times 0.003 \times 0.00073} = 2.09 \text{ mS}$$

حاصل ہوتا ہے۔ یہاں رک کر تسلی کر لیں کہ دونوں ماسیفیٹ افزائندہ خطے میں ہی ہیں۔

ان قیمتوں کے ساتھ پائے ریاضی نمونہ استعمال کرتے ہوئے زنجیری ایمپلیٹر کا مساوی دور شکل 60.4 میں دکھایا گیا ہے جس کو دیکھ کر ہم

$$v_{g1} = v_i$$

$$v_{g2} = 0$$

$$v_{s1} = v_{s2} = v_s$$

لکھ سکتے ہیں۔ یوں

$$v_{gs1} = v_i - v_s$$

$$v_{gs2} = -v_s$$

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 قدم پر لکھا گیا۔ یوں

$$v_s = \frac{g_m R_S v_i}{1 + 2g_m R_S}$$

حاصل ہوتا ہے۔ v_L کے لئے یوں لکھا جا سکتا ہے

$$\begin{aligned} v_L &= -g_{m2}v_{gs2} \left(\frac{R_{D2}R_L}{R_{D2} + R_L} \right) \\ &= g_m v_s \left(\frac{R_{D2}R_L}{R_{D2} + R_L} \right) \end{aligned}$$

v_s کا استعمال کیا گیا ہے۔ اس میں $g_{m1} = g_{m2} = g_m$ جہاں پر کرنے سے

$$v_L = g_m \left(\frac{g_m R_S v_i}{1 + 2g_m R_S} \right) \left(\frac{R_{D2}R_L}{R_{D2} + R_L} \right)$$

حاصل ہوتا ہے جس سے

$$A_v = \frac{v_L}{v_i} = \frac{g_m^2 R_S}{1 + 2g_m R_S} \left(\frac{R_{D2}R_L}{R_{D2} + R_L} \right)$$

لکھا جا سکتا ہے۔

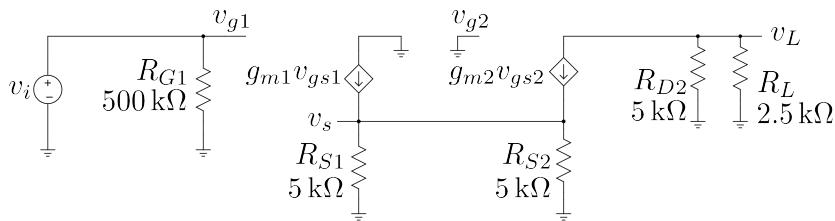
$$R_S = \frac{5000 \times 5000}{5000 + 5000} = 2.5 \text{ k}\Omega$$

$$\frac{R_{D2}R_L}{R_{D2} + R_L} = \frac{5000 \times 2500}{5000 + 2500} = 1.667 \text{ k}\Omega$$

کے استعمال سے

$$A_v = \left(\frac{0.00209^2 \times 2500}{1 + 2 \times 0.00209 \times 2500} \right) \times 1667 = 1.59 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

حاصل ہوتا ہے۔



ٹکل 4.60.4: دو کڑی زنجیری مشترک ڈرین، مشترک گیٹ ایمپلینیٹر کا مساوی دور

قوی ماسفیٹ 19.4

سلیکان پتھری پر ماسفیٹ کا رقبہ بڑھا کر زیادہ طاقت کا ماسفیٹ وجود میں آتا ہے۔ کئی ایمپلینیٹر اور ولٹ تک کام کرنے والے ایسے قوی ماسفیٹ⁴⁴ زیادہ طاقت قابو کرنے میں کام آتے ہیں۔ اس طرح کے متعدد ماسفیٹ متوازن جوڑ کر مزید زیادہ برقی رو کو قابو کیا جاتا ہے۔ یک سستی سے بدلتی رو برقی دباؤ بناتے انورٹر⁴⁵ میں انہیں عموماً استعمال کیا جاتا ہے۔ قوی ٹرانزسٹر کی نسبت سے قوی ماسفیٹ انتہائی تیز ہے۔ اسے چالو سے منقطع یا منقطع سے چالو حالت میں چند نیون سینٹر میں لایا جا سکتا ہے۔ مزید یہ کہ اسے چالو کرنے کی خاطر درکار برقی طاقت نہیات کم ہے جسے عام CMOS مخلوط دور فراہم کر سکتا ہے۔

برقی طاقت کا ضیاءع قوی ماسفیٹ کو گرم کرتے ہوئے اس کا درج حرارت بڑھاتا ہے۔ درج حرارت بڑھنے سے ماسفیٹ کی مزاحمت بھی بڑھتی ہے۔ یوں متوازن جڑے ٹرانزسٹر میں اگر کسی وجہ سے ایک ماسفیٹ زیادہ گرم ہو تو اس کی مزاحمت بڑھ جائے گا۔ متوازن جڑے ماسفیٹ میں جس ماسفیٹ کا مزاحمت زیادہ ہو، اس کا i_{DS} کم ہو گا۔ یوں زیادہ گرم ہونے والا ماسفیٹ خود بخود کم برقی رو گزارتے ہوئے کم گرم ہو گا۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ متوازن جڑے قوی ٹرانزسٹر کے بر عکس متوازن جڑے قوی ماسفیٹ از خود برقی رو کی تقسیم یوں رکھتے ہیں کہ ان میں کسی ایک پر زیادہ بوجھ نہ ڈلے۔ قوی ماسفیٹ کو بھی ٹھنڈا رکھنے کی خاطر سرد کار⁴⁶ کے ساتھ جوڑ کر رکھا جاتا ہے۔

power mosfet⁴⁴
inverter⁴⁵
heat sink⁴⁶

اہم نکات

nMOSFET مخفی ماسفیٹ

بڑھاتا مخفی ماسفیٹ کے V_t کی قیمت ثابت ہوتی ہے جبکہ گھٹاتا مخفی ماسفیٹ کے V_A کی قیمت مخفی ہوتی ہے۔ دونوں کے لئے ثابت ہے۔ دونوں کے مساوات میں کوئی فرق نہیں۔

غیر افزائندہ

$$v_{GS} > V_t, \quad v_{GD} \geq V_t$$

$$i_{DS} = k'_n \left(\frac{W}{L} \right) \left[(v_{GS} - V_t) v_{DS} - \frac{v_{DS}^2}{2} \right]$$

$$\text{مراحت پر دبارتی کم} = \frac{1}{k'_n \left(\frac{W}{L} \right) (v_{GS} - V_t)}$$

افزائندہ

$$v_{GS} > V_t, \quad v_{GD} \leq V_t$$

$$i_{DS} = \frac{k'_n}{2} \left(\frac{W}{L} \right) (v_{GS} - V_t)^2 \left(1 + \frac{v_{DS}}{V_A} \right)$$

pMOSFET ثابت ماسفیٹ

بڑھاتا ثابت ماسفیٹ کے V_t کی قیمت مخفی ہوتی ہے جبکہ گھٹاتا ثابت ماسفیٹ کے V_A کی قیمت ثابت ہوتی ہے۔ دونوں کے لئے ثابت ہے۔ دونوں کے مساوات میں کوئی فرق نہیں۔

غیر افزایشی

$$v_{SG} > -V_t, \quad v_{DG} \geq -V_t$$

$$i_{SD} = k'_p \left(\frac{W}{L} \right) \left[(v_{SG} + V_t) v_{SD} - \frac{v_{SD}^2}{2} \right]$$

$$\text{مزاجت} = \frac{1}{k'_p \left(\frac{W}{L} \right) (v_{SG} + V_t)} \quad \text{مزاجت پرداز بر قسم}$$

افزایشی

$$v_{SG} > -V_t, \quad v_{DG} \leq -V_t$$

$$i_{SD} = \frac{k'_p}{2} \left(\frac{W}{L} \right) (v_{SG} + V_t)^2 \left(1 + \frac{v_{SD}}{V_A} \right)$$

کے باریک اشاراتی اجزاء nMOSFET

$$r_o = \left| \frac{V_A}{I_{DS}} \right|$$

$$g_m = k' \left(\frac{W}{L} \right) (V_{GS} - V_t)$$

سوالات

سوال 1.4: ایک nMOSFET کا $\epsilon = 3.97\epsilon_0$ اور $d = 0.02 \mu\text{m}$, $\mu_n = 650 \frac{\text{cm}^2}{\text{Vs}}$ ہے۔ نہایت کم v_{DS} پر ماسفیٹ کی مزاحمت کی مساوات کیا ہو گی۔ اگر $\frac{W}{L} = 20$, $V_t = 0.8 \text{ V}$, $V_{GS} = 1.8 \text{ V}$ جبکہ v_{DS} ہوں تو ماسفیٹ کی مزاحمت نہایت کم پر کیا ہو گی۔

جوابات:

$$r = \frac{1}{k'_n \frac{W}{L} (v_{GS} - V_t)} = 445 \Omega$$

سوال 2.4: سوال 1.4 میں بتایا معلومات تبدیل کئے بغیر، نہایت کم V_{SD} پر pMOSFET کی مزاحمت حاصل کریں۔

جواب: 1114 Ω

سوال 3.4: بتایا ساخت کامل طور پر ایک جیسے رکھتے ہوئے منقی اور ثابت ماسفیٹ کے چڑائی W کی ایسی شرح دریافت کریں جن پر دونوں ماسفیٹ کی مزاحمت برابر ہو۔

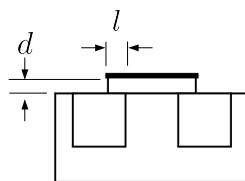
جواب: $\frac{W_n}{W_p} = 0.4$

سوال 4.4: ایک منقی ماسفیٹ جس کے پر $v_{DS} = 6 \text{ V}$ اور $v_{GS} = 4 \text{ V}$ حاصل کریں۔ ایک منقی ماسفیٹ جس کے پر $V_t = 1 \text{ V}$ اور $k_n = 0.02 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2}$ اور $v_{DS} = 3 \text{ V}$, $v_{DS} = 1 \text{ V}$ جاتا ہے۔ i_{DS}

جوابات: 50 μA , 90 μA اور 90 μA

سوال 5.4: ایک منقی ماسفیٹ جس کے

$$k_n = 0.08 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2}, \quad V_t = 1 \text{ V}$$



شکل 4.61: سورس اور ڈرین کو گیٹ ڈھانپ کر کپیوٹر کو جنم دیتا ہے

بیں کو افزائندہ نخطے میں $i_{DS} = 4 \text{ mA}$ پر استعمال کرنے کی خاطر درکار $v_{GS} = -1 \text{ V}$ اور کم سے کم $V_t = -1 \text{ V}$ ہو تو جوابات کیا ہوں گے۔

جوابات: $v_{DS} \geq 10 \text{ V}$ کی صورت میں $v_{GS} = 11 \text{ V}$ اور $v_{DS} \geq 10 \text{ V}$ کی صورت میں $v_{GS} = 9 \text{ V}$ اور $V_t = 1 \text{ V}$ $V_t = -1 \text{ V}$ جبکہ $v_{DS} \geq 10 \text{ V}$ اور $v_{GS} = 9 \text{ V}$ حاصل ہوتے ہیں۔

سوال 6.4: سوال 5.4 کو $i_{DS} = 0.4 \text{ mA}$ کے لئے دوبارہ حل کریں۔

جوابات: $v_{DS} \geq 3.16 \text{ V}$ کی صورت میں $v_{GS} = 4.16 \text{ V}$ اور $v_{DS} \geq 3.16 \text{ V}$ کی صورت میں $v_{GS} = 2.16 \text{ V}$ حاصل ہوتے ہیں۔

سوال 7.4: منقی بڑھاتا ماسیفٹ کے مساوات کے خط کافند پر قلم سے کھینچیں۔ انہیں کو کپیوٹر کی مدد سے کھینچیں۔

سوال 8.4: شکل 61.4 میں W چوڑائی کا گیٹ سورس کو ڈھانپتا ہوا دکھایا گیا ہے۔ گیٹ اور سورس کا ڈھانپا گیا حصہ مل کر کپیسٹر C_{gsp} کو جنم دیتے ہیں۔ اس کپیسٹر کی چوڑائی W اور لمبائی l ہے جبکہ کپیسٹر کے دو چاروں کے درمیانی فاصلہ d ہے۔ اگر $W = 100 \mu\text{m}$ اور $l = 1 \mu\text{m}$ ہوں تب اس کپیسٹر کی قیمت $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \frac{\text{F}}{\text{m}}$ میں جہاں $\epsilon = 3.97 \epsilon_0$ کے برابر ہے۔

جوابات: 176 fF $C_{gsp} = \frac{\epsilon_r \epsilon_0 W l}{d}$

سوال 9.4: ایک منقی بڑھاتا ماسفیٹ کے گیٹ اور ڈرین کو آپس میں جوڑ کر اس کے v_{DS} اور i_{DS} ناپے جاتے ہیں۔ $4V$ پر $1mA$ جبکہ $6V$ پر $2.5mA$ ناپا جاتا ہے۔ اس ماسفیٹ کے k_n اور V_t حاصل کریں۔

جوابات: $V_t = 0.5575V$, $k_n = 0.169 \frac{mA}{V^2}$ ۔ یاد رہے کہ چالو منقی بڑھاتا ماسفیٹ کے لئے $v_{GS} > V_t$ کا ہونا ضروری ہے۔

سوال 10.4: ایک بڑھاتا منقی ماسفیٹ کا $v_{GS} = 5V$ پر رکھتے ہوئے اس کے $i_{DS} = 2mA$ اور v_{DS} ناپے جاتے ہیں۔ $3V$ پر $i_{DS} = 4mA$ اور V_t ناپے جاتے ہیں۔ ماسفیٹ کے k_n اور $v_{DS} = 6V$ حاصل کریں۔

جوابات: $V_t = 3.24V$, $k_n = 2.59 \frac{mA}{V^2}$

سوال 11.4: کم v_{DS} پر منقی بڑھاتا ماسفیٹ کو بطور متغیر مزاحمت استعمال کیا جا سکتا ہے۔ مزاحمت کی قیمت v_{GS} سے قابو کی جاتی ہے۔ اور $k'_n = 15 \frac{\mu A}{V^2}$ اور $\frac{W}{L} = 8k\Omega$ حاصل کرنے کے لئے درکار $V_t = 1.2V$ حاصل کریں۔ اگر $L = 10 \mu m$ کیا ہو گا؟ $v_{GS} = 8V$ پر مزاحمت کی قیمت کیا ہو گی؟

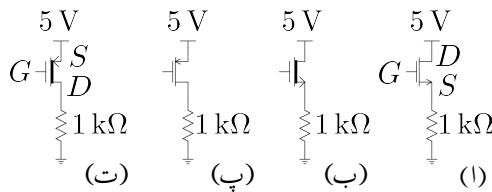
جوابات: 940Ω , $104.2 \mu m$

سوال 12.4: ایک ماسفیٹ کو افزائندہ خطے میں استعمال کرتے ہوئے اس کا برقرار رکھا جاتا ہے۔ $v_{DS} = 5V$ پر $i_{DS} = 3.3mA$ جبکہ $V_A = 50V$ ناپے جاتے ہیں۔ ماسفیٹ کی r_o اور ارلی برتنی دباؤ دریافت کریں۔

جوابات: $r_o = \frac{\Delta v_{DS}}{\Delta i_{DS}} = 33.33 k\Omega$, $V_A = 50V$

سوال 13.4: مندرجہ بالا سوال کے ماسفیٹ کے خارجی مزاحمت r_o کی قیمت اور $i_{DS} = 10mA$ پر حاصل کریں۔

جوابات: $5k\Omega$, $r_o = \frac{V_A}{I_{DSQ}} = 500 k\Omega$



شکل: 62.4

سوال 14.4: ایک گھلتے مخفی ماسفیٹ کے $k_n = 0.2 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2}$ اور $V_t = -3\text{V}$ اور $v_{DS} = 5\text{V}$ اور $v_{DS} = -2\text{V}$ پر i_{DS} کیا ہوں گے؟ ان دونوں صورتوں میں ماسفیٹ کس خطے میں ہو گا؟

جوابات: 0.8 mA، 0.9 mA اپنی صورت میں غیر افزائندہ جبکہ دوسری صورت میں افزائندہ خطے میں ہے۔

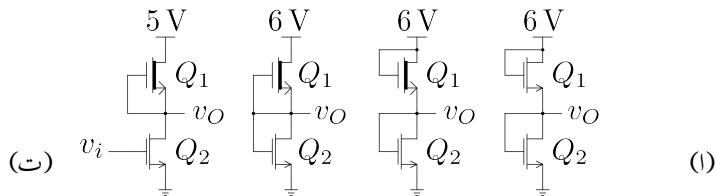
سوال 15.4: شکل 62.4 الف کے ماسفیٹ کا $k_n = 160 \frac{\mu\text{A}}{\text{V}^2}$ اور $V_t = 1\text{V}$ اور سورس کے ساتھ جوڑا جائے تب i_{DS} کیا ہو گا؟ اگر گیٹ کو سورس کے ساتھ جوڑا جائے تب i_{DS} کی قیمت کیا ہو گی۔ جوابات: ڈرین کے ساتھ جوڑنے سے 0.56 mA جبکہ سورس کے ساتھ جوڑنے سے 0 mA ہے۔ اگر گیٹ کو ڈرین کے ساتھ جوڑا جائے تب i_{DS} کیا ہو گا؟ اگر گیٹ کو سورس کے ساتھ جوڑا جائے تب i_{DS} کی قیمت کیا ہو گی۔

سوال 16.4: شکل 62.4 ب کے ماسفیٹ کا $k_n = 160 \frac{\mu\text{A}}{\text{V}^2}$ اور $V_t = -1\text{V}$ اور سورس کے ساتھ جوڑا جائے تب i_{DS} کیا ہو گا؟ اگر گیٹ کو سورس کے ساتھ جوڑنے سے 1.525 mA جبکہ سورس کے ساتھ جوڑنے سے 0.16 mA ہے۔ اگر گیٹ کو ڈرین کے ساتھ جوڑا جائے تب i_{DS} کی قیمت کیا ہو گی۔

جوابات: ڈرین کے ساتھ جوڑنے سے 0.16 mA جبکہ سورس کے ساتھ جوڑنے سے 1.525 mA ہے۔

سوال 17.4: شکل 62.4 پ کے ماسفیٹ کا $k_p = 160 \frac{\mu\text{A}}{\text{V}^2}$ اور $V_t = -1\text{V}$ اور سورس کے ساتھ جوڑا جائے تب i_{DS} کیا ہو گا؟ اگر گیٹ کو سورس کے ساتھ جوڑا جائے تب i_{DS} کی قیمت کیا ہو گی۔

جوابات: ڈرین کے ساتھ جوڑنے سے 0.04 mA جبکہ سورس کے ساتھ جوڑنے سے 0 A ہے۔



شکل: 63.4

سوال 18.4: شکل 62.4 ت کے ماسفیٹ کا ہے۔ اگر گیٹ کو ڈرین کے ساتھ جوڑا جائے تب i_{DS} کیا ہو گا؟ اگر گیٹ کو سورس کے ساتھ جوڑا جائے تب i_{DS} کی قیمت کیا ہو گی۔

جواب: ڈرین کے ساتھ جوڑنے سے 1.52 mA جبکہ سورس کے ساتھ جوڑنے سے 0.08 mA

سوال 19.4: شکل 63.4 الف میں $k_{n2} = 200 \frac{\mu\text{A}}{\text{V}^2}$, $k_{n1} = 50 \frac{\mu\text{A}}{\text{V}^2}$ جبکہ دونوں ماسفیٹ v_O حاصل کریں۔ $V_t = 1 \text{ V}$ کا

جواب: 2.3333 V ، دونوں ماسفیٹ افزائندہ نقطے میں ہیں۔

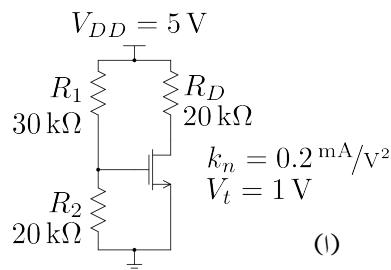
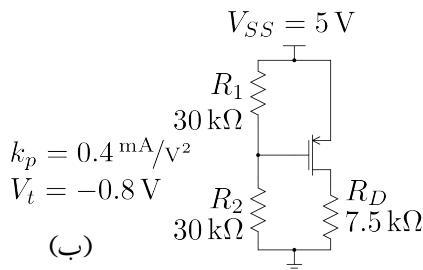
سوال 20.4: شکل 63.4 ب میں $k_{n2} = 200 \frac{\mu\text{A}}{\text{V}^2}$, $k_{n1} = 50 \frac{\mu\text{A}}{\text{V}^2}$ جبکہ v_O حاصل کریں۔ $V_{t2} = 1.2 \text{ V}$

جواب: Q_2 افزائندہ جبکہ Q_1 غیر افزائندہ ہے۔

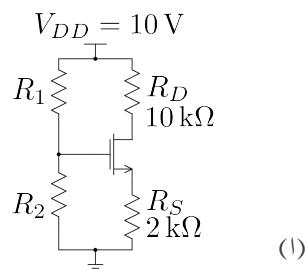
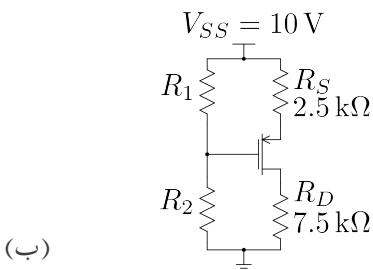
سوال 21.4: شکل 63.4 پ میں $k_{n2} = 200 \frac{\mu\text{A}}{\text{V}^2}$, $k_{n1} = 50 \frac{\mu\text{A}}{\text{V}^2}$ جبکہ v_O حاصل کریں۔ $V_{t2} = 1.2 \text{ V}$

جواب: دونوں افزائندہ خطوطوں میں ہیں۔

سوال 22.4: شکل 64.4 الف میں نقطہ کارکردگی حاصل کریں۔



: 64.4 ج



: 65.4 ج

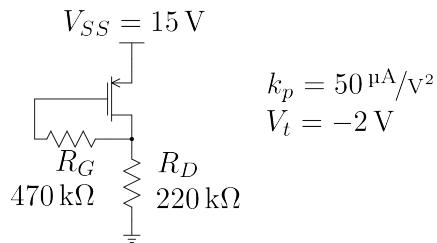
جواب: 3 V ، 0.1 mA

سوال 64.4 ج میں نقطہ کارکردگی حاصل کریں۔ : 23.4

جواب: $v_{SD} = 1.14 \text{ V}$ ، $i_{SD} = 0.515 \text{ mA}$

سوال 65.4 ج میں نقطہ کارکردگی حاصل کریں۔ : 24.4
 اور $V_t = 2 \text{ V}$ اور $k_n = 0.32 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2}$ ہیں۔
 کو یون چنیں کہ $I_{DS} = 0.5 \text{ mA}$ اور R_2 اور R_1 بر قی روپائی جائے۔

جواب: $R_2 = 95.4 \text{ k}\Omega$ ، $R_1 = 104.6 \text{ k}\Omega$



شکل 66.4:

سوال 25.4: شکل 65.4 میں $V_t = -1.5 \text{ V}$ اور $k_p = 0.22 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2}$ میں ہے۔ I_{SD} کو یوں چنیں کہ $V_{SD} = 5 \text{ V}$ ہو اور ان مزاحمت میں R_2 اور R_1 کے برقی روپ پائی جائے۔

$$R_2 = 102.36 \text{ k}\Omega \quad , \quad R_1 = 97.64 \text{ k}\Omega \quad \text{جواب:}$$

سوال 26.4: شکل 66.4 میں ماسفیٹ کا نقطہ کارکردگی حاصل کریں۔

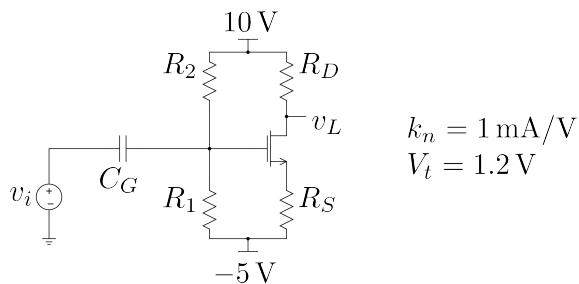
$$V_{GS} = -3.45 \text{ V} \quad , \quad I_{SD} = 52.5 \mu\text{A} \quad \text{جواب:}$$

سوال 27.4: شکل 65.4 الف میں $R_D = 5.6 \text{ k}\Omega$ اور $V_{DD} = 12 \text{ V}$ ہے۔ اگر ماسفیٹ کا $V_t = 1.8 \text{ V}$ اور $k_n = 0.18 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2}$ ہوں تب $R_S = 1.2 \text{ k}\Omega$ حاصل کرنے کی خاطر درکار R_1 اور R_2 کی قیمت کریں۔ $i_{DS} = 0.8 \text{ mA}$ اور R_2 میں برقی روپ i_{DS} کے پانچ فنی صد رکھیں۔

$$R_1 = 156.5 \text{ k}\Omega \quad , \quad R_2 = 143.5 \text{ k}\Omega \quad \text{جوابات:}$$

سوال 28.4: عموماً ایک ہی قسم کے دو عدد ماسفیٹ کے خصوصیات میں فرق ہوتا ہے۔ یوں اگر سوال 27.4 میں ماسفیٹ کے V_t کی قیمت 2 V تا 1.6 V ممکن ہو جکہ k_n اب بھی $0.18 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2}$ ہو تب i_{DS} کی قیمت کے حدود حاصل کریں۔

$$\text{جواب: } 0.8656 \text{ mA} \quad \text{تا} \quad 0.735 \text{ mA}$$



شکل: 67.4

سوال 29.4: شکل 65.4 الف میں $R_2 = 50\text{ k}\Omega$ اور $R_1 = 100\text{ k}\Omega$ اور $R_2 = 1000\text{ k}\Omega$ کے متوازی 0.55V پر برقی دباؤ پایا جاتا ہے۔ R_2 کے متوازی R_S نسب کرنے کے بعد R_S پر 0.507V ناپا جاتا ہے۔ ماسفیٹ کو دونوں صورتوں میں افزائندہ خطے میں تصور کرتے ہوئے g_m حاصل کریں۔

جواب: $0.33 \frac{\text{mA}}{\text{V}}$

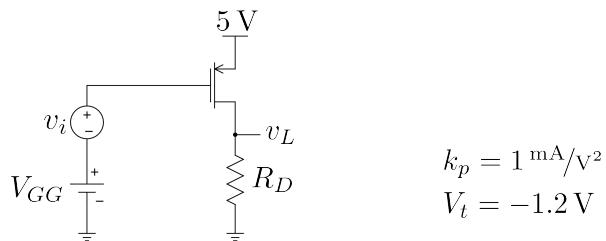
سوال 30.4: مندرجہ بالا سوال میں ماسفیٹ کا V_t اور k_n بھی حاصل کریں۔

جوابات: $V_t = 1.2 \text{ V}$ ، $k_n = 0.22 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2}$

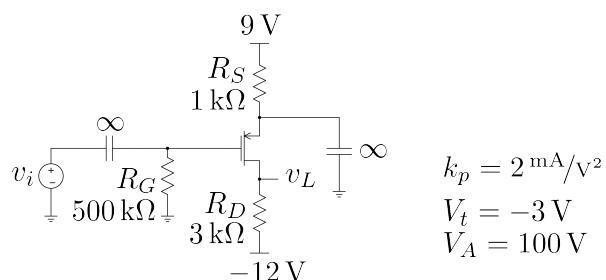
سوال 31.4: شکل 64.4 الف میں $i_{DS} = 0.1 \text{ mA}$ کی توقع ہے۔ یوں $v_{DS} = 3 \text{ V}$ ہونی چاہئے۔ اصل قیمت 2.94V ناپا جاتی ہے۔ ماسفیٹ کی الٹے برقی دباؤ حاصل کریں۔

جواب: 100V

سوال 32.4: شکل 67.4 کے ایکلیفائر میں $V_{DS} = 5 \text{ V}$ اور $I_{DS} = 2 \text{ mA}$ اور R_S کو R_D کے نو گناہ رکھیں۔ ایکلیفائر کا $A_v = \frac{v_L}{v_i}$ میں برقی رو I_{DS} کے دس فی صد رکھیں۔ ایکلیفائر کا بھی حاصل کریں۔



شکل : 68.4



شکل : 69.4

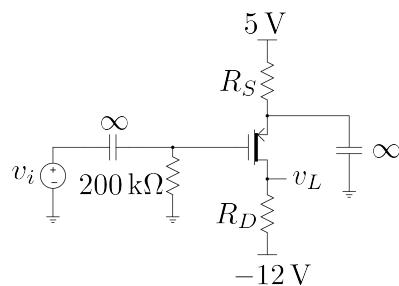
سوال 33.4: جوابات: حاصل $R_2 = 64 \text{ k}\Omega$ اور $R_1 = 11 \text{ k}\Omega$ ، $R_D = 4.5 \text{ k}\Omega$ ، $R_S = 0.5 \text{ k}\Omega$ ، $A_v = -2.25 \frac{\text{V}}{\text{V}}$ ، $g_m = 2 \text{ mS}$ ہوتے ہیں۔

سوال 68.4: شکل 33.4 کی خاطر درکار حاصل کرنے کی قیمت کیا ہو گی؟

جوابات: $I_{SD} = 0.222 \text{ mA}$ ، $V_{GG} = 3.133 \text{ V}$ ، $R_D = 9 \text{ k}\Omega$

سوال 69.4: شکل 68.4 میں حاصل کریں۔

جوابات: $r_o = 25.5 \text{ k}\Omega$ اور $g_m = 4 \text{ mS}$ ، $V_{SD} = 2 \text{ V}$ ، $I_{SD} = 4 \text{ mA}$ ، $A_v = -10.73 \frac{\text{V}}{\text{V}}$ اور



شکل : 70.4

سوال 35.4: شکل 70.4 میں $V_A = 40 \text{ V}$ اور $k_p = 2 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2}$ ، $V_t = -1.4 \text{ V}$ میں 70.4 شکل کی ایسی قیمتیں حاصل کریں جن سے $I_{SD} = 0.36 \text{ mA}$ اور R_D کی ایسی قیمتیں حاصل کریں جن سے $A_v = \frac{v_L}{v_i}$ حاصل ہوں۔ اور $r_o = 128 \text{ k}\Omega$ اور $R_D = 22 \text{ k}\Omega$ اور $R_S = 8.333 \text{ k}\Omega$ حاصل ہوتے ہیں۔

جوابات: $V_{SD} = 6 \text{ V}$ اور $A_v = -22.7 \frac{\text{V}}{\text{V}}$

سوال 36.4: صفحہ 573 پر شکل 58.4 میں $R_{D1} = R_2 = 243 \text{ k}\Omega$ ، $R_1 = 392 \text{ k}\Omega$ ، $V_t = 1 \text{ V}$ اور $k_n = 0.6 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2}$ ، $R_{S2} = 7.5 \text{ k}\Omega$ ، $R_{S1} = 58.3 \text{ k}\Omega$ ، $16.7 \text{ k}\Omega$ استعمال کرتے ہوئے دونوں ماسیفیٹ کے نقطہ کار کر دگی حاصل کریں۔

جوابات: $V_{DS2} = 5 \text{ V}$ اور $I_{DS2} = 1.2 \text{ mA}$ ، $V_{DS1} = 5 \text{ V}$ ، $I_{DS1} = 0.12 \text{ mA}$

سوال 37.4: صفحہ 575 پر شکل 59.4 میں

$$R_{G1} = 100 \text{ k}\Omega, \quad R_L = 5 \text{ k}\Omega$$

$$k_{n1} = 4 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2}, \quad k_{n2} = 6 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2}$$

$$V_{t1} = V_{t2} = 1.5 \text{ V}$$

ہیں۔ دور کو اس طرح تخلیق دیں کہ $V_{DS2} = 8 \text{ V}$ اور $I_{DS2} = 6 \text{ mA}$ ، $I_{DS1} = 2 \text{ mA}$ حاصل کریں۔ اور $A_v = \frac{v_L}{v_i}$ اور g_{m2} ، g_{m1} ہوئے جواب استعمال کرتے ہوئے ہوں۔

جوابات: $A_v = 1.75 \frac{\text{V}}{\text{V}}$ اور $R_{D2} = 818 \Omega$ ، $R_{S2} = 1.182 \text{ k}\Omega$ ، $R_{S1} = 3.75 \text{ k}\Omega$

باب 5

تفرقی ایمپلیفائر

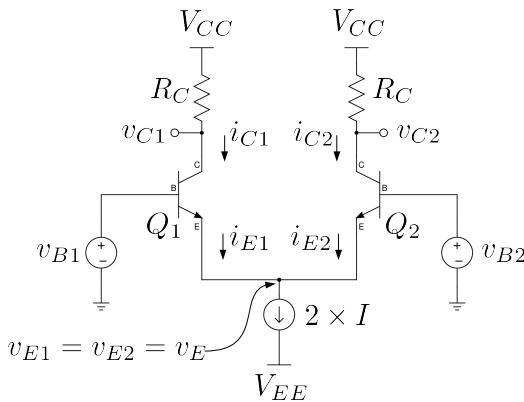
1.5 دو جوڑ ٹرانزسٹر کا تفرقی جوڑا

1.1.5 تفرقی اشارہ کی عدم موجودگی

شکل 1.5 میں دو جوڑ ٹرانزسٹر کا بنیادی تفرقی جوڑ¹ دکھایا گیا ہے۔ تفرقی جوڑ میں دو بالکل یکساں² ٹرانزسٹر استعمال کئے جاتے ہیں۔ تفرقی جوڑ کی صحیح کارکردگی کے لئے یہ ضروری ہے کہ Q_1 اور Q_2 افراستنہ خطے میں رہیں۔ انہیں افراستنہ خطے میں رکھنے کی خاطر تفرقی جوڑ کو R_C کی مدد سے بینچ شبت برقی دباؤ V_{CC} کے ساتھ جوڑا گیا ہے۔ جیسا کہ اسی باب میں بعد میں دکھایا جائے گا R_C کی جگہ ٹرانزسٹر بھی استعمال کئے جاتے ہیں۔ تفرقی جوڑ کے دو داخلی اشارات v_{B1} اور v_{B2} ہیں جبکہ اس کا عمومی تفرقی خارجی اشارہ v_o ہے جسے شکل 2.5 میں دکھایا گیا ہے۔ بعض اوقات v_{C1} یا v_{C2} کو ہی بطور خارجی اشارہ v_o لیا جاتا ہے۔

تفرقی جوڑ کے دونوں ٹرانزسٹروں کے بیٹھ سرے آپس میں ہٹے ہونے کی وجہ سے ان دونوں سردوں پر ہر صورت برابر برقی دباؤ ہو گا (یعنی $v_{E1} = v_{E2}$ ہو گا)

difference pair¹
matched²



شکل 5.1: دو جوڑ انزسٹر کے تفاضلی جوڑے کی بنیادی ساخت

ان برابر برقی دباؤ کو لکھتے ہوئے زیر نوشت (1 اور 2) کے بغیر لکھا جا سکتا ہے یعنی

$$(1.5) \quad v_{E1} = v_{E2} = v_E$$

مزید یہ کہ اس جوڑ پر پیدا کار برقی رو کی برقی رو i_{E1} اور i_{E2} میں تقسیم ہو گی جس کے لئے کرخوں کے قانون برائے برقی رو کے تحت لکھا سکتا ہے

$$(2.5) \quad i_{E1} + i_{E2} = 2 \times I$$

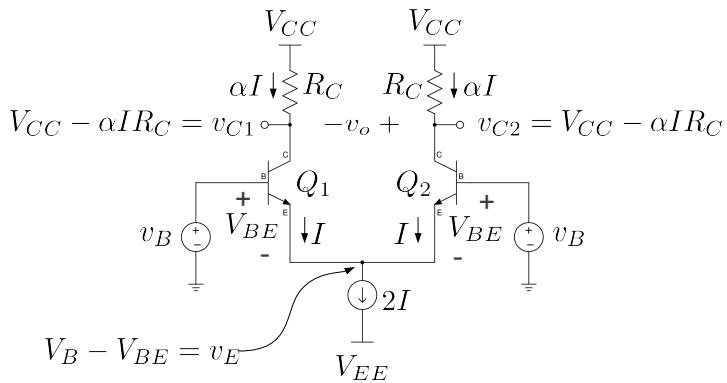
تفاضلی جوڑے کی کارکردگی پر شکل 2.5 کی مدد سے غور کرتے ہیں جہاں تفاضلی جوڑے کے دونوں داخلی سروں پر یک سمتی برقی رو کی برقی رو V_B بطور داخلی اشارات v_{B1} اور v_{B2} مہیا کیا گیا ہے۔ یوں V_B کو بطور مشترکہ برقی دباؤ³ مہیا کیا گیا ہے۔ دور کو دیکھتے ہوئے یہ بات واضح ہے کہ اس کے باعث اور دائیں اطراف بالکل یکساں ہیں۔ یوں دونوں اطراف میں برابر برقی رو پائی جائے گی (یعنی $i_{E1} = i_{E2}$)۔ ایسی صورت میں مساوات $i_{C1} = i_{C2} = \alpha I$ حاصل ہوتا ہے اور یوں $i_{E1} = i_{E2} = I$ ہے۔ لہذا

$$v_{C1} = V_{CC} - i_{C1}R_C = V_{CC} - \alpha IR_C$$

$$v_{C2} = V_{CC} - i_{C2}R_C = V_{CC} - \alpha IR_C$$

اس صورت میں

common mode voltage³



شکل 2.5: دونوں مداخل پر برابر قی دباؤ کی صورت

$$(3.5) \quad v_o = v_{C2} - v_{C1} = 0$$

ہو گا۔ یہ ایک اہم اور عمومی نتیجہ ہے جس کے تحت اگر تفرقی جوڑے کے دونوں مداخل پر برابر برقی دباؤ مہیا کیا جائے تو یہ صفر ولٹ خارج کرے گا۔ اس حقیقت کو یوں بہتر بیان کیا جا سکتا ہے کہ تفرقی جوڑا مشترکہ برقی دباؤ کو رد کرتا ہے۔ تفرقہ برقی اشارہ v_d کو یوں بیان کیا جاتا ہے

$$(4.5) \quad v_d = v_{B1} - v_{B2}$$

جبکہ مشترکہ برقی دباؤ v_{CM} کو یوں بیان کیا جاتا ہے

$$(5.5) \quad v_{CM} = \frac{v_{B1} + v_{B2}}{2}$$

یہاں رک کر تسلی کر لیں کہ v_d حسابی ایکپلیغیٹر کا تفرقہ برقی دباؤ ہی ہے۔ اسی طرح حسابی ایکپلیغیٹر کا ثابت مداخل جبکہ v_{B2} اس کا منفی مداخل ہے۔

مثال 1.5: شکل 2.5 میں

$$V_{CC} = 15 \text{ V}$$

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

$$I = 2 \text{ mA}$$

$$V_{EE} = -15 \text{ V}$$

$$R_C = 3.9 \text{ k}\Omega$$

$$\alpha = 0.99$$

ہیں۔ تفہیقی جوڑی کے تمام برقی دباؤ اور برقی رو حاصل کریں۔

حل: منج رو $2 \times I = 4 \text{ mA}$ رو پیدا کرتی ہے۔ چونکہ دونوں ٹرانزسٹر کے میں سرے برابر برقی دباؤ یعنی $V_{BE} = 0.7 \text{ V}$ پر ہیں لہذا $v_E = 3 \text{ V}$ 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 منج رو کے سروں پر 2.3 V اور -15 V ہونے سے اس پر

$$2.3 - (-15) = 17.3 \text{ V}$$

ہوں گے۔ مزید یہ کہ ٹرانزسٹروں کے میں سروں پر 3 V جبکہ ان کے گلکٹر سروں پر 7.3 V ہونے سے ان کے میں گلکٹر جوڑ اٹ مائل ہیں۔ یوں یہ افزائندہ نھٹے میں ہیں جو کہ تفہیقی جوڑے کے صحیح کارکردگی کے لئے ضروری ہے۔

مثال 2.5: مثال 1.5 میں مشترکہ برقی دباؤ کی وہ حد معلوم کریں جس پر ٹرانزسٹر غیر-افراہندہ نھٹے میں داخل ہو جائیں گے۔

حل: اس مثال میں ہم نے دیکھا کہ مشترکہ برقی دباؤ مہیا کرنے سے دونوں ٹرانزسٹروں میں برابر برقی رو کا گزر ہوتا ہے اور ان کے گلکٹر سروں پر 7.3 V پایا جاتا ہے۔ اگر میں گلکٹر جوڑ پر سیدھی رُخ پالوکرہ برقی دباؤ یعنی 0.5 V پایا جائے تو ٹرانزسٹر غیر-افراہندہ

صورت اختیار کر لیتا ہے۔ یوں ٹرانزسٹر اس وقت تک افراہنہ رہیں گے جب تک ان کے بیس سروں پر تقریباً $(7.3 + 0.5) = 7.8 \text{ V}$ یا اس سے کم مشکلہ برقرار دباؤ پائی جائے یعنی

$$v_{CM} \leq 7.8 \text{ V}$$

2.1.5 ترقی اشارہ موجود

آنکیں ترقی برقرار کو صفر ولٹ سے بڑھا کر ترقی جوڑے کی کارکردگی دیکھیں۔ شکل 3.5 الف میں v_{B2} کو برقی زینہ⁴ یعنی صفر ولٹ 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 ولٹ دئے جاتے تو

$$v_{BE1} = v_{BE2} = 0.7 \text{ V}$$

$$v_E = v_B - v_{BE} = 0 - 0.7 = -0.7 \text{ V}$$

ہوتے۔ ایک مداخل مثلاً v_{B2} کو صفر ولٹ پر رکھتے ہوئے اگر v_{B1} پر برقرار دباؤ بڑھایا جائے تو آپ دیکھ سکتے ہیں کہ Q_1 کا بیس-کلکٹر جوڑ سیدھے مائل ہو گا اور

$$v_E = v_{B1} - v_{BE1}$$

رہے گا۔ اس طرح اگر $v_{B1} = 0.9 \text{ V}$ کر دیا جائے تو

$$v_E = 0.9 - 0.7 = 0.2 \text{ V}$$

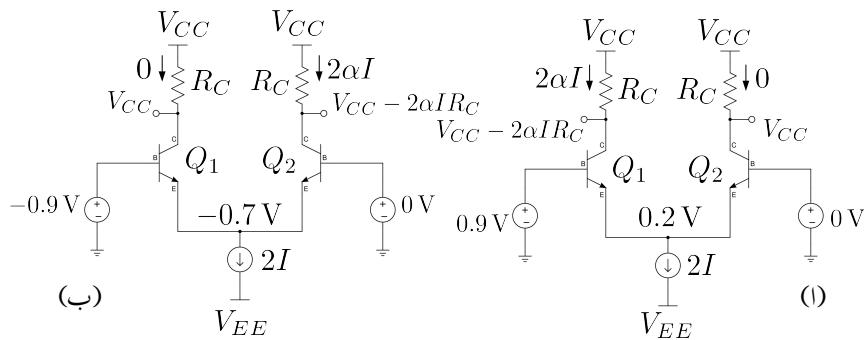
ہو گا اور یوں Q_2 کے بیس-کلکٹر جوڑ پر

$$v_{BE2} = v_{B2} - v_E = 0 - 0.2 = -0.2 \text{ V}$$

برقرار دباؤ ہو گا جو اسے منقطع رکھے گا۔ منقطع ٹرانزسٹر میں برقرار رو کا گزر ممکن نہیں لہذا تمام کا تمام $I \times 2$ برقرار رو ٹرانزسٹر Q_1 کو منتقل ہو جائے گی یعنی

$$i_{E1} = 2I$$

$$i_{E2} = 0$$



شکل 3.5: ترقی اشارہ کے موجودگی میں ترقی جوڑے کی کارکردگی

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 ترقی اشارہ کے موجودگی میں خارجی برقی دباؤ v_o کی قیمت صفر وولٹ نہیں رہتی۔ حقیقت میں ترقی جوڑا نہایت کم داخلی ترقی برقی دباؤ پر ہی تمام کی تمام برقی رو (یعنی $2 \times I$) کو ایک ٹرانزسٹر منتقل کر کے $+2\alpha I R_C$ برقی دباؤ خارج کر دے گا جس کے بعد ترقی دباؤ مزید بڑھنے سے خارجی برقی دباؤ v_o میں مزید تبدیلی ممکن نہیں۔ ترقی جوڑے کے دونوں صفر وولٹ ہونے کی صورت میں دیکھائی گئی ہے۔ اب اگر $v_{B1} = -0.9V$ $v_{B2} = 0V$ رکھتے ہوئے کر دیا جائے تو Q_2 کا بیس-بیٹر جوڑ سیدھا مائل ہو جائے گا لہذا $v_E = -0.7V$ ہو گا۔ یوں Q_1 کے بیس سرے پر $-0.9V$ ہے۔ لیکن اس کے بیٹر سرے پر $-0.7V$ ہونے کی وجہ سے یہ منقطع صورت اختیار کر لے گا۔ یہ صورت شکل 3.5 ب میں دکھائی گئی ہے۔ یوں منع رو کی تمام برقی رو (یعنی $2 \times I$) ٹرانزسٹر Q_2 کو

منتقل ہو جائے گی۔ اس طرح

$$\begin{aligned} i_{E1} &= 0 \\ i_{E2} &= 2I \\ v_{C1} &= V_{CC} \\ v_{C2} &= V_{CC} - 2\alpha I R_C \\ v_o &= v_{C2} - v_{C1} = -2\alpha I R_C \end{aligned}$$

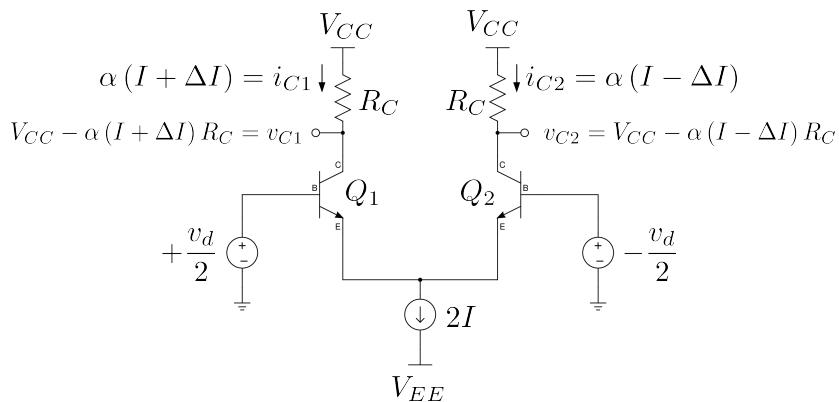
ہوں گے۔ شکل 3.5 الف میں ہم نے دیکھا کہ $v_d = v_{B1} - v_{B2} = 0.9 \text{ V}$ کی صورت میں تفرقی جوڑا تمام کی تمام برقی رو (یعنی $2 \times I$) کو ایک ٹرانزسٹر میں منتقل کر چکا ہوتا ہے اور یوں یہ $v_o = +2\alpha I R_C$ خارج کرتا ہے جبکہ شکل ب میں ہیں اور تفرقی جوڑا تمام کی تمام برقی رو کو دوسرے ٹرانزسٹر میں منتقل کر کے $v_d = -0.9 \text{ V}$ $v_o = -2\alpha I R_C$ خارج کرتا ہے۔

2.5 باریک داخلی تفرقی اشارہ پر تفرقی جوڑے کی بنیادی کارکردگی

کرخوف کے قانون برائے برقی رو کے تحت $i_{E1} + i_{E2} = 2 \times I$ رہے گا۔ اب تصور کریں کہ تفرقی جوڑے کو باریک تفرقی اشارہ v_d مہیا کیا جاتا ہے۔ باریک تفرقی اشارہ سے مراد اتنی v_d ہے جس سے تمام کی تمام برقی رو $2 \times I$ کسی ایک ٹرانزسٹر میں منتقل نہ ہو۔ جیسا شکل 4.5 میں دکھایا گیا ہے، ہم اس صورت کو یوں بیان کر سکتے ہیں کہ $+ \frac{v_d}{2}$ اشارہ بطور v_{B1} اور $- \frac{v_d}{2}$ اشارہ بطور v_{B2} مہیا کیا جاتا ہے یعنی

$$\begin{aligned} v_{B1} &= + \frac{v_d}{2} \\ v_{B2} &= - \frac{v_d}{2} \end{aligned}$$

اگر v_{B1} اور v_{B2} دونوں پر صفر ولٹ دئے جاتے تب $i_{E1} = i_{E2} = I$ ہوتا۔ اب جب v_{B1} کو ہلاکا بڑھایا اور v_{B2} کو گھٹایا گیا ہے تو i_{B1} میں ΔI کا اضافہ ہو گا جبکہ i_{B2} میں اتنی ہم کی واقع ہو گی۔ تا ہم اب بھی $i_{E1} + i_{E2} = 2I$ ہو گا۔ یوں



شکل 4.5: باریک تفرقی اشارہ پر صورت حال

$$i_{E1} = I + \Delta I$$

$$i_{E2} = I - \Delta I$$

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 ذہن نشین کرنا ضروری ہے کہ تفرقی جوڑے کے ایک ٹرانزسٹر کی برقی رو میں جتنا بھی اضافہ (یا کمی) پیدا ہو، دوسرے ٹرانزسٹر میں اتنی ہی کمی (یا اضافہ) پیدا ہوتا ہے۔

3.5 وسیع داخلی اشارہ پر تفرقی جوڑے کی کارکردگی

اس حصہ میں تفرقی جوڑے پر تفصیلی غور کیا جائے گا۔ Q_1 کے بیس سرے پر v_{B1} جبکہ اس کے ہیتر سرے پر v_{E1} برقی دباؤ پایا جاتا ہے۔ چونکہ دونوں ٹرانزسٹر

کے بیٹھ رہے آپس میں جڑے ہیں لہذا $v_{E1} = v_{E2} = v_E$ اور v_E کھٹکے کے بجائے v_{E1} کے برتنی دباؤ کو اس طرح

$$(6.5) \quad v_{BE1} = v_{B1} - v_{E1} = v_{B1} - v_E$$

ہو گا۔ اسی طرح Q_2 کے لئے ہم کھٹکتے ہیں

$$(7.5) \quad v_{BE2} = v_{B2} - v_{E2} = v_{B2} - v_E$$

ان برتنی دباؤ کو استعمال کر کے ہم کھٹکتے ہیں

$$(8.5) \quad i_{C1} = I_S \left(e^{\frac{v_{BE1}}{V_T}} - 1 \right) \approx I_S e^{\frac{v_{BE1}}{V_T}} = I_S e^{\frac{v_{B1}-v_E}{V_T}}$$

$$(9.5) \quad i_{C2} = I_S \left(e^{\frac{v_{BE2}}{V_T}} - 1 \right) \approx I_S e^{\frac{v_{BE2}}{V_T}} = I_S e^{\frac{v_{B2}-v_E}{V_T}}$$

یوں

$$(10.5) \quad i_{E1} = \frac{i_{C1}}{\alpha} = \frac{I_S}{\alpha} e^{\frac{v_{B1}-v_E}{V_T}}$$

$$(11.5) \quad i_{E2} = \frac{i_{C2}}{\alpha} = \frac{I_S}{\alpha} e^{\frac{v_{B2}-v_E}{V_T}}$$

ان مساوات میں v_{B2} اور v_{B1} اور i_{E2} اور i_{E1} تابع متغیرات ہیں جنہیں آزاد متغیرات تصور کیا جائے جبکہ v_E حاصل کریں۔ پہلے قدم میں مساوات 11.5 کو مساوات 10.5 سے تقسیم کر کے سے چھکارا حاصل کیا جاتا ہے۔

$$(12.5) \quad \frac{i_{E2}}{i_{E1}} = \frac{\left(\frac{I_S}{\alpha} e^{\frac{v_{B2}-v_E}{V_T}} \right)}{\left(\frac{I_S}{\alpha} e^{\frac{v_{B1}-v_E}{V_T}} \right)} = e^{\left(\frac{v_{B2}-v_{B1}}{V_T} \right)} = e^{-\frac{v_d}{V_T}}$$

جہاں v_d کو لکھا گیا ہے۔ دونوں جانب ایک (1) جمع کرتے ہیں

$$(13.5) \quad \frac{i_{E2}}{i_{E1}} + 1 = 1 + e^{\frac{v_d}{V_T}}$$

$$(14.5) \quad \frac{i_{E2} + i_{E1}}{i_{E1}} = 1 + e^{-\frac{v_d}{V_T}}$$

چونکہ $i_{E1} + i_{E2} = 2 \times I$ ہوتا ہے لہذا اس مساوات کو یوں لکھ سکتے ہیں

$$(15.5) \quad \frac{2 \times I}{i_{E1}} = 1 + e^{-\frac{v_d}{V_T}}$$

اسے اٹا کرنے سے تالع متغیرہ i_{E1} حاصل ہوتا ہے

$$(16.5) \quad \begin{aligned} \left(\frac{2 \times I}{i_{E1}} \right)^{-1} &= \left(1 + e^{-\frac{v_d}{V_T}} \right)^{-1} \\ \frac{i_{E1}}{2 \times I} &= \frac{1}{\left(1 + e^{-\frac{v_d}{V_T}} \right)} \end{aligned}$$

یعنی

$$(17.5) \quad i_{E1} = \frac{2 \times I}{\left(1 + e^{-\frac{v_d}{V_T}} \right)}$$

اگر ہم مساوات 10.5 کو مساوات 11.5 سے تقسیم کرتے تو مندرجہ ذیل مساوات حاصل ہوتا۔

$$(18.5) \quad i_{E2} = \frac{2 \times I}{\left(1 + e^{+\frac{v_d}{V_T}} \right)}$$

مساوات 17.5 اور مساوات 18.5 شکل 5.5 میں کہنے گے ہیں۔

مثال 3.5: صفر ولٹ تفرقی اشارہ یعنی $v_d = 0$ اور i_{E2} حاصل کریں۔

حل: مساوات 17.5 سے حاصل ہوتا ہے

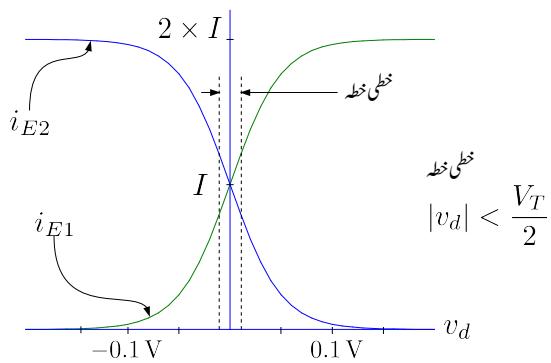
$$i_{E1} = \frac{2 \times I}{1 + e^{-\frac{0}{V_T}}} = \frac{2 \times I}{1 + e^0} = \frac{2 \times I}{1 + 1} = I$$

اسی طرح مساوات 18.5 سے حاصل ہوتا ہے

$$i_{E2} = \frac{2 \times I}{1 + e^{+\frac{0}{V_T}}} = \frac{2 \times I}{1 + e^0} = \frac{2 \times I}{1 + 1} = I$$

3.5. و سچ داخنی اشارہ پر تفریق جوڑے کی کارکردگی

601



مکمل 5.5: تفریقی جوڑے کے

مثال 4.5: مندرجہ ذیل تفریقی برقی اشارات پر i_{E2} حاصل کریں۔

.1

$$v_d = -0.15 \text{ V}$$

.2

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

.3

$$v_d = 0.1 \text{ V}$$

.4

$$v_d = 0.15 \text{ V}$$

حل: مساوات 18.5 کے تحت

.1

$$i_{E2} = \frac{2 \times I}{1 + e^{\frac{-0.15}{0.025}}} = \frac{2 \times I}{1 + 0.0024788} \approx 2 \times I$$

.2

$$i_{E2} = \frac{2 \times I}{1 + e^{\frac{-0.1}{0.025}}} = \frac{2 \times I}{1 + 0.018316} = 0.982 \times 2 \times I$$

.3

$$i_{E2} = \frac{2 \times I}{1 + e^{\frac{\pm 0.1}{0.025}}} = \frac{2 \times I}{1 + 54.598} = 0.018 \times 2 \times I$$

.4

$$i_{E2} = \frac{2 \times I}{1 + e^{\frac{\pm 0.15}{0.025}}} = \frac{2 \times I}{1 + 403.41} = 0.00247 \times 2 \times I \approx 0$$

مثال 3.5 سے صاف ظاہر ہے کہ تفاضلی اشارہ کے عدم موجودگی میں دونوں ٹرانزسٹر میں برابر برقی رو پائی جاتی ہے۔ مزید یہ کہ ان برقی رو پر مشتمل اشارہ v_{CM} کا کسی قسم کا کوئی اثر نہیں۔

مثال 4.5 میں $v_d = -0.1 \text{ V}$ پر $v_d = 0.1 \text{ V}$ پر صرف Q_2 سے گزرتی ہے جبکہ $v_d = 1.8 \text{ V}$ پر صرف Q_1 سے گزرتی ہے۔ اس سے یہ بات واضح ہوتی ہے کہ تفاضلی اشارہ میں باریک تبدیلی سے تفاضلی جوڑے میں برقی رو کی تقسیم بہت زیادہ متاثر ہوتی ہے۔

تفاضلی جوڑے میں برقی رو کو ایک ٹرانزسٹر سے دوسرے ٹرانزسٹر میں منتقل کرنے کی خاطر نہایت کم داخلی تفاضلی برقی دباؤ درکار ہوتا ہے۔ مزید یہ کہ اس تمام عمل میں تفاضلی جوڑے کے دونوں ٹرانزسٹر افراستنڈہ حال رہتے ہیں۔

جیسا کہ آپ جانتے ہیں کہ ٹرانزسٹر کے بیس-ایمپر جوڑ پر اندرومنی کپیسٹر C_{b'e} اور بیس-کلکٹر جوڑ پر اندرومنی کپیسٹر C_{b'c} پائے جاتے ہیں۔ غیر-افزاں ندہ ٹرانزسٹر میں ان کپیسٹروں کے مجموعہ کی قیمت، افزاں ندہ ٹرانزسٹر کے نسبت، زیادہ ہوتی ہے۔ ان کپیسٹروں میں بار بھرنا یا ان سے بار کے نکاسی کے لئے وقت درکار ہوتا ہے۔ اس درکار وقت کا دارو مدار کل کپیسٹر کی قیمت اور ان دو مختلف برقی دباؤ (جن کے مابین اس میں بار بھرا جائے یا بار کی نکاسی کی جائے) پر ہوتا ہے۔

تفرقی جوڑا چونکہ ہر صورت افزاں ندہ رہتا ہے لہذا اس کے کپیسٹر کی قیمت کم ترین رہتی ہے اور چونکہ اسے چلانے کی خاطر درکار تفرقی اشارہ v_d کے دو حدود قریب قریب ہیں لہذا اسے استعمال کرتے ہوئے نہایت تیز رفتار ادوار تخلیق دینا ممکن ہوتا ہے۔ یہی وجہ ہے کہ تیز ترین عددی برقيات (مثلاً ایمپلیگا ملٹیپلیکٹ⁵) میں بالخصوص اور دیگر تیز ترین برقيات میں بالعموم تفرقی جوڑا ہی استعمال ہوتا ہے۔

اس حصہ میں ہم تفرقی جوڑے کو بطور ایمپلیگا استعمال کریں گے۔ شکل 5.5 کو دیکھتے ہوئے معلوم ہوتا ہے کہ دو نقطہ دار لکیروں کے درمیان داخلی اشارہ v_d اور برقی رو i_{E2} (یا i_{E1}) کے مابین خطی تعلق پایا جاتا ہے یعنی اس خطے میں v_d جتنے گناہ ہڑھایا یا گھٹایا جائے i_{E1} (یا i_{E2}) میں اتنے گناہ کی ہی تبدیلی پیدا ہوتی ہے۔ خطی تعلق کا خط تقریباً

$$(19.5) \quad |v_d| < \frac{V_T}{2}$$

پر پایا جاتا ہے۔ آئیں اس خطی خطے پر مزید غور کریں۔

4.5 باریک اشارہ پر تفرقی جوڑے کے کارکردگی پر تفصیلی غور

1.4.5 باریک اشاراتی مساوات

مساوات 17.5 اور مساوات 18.5 قطعی مساوات ہیں جن سے تفرقی جوڑے میں برقی رو کی تقسیم حاصل کی جا سکتی ہے۔ اگر ہم شکل 5.5 میں دکھائے خطی خطے کی بات کریں تو

⁵ emitter coupled logic

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 17.5 کو یہاں دوبارہ پیش کرتے ہیں۔

$$(20.5) \quad i_{E1} = \frac{2 \times I}{1 + e^{-\frac{v_d}{V_T}}}$$

اس مساوات کو $e^{\frac{1}{2} \frac{v_d}{V_T}}$ سے ضرب اور تقسیم کرتے ہیں۔

$$(21.5) \quad i_{E1} = \left(\frac{2I}{1 + e^{-\frac{v_d}{V_T}}} \right) \left(\frac{e^{\frac{1}{2} \frac{v_d}{V_T}}}{e^{\frac{1}{2} \frac{v_d}{V_T}}} \right) = \frac{2Ie^{\frac{1}{2} \frac{v_d}{V_T}}}{e^{+\frac{1}{2} \frac{v_d}{V_T}} + e^{-\frac{1}{2} \frac{v_d}{V_T}}}$$

آپ جانتے ہیں کہ باریک x کی صورت میں e^{-x} اور e^{+x} کے مکلارن تسلسل⁶ 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 خطے میں $e^{-\frac{v_d}{V_T}}$ اور $e^{+\frac{v_d}{V_T}}$ ہے لہذا $|v_d| < \frac{V_T}{2}$ اور مکلارن تسلسل میں پہلے چند جزو کو چھوڑ کر بقیا تمام اجزاء کے قیمتیں نہایت کم ہوں گی۔ مساوات 21.5 میں $e^{-\frac{v_d}{V_T}}$ اور $e^{+\frac{v_d}{V_T}}$ کے مکلارن تسلسل پر کرتے ہیں۔

$$(22.5) \quad \begin{aligned} i_{E1} &= 2I \frac{1 + \frac{1}{2} \frac{v_d}{V_T} \dots}{\left(1 + \frac{1}{2} \frac{v_d}{V_T} \dots\right) + \left(1 - \frac{1}{2} \frac{v_d}{V_T} \dots\right)} \\ &\approx 2I \frac{\left(1 + \frac{1}{2} \frac{v_d}{V_T} \dots\right)}{2} \\ &= I \left(1 + \frac{1}{2} \frac{v_d}{V_T}\right) \\ &= I + \frac{I}{2} \frac{v_d}{V_T} \end{aligned}$$

Maclaurin series⁶

جہاں دوسرے قدم پر تسلسل کے صرف پہلے دو جزو رکھے گئے۔ یہ وہ سادہ خطی مساوات ہے جس کی ملاش تھی۔ اس کو یوں لکھتے ہیں۔

$$(23.5) \quad i_{E1} = I + \frac{I}{V_T} \frac{v_d}{2}$$

اسی طرح اگر i_{E2} کی سادہ خطی مساوات حاصل کی جائے تو وہ مندرجہ ذیل ہو گی۔

$$(24.5) \quad i_{E2} = I - \frac{I}{V_T} \frac{v_d}{2}$$

ان نتائج سے حاصل ہوتا ہے

$$(25.5) \quad \begin{aligned} i_{C1} &= \alpha i_{E1} = \alpha I + \frac{\alpha I}{V_T} \frac{v_d}{2} \\ i_{C2} &= \alpha i_{E2} = \alpha I - \frac{\alpha I}{V_T} \frac{v_d}{2} \end{aligned}$$

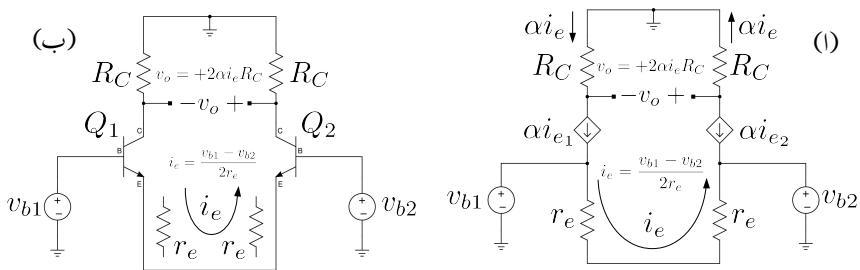
تفرقی اشارہ کے عدم موجودگی، یعنی $v_d = 0$ کی صورت میں $i_{E1} = i_{E2} = I$ ہی حاصل ہوتے ہیں جو کہ ان ٹرانزیٹر کے نقطہ کارکردگی پر برقی رو اور I_{EQ1} اور I_{EQ2} کی صورت میں مساوات 25.5 سے $i_{C1} = \alpha I$ ہیں۔ اسی طرح $v_d = 0$ کی صورت میں مساوات 25.5 سے $i_{C2} = \alpha I$ حاصل ہوتا ہے جو نقطہ کارکردگی پر کلکٹر برقی رو ہیں جنہیں I_{CQ} یا صرف I_C لکھا جا سکتا ہے۔ تفرقی اشارہ کے موجودگی میں مساوات 25.5 میں یک سمتی رو کے علاوہ بدلتی رو بھی پائی جاتی ہے۔ یوں انہیں

$$(26.5) \quad \begin{aligned} i_{C1} &= I_C + \frac{\alpha I}{V_T} \frac{v_d}{2} \\ &= I_C + i_c \\ i_{C2} &= I_C - \frac{\alpha I}{V_T} \frac{v_d}{2} \\ &= I_C - i_c \end{aligned}$$

لکھا جا سکتا ہے جہاں i_c بدلتی برقی رو یعنی

$$(27.5) \quad i_c = \frac{\alpha I}{V_T} \frac{v_d}{2} = \left(\frac{I_C}{V_T} \right) \frac{v_d}{2}$$

ہے۔ آپ صفحہ 348 پر دئے گئے مساوات 174.3 کی مدد سے جانتے ہیں کہ دراصل $\frac{I_C}{V_T}$ ہے لہذا اسے مزید اس طرح لکھ سکتے ہیں۔



شکل 6.5: تفرقی برقی روکا حصول بذریعہ ریاضی نمونہ

$$(28.5) \quad i_c = g_m \frac{v_d}{2}$$

اس طرح مساوات 25.5 کو یوں لکھ سکتے ہیں۔

$$(29.5) \quad \begin{aligned} i_{C1} &= I_C + g_m \frac{v_d}{2} \\ i_{C2} &= I_C - g_m \frac{v_d}{2} \end{aligned}$$

یہاں رک کر شکل 4.5 میں دکھائے i_{C1} اور i_{C2} کا مساوات 25.5 میں حاصل کئے گئے قیمتیوں کے ساتھ موازنہ کریں۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ $\alpha \Delta I = \frac{\alpha I}{V_T} \frac{v_d}{2}$ ہے۔ باریک داخلی اشارے پر مساوات 28.5 کی مدد سے تفرقی جوڑے میں برقی رو i_c حاصل کی جا سکتی ہے۔ یہ ایک اہم نتیجہ ہے جس پر اگلے حصے میں تبصرہ کیا جائے گا۔

2.4.5 برقی روکا حصول بذریعہ ٹرانزسٹر ریاضی نمونہ

گزشتہ حصہ میں مساوات 28.5 حاصل کی گئی جس کے مدد سے تفرقی جوڑے میں برقی رو i_c حاصل کی جا سکتی ہے۔ آئیں اسی مساوات کو انتہائی سادہ طریقہ سے حاصل کریں۔ شکل 6.5 ب میں تفرقی جوڑے کا مساوی بدلتی رو شکل دکھایا گیا ہے جہاں تمام یک سمیٰ منع برقی دباؤ کو قصر دور اور تمام یک سمیٰ منع برقی رو کو کھلے سرے کیا گیا ہے۔ شکل 6.5

الف میں ٹرانزسٹر کے ٹی-ریاضی نمونہ استعمال کر کے اسی کا مساوی دور بنایا گیا ہے جہاں سے صاف ظاہر ہے کہ

$$(30.5) \quad i_e = \frac{v_{b1} - v_{b2}}{2r_e} = \frac{v_d}{2r_e}$$

ہو گا جہاں $i_{e2} = -i_e$ جبکہ $i_{e1} = i_e$ کو v_d لکھا گیا ہے۔ یوں کے برابر ہو گا۔ صفحہ 353 پر مساوات 192.3 کے تحت $r_e = \frac{\alpha}{g_m}$ کے برابر ہے۔ یوں اس مساوات کو اس طرح لکھ سکتے ہیں۔

$$(31.5) \quad i_e = \frac{g_m v_d}{\alpha} \frac{v_d}{2}$$

اور یوں

$$(32.5) \quad i_c = \alpha i_e = g_m \frac{v_d}{2}$$

اس طرح نہایت آسانی سے اس مساوات کو حاصل کیا گیا۔

یہ مساوات حاصل کرتے وقت ریاضی نمونہ بنانا ضروری نہیں۔ شکل 6.5 ب میں ایک سرے کے مزاحمت r_e کو تفرقی جوڑے کے اندر جانب دکھایا گیا ہے۔ یہ ایک تصوراتی شکل ہے جسے دیکھ کر آپ مساوت لکھ سکتے ہیں۔

ان دونوں اشکال کو دیکھ کر خارجی بر قی دباؤ v_o حاصل کیا جا سکتا ہے یعنی

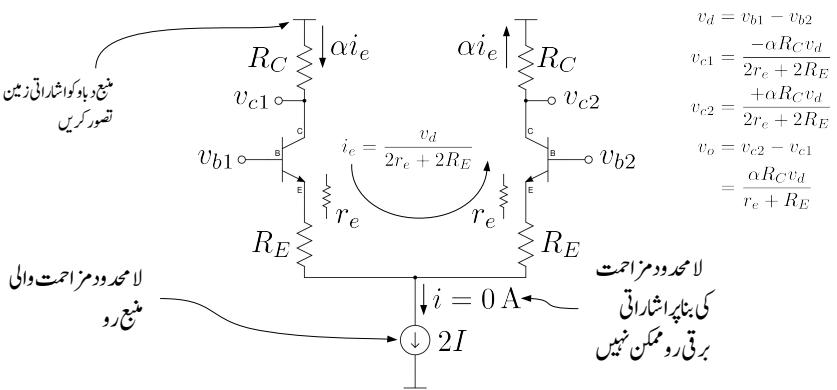
$$(33.5) \quad v_o = +i_c \times 2 \times R_C = +g_m R_C v_d$$

اس مساوات سے تفرقہ افزائش بر قی دباؤ⁷ حاصل کی جا سکتی ہے۔

$$(34.5) \quad A_d = \frac{v_o}{v_d} = +g_m R_C$$

موجودہ طریقے کی افادیت دیکھنے کی خاطر شکل 7.5 میں دکھائے تفرقی ایکلیفائر پر غور کریں جہاں ٹرانزسٹر کے ایکٹر سرے پر بیرونی مزاحمت R_E نسب کئے گئے ہیں۔ اس دور کو دیکھ کر ہم لکھ سکتے ہیں۔

$$i_e = \frac{v_d}{2r_e + 2R_E}$$



شکل 7.5: اشاراتی برقی رو کے سادہ طریقہ کی ایک اور مثال

اس مساوات سے تفہیق افراٹھ برقی دباؤ حاصل ہوتی ہے۔

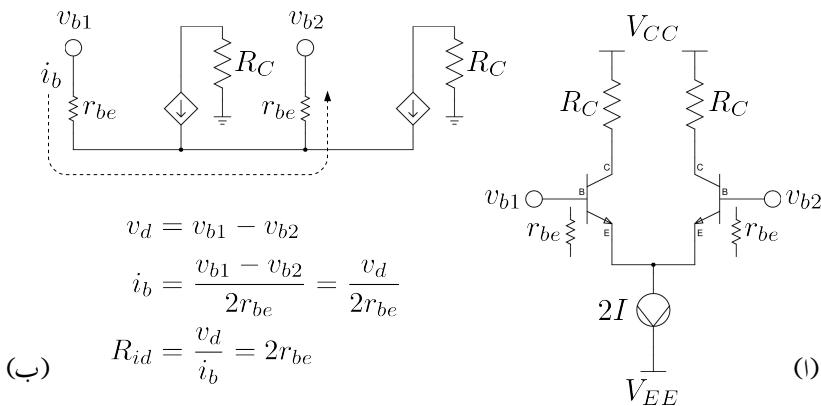
$$\begin{aligned}
 i_c &= \alpha i_e = \frac{\alpha v_d}{2r_e + 2R_E} \\
 (35.5) \quad v_o &= +2i_c R_C = +\frac{\alpha v_d R_C}{r_e + R_E} \\
 A_d &= \frac{v_o}{v_d} = +\frac{\alpha R_C}{r_e + R_E} \approx +\frac{R_C}{r_e + R_E}
 \end{aligned}$$

یاد رہے کہ اشاراتی تجویہ کرتے وقت یک سمتی برقی دباؤ کو قصر دور جبکہ یک سمتی برقی رو کو آزاد سرے کر دیا جاتا ہے۔

3.4.5 داخلي تفريقي مراجحت

تفريقي جوڑے میں دونوں ٹرانزسٹر کے π ریاضی نمونہ استعمال کرتے شکل 8.5 ب حاصل ہوتا ہے جس سے اس کی داخلي برقی رو i_b

$$(36.5) \quad i_b = \frac{v_{b1} - v_{b2}}{2r_{be}} = \frac{v_d}{2r_{be}}$$



شکل 8.5: تفرقی جوڑے کی داخلی تفرقی مزاحمت

اور اس سے تفرقی جوڑے کا داخلی تفرقی مزاحمت⁸ یوں حاصل ہوتا ہے۔

$$(37.5) \quad R_{id} = \frac{v_b}{i_b} = 2r_{be}$$

یہی دو جوابات کامل ریاضی نمونہ بنانے کے بغیر بھی حاصل کئے جاسکتے ہیں جیسے شکل 8.5 الف میں دکھایا گیا ہے جہاں دونوں ٹرانزیستر کے داخلی مزاحمت r_{be} کو ان کے داخلی جانب دکھا کر واضح کیا گیا ہے۔

اسی طریقے کو شکل 7.5 میں دکھائے تفرقی جوڑے کے لئے استعمال کرتے ہیں۔ چونکہ اس شکل میں

$$(38.5) \quad i_e = \frac{v_d}{2r_e + 2R_E}$$

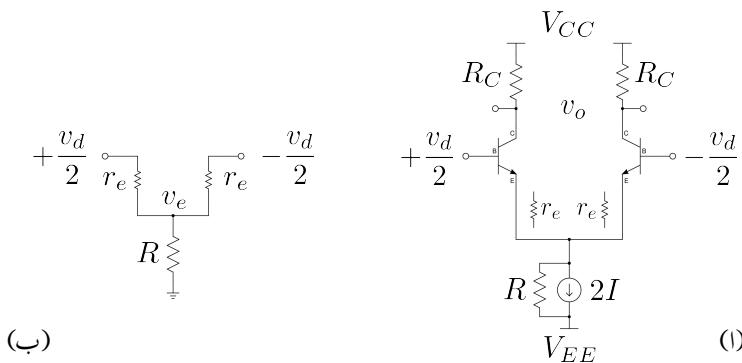
ہے لہذا

$$(39.5) \quad i_b = \frac{i_e}{\beta + 1} = \frac{1}{\beta + 1} \left(\frac{v_d}{2r_e + 2R_E} \right)$$

ہو گا جس سے داخلی تفرقی مزاحمت یوں حاصل ہوتا ہے۔

$$(40.5) \quad R_{id} = \frac{v_d}{i_b} = (\beta + 1) (2r_e + 2R_E)$$

differential input resistance⁸



شکل 9.5: باریک اشاراتی مزاحمت کو زیر نظر رکھتے ہوئے داخلی تفرقی مزاحمت

اب تک ہم تصور کرتے رہے ہیں کہ تفرقی ایپلیفائر میں استعمال کئے جانے والے یک سمی منع رو کی اندروںی مزاحمت لامحدود ہوتی ہے۔ حقیقت میں پائے جانے والے یک سمی منع رو کی اندروںی مزاحمت نہایت زیادہ مگر محدود ہوتی ہے۔ شکل 9.5 الف میں یک سمی منع رو کا مساوی مارٹنچ دور⁹ استعمال کرتے ہوئے اس کے اندروںی باریک اشاراتی مزاحمت R کو بھی شامل کیا گیا ہے۔ اس شکل میں ٹرانزسٹر کا اندروںی مزاحمت r_e کو تفرقی جوڑے کے اندر جانب فرضی طور دکھایا گیا ہے۔ شکل 9.5 ب میں اس ایپلیفائر کے داخلی جانب کا باریک اشاراتی ریاضی نمونہ دکھایا گیا ہے۔ ٹرانزسٹروں کے یمنظر سرے کا برقی دباؤ v_e حاصل کرنے کی خاطر اس جوڑ پر کرخوف کا قانون برائے برقی رو نافذ کرتے ہیں۔

$$(41.5) \quad \frac{v_e - \frac{v_d}{2}}{r_e} + \frac{v_e + \frac{v_d}{2}}{r_e} + \frac{v_e}{R} = 0$$

اس مساوات سے حاصل ہوتا ہے۔

$$(42.5) \quad v_e = 0$$

اس نتیجے کے مطابق باریک تفرقی اشارہ v_d کا v_e پر کوئی اثر نہیں ہوتا اور v_e ہر وقت صفر ولٹ یعنی برقی زمین پر رہتا ہے۔ اس حقیقت کو مُر نظر رکھتے ہوئے شکل 9.5 الف کا (باریک تفرقی اشارہ کے لئے) مساوی سادہ دور شکل 10.5 الف میں

Norton equivalent⁹

دکھایا گیا ہے۔ اس شکل میں تفرقی ایمپلیفائر کو دو عدد مشکل۔ ایمپلیفائر تصور کرنا دکھایا گیا ہے جہاں باسیں ہاتھ کے ایمپلیفائر کا داخلی اشارہ $v_{c1} + \frac{v_d}{2}$ اور اس کا خارجی اشارہ v_{c2} ہے۔ شکل ب میں باسیں ہاتھ کے ایمپلیفائر کا داخلی اشارہ $\frac{v_d}{2}$ اور اس کا خارجی اشارہ v_{c2} ہے۔ شکل ب میں باسیں ہاتھ کے ایمپلیفائر کا باریک اشاراتی ریاضی نمونہ دکھایا گیا ہے جہاں ٹرانزسٹر کے اندروںی غامجھے مراحت r_o کے اثر کو بھی شامل کیا گیا ہے۔ اس ریاضی نمونہ سے آدھے دور کا داخلی باریک اشاراتی مراحت r_{be} کے برابر حاصل ہوتا ہے۔ تفرقی ایمپلیفائر کا داخلی باریک اشاراتی مراحت اس کا دگنا ہو گا یعنی

$$(43.5) \quad R_{id} = 2r_{be}$$

اگر v_o کے مابین لیا جائے تو تفرقی افزائش برقی دباؤ اور v_{c2} اور v_{c1} کو

$$(44.5) \quad A_d = \frac{v_o}{v_d} = \frac{v_{c2} - v_{c1}}{v_d} = g_m (R_C \parallel r_o)$$

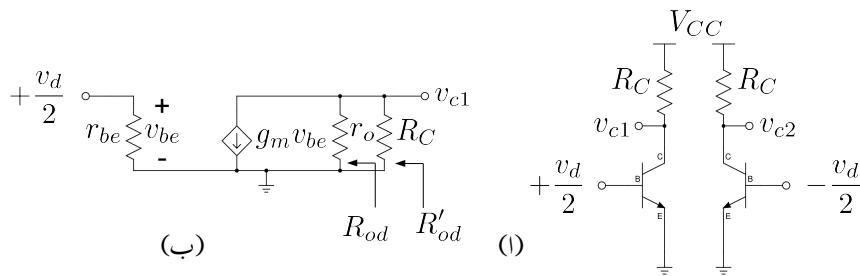
حاصل ہوتا ہے۔ عموماً r_o کی قیمت R_C کے مقابلے سے بہت زیادہ ہوتی ہے اور یوں اس مساوات کو یوں لکھا جا سکتا ہے۔

$$(45.5) \quad A_{d\text{پوری}} = \frac{v_{c2} - v_{c1}}{v_d} = g_m R_C = \frac{R_C}{r_e}$$

اس کے برعکس اگر v_o کو v_{c1} (یا v_{c2}) سے حاصل کیا جائے تو تفرقی افزائش برقی دباؤ یوں حاصل ہوتی ہے۔

$$(46.5) \quad A_{d\text{آدمی}} = \frac{v_o}{v_d} = \frac{v_{c1}}{v_d} = -\frac{R_C}{2r_e}$$

شکل 10.5 ب میں آدھے ایمپلیفائر کے خارجی تفرقی مراحت R'_{od} اور R_{od} دکھائے گئے ہیں۔ R_{od} وہ مراحت ہے جس میں R_C کے اثر کو شامل نہیں کیا گیا یعنی اس میں R_C کو لا محدود تصور کرتے دور کا مراحت حاصل کیا گیا ہے۔ ہم کہتے ہیں کہ یہ مراحت R_C سے پہلا کا مراحت ہے۔ R_{od} کی قیمت r_o ہے۔ R'_{od} آدھے ایمپلیفائر کا وہ خارجی تفرقی مراحت ہے جو ٹرانزسٹر کے اندروںی مراحت r_o اور اس کے ساتھ منسلک بیرونی مراحت R_C دونوں کے اثر کو شامل کرتا ہے۔ اس کی قیمت $(r_o \parallel R_C)$ ہے۔



شکل 10.5: تفرقی ایکلیپسیٹر بطور دو عدد ایکلیپسیٹر جڑے ایکلیپسیٹر

4.4.5 داخلی مشترکہ مزاحمت اور مشترکہ افزائش

شکل 11.5 الف میں تفرقی جوڑے کو مشترکہ داخلی اشارہ v_{CM} فراہم کیا گیا ہے۔ دونوں ٹرانزسٹروں میں یکساں برقی رو i_e گزرے گی اور یوں

$$(47.5) \quad v_e = (i_{e1} + i_{e2}) R = 2i_e R$$

ہو گا۔ اسی کو شکل ب کے طرز پر بھی بنایا جا سکتا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ اب بھی v_e کی قیمت وہی ہے لیਜنی

$$(48.5) \quad v_e = i_e (2R) = 2i_e R$$

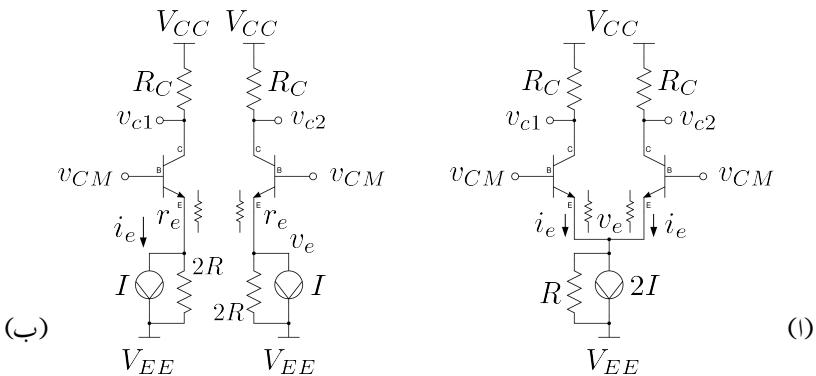
اسی طرح دونوں اشکال میں ٹرانزسٹروں میں یک سمتی برقی رو کی قیمت I ہی ہے۔ یوں مشترکہ اشارے کے لئے شکل الف کو دو یکساں ایکلیپسیٹر تصور کیا جا سکتا ہے۔ شکل ب سے

$$(49.5) \quad i_e = \frac{v_{CM}}{r_e + 2R}$$

حاصل ہوتا ہے جس سے ایک بازو کا مشترکہ مزاحمت یوں حاصل ہوتا ہے

$$(50.5) \quad i_b = \frac{i_e}{\beta + 1} = \frac{v_{CM}}{(\beta + 1)(r_e + 2R)}$$

$$R_{icm} = \frac{v_{CM}}{i_b} = (\beta + 1)(r_e + 2R)$$



شکل 11.5: مشترک آدھے دور کا حصول

تفرقی اینپلیفیگر کا مشترک داخلي مزاحمت اس کے دگنا ہو گا یعنی

$$(51.5) \quad R_{icm} = 2(\beta + 1)(r_e + 2R)$$

مزید یہ کہ

$$(52.5) \quad v_{c1} = v_{c2} = -\alpha i_e R_C = -\frac{\alpha R_C v_{CM}}{r_e + 2R}$$

حاصل ہوتے ہیں۔ اگر خارجی اشارہ v_o کو v_{c1} اور v_{c2} کے مابین لیا جائے تو اس کی قیمت صفر ولٹ ہو گی اور مشترک افراش بر قہ دباؤ¹⁰ صفر ہو گا۔ البتہ اگر v_o کو v_{c1} یا v_{c2} سے حاصل کیا جائے تو

$$(53.5) \quad v_o = v_{c1} = -\frac{\alpha R_C v_{CM}}{r_e + 2R}$$

ہو گا اور مشترک افراش بر قہ دباؤ

$$(54.5) \quad A_{cm, \text{ریڈیم}} = \frac{v_o}{v_{CM}} = \frac{v_{c1}}{v_{CM}} = -\frac{\alpha R_C}{r_e + 2R}$$

ہو گا۔ R_C کی قیمت r_e اور R_C کے مقام سے بہت زیادہ ہوتا ہے اور یوں مشترک اشارہ حقیقت میں بڑھنے کے بجائے گھٹتا ہے۔

common mode voltage gain¹⁰

کامل تفرقی ایکلیپسیفار صرف تفرقی اشارے کو بڑھا کر خارج کرتا ہے۔ البتہ حقیقی تفرقی ایکلیپسیفار غیر کامل ہوتے ہیں۔ مساوات 46.5 کے تحت $v_o = A_d v_d$ ہوتا ہے جبکہ مساوات 54.5 کے تحت $v_o = A_{cm} v_{CM}$ ہوتا ہے۔ حقیقت میں تفرقی ایکلیپسیفار کے خارجی اشارہ میں دونوں جزو پائے جاتے ہیں اور یوں

$$(55.5) \quad v_o = A_d v_d + A_{cm} v_{CM}$$

ہو گا۔ تفرقی ایکلیپسیفار تفرقی اشارہ کو بڑھاتا ہے جبکہ یہ مشترکہ اشارہ کو رد کرتا ہے۔ مشترکہ اشارہ رد کرنے کے صلاحیت¹¹ اور A_d کو $CMRR$ اور A_{cm} کے تناوب سے ناپا جاتا ہے یعنی

$$(56.5) \quad CMRR = \left| \frac{A_d}{A_{cm}} \right| = \frac{r_e + 2R}{\alpha r_e}$$

جہاں مساوات 46.5 اور مساوات 54.5 کی مدد حاصل کی گئی ہے۔ مشترکہ اشارہ رد کرنے کے صلاحیت $CMRR$ کو عموماً دیسی بیلہ¹² میں ناپا جاتا ہے یعنی

$$(57.5) \quad CMRR = 20 \log \left| \frac{A_d}{A_{cm}} \right|$$

مندرجہ بالا بحث، تفرقی ایکلیپسیفار کے دونوں بازوں بالکل یکساں ہونے کے صورت میں درست ہو گا۔ حقیقت میں عموماً ایسا نہیں ہوتا اور ایکلیپسیفار کے دونوں بازووں میں فرق کی بنا پر مشترکہ خارجی اشارہ v_{c1} اور v_{c2} کے ماہین لینے کے صورت میں بھی صفر ولٹ نہیں ہوتا۔ آئیں اس اثر کو زیادہ غور سے دیکھیں۔

تصور کریں کہ تفرقی ایکلیپسیفار کے دو بازووں میں استعمال کئے گئے مراحت R_C میں فرق کے علاوہ دونوں بازوں بالکل یکساں ہیں۔ یوں اور $R_{C1} = R_C + \Delta R_C$ $R_{C2} = R_C - \Delta R_C$ ہونے سے

$$(58.5) \quad v_{c1} = - \frac{\alpha (R_C + \Delta R_C) v_{CM}}{r_e + 2R}$$

$$v_{c2} = \frac{\alpha (R_C - \Delta R_C) v_{CM}}{r_e + 2R}$$

common mode rejection ratio CMRR¹¹
decibell dB¹²

اور یوں

$$(59.5) \quad v_o = v_{c2} - v_{c1} = -\frac{\alpha \Delta R_C v_{CM}}{r_e + 2R}$$

$$A_{cm} = \frac{v_o}{v_{CM}} = -\frac{\alpha \Delta R_C}{r_e + 2R}$$

یوں تفرقی ایکلینیٹر کے دو بازو غیر یکساں ہونے کی صورت میں مشترکہ افزائش برتنی دباؤ صفر نہیں رہتی۔ خارجی اشارہ v_{c2} اور v_{c1} کر مایین لیتے ہوئے تفرقی ایکلینیٹر کا مشترکہ اشارہ رد کرنے کے صلاحیت CMRR مساوات 46.5 اور مساوات 59.5 کی مدد سے یوں حاصل ہوتا ہے

$$(60.5) \quad CMRR = \frac{g_m (r_e + 2R) R_C}{\alpha \Delta R_C}$$

5.5 غیر کامل تفرقی جوڑے کا نقص پن

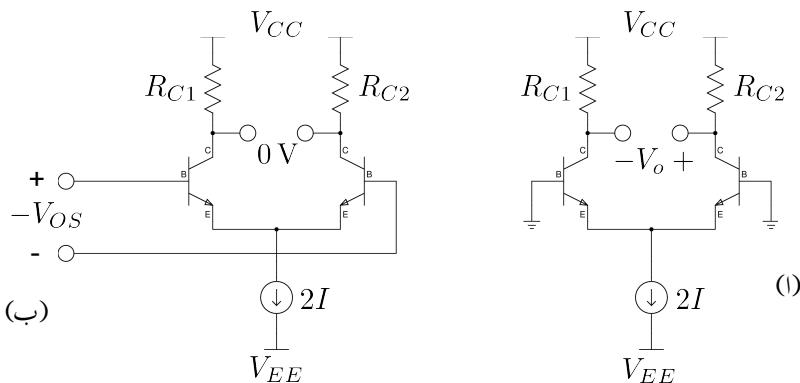
1.5.5 داخلي انحرافی برتنی دباؤ

کامل تفرقی جوڑا داخلي برتنی دباؤ کی عدم موجودگی (یعنی $V_{B1} = V_{B2} = 0$) کی صورت میں صفر ولٹ کا برتنی دباؤ خارج کرتا ہے۔ حقیقی تفرقی جوڑا غیر کامل ہوتا ہے اور اس صورت میں اس کے خارجی برتنی دباؤ صفر ولٹ سے اخراوف کرتا ہے اور یوں یہ صفر ولٹ کے بجائے V_o ولٹ خارج کرتا ہے۔ اس برتنی دباؤ یعنی V_o کو خارجي انحرافی برتنی دباؤ¹³ کہتے ہیں۔ خارجي انحرافی برتنی دباؤ کو تفرقی جوڑے کے تفرقی افزائش A_d سے تقسیم کر کے داخلي انحرافی برتنی دباؤ¹⁴ V_{OS} حاصل ہوتا ہے یعنی

$$(61.5) \quad V_{OS} = \frac{V_O}{A_d}$$

صاف ظاہر ہے کہ تفرقی جوڑے کے داخلي جانب $-V_{OS}$ مہیا کرنے سے خارجی جانب صفر ولٹ حاصل ہو گا۔ شکل 12.5 میں اس کی وضاحت کی گئی ہے۔ انحرافی برتنی دباؤ تفرقی

output offset voltage¹³
input offset voltage¹⁴



شکل 12.5: داخلی انحرافی بر قی دباد

جوڑے کے مزاحمت R_{C1} اور R_{C2} برابر نہ ہونے سے پیدا ہوتا ہے۔ اسی طرح Q_1 اور Q_2 کیساں نہ ہونے سے بھی انحرافی بر قی دباد جنم لیتا ہے۔ آئیں ان پر غور کریں۔

تفسیری جوڑے کے دو ٹرانزیستر مکمل طور کیساں ہونے کی صورت میں اگر اس کے دونوں داخلی سرے بر قی زمین پر رکھے جائیں (یعنی $V_{B1} = V_{B2} = 0$) تو بر قی رو $2 \times I$ ان میں برابر تقسیم ہو گی۔ اگر R_{C1} اور R_{C2} کی قیمتیں بھی بالکل برابر ہوں تو V_{C1} اور V_{C2} برابر ہوں گے اور یوں $V_o = 0$ ہو گا۔ البتہ اگر R_{C1} اور R_{C2} کی قیمتیں مختلف ہوں مثلاً

$$(62.5) \quad R_{C1} = R_C + \Delta R_C$$

$$R_{C2} = R_C - \Delta R_C$$

تب

$$(63.5) \quad V_{C1} = V_{CC} - \alpha I R_{C1} = V_{CC} - \alpha I (R_C + \Delta R_c)$$

$$V_{C2} = V_{CC} - \alpha I R_{C2} = V_{CC} - \alpha I (R_C - \Delta R_c)$$

ہوں گے اور یوں

$$(64.5) \quad V_o = V_{C2} - V_{C1} = 2\alpha I \Delta R_C$$

ہو گا۔ یہ غارچہ انحرافی برقہ دباؤ ہے جس سے داخلی انحرافی برقہ دباؤ یوں حاصل ہوتا ہے۔

$$(65.5) \quad V_{OS} = \frac{V_O}{A_d} = \frac{2\alpha I \Delta R_C}{g_m R_C} = \frac{2\alpha I \Delta R_C}{\left(\frac{\alpha I}{V_T}\right) R_C} = 2V_T \frac{\Delta R_C}{R_C}$$

اس مساوات کے حصول میں $g_m = \frac{\alpha I}{V_T}$ اور $A_d = g_m R_C$ ہے۔ داخلی انحرافی برقی دباؤ کو بطور ثابت عدد لکھا جاتا ہے یعنی

$$(66.5) \quad |V_{OS}| = \left| 2V_T \frac{\Delta R_C}{R_C} \right|$$

آئیں اب ٹرانزسٹر کیاں نہ ہونے سے پیدا انحرافی برقی دباؤ پر غور کریں۔ فرض کریں کہ ٹرانزسٹر کے I_S مختلف ہیں یعنی

$$(67.5) \quad \begin{aligned} I_{S1} &= I_S + \Delta I_S \\ I_{S2} &= I_S - \Delta I_S \end{aligned}$$

ہیں۔ شکل 12.5 الف میں ٹرانزسٹر کے بیکٹر سرے آپس میں جڑے ہیں جبکہ ان کے بیچ سرے برقی زمین پر ہیں۔ یوں $V_{BE1} = V_{BE2} = V_{BE}$ ہے۔ اس صورت ٹرانزسٹر کی برقی رو مندرجہ ذیل ہوں گی۔

$$(68.5) \quad \begin{aligned} I_{C1} &= (I_S + \Delta I_S) \left(e^{\frac{V_{BE}}{V_T}} - 1 \right) \\ I_{C2} &= (I_S - \Delta I_S) \left(e^{\frac{V_{BE}}{V_T} - 1} \right) \end{aligned}$$

ان سے حاصل کرتے ہیں۔

$$(69.5) \quad \frac{I_{C2}}{I_{C1}} = \frac{I_S - \Delta I_S}{I_S + \Delta I_S}$$

دونوں جانب ایک جمع کرتے ہیں۔ (1)

$$(70.5) \quad \begin{aligned} \frac{I_{C2}}{I_{C1}} + 1 &= 1 + \frac{I_S - \Delta I_S}{I_S + \Delta I_S} \\ \frac{I_{C2} + I_{C1}}{I_{C1}} &= \frac{2I_S}{I_S + \Delta I_S} \end{aligned}$$

چونکہ $I_{C1} + I_{C2} = 2 \times I \times \alpha$ ہے لہذا اس مساوات سے حاصل ہوتا ہے۔

$$(71.5) \quad I_{C1} = I \times \alpha \left(\frac{I_S + \Delta I_S}{I_S} \right) = \alpha I \left(1 + \frac{\Delta I_S}{I_S} \right)$$

اسی طرح I_{C2} کے لئے حاصل ہو گا۔

$$(72.5) \quad I_{C2} = I \times \alpha \left(\frac{I_S - \Delta I_S}{I_S} \right) = \alpha I \left(1 - \frac{\Delta I_S}{I_S} \right)$$

اور

$$(73.5) \quad V_{C1} = V_{CC} - \alpha I \left(1 + \frac{\Delta I_S}{I_S} \right) R_C$$

$$V_{C2} = V_{CC} - \alpha I \left(1 - \frac{\Delta I_S}{I_S} \right) R_C$$

$$V_O = V_{C2} - V_{C1} = 2\alpha I R_C \frac{\Delta I_S}{I_S}$$

$$|V_{OS}| = \left| \frac{V_O}{A_d} \right| = \left| \frac{V_O}{g_m R_C} \right| = \left| \frac{2\alpha I R_C \frac{\Delta I_S}{I_S}}{\frac{\alpha I}{V_T} R_C} \right| = \left| 2V_T \frac{\Delta I_S}{I_S} \right|$$

ان دو وجوہات کے علاوہ دیگر وجوہات (مثلاً β اور r_o میں فرق) کے بنا پر بھی انحرافی بر قی دباؤ پیدا ہوتا ہے۔

2.5.5 داخلي ميلان برقي رو اور انحرافی داخلي ميلان برقي رو

تفرقی جوڑے کے دونوں بازوں کا مکمل یکساں ہونے کی صورت میں دونوں جانب برابر یک سمتی ميلان برقي رو¹⁵ کا گزرا ہوتا ہے یعنی

$$(74.5) \quad I_{B1} = I_{B2} = \frac{I}{\beta + 1}$$

ابتدئے دونوں بازووں میں فرق کی بنا پر دونوں جانب کی داخلي ميلان برقي رو مختلف ہو سکتی ہیں۔ ایسی صورت میں دونوں جانب کی داخلي ميلان برقي رو میں فرق، جسے انحرافی داخلي برقي رو¹⁶ I_{OS} کہتے ہیں، کو یوں حاصل کرتے ہیں۔

$$(75.5) \quad I_{OS} = |I_{B1} - I_{B2}|$$

input bias current¹⁵
input offset current¹⁶

$$\frac{1+x+x^2+\cdots}{1-x\sqrt{\frac{1}{1-\frac{x}{x}}}}$$

$$\frac{x-x^2}{x^2}$$

$$\frac{x^2-x^3}{\vdots}$$

شکل 13.5: بھی تقسیم

ٹرانزسٹر کے β میں اس کے عمومی قیمت سے انحراف کو دیکھتے ہیں۔ تصور کریں کہ

$$(76.5) \quad \begin{aligned} \beta_1 &= \beta + \Delta\beta \\ \beta_2 &= \beta - \Delta\beta \end{aligned}$$

ہیں جہاں β اس کی عمومی قیمت ہے اور $\Delta\beta$ اس عمومی قیمت سے انحراف ہے۔ اس طرح

$$(77.5) \quad \begin{aligned} I_{B1} &= \frac{I}{\beta + \Delta\beta + 1} = \frac{I}{(\beta + 1) \left(1 + \frac{\Delta\beta}{\beta+1}\right)} \approx \frac{I}{\beta + 1} \left(1 - \frac{\Delta\beta}{\beta + 1}\right) \\ I_{B2} &= \frac{I}{\beta - \Delta\beta + 1} = \frac{I}{(\beta + 1) \left(1 - \frac{\Delta\beta}{\beta+1}\right)} \approx \frac{I}{\beta + 1} \left(1 + \frac{\Delta\beta}{\beta + 1}\right) \end{aligned}$$

ہوں گے۔ مساوات 77.5 کے دوسرے مساوات میں x کو $\frac{\Delta\beta}{\beta+1}$ تصور کرتے ہوئے شکل 13.5 میں دکھائے گئی تقسیم کے طرز پر حل کرتے ہوئے صرف پہلے دو جزو لیتے لکھا گیا ہے۔ مساوات 77.5 کے پہلے مساوات میں بھی یہی ہوئے ترتیب استعمال کی گئی ہے۔ اس طرح

$$(78.5) \quad I_B = \frac{I_{B1} + I_{B2}}{2} = \frac{I}{\beta + 1}$$

اور

$$(79.5) \quad I_{OS} = \left| \frac{2I}{\beta + 1} \left(\frac{\Delta\beta}{\beta + 1} \right) \right| = 2I_B \left(\frac{\Delta\beta}{\beta + 1} \right)$$

حاصل ہوتے ہیں۔

6.5 مخلوط ادوار میں دوجو ٹرانزسٹر کے مائل کرنے کے طریقے

ہم نے دو چار عدد مراحت کے مد سے مائل کر کے ان کے نقطے کارکردگی تعین کرنا دیکھا۔ مخلوط دور میں ٹرانزسٹر کے نسبت، مراحت بنانا زیادہ مہنگا ثابت ہوتا ہے۔ اسی لئے مخلوط ادوار میں مراحت کے استعمال سے گریز کیا جاتا ہے اور ان میں ٹرانزسٹر کو یک سمتی منع رو¹⁷ کی مد سے مائل کیا جاتا ہے۔ اس سے پہلے کہ ہم دیکھیں یہ کیا کیا جاتا ہے یہ ضروری ہے کہ یک سمتی منع رو پر غور کیا جائے۔

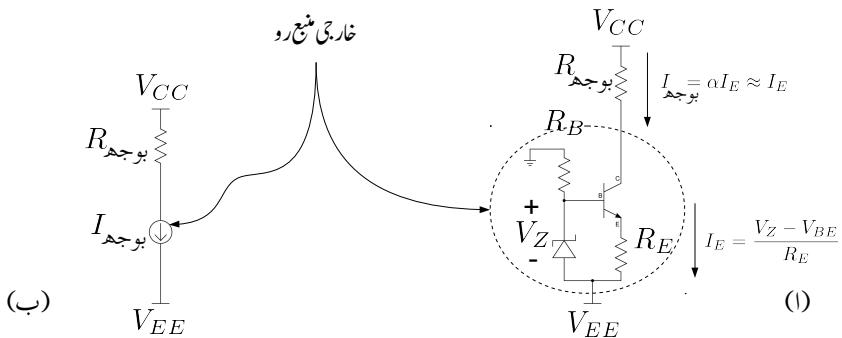
7.5 یک سمتی منع برقی رو

شکل 14.5 الف میں $n-p-n$ ٹرانزسٹر استعمال کرتے ہوئے یک سمتی منع رو کا حصول دکھایا گیا ہے۔ اس دور میں، α کو تقریباً ایک ($1 \approx$) تصور کرتے ہوئے، جب تک ٹرانزسٹر افزائندہ رہے، بوجہ I_E کا دارو مدار نیز ڈیڑھ کے V_Z اور مراحت R_E پر ہے یعنی

$$I_E = \frac{V_Z - V_{BE}}{R_E}$$

یوں بوجہ I_E تبدیل کرنے سے اس میں برقی رو تبدیل نہیں ہوتی۔ اس سے ہم دیکھ سکتے ہیں کہ بوجہ I_E سے منک بقايا دور بطور یک سمتی منع رو کام کرتا ہے۔ شکل میں نقطہ دار دائرے میں بند حصے کو یک سمتی منع رو کہتے ہیں۔ شکل 14.5 ب میں یک سمتی منع رو کی علامت (تیر والا دائرہ) استعمال کرتے ہوئے اسی دور کو دوبارہ پیش کیا گیا ہے۔ علامت میں تیر کا نشان مستقل برقی رو کی سمت دکھلاتا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ اس طرز کے یک سمتی منع رو کو استعمال کرتے ہوئے بوجہ کو مشتبہ برقی دباؤ V_{CC} اور یک سمتی منع رو کے مابین نسب کیا جاتا ہے اور یک سمتی منع رو کی سمت بوجہ سے یک سمتی منع رو

constant current source¹⁷

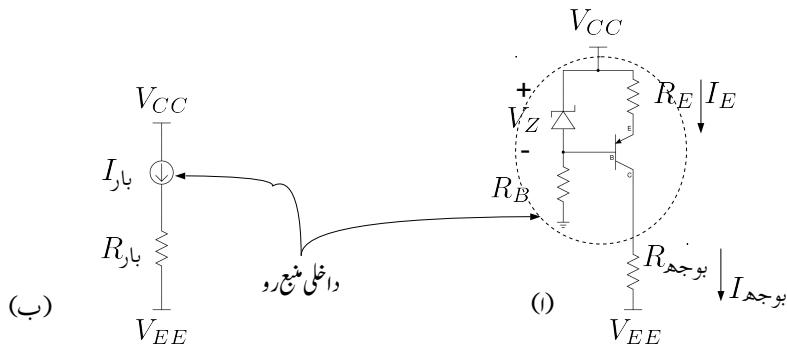


شکل 14.5: خارجی منع رو

کی جانب ہوتی ہے۔ یہاں آپ دیکھ سکتے ہیں کہ بوجھ سے بر قی رو خارج ہو کر یک سمتی منع رو میں داخل ہوتی ہے۔ ایسی یک سمتی منع رو بوجھ سے بر قی رو زبردستی خارج کرتی ہے۔ اسی لئے اس دور کا زیادہ مقبول نام خارج کار منع رو¹⁸ ہے۔ شکل 15.5 الف میں ٹرانزسٹر پر بنی یک سمتی منع رو دکھایا گیا ہے جبکہ شکل 15.5 ب میں اسی دور کی علمتی شکل دکھائی گئی ہے۔ اس طرز کے یک سمتی منع رو کو استعمال کرتے ہوئے بوجھ کو یک سمتی منع رو اور منقی بر قی دباؤ V_{EE} کے مابین نسب کیا جاتا ہے اور یک سمتی منع رو کی سمت یک سمتی منع رو سے بوجھ کی جانب ہوتی ہے۔ ایسی یک سمتی منع رو بوجھ میں بر قی رو زبردستی داخل کرتی ہے۔ اسی لئے اس دور کو داغھ کار منع رو¹⁹ بھی کہا جاتا ہے۔

مخلوط ادوار میں عموماً متعدد یک سمتی منع رو درکار ہوتے ہیں۔ وقت کے ساتھ ایسے ادوار کے کارکردگی میں تبدیلی آتی ہے جسے عمر سید²⁰ کا عمل کہتے ہیں۔ اسی طرح درجہ حرارت اور دیگر وجوہات کی بنا پر بھی ادوار کے کارکردگی میں تبدیلی رونما ہوتی ہے۔ مخلوط دور میں استعمال ہونے والے تمام یک سمتی منع رو میں پائے جانے والے اس طرح کے اثرات کو یکساں بنانے کی کوشش کی جاتی ہے۔ یوں ان سے پہلا نہیں آسان ہوتا ہے۔ آئیں دیکھیں کہ اس طرز کے یک سمتی منع رو کیسے بنائے جاتے ہیں۔

current sink¹⁸
current source¹⁹
ageing²⁰



شکل 15.5: داخلي کاربرقي رو

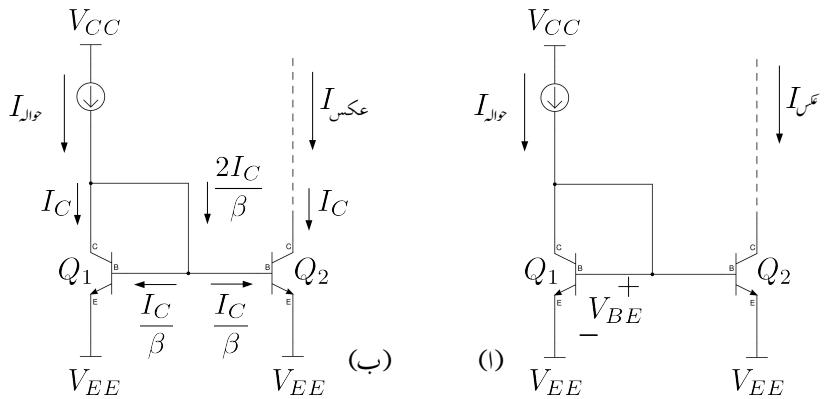
8.5 آئينه برقی رو

شکل 16.5 الف میں آئينہ برقی رو²¹ دکھایا گیا ہے۔ تصور کریں کہ دونوں ٹرانزسٹر کے β کی قیمت لاحدود ہے اور باسکیں بازو میں برقی رو حوالہ I گزر رہی ہے۔ β کی قیمت لاحدود ہو تو ٹرانزسٹر کے بیس سرے پر برقی رو I_B قبل نظر انداز ہو گی۔ یوں ٹرانزسٹر Q_1 میں برقی رو حوالہ I اور اس کے بیس-بیکٹر جوڑ پر برقی دباد پایا جائے گا جہاں

$$(80.5) \quad I_{\text{حوالہ}} = I_S \left(e^{\frac{V_{BE}}{V_T}} - 1 \right)$$

ٹرانزسٹر Q_1 اور Q_2 کے بیس سرے آپس میں جڑے ہیں۔ اسی طرح ان کے بیکٹر سرے بھی آپس میں جڑے ہیں۔ یوں Q_2 کے بیس-بیکٹر جوڑ پر بھی برقی دباد ہی پایا جائے گا۔ اس ٹرانزسٹر کے لئے ہم لکھ سکتے ہیں۔

$$(81.5) \quad I_{\text{عمر}} = I_S \left(e^{\frac{V_{BE}}{V_T}} - 1 \right)$$



مکمل 16.5: آئینہ برقی رو

مساوات 81.5 کو مساوات 80.5 سے تقسیم کرتے ملتا ہے۔

$$(82.5) \quad \frac{I_{\text{عکس}}}{I_{\text{حوالہ}}} = \frac{I_S \left(e^{\frac{V_{BE}}{V_T}} - 1 \right)}{I_S \left(e^{\frac{V_{BE}}{V_T}} - 1 \right)} = 1$$

$$I_{\text{حالہ}} = I_{\text{عکس}}$$

یوں $I_{\text{عکس}}$ پاکل $I_{\text{حالہ}}$ کا عکس ہے۔ اس کو یوں بھی بیان کر سکتے ہیں کہ بوجھ میں $I_{\text{حالہ}}$ کے ہوالے سے برقی رو گزرتی ہے۔ جیسا کہ مثال 5.5 میں واضح کیا گیا ہے آئینہ برقی رو کی صحیح کارکردگی کے لئے یہ ضروری ہے کہ Q_2 کو افراہندہ رکھا جائے۔

محدود β کی وجہ سے $I_{\text{عکس}}$ اور $I_{\text{حالہ}}$ میں معمولی فرق رہتا ہے جس کی شکل ب میں وضاحت کی گئی ہے۔ چونکہ دونوں جانب ٹرانزیستر کے میں ایکٹر جوڑ پر یکسان برقی دباؤ V_{BE} پایا جاتا ہے لہذا ان دونوں کے ٹلکٹر سروں پر برابر برقی رو I_C

پائی جائے گی۔ یعنی

$$(83.5) \quad \begin{aligned} I_{C1} &= I_S \left(e^{\frac{V_{BE}}{V_T}} - 1 \right) \\ I_{C2} &= I_S \left(e^{\frac{V_{BE}}{V_T}} - 1 \right) \\ I_{C1} &= I_{C2} = I_C \end{aligned}$$

اسی طرح ان کے میں سروں پر بھی برابر برقی رو پائی جائے گی یعنی

$$(84.5) \quad \begin{aligned} I_{B1} &= \frac{I_{C1}}{\beta} = \frac{I_C}{\beta} \\ I_{B2} &= \frac{I_{C2}}{\beta} = \frac{I_C}{\beta} \end{aligned}$$

بائیں بازو کرخوف کے قانون برقی رو کے تحت

$$(85.5) \quad I_{\text{حوالہ}} = I_C + \frac{2I_C}{\beta} = I_C \left(1 + \frac{2}{\beta} \right)$$

جبکہ دائیں بازو

$$(86.5) \quad I_{\text{عس}} = I_{C2} = I_C$$

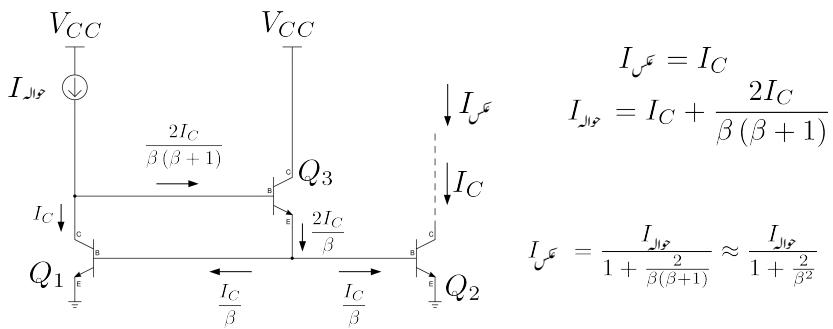
یوں

$$(87.5) \quad I_{\text{عس}} = \frac{I_{\text{حوالہ}}}{1 + \frac{2}{\beta}}$$

ہو گا۔ جیسے آپ دیکھ سکتے ہیں کہ دونوں بازووں کی برقی رو میں ٹرانزیستر کے میں سرے کی برقی رو کی وجہ سے فرق پایا جاتا ہے۔ شکل 17.5 میں اس اثر کو کم کرنے کی ترکیب دکھائی گئی ہے جہاں سے ظاہر ہے کہ

$$(88.5) \quad I_{\text{عس}} \approx \frac{I_{\text{حوالہ}}}{1 + \frac{2}{\beta^2}}$$

اس مساوات کو مساوات 87.5 کے ساتھ دیکھیں۔ فرق کے مقدار کو β گناہ کم کر دیا گیا ہے۔ اگر شکل 17.5 میں $I_{\text{حوالہ}}$ پیدا کرنے کی خاطر ایک عدد مراجحت R



شکل 17.5: بهتر پک سمتی منبع رو

Q₃ کے کلکٹر سرے کے درمیان جوڑ دیا جائے تب حوالہ I بیوں V_{CC} اور کو حاصل ہو گا۔

$$(89.5) \quad I_{\text{JL}\beta} = \frac{V_{CC} - V_{BE1} - V_{BE3}}{R}$$

مثال 5.5: شکل 18.5 الف میں، نقطہ دار لکیر میں بنے، 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

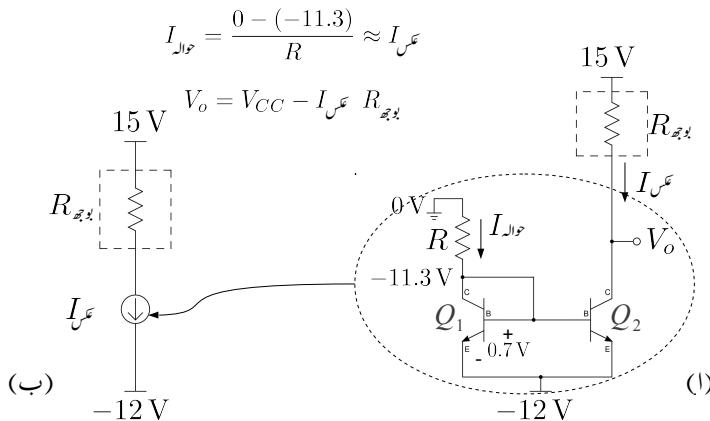
$$R = 11.3 \text{ k}\Omega$$

$$R_{\text{ذج}} = 5 \text{ k}\Omega$$

تھوڑے

1. برقی بوجھ بوجھ R میں برقی رو عس I حاصل کریں۔

2. برقی دباؤ V_0 حاصل کریں۔



شکل 18.5: خارج کار مستقل برقی رو اور اس کی علامت

3. اگر بوجھ R کی مزاحمت دگنی کر دی جائے تب V_o کی قیمت کیا ہو گی۔
4. بوجھ R کی مزاحمت $20\text{k}\Omega$ ہونے کی صورت میں V_o کی قیمت حاصل کریں۔
5. برقی بوجھ بوجھ R کی وہ مزاحمت دریافت کریں جس پر ٹرانزسٹر Q_2 غیر افزائندہ حال ہو جاتا ہے۔
6. برقی بوجھ کی مزاحمت $40\text{k}\Omega$ کرنے سے کیا نتائج مرتب ہوں گے۔

حل:

1. ٹرانزسٹر Q_1 کا بیٹھ سرا -12V پر ہے جبکہ اس کے بیس-بیٹھ جوڑ پر 0.7V پائے جاتے ہیں۔ یوں اس کا بیس سرا -11.3V پر ہو گا۔ چونکہ بیس اور مکلٹر جڑے ہیں لہذا مکلٹر بھی -11.3V پر ہو گا۔ یوں مزاحمت R کے ایک سرے پر -11.3V ہیں۔ مزاحمت کا دوسرا سرا برقی زمین پر ہے اور یوں اس پر 0V ہے۔ مزاحمت R میں برقی رو

$$I_{\text{حوالہ}} = \frac{0 - (-11.3)}{11300} = 1\text{ mA}$$

پائی جائے گی۔ برقی بوجھ بوجھ R سے بھی ایک ملی ایمپیئر کی برقی رو گزرے گی۔

2. ٹرانزسٹر Q_2 کے ٹکٹر سرے پر برقی دباؤ

$$\begin{aligned} V_o &= V_{CC} - I_{B} R_{B} \\ &= 15 - 10^{-3} \times 5 \times 10^3 = 10 \text{ V} \end{aligned}$$

پایا جاتا ہے۔

3. برقی بوجھ کی مزاحمت دگنی یعنی $10 \text{ k}\Omega$ کرنے سے

$$\begin{aligned} V_o &= V_{CC} - I_{B} R_{B} \\ &= 15 - 10^{-3} \times 2 \times 5 \times 10^3 = 5 \text{ V} \end{aligned}$$

4. برقی بوجھ کی مزاحمت $20 \text{ k}\Omega$ کرنے سے

$$\begin{aligned} V_o &= V_{CC} - I_{B} R_{B} \\ &= 15 - 10^{-3} \times 20 \times 10^3 = -5 \text{ V} \end{aligned}$$

ہو گا۔

5. اس مثال کے جزو ب، پ اور ت میں ہم دیکھتے ہیں کہ جب برقی بوجھ R_B کی مزاحمت بڑھائی جائے تو خارج کار مستقل برقی رو برقی دباؤ V_o گھٹا کر برقی بوجھ میں برقی رو کی قیمت برقرار رکھتا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ اگر برقی بوجھ کی مزاحمت اسی طرح بتدریج بڑھائی جائے تو آخر کار Q_2 غیر افزائندہ نحطے میں داخل ہو جائے گا اور اس کے لئے V_o کا مزید گھٹانا ممکن نہ ہو گا۔ ٹرانزسٹر Q_2 غیر افزائندہ ہونے کے بعد اگر برقی بوجھ کی مزاحمت مزید بڑھائی جائے تو اس میں برقی رو گھٹنا شروع ہو جائے گی۔

ٹرانزسٹر Q_2 اس صورت غیر افزائندہ ہو گا جب اس کے ٹکٹر-ایمپل سروں کے مابین 0.2 V پائے جائیں۔ اس صورت میں اگر گزشتہ جزو کے مساوات کو بوجھ کے لئے حل کریں تو حاصل ہوتا ہے

$$\begin{aligned} 15 &= I_{B} R_{B} + V_{CE\text{ غير افزائندہ}} - 12 \\ 15 &= 10^{-3} \times R_{B} + 0.2 - 12 \\ R_{B} &= \frac{15 + 12 - 0.2}{10^{-3}} = 26.8 \text{ k}\Omega \end{aligned}$$

6. ہم نے دیکھا کہ خارج کار مستقل برقی رو $26.8\text{k}\Omega$ کے برقی بوجھ تک کے مزاحمت میں مستقل برقی رو برقرار رکھ سکتا ہے۔ برقی بوجھ کے مزاحمت کو مزید بڑھانے سے برقی بوجھ میں روواں برقی رو گھٹنا شروع ہو جاتی ہے۔ کے برقی بوجھ کے لئے

$$15 = IR_{بوجھ} + V_{CE\text{ غیر افراہندہ}}$$

$$15 = I \times 40 \times 10^3 + 0.2 - 12$$

$$I = \frac{15 + 12 - 0.2}{40 \times 10^3} = 0.67 \text{ mA}$$

ہم دیکھتے ہیں کہ برقی رو کی قیمت اصل I سے گھٹ جاتی ہے اور خارج کار مستقل برقی رو صحیح کارکردگی نہیں کر پاتا۔

شکل 19.5 الف میں $n-p-n$ ٹرانزسٹروں پر مبنی خارج کار مستقل برقی رو دکھایا گیا ہے۔ یہ دور نقطہ دار لکیر کی جگہ نسب مطلوبہ دور میں مستقل برقی رو عکس I گزارتا ہے۔ اس شکل کے لئے ہم لکھ سکتے ہیں۔

$$V_{CC} = I_{حوالہ} R + V_{BE} + V_{EE}$$

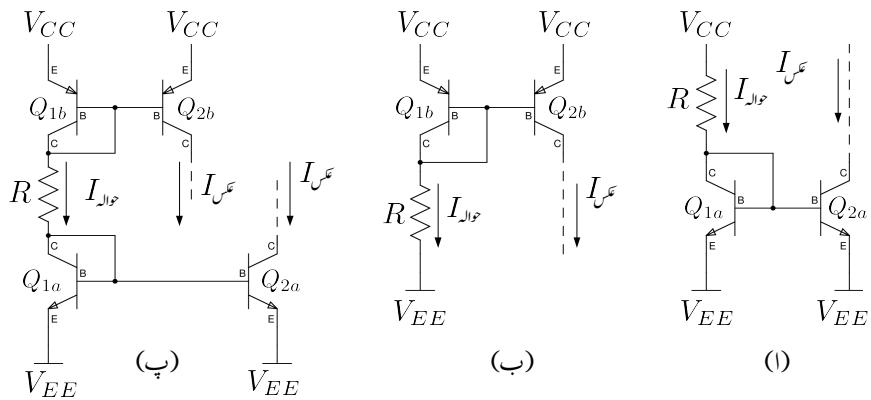
$$I_{حوالہ} = \frac{V_{CC} - 0.7 - V_{EE}}{R} = I_{عکس}$$

شکل ب میں اسی کا مساوی $p-n-p$ ٹرانزسٹروں پر مبنی داخل کار مستقل برقی رو دکھایا گیا ہے۔ یہ دور نقطہ دار لکیر کی جگہ نسب مطلوبہ دور میں مستقل برقی رو عکس I گزارتا ہے۔

شکل پ میں ان دونوں ادوار کو یوں جوڑا گیا ہے کہ ایک ہی مزاحمت دونوں یک سمتی منع رو کے عکس I کا تعین کرتا ہے۔ اس دور کے لئے ہم لکھ سکتے ہیں۔

$$V_{CC} = V_{EB} + I_{حوالہ} R + V_{BE} + V_{EE}$$

$$I_{حوالہ} = \frac{V_{CC} - 0.7 - 0.7 - V_{EE}}{R} = I_{عکس}$$



شکل 19.5: یک سمتی منبع رو کے مختلف ادوار

1.8.5 متعدد یک سمتی منع رو

شکل 16.5 میں تیرے ٹرانزسٹر یعنی Q_3 کے شمولیت سے شکل 20.5 الف حاصل ہوتا ہے۔ چونکہ Q_3 کے میں-امپلیٹر جوڑ پر بھی Q_1 اور Q_2 کے برابر V_{BE} پایا جاتا ہے لہذا اس میں بھی بالکل انہیں کے برابر I_C برقی روپ پائی جائے گی۔ انہیں دیکھتے ہیں کہ اس دور میں محدود β کتنا کردار ادا کرتا ہے۔ محدود β کی صورت میں ہم لکھ سکتے ہیں کہ

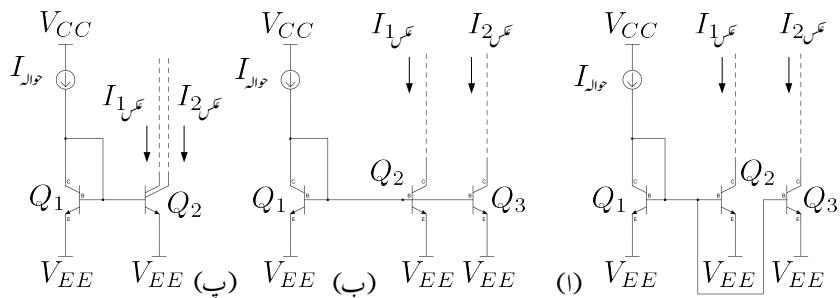
$$(90.5) \quad I_1 = I_2 = I_C$$

$$(91.5) \quad I_{\mathcal{M}\varphi} = I_C + \frac{3I_C}{\beta}$$

اور پول

$$(92.5) \quad I_{\mathcal{M}} = \frac{I_{\text{الجهاز}}}{1 + \frac{3}{\beta}}$$

اس دور کو عموماً شکل 20.5 ب یا شکل 20.5 پ کے طرز پر صاف اور شفاف طریقے سے بنایا جاتا ہے۔ شکل پ میں ایک ہی ٹرانزیستر کے دو کلکٹر دھائے گئے ہیں۔ اس سے مراد دو ٹرانزیستر لیتا چاہئے جس کے میں آپس میں جڑے ہیں اور اسی طرح اس کے پیسٹر بھی آپس میں جڑے ہیں جبکہ دونوں کے کلکٹر آپس میں نہیں جوڑے گئے ہیں۔



شکل 20.5: دو عکس کا حصول

اسی بحث کو آگے بڑھاتے ہوئے ایک ایسے یک سمتی منع رو جو n عکس بناتا ہو کے لئے مساوات 92.5 کی صورت یوں ہو گی۔

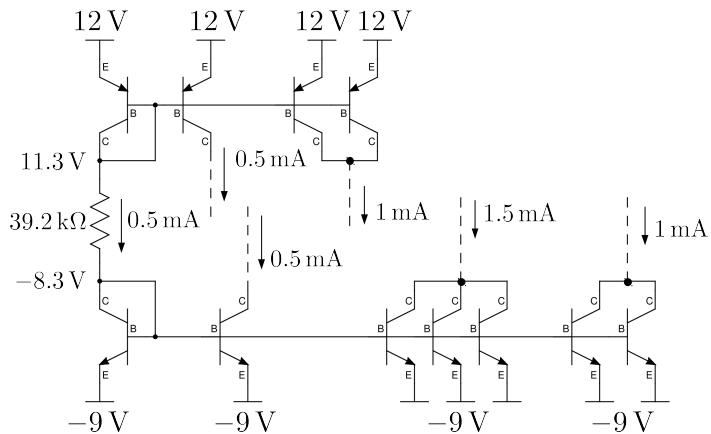
$$(93.5) \quad I_{\text{معکوس}} = \frac{I_{\text{حوالہ}}}{1 + \frac{n+1}{\beta}}$$

شکل 21.5 میں دو یا دو سے زیادہ ٹرانزسٹر جوڑ کر حاصل عکس کو دگنا یا اس سے بھی بڑھانا دکھایا گیا ہے۔

9.5 ٹرانزسٹر بوجھ سے لداوجوڑ ٹرانزسٹر کا تفرقی ایپلیفائر

جیسا کہ پہلے بھی ذکر کیا گیا، مخلوط ادوار بناتے وقت کوشش کی جاتی ہے کہ مزاحتوں کا استعمال کم سے کم کیا جائے۔ جیسا کہ شکل 22.5 الف میں دکھایا گیا ہے، مخلوط ادوار میں استعمال ہونے والے تفرقی ایپلیفائر کے خارجی جانب مزاحمت R_C کی جگہ آئینہ بر قہ رو استعمال کیا جاتا ہے۔

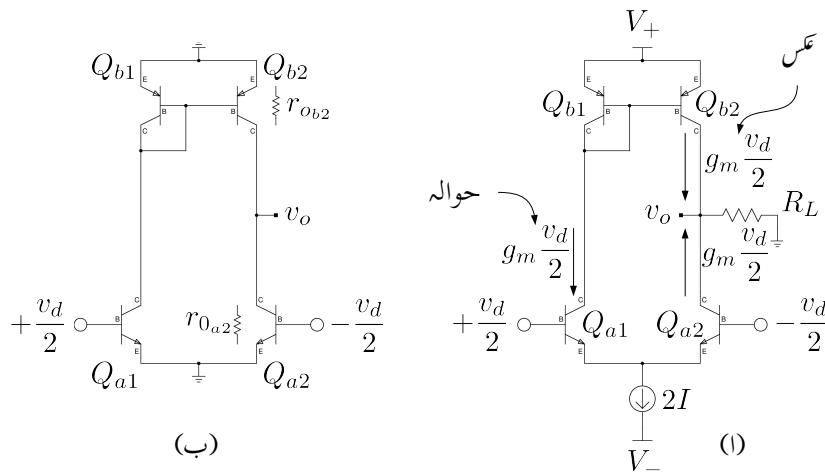
یک سمتی منع رو کل $I \times 2$ بر قہ رو جڑوا ٹرانزسٹروں سے گزارتا ہے۔ یوں داخلی تفرقی بر قہ اشارہ کے عدم موجودگی میں ایپلیفائر کے ٹرانزسٹر Q_{a1} اور Q_{a2} میں یک سمتی بر قہ رو I گزر کر انہیں مائل کرتی ہے۔ Q_{b1} اور Q_{b2} کی بر قہ رو کو دیکھ کر آئینہ بر قہ رو ہیں، بطور بر قہ بوجھ استعمال کئے گئے ہیں۔ Q_{b1} کی بر قہ رو کو دیکھ کر



شکل 21.5: متعدد پیک سمی منبع رو

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 برادر (یعنی I) عکس پیدا کرے گا۔ چونکہ Q_{a2} میں بھی I برقی رو گزرے رہی ہے لہذا Q_{b2} کی پیدا کردہ تمام کی تمام برقی رو Q_{a2} سے ہی گزرے گی اور یوں بیرونی برقی مزاحمت R_L میں صفر برقی رو گزرے گی۔ یوں v_0 صفر ولٹ ہو گا۔ اب تصور کریں کہ تفرقی برقی اشارہ v_d مہیا کیا جاتا ہے۔ اور Q_{a2} میں بدلتی برقی رو $g_m \frac{v_d}{2}$ پیدا ہو گی جن کی سمتیں شکل میں دکھائی گئی ہیں۔ Q_{a1} کا برقی رو (یعنی $g_m \frac{v_d}{2}$) ٹرانزسٹر 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 $g_m \frac{v_d}{2}$ کی برقی رو داخل ہوتی ہے۔ یوں اس جوڑ پر کل داخلي برقی رو کی مقدار $g_m v_d$ ہے۔ کخفوف کے قانون برائے 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 زمین کی جانب گزرے گی اور یوں

$$(94.5) \quad v_o = \left(g_m \frac{v_d}{2} + g_m \frac{v_d}{2} \right) R_L = g_m R_L v_d$$



شکل 22.5: ٹرانزسٹر بوجھ سے مدد گو ٹرانزسٹر والا تفرقی ایکلینیک

ہو گا اور تفرقی افزائش برقی دباؤ

$$(95.5) \quad A_d = \frac{v_o}{v_d} = g_m R_L$$

ہو گا۔

مساوات 94.5 پر دوبارہ غور کریں۔ اس میں $g_m \frac{v_d}{2}$ ایک مرتبہ تفرقی جوڑے کی وجہ سے اور دوبارہ آئینہ کی وجہ سے ہے۔ یوں آئینہ کے دو کردار ہیں۔ یہ بطور برقی بوجھ استعمال ہوتا ہے اور ساتھ ہی ساتھ اس کی وجہ سے تفرقی ایکلینیک کی افزائش برقی دباؤ دگنی ہو جاتی ہے۔

شکل 22.5 الف میں R_L نہ استعمال کرتے ہوئے اس کی افزائش حاصل کرنے کی خاطر اس کا باریک اشاراتی دور شکل ب میں دکھایا گیا ہے جہاں ٹرانزسٹر Q_{a2} اور Q_{b2} کے اندر ہی مزاحمت r_o کو ان کے باہر دکھا کر واضح کیا گیا ہے۔ شکل ب میں ٹرانزسٹر Q_{a2} اور Q_{a1} کے بیٹر کو برقی زمین پر دکھایا گیا ہے۔ تفرقی اشارے کے لئے ایسا کرنا ممکن ہے۔ اس حقیقت کو مساوات 42.5 میں سمجھایا گیا ہے۔ آپ دیکھ سکتے

ہیں کہ R_L کی جگہ دونوں ٹرانزسٹروں کے خارجی مزاحمت متوازی جڑے ہیں اور یوں مساوات 95.5 کو اس طرح لکھ سکتے ہیں۔

$$(96.5) \quad A_d = g_m (r_{o_{b2}} \parallel r_{o_{a2}})$$

اگر $r_{o_{a2}} = r_{o_{b2}} = r_0$ برابر ہوں یعنی تب اس مساوات کو مزید سادہ صورت دی جا سکتی ہے یعنی

$$(97.5) \quad A_d = \frac{g_m r_o}{2} = \frac{1}{2} \left(\frac{I_C}{V_T} \right) \left(\frac{V_A}{I_C} \right) = \frac{V_A}{2V_T}$$

جہاں g_m کو $\frac{V_A}{I_C}$ اور r_o کو لکھا گیا ہے۔

$V_A = 50\text{ V}$

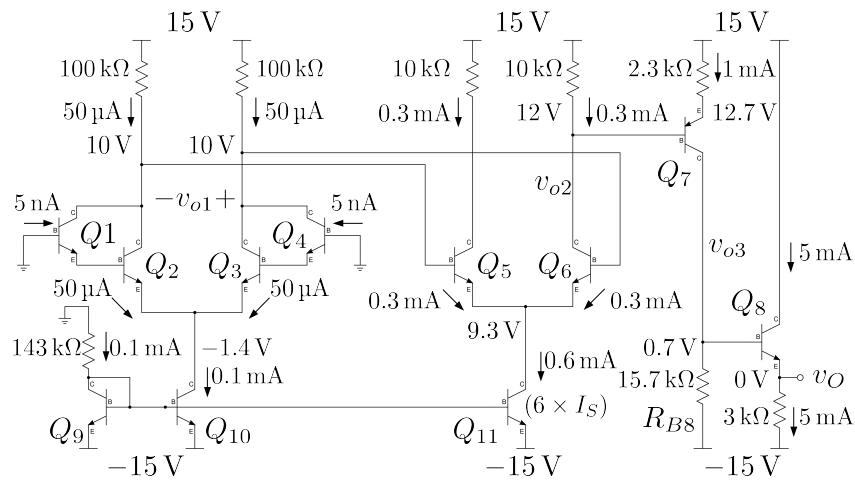
$$A_d = \frac{50}{25 \times 10^{-3}} = 2000 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

حاصل ہو گا۔ مساوات 96.5 کے مطابق $r_{o_{a2}}$ اور $r_{o_{b2}}$ کی قیمت بڑھا کر ترقی ایکلیفائر کی افزائش مزید بڑھائی جا سکتی ہے۔

مثال 6.5: شکل 23.5 میں حبابی ایکلیفائر کا بنیادی دور دکھایا گیا ہے جہاں تمام ٹرانزسٹر کا $\beta = 100$ ہے۔ Q_1 کا بیس اور Q_4 کا بیس حبابی ایکلیفائر کے دو داخلی سرے ہیں جنہیں برقی زمین پر رکھا گیا ہے جبکہ Q_8 کا بیسٹر حبابی ایکلیفائر کا خارجی سرا ہے۔

- تمام یک سمی متغيرات حاصل کریں۔
- داخلی میلان برقی رو I_B حاصل کریں۔

حل: پہلے حبابی ایکلیفائر کے مختلف حصے پہچانے کی کوشش کرتے ہیں۔ Q_9 ، Q_{10} اور $143\text{k}\Omega$ کا مزاحمت آئینہ برقی رو بناتے ہیں۔ Q_{11} بھی Q_9 کے برقی رو کا عکس پیش کرتا ہے۔ Q_1 اور Q_2 مل کر ایک ڈارلکٹن جوڑی بناتے ہیں۔ اسی طرح Q_3 اور Q_4 دوسرا



شکل 23.5: حسابی ایکلپیفار کا بنیادی دور

ڈارلکٹن جوڑی ہے۔ یہ دو ڈارلکٹن مل کر پہلا یا داخلی ترقی ایکلپیفار بناتے ہیں۔ Q_5 اور Q_6 دوسرا ترقی ایکلپیفار ہے۔ Q_7 ، Q_8 اور $15.7\text{k}\Omega$ 2.3 kΩ کی سمتی برقی دباؤ کی قیمت تبدیل کرتے ہیں جبکہ Q_8 اور $3\text{k}\Omega$ خارجی حصہ ہیں۔

Q_9 کے بیس پر

$$V_{B9} = -15 + V_{BE} = -14.3\text{V}$$

ہیں۔ اس کے کلکٹر پر بھی یہی برقی دباؤ ہے لہذا اور ہم کے قانون سے $143\text{k}\Omega$ مزاحمت میں

$$\frac{0 - (-14.3)}{143000} = 0.1\text{mA}$$

ہے۔ Q_{10} کے کلکٹر پر بھی یہی برقی رو پایا جائے گا جبکہ Q_{11} کے کلکٹر پر چھ گنا زیادہ برقی رو یعنی 0.6mA پایا جائے گا۔

پہلی ترقی جوڑی میں 0.1mA برابر تقسیم ہو گا۔ یوں Q_2 اور Q_3 دونوں کا $I_C \approx I_E = 50\mu\text{A}$ ہو گا جبکہ ان کے بیس پر $\frac{50\mu\text{A}}{\beta}$ یعنی $0.5\mu\text{A}$ پایا جائے گا۔ اگر

پہلی ترقی جوڑی میں ڈارکٹن استعمال نہ کیا جاتا تب حسابی ایمپلیفیاٹر کا داخلی میلان بر قی رو بھی $0.5 \mu\text{A}$ ہی ہوتا۔ Q_2 کا میں بر قی رو Q_1 کا I_E -اسی طرح Q_3 کا میں بر قی رو Q_4 کا I_E ہے۔ یوں Q_1 اور Q_4 کا میں بر قی رو $\frac{0.5 \mu\text{A}}{\beta}$ یعنی 5nA ہے۔ یوں ڈارکٹن کے استعمال سے حسابی ایمپلیفیاٹر کے داخلی میلان بر قی رو کو $0.5 \mu\text{A}$ سے کم کرتے ہوئے 5nA کر دیا گیا۔ Q_2 کے گلکٹر پر

$$V_{C2} = 15 - I_{C2}R_{C2} = 15 - 50 \times 10^{-6} \times 100 \times 10^3 = 10 \text{ V}$$

پایا جائے گا۔ اسی طرح Q_3 کے گلکٹر پر بھی 10 V پایا جائے گا۔ چونکہ Q_1 کا میں بر قی زمین پر ہے لہذا $V_{B1} = 0 \text{ V}$ ہے جبکہ اس کا یونٹر -0.7 V پر ہے۔ اس طرح Q_2 کا میں -0.7 V پر ہے اور یوں اس کا یونٹر -1.4 V پر ہے۔

Q_5 اور Q_6 پر برابر تقسیم ہو گا۔ یوں

$$I_{E5} = I_{E6} = \frac{0.6 \times 10^{-3}}{2} = 0.3 \text{ mA}$$

پایا جائے گا۔ یوں ان کے میں پر $\frac{0.3 \text{ mA}}{\beta}$ یعنی $3 \mu\text{A}$ پایا جائے گا۔ حقیقت میں $3 \mu\text{A}$ اور $50 \mu\text{A}$ مل کر $100 \text{k}\Omega$ سے گزرتے ہیں۔ ہم نے پہلی ترقی جوڑی میں $3 \mu\text{A}$ کو نظر انداز کیا تھا۔ اگر اس کو بھی شامل کیا جائے تو پہلی جوڑی کے گلکٹر پر 9.7 V پایا جائے گا۔ قلم و کاغذ پر جلد حساب کتاب کرتے وقت عموماً اسی طرح میں پر پائے جانے والے بر قی رو کو نظر انداز کیا جاتا ہے۔ ہم اسی لئے اس کو نظر انداز کرتے ہوئے 10 V کے جواب کو ہی صحیح تسلیم کرتے ہوئے آگے بڑھتے ہیں۔ اس طرح Q_5 اور Q_6 کے یونٹر پر

$$V_E = V_B - V_{BE} = 10 - 0.7 = 9.3 \text{ V}$$

پایا جائے گا جبکہ ان کے گلکٹر پر

$$V_C = 15 - 0.3 \times 10^{-3} \times 10000 = 12 \text{ V}$$

پایا جاتا ہے۔ یوں $V_{CE5} = V_{CE6} = 2.7 \text{ V}$ ہے اور دونوں ٹرانزسٹر افزائندہ ہیں۔

چونکہ حسابی ایمپلیفیاٹر کے دونوں داخلی سرے بر قی زمین پر ہیں لہذا ہم توقع کرتے ہیں کہ یہ صفر ولٹ خارج کرے گا۔ بیان ہم دیکھ رہے ہیں کہ دوسرا ترقی ایمپلیفیاٹر

12V خارج کر رہا ہے۔ یہ ضروری ہے کہ کسی طرح اس برقی دباؤ سے چکارہ حاصل کیا جائے۔ Q_7 ، Q_8 اور $15.7\text{k}\Omega$ میں مدد کرتے ہیں۔ Q_7 کے بیس پر 12V ہونے کی وجہ سے اس کے اینٹر پر

$$V_{E7} = V_{B7} + V_{EB7} = 12 + 0.7 = 12.7\text{V}$$

ہوں گے۔ یوں اوہم کے قانون کی مدد سے $2.3\text{k}\Omega$ میں

$$\frac{15 - 12.7}{2300} = 1\text{mA}$$

ہو گا جو $15.7\text{k}\Omega$ سے گزرتے ہوئے اس پر

$$10^{-3} \times 15700 = 15.7\text{V}$$

کا برقی دباؤ پیدا کرے گا جس کی وجہ سے Q_8 کے بیس پر

$$V_{B8} = -15 + 15.7 = 0.7\text{V}$$

پایا جائے گا۔ اس طرح Q_8 کے اینٹر پر

$$V_{E8} = V_{B8} - V_{BE} = 0.7 - 0.7 = 0\text{V}$$

پایا جائے گا۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ $2.3\text{k}\Omega$ اور $15.7\text{k}\Omega$ کی قیمتیوں سے $v_O = 0\text{V}$ حاصل کیا گیا۔ اور اس کے ساتھ منسلک دو مزاحمت یک سمتی برقی دباؤ کی سطح تبدیل کرنے کی صلاحیت رکھتے ہیں۔ اسی وجہ سے اس دور کو ہم سطح تبدیل کار²² کہیں گے۔

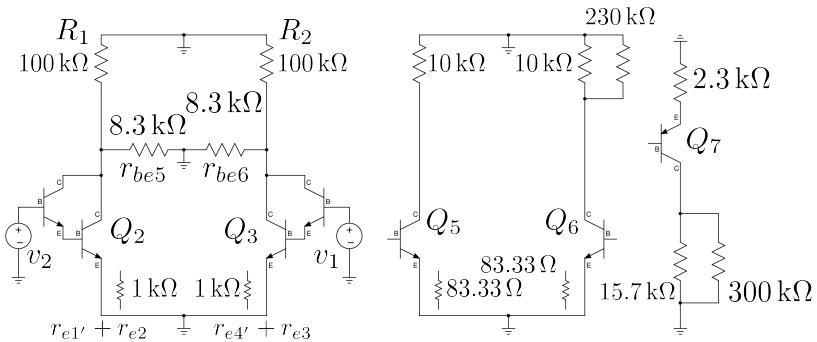
مثال 7.5: شکل 23.5 کے حسابی ایکلیپسیفار کو داخلی اشارہ v_d مہیا کیا جاتا ہے۔ ایکلیپسیفار کا باریک اشارتی افزائش $A_d = \frac{v_O}{v_d}$ ، داخلی مزاحمت اور خارجی مزاحمت حاصل کریں۔

$$A_{d1} = \frac{\sum R_C}{\sum R_E} = 7.66 \text{ V/V}$$

$$A_{d2} = -\frac{1}{2} \frac{\sum R_C}{\sum R_E} = -60 \text{ V/V}$$

$$A_{d3} = -6.826 \text{ V/V}$$

$$A_{d4} \approx 1 \text{ V/V}$$



: 24.5 شکل

حل: شکل 24.5 میں بدلتی رو مساوی دور دکھایا گیا ہے جہاں

$$v_2 = +\frac{v_d}{2}$$

$$v_1 = -\frac{v_d}{2}$$

بیں- Q_2 اور Q_3 میں 50 μA برقی رو پایا جاتا ہے لہذا ان کے

$$g_{m2} = g_{m3} = \frac{I_C}{V_T} = \frac{50 \times 10^{-6}}{25 \times 10^{-3}} = 2 \text{ mS}$$

$$r_{e2} = r_{e3} = \frac{1}{g_m} = \frac{1}{0.002} = 500 \Omega$$

بیں- Q_1 اور Q_4 میں 0.5 μA برقی رو پائی جاتی ہے لہذا ان کے

$$g_{m1} = g_{m4} = \frac{0.5 \times 10^{-6}}{25 \times 10^{-3}} = 20 \mu\text{S}$$

$$r_{e1} = r_{e4} = \frac{1}{20 \mu\text{S}} = 50 \text{ k}\Omega$$

بیں- Q_1 کا r_{e1} چونکہ Q_2 کے بیس پر پایا جاتا ہے لہذا اس کو بھی Q_2 کے ایکٹر پر منتقل کرنے سے $50 \text{ k}\Omega = \frac{50 \text{ k}\Omega}{\beta} = 500 \Omega$ حاصل ہوتا ہے۔ یوں

کا عکس $r_{e1'} = 500\Omega$ حاصل ہوتا ہے۔ اس طرح Q_2 کے لیکھ پر کل مزاحمت $r_{e2} + r_{e1'} = 500\Omega$ یعنی $1k\Omega$ پایا جائے گا۔ اسی طرح Q_4 کا چونکہ Q_3 کے بیس پر پایا جاتا ہے لہذا اس کو بھی Q_3 کے لیکھ پر منتقل کرنا ضروری ہے۔ $50k\Omega = 500\Omega$ منتقل کرنے سے حاصل ہوتا ہے۔ اس طرح Q_3 کے لیکھ پر کل مزاحمت $r_{e3} + r_{e4}$ یعنی $1k\Omega$ پایا جائے گا۔ ان معلومات کو شکل 24.5 پر پیش کیا گیا ہے۔

دوسری تفرقی جوڑی کے Q_5 اور Q_6 میں $0.3mA$ پایا جاتا ہے لہذا ان کے

$$g_{m5} = g_{m6} = \frac{0.3 \times 10^{-3}}{25 \times 10^{-3}} = 0.012S$$

$$r_{e5} = r_{e6} = \frac{1}{0.012} = 83.33\Omega$$

$$r_{be5} = r_{be6} = \beta r_e = 8.3k\Omega$$

بی۔ اس جوڑی کا داخلی مزاحمت $2r_{be}$ ہے جو پہلی تفرقی جوڑی کا بوجھ بتا ہے۔ شکل میں Q_2 اور Q_3 کے لیکھ کے مابین $8.3k\Omega$ کے سلسلہ وار مزاحمت اسی داخلی مزاحمت کو ظاہر کرتا ہے۔ تفرقی اشارے کی صورت میں دوسری تفرقی جوڑی کا لیکھ بر قی زمین پر رہتا ہے۔ یوں Q_2 اور Q_3 کے لیکھ پر دونوں $8.3k\Omega$ کا درمیانی نقطہ بر قی زمین پر ہو گا۔ ان معلومات کو استعمال کرتے ہوئے آپ دیکھ سکتے ہیں کہ پہلی تفرقی جوڑی کی افزائش

$$(98.5) \quad A_{d1} = \frac{v_{o1}}{v_d} = \frac{\sum R_C}{\sum R_E}$$

$$= \frac{15328}{2000}$$

$$= 7.66 \frac{V}{V}$$

حاصل ہوتی ہے جہاں $\sum R_C$ دونوں ٹرانزسٹر کے لیکھ پر متوازی جڑے $200k\Omega$ اور $16.6k\Omega$ کا مجموعی مزاحمت ہے جبکہ $\sum R_E$ ان کے لیکھ کے درمیان گل مزاحمت یعنی $2r_e$ ہے۔ ثابت افزائش کا مطلب ہے کہ ثبت v_d کی صورت میں v_{o1} بھی ثابت ہو گا۔

تیرے ایکلینیک کا داخلی مزاحمت $\beta R_{E7} = 230k\Omega$ ہے جو R_{C6} کے متوازی جڑا ہے۔ چونکہ $230k\Omega \gg 10k\Omega$ ہوتا ہے لہذا ان کے گل مزاحمت کو ہم $10k\Omega$ یہی لے

سکتے ہیں۔ اس کا مطلب ہے کہ دوسرا ایمپلیفائر کا داخلی مزاحمت اتنا زیادہ ہے کہ اس کے اثر کو نظر انداز کیا جا سکتا ہے۔ یوں دوسرا ایمپلیفائر کی ترقی افزائش

$$\begin{aligned} A_d &= \frac{\sum R_C}{\sum R_E} \\ &= -\frac{10000}{83.33} \\ &= -120 \frac{V}{V} \end{aligned}$$

ہو گی۔ البتہ دوسرا ترقی جوڑی سے ترقی اشارہ حاصل نہیں کیا جاتا بلکہ اس کے صرف ایک بازو سے خارجی اشارہ حاصل کیا گیا ہے۔ یوں کارآمد افزائش اس قیمت کے آدمی ہو گی یعنی

$$\begin{aligned} A_{d2} &= -\frac{1}{2} \frac{\sum R_C}{\sum R_E} \\ (99.5) \quad &= -\frac{1}{2} \frac{10000}{83.33} \\ &= -60 \frac{V}{V} \end{aligned}$$

افزائش میں منفی کا نشان یہ دکھلاتا ہے کہ ثابت v_2 اور منفی v_1 کی صورت میں اس حصے کا خارجی اشارہ منفی ہو گا۔

Q_7 اور اس کے ساتھ مسلک $2.3\text{k}\Omega$ اور $15.7\text{k}\Omega$ مل کر مشترک ہمپٹر ایمپلیفائر کی بیں۔ Q_7 - Q_8 کے r_e اور Q_8 کے داخلی مزاحمت کو نظر انداز کرتے ہوئے اس ایمپلیفائر کی افزائش

$$A_{d3} = -\frac{15700}{2300} = -6.826 \frac{V}{V}$$

حاصل ہوتی ہے۔

Q_8 اور اس کے ساتھ مسلک $3\text{k}\Omega$ مل کر مشترک ہمپٹر ایمپلیفائر بناتے ہیں۔ مشترک ہمپٹر کی افزائش تقریباً ایک کے برابر ہوتی ہے یوں

$$A_{d4} \approx 1 \frac{V}{V}$$

ہو گا۔

ان چاروں افراش کو استعمال کرتے ہوئے حسابی ایکلینیک کی کل افراش

$$\begin{aligned} A_d &= \frac{v_O}{v_d} = A_{d1} \times A_{d2} \times A_{d3} \times A_{d4} \\ &= 7.66 \times (-60) \times (-6.826) \times 1 \\ &= 3137 \frac{\text{V}}{\text{V}} \end{aligned}$$

حاصل ہوتی ہے۔

شکل 24.5 کو دیکھتے ہوئے Q_2 اور Q_3 کے بیٹری پر مزاحمت Q_1 اور Q_4 کے میں جانب

$$\begin{aligned} R_i &\approx (1000 + 1000) \times \beta^2 \\ &= 2000 \times 10000 \\ &= 20 \text{ M}\Omega \end{aligned}$$

نظر آئے گا۔ یہی حسابی ایکلینیک کا داخلی مزاحمت ہے۔

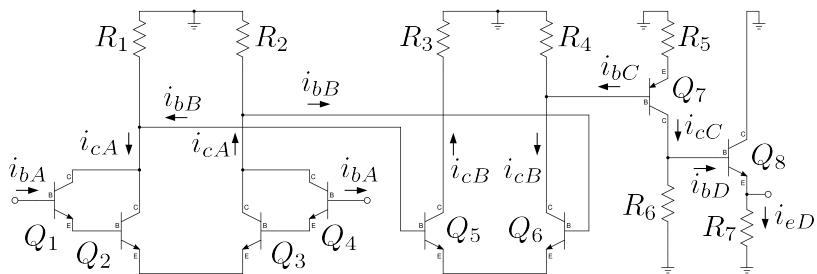
خارجی جانب Q_8 کے r_e کو نظر انداز کرتے ہیں۔ $15.7 \text{ k}\Omega$ کا عکس ٹرانزسٹر کے بیٹری جانب

$$\frac{15700}{100} = 157 \Omega$$

نظر آتا ہے۔ یہ عکس $3 \text{ k}\Omega$ کے متوازی جڑا ہے لہذا حسابی ایکلینیک کا خارجی مزاحمت

$$R_o = \frac{157 \times 3000}{157 + 3000} = 149 \Omega$$

حاصل ہوتا ہے۔



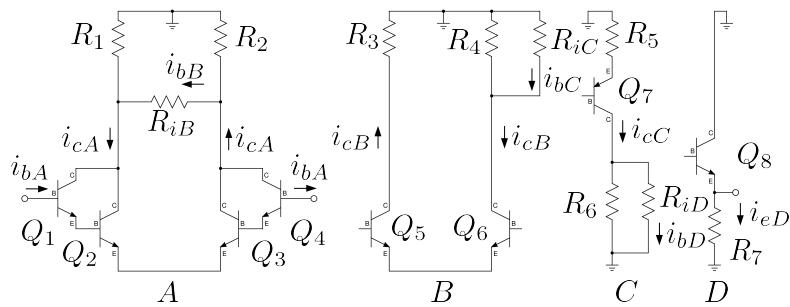
شکل 25.5: برقی روکی افزائش

مثال 8.5: شکل 23.5 کے حسابی ایکلیفائر کی افزائش $A_i = \frac{i_L}{i_b}$ کی مساوات حاصل کریں۔ A_i کو استعمال کرتے ہوئے $A_d = \frac{v_L}{v_d}$ کی مساوات بھی حاصل کریں۔

حل: شکل 25.5 میں مساوی باریک اشارتی دور دکھایا گیا ہے جہاں داخلی جانب سے پہلے ایکلیفائر کو A، دوسرے کو تحریر، تیسرا کو C اور خارجی ایکلیفائر کو D سے ظاہر کرتے ہوئے زنجیری ضرب سے ہم لکھ سکتے ہیں

$$(100.5) \quad A_i = \frac{i_L}{i_b} = \frac{i_{eD}}{i_{bA}} = \frac{i_{eD}}{i_{bD}} \times \frac{i_{bD}}{i_{cC}} \times \frac{i_{cC}}{i_{bC}} \times \frac{i_{bC}}{i_{cB}} \times \frac{i_{cB}}{i_{bB}} \times \frac{i_{bB}}{i_{cA}} \times \frac{i_{cA}}{i_{bA}}$$

شکل 26.5 میں چاروں ایکلیفائروں کو علیحدہ علیحدہ کیا گیا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ پہلے ایکلیفائر کے خارجی جانب دوسرے ایکلیفائر کا داخلی مزاحمت R_{iB} نسب i_{cA} کا وہ حصہ جو R_{iB} سے گزرے درحقیقت دوسرے ایکلیفائر کا داخلی برقی رو i_{bB} ہے۔ شکل پر اس بات



: 26.5

کی وضاحت کی گئی ہے۔ یوں اس شکل سے ہم لکھ سکتے ہیں۔

$$\begin{aligned}
 (101.5) \quad & \frac{i_{eD}}{i_{bD}} = \beta_8 + 1 \\
 & \frac{i_{bD}}{i_{cC}} = \frac{R_6}{R_6 + R_{iD}} \\
 & \frac{i_{cC}}{i_{bC}} = \beta_7 \\
 & \frac{i_{bC}}{i_{cB}} = \frac{R_4}{R_4 + R_{iC}} \\
 & \frac{i_{cB}}{i_{bB}} = \beta_6 \\
 & \frac{i_{bB}}{i_{cA}} = \frac{R_1 + R_2}{R_1 + R_2 + R_{iB}} \\
 & \frac{i_{cA}}{i_{bA}} = \beta_1 \beta_2
 \end{aligned}$$

تمام ٹرانزسٹر کے β برابر ہیں

$$\begin{aligned}
 (102.5) \quad & r_{e2} = r_{e3} = \frac{V_T}{I} \\
 & r_{be2} = r_{be3} = (\beta + 1) r_{e2} \\
 & r_{e1} = r_{e4} = (\beta + 1) \frac{V_T}{I} = (\beta + 1) r_{e2} \\
 & r_{be1} = r_{be4} = (\beta + 1)^2 r_{e2}
 \end{aligned}$$

حاصل ہوتے ہیں۔ شکل کو دیکھتے ہوئے

$$\begin{aligned}
 R_{iA} &= r_{be1} + r_{be4} + (r_{be2} + r_{be3}) \times (\beta + 1) \\
 &= 4(\beta + 1)^2 r_{e2} \\
 (103.5) \quad R_{iB} &= 2r_{be5} \\
 R_{iC} &\approx R_5 \times (\beta + 1) \\
 R_{iD} &\approx R_7 \times (\beta + 1)
 \end{aligned}$$

لکھا جا سکتا ہے۔ مزید یہ کہ

$$\begin{aligned}
 v_L &= i_{eD} R_7 \\
 v_d &= i_{bA} R_{iA}
 \end{aligned}$$

لکھتے ہوئے

$$\begin{aligned}
 A_d &= \frac{v_L}{v_d} \\
 (104.5) \quad &= \frac{i_{eD} R_7}{i_{bA} R_{iA}} \\
 &= A_i \times \frac{R_7}{R_{iA}}
 \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے۔

ذرا کوشش کرنے سے مندرجہ بالا تمام مساوات شکل 23.5 کو دیکھ کر ہی لکھے جا سکتے ہیں۔ آپ داخلی جانب یا خارجی جانب سے شروع ہوتے ہوئے زنجیری ضرب لکھتے ہیں اور پھر زنجیری ضرب کے تمام اجزاء شکل کو دیکھتے ہوئے پڑ کرتے ہیں۔

مثال 9.5: مثال 8.5 میں A_d کی قیمتیں حاصل کریں۔

حل: مثال 7.5 میں مندرجہ ذیل معلومات حاصل کی گئیں۔

$$r_{e2} = 500 \Omega, \quad r_{e5} = 83.333 \Omega$$

یوں مساوات 103.5 سے

$$R_{iA} = 4 \times 100^2 \times 500 = 20 \text{ M}\Omega$$

$$R_{iB} = 2 \times 100 \times 83.333 = 1667 \Omega$$

$$R_{iC} = 2300 \times 100 = 230 \text{ k}\Omega$$

$$R_{iD} = 3000 \times 100 = 300 \text{ k}\Omega$$

اور مساوات 101.5 سے

$$\frac{i_{eD}}{i_{bD}} = 100$$

$$\frac{i_{bD}}{i_{cC}} = \frac{15.7 \times 10^3}{15.7 \times 10^3 + 300 \times 10^3} = 0.04973$$

$$\frac{i_{cC}}{i_{bC}} = 100$$

$$\frac{i_{bC}}{i_{cB}} = \frac{10 \times 10^3}{10 \times 10^3 + 230 \times 10^3} = 0.04167$$

$$\frac{i_{cB}}{i_{bB}} = 100$$

$$\frac{i_{bB}}{i_{cA}} = \frac{2 \times 100 \times 10^3}{2 \times 100 \times 10^3 + 1667} = 0.99173$$

$$\frac{i_{cA}}{i_{bA}} = 100 \times 100 = 10000$$

حاصل ہوتے ہیں۔ اس طرح مساوات 100.5 سے

$$A_i = \frac{i_{eD}}{i_{bA}} = 100 \times 0.04973 \times 100 \times 0.04167 \times 100 \times 0.99173 \times 10000 \\ = 20.55 \frac{\text{MA}}{\text{A}}$$

اور مساوات 104.5 سے

$$A_d = \frac{v_L}{v_d} = 20.55 \times 10^6 \times \frac{3000}{20 \times 10^6} \\ = 3082 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

حاصل ہوتا ہے۔ مثال 7.5 میں $A_d = 3137 \frac{\text{V}}{\text{V}}$ حاصل کی گئی۔ دونوں جوابات میں فرق $1 \approx \alpha$ ہے۔ اس طرح کے دیگر استعمال کئے گئے قیتوں میں معمولی معمولی فرق کی وجہ سے ہے۔ ان

دو جوابات میں صرف

$$\left| \frac{3137 - 3082}{3137} \right| \times 100 = 1.75 \%$$

کا فرق ہے۔

شکل 24.5 میں دوسرے ایکپلینیٹر کا داخلی مراحت $r_{be5} + r_{be6} = 16.6 \text{ k}\Omega$ ہے جو پہلی ایکپلینیٹر کا بوجھ بتا ہے۔ یوں $R_1 + R_2$ اور $r_{be5} + r_{be6}$ متوازی جڑے نظر آتے ہیں۔ چونکہ $r_{be5} + r_{be6} \ll R_1 + R_2$ لہذا ان متوازی جڑے مراحت کے مجموعی مراحت کو تقریباً $r_{be5} + r_{be6} \approx R_1 + R_2$ لیا جا سکتا ہے۔ اس کے برعکس تیرسے ایکپلینیٹر کا داخلی مراحت بہت بڑا ہے لہذا دوسرے ایکپلینیٹر پر اس کے بوجھ کو نظر انداز کیا جاتا ہے۔ ایسا کرنے سے پہلے اور دوسرے ایکپلینیٹر کے افزائش یوں لکھے جا سکتے ہیں۔

$$A_{d1} = \frac{\sum R_C}{\sum R_E} = \frac{r_{be5} + r_{be6}}{4r_{e2}}$$

$$A_{d2} \approx -\frac{1}{2} \frac{\sum R_C}{\sum R_E} = -\frac{1}{2} \left(\frac{R_{C6}}{r_{e5} + r_{e6}} \right)$$

اس طرح ان دو کڑیوں کی گل افزائش

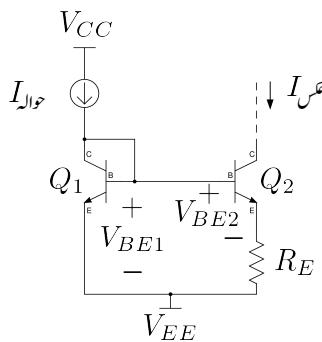
$$(105.5) \quad A_d = A_{d1} A_{d2} = -\frac{1}{2} \times \left(\frac{r_{be5} + r_{be6}}{4r_{e2}} \right) \times \left(\frac{R_{C6}}{r_{e5} + r_{e6}} \right)$$

$$= -\frac{1}{2} \times \frac{(\beta + 1)(r_{e5} + r_{e6})}{4r_{e2}} \times \left(\frac{R_{C6}}{r_{e5} + r_{e6}} \right)$$

$$= -\frac{1}{2} \times \frac{(\beta + 1) R_{C6}}{4r_{e2}}$$

حاصل ہوتی ہے۔ اس مساوات کے تحت β بڑھانے اور r_{e2} گھٹانے سے افزائش بڑھتی ہے۔ چونکہ $r_e = \frac{V_T}{I_C}$ ہوتا ہے لہذا I بڑھانے سے r_{e2} گھٹے گا۔

اس کے علاوہ اگر پہلے ایکپلینیٹر میں ڈارلکٹن جوڑی استعمال نہ کی جائے تب اس کی داخلی مراحت آدمی اور افزائش دگنی ہو جائے گی۔



شکل 27.5: وانڈلر منبع برقی رو

صفحہ 388 پر مساوات 223.3 پر تبصرہ کرتے وقت یہ حقیقت بتائی گئی تھی کہ اگر افزائش بڑھائی جائے تو داخلی مراحت گھٹتی ہے۔ تفریقی ایکلیفائر میں بھی داخلی مراحت گھٹاتے ہوئے افزائش بڑھانا ممکن ہے۔

10.5 وانڈلر منبع برقی رو

شکل 16.5 میں Q_2 کے بیسٹر پر R_E نسب کرنے سے وانڈلر منبع برقی رو²³ حاصل ہوتا ہے جسے شکل 27.5 میں²⁴ میں دکھایا گیا ہے۔ ٹرانزیستر کے برقی رو کے مساوات کو استعمال کرتے ہوئے

$$V_{BE1} = V_T \ln \left(\frac{I_{\text{واہل}}}{I_S} \right)$$

$$V_{BE2} = V_T \ln \left(\frac{I_{\text{عمر}}}{I_S} \right)$$

لکھا جا سکتا ہے۔ ان دو مساوات کو آپس میں مقایہ کرنے سے

$$V_{BE1} - V_{BE2} = V_T \ln \left(\frac{I_{\text{واہل}}}{I_{\text{عمر}}} \right)$$

Widlar current source²³

²⁴باب وانڈلر نے اس دور کو دریافت کیا۔

حاصل ہوتا ہے۔ شکل کو دیکھتے ہوئے ہم

$$V_{BE1} = V_{BE2} + I_{\text{عم}} R_E$$

لکھ سکتے ہیں۔ یوں

$$(106.5) \quad I_{\text{عم}} R_E = V_T \ln \left(\frac{I_{\text{خواہ}}}{I_{\text{عم}}} \right)$$

لکھا جا سکتا ہے۔

آنیں وانڈلر منج برقی رو کی خارجی مزاحمت R_o حاصل کریں۔ ایسا کرنے کی خاطر Q_2 کے گلکٹر پر v_t برقی دباؤ مہیا کرتے ہوئے i_t کا حساب لگا کر $\frac{v_t}{i_t}$ معلوم کیا جا سکتا ہے جو کہ R_o کی قیمت ہو گی۔

وانڈلر منج برقی رو میں Q_1 کے گلکٹر اور بیس آپس میں جڑے ہیں۔ یوں یہ بطور ڈائیڈ کردار ادا کرتا ہے۔ صفحہ 443 پر مساوات 248.3 ایسے ٹرانزسٹر کی مزاحمت r_e دیتا ہے۔ وانڈلر منج رو کی خارجی مزاحمت حاصل کرنے کی خاطر Q_2 کا پائے ریاضی نمونہ استعمال کرتے ہیں جبکہ Q_1 کی جگہ اس کا باریک اشاراتی مساوی مزاحمت r_e نسب کرتے ہیں۔ ایسا کرتے ہوئے شکل 28.5 الف حاصل ہوتا ہے۔ آپ جانتے ہیں کہ $r_{be} = r_e (\beta + 1)$ ہوتا ہے۔ یوں $r_{be} \gg r_e$ ہے لہذا سلسہ دار جڑے r_{be} اور r_e میں r_e کو نظر انداز کیا جا سکتا ہے۔ ایسا کرنے سے شکل ب حاصل ہوتا ہے جہاں سے صاف ظاہر ہے کہ R_E اور r_{be} متوازی جڑے ہیں۔ $R_E' \parallel r_{be}$ کو R_E' کہتے ہوئے اس میں برقی رو کو $\frac{v_{be}}{R_E'}$ لکھا جا سکتا ہے۔ اس برقی رو کی سمت شکل میں دکھائی گئی ہے۔ کرخوف کے قانون برائے برقی رو کی مدد سے

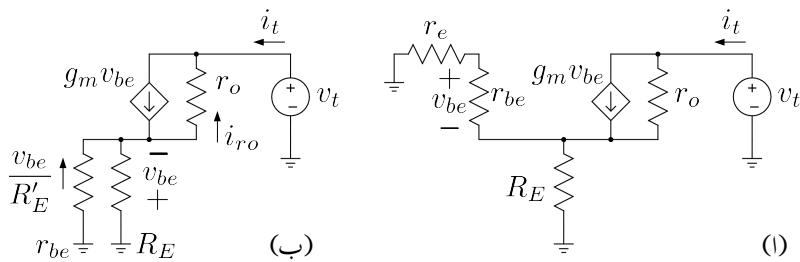
$$g_m v_{be} + \frac{v_{be}}{R_E'} = i_{ro}$$

لکھا جا سکتا ہے جس سے

$$i_{ro} = \left(g_m + \frac{1}{R_E'} \right) v_{be}$$

حاصل ہوتا ہے۔ یوں کرخوف کے قانون برائے برقی دباؤ کی مدد سے

$$(107.5) \quad v_t = -v_{be} - \left(g_m + \frac{1}{R_E'} \right) v_{be} r_o$$



شکل 5.28: وائڈلر منع روکا باریک اشاراتی مساوی دور

اور کرنوف کے قانون برائے برقی رو کی مدد سے

$$(108.5) \quad i_t = g_m v_{be} - \left(g_m + \frac{1}{R'_E} \right) v_{be}$$

لکھا جا سکتا ہے۔ مساوات 107.5 کو مساوات 108.5 سے تقسیم کرتے ہوئے وائڈلر منع کی خارجی مزاحمت R_o یوں حاصل ہوتی ہے۔

$$\begin{aligned} R_o &= \frac{v_t}{i_t} = R'_E \left[1 + r_o \left(g_m + \frac{1}{R'_E} \right) \right] \\ &= R'_E + r_o \left(1 + g_m R'_E \right) \end{aligned}$$

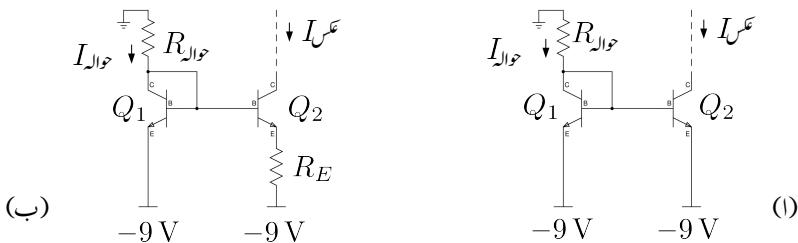
اس مساوات میں R'_E کو نظر انداز کرتے ہوئے خارجی مزاحمت R_o کی سادہ مساوات

$$(109.5) \quad R_o \approx r_o \left(1 + g_m R'_E \right)$$

حاصل ہوتی ہے جہاں

$$(110.5) \quad R'_E = \frac{r_{be} R_E}{r_{be} + R_E}$$

کے برابر ہے۔ اس طرح خارجی مزاحمت r_o سے بڑھ کر $r_o (1 + g_m R'_E)$ ہو گئی ہے۔ یہ ایک عمومی نتیجہ ہے اور یوں کسی بھی دو جوڑ ٹرانزیستر جس کے ایکٹر پر R_E مزاحمت نسب ہو اور جس کا بیس سرا برقی زمین پر ہو کی خارجی مزاحمت مساوات 109.5 سے حاصل ہو گی۔



شکل 10.5: وائٹر منج برقی رو

مثال 10.5: شکل 29.5 میں سادہ آئینہ اور وائٹر آئینہ دکھائے گئے ہیں۔ $I_C = 15 \mu A$ حاصل کرنے کی خاطر درکار مزاحمت حاصل کریں۔

حل: شکل الف میں $15 \mu A$ حاصل کرنے کی خاطر

$$R_{\text{load}} = \frac{9 - 0.7}{15 \times 10^{-6}} = 553 \text{ k}\Omega$$

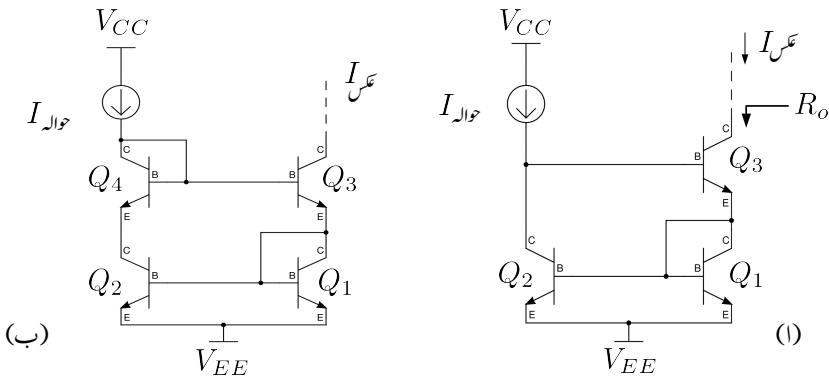
درکار ہے۔ شکل ب میں $I_C = 1 \text{ mA}$ رکھتے ہوئے $I_C = 15 \mu A$ حاصل کرتے ہیں۔ R_{load} حاصل کرنے کی خاطر 1 mA

$$R_{\text{load}} = \frac{9 - 0.7}{1 \times 10^{-3}} = 8.3 \text{ k}\Omega$$

اور مساوات 106.5 سے

$$R_E = \frac{25 \times 10^{-3}}{15 \times 10^{-6}} \ln \left(\frac{10^{-3}}{15 \times 10^{-6}} \right) = 7 \text{ k}\Omega$$

حاصل ہوتے ہیں۔ آپ نے دیکھا کہ کم برقی رو پیدا کرنے کی خاطر سادہ منج رو کو $553 \text{ k}\Omega$ جگہ وائٹر منج رو کو $8.3 \text{ k}\Omega$ اور $7 \text{ k}\Omega$ کے مزاحمت درکار ہیں۔ جیسا کہ آپ جانتے ہیں کہ مخلوط دور میں زیادہ قیمت کا مزاحمت زیادہ جگہ گھیرتا ہے جو کہ مہگا پڑتا ہے۔ اسی لئے مخلوط ادوار میں وائٹر منج رو استعمال کیا جائے گا۔



شکل 30.5: ولسن آئینہ

ولسن آئینہ 11.5

شکل 16.5 میں سادہ آئینہ برقی رو دھایا گیا۔ $V_{CE1} = 0.7 \text{ V}$ اور $V_{BE} = 0.7 \text{ V}$ لیتے ہوئے ہے جبکہ V_{CE2} پر ایسی کوئی پابندی لا گو نہیں ہے لہذا عموماً $V_{CE1} \neq V_{CE2}$ ہوتا ہے۔ اب تک آئینہ برقی رو پر تصوروں میں ہم نے ارلی برقی دباؤ کے اثرات کو نظر انداز کیا۔ حقیقت میں اگرچہ شکل 16.5 میں $V_{CE1} = V_{BE1}$ ہے لیکن $V_{CE1} \neq V_{CE2}$ کی بنا پر ارلی برقی دباؤ Q_2 اور Q_1 کے برقی رو میں فرق پیدا کرتا ہے۔ V_{CE1} اور V_{CE2} میں فرق کو کم کرنے سے ارلی برقی دباؤ کے اثر کو کم کیا جا سکتا ہے۔ اسی غرض سے شکل 16.5 میں تیرا ٹرانزسٹر شامل کرتے ہوئے شکل 30.5 الف حاصل ہوتا ہے جس کو ولسن آئینہ²⁵ کہتے ہیں۔ ولسن آئینے میں

$$V_{CE1} = V_{BE1} = 0.7 \text{ V}$$

$$V_{CE2} = V_{BE1} + V_{BE2} = 1.4 \text{ V}$$

ہیں۔ دونوں ٹرانزسٹر کے V_{CE} میں فرق صرف 0.7 V رہ گیا ہے۔ اس دور کو حل کرتے ہوئے تمام ٹرانزسٹر کو بالکل یکساں تصور کیا جائے گا۔ چونکہ عرض I_{C3} ہی ہے لہذا

Wilson mirror²⁵
چارج آرڈن نے اس آئینہ کو دریافت کیا۔²⁶

تم i_{C3} اور I_{J2} کا تعلق حاصل کریں گے Q_1 - Q_2 کے لئے ہم لکھ سکتے ہیں۔

$$i_{C1} = i_{C2} = i_C$$

$$i_{B1} = i_{B2} = i_B$$

لئے Q_3

$$(111.5) \quad i_{B3} = \frac{i_{C3}}{\beta}$$

$$i_{E3} = \left(\frac{\beta+1}{\beta} \right) i_{C3}$$

لکھا جا سکتا ہے۔ کرخوف کے قانون برائے برقی رو کے تحت

$$(112.5) \quad i_{E3} = i_{C1} + i_{B1} + i_{B2}$$

$$= i_C + 2i_B$$

$$= \left(\frac{\beta+2}{\beta} \right) i_C$$

لکھا جا سکتا ہے۔ مندرجہ بالا دو مساوات میں i_{E3} کو برابر 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۔

$$(113.5) \quad i_C = \left(\frac{\beta+1}{\beta+2} \right) i_{C3}$$

کرخوف کے قانون برائے برقی رو کی مدد سے

$$I_{J2} = i_{C2} + i_{B3}$$

$$= i_C + \frac{i_{C3}}{\beta}$$

لکھا جا سکتا ہے جس میں i_C کی قیمت مساوت 113.5 سے پر کرتے ہوئے

$$I_{J2} = \left(\frac{\beta+1}{\beta+2} \right) i_{C3} + \frac{i_{C3}}{\beta}$$

$$= \left(\frac{\beta+1}{\beta+2} + \frac{1}{\beta} \right) i_{C3}$$

لکھا جا سکتا ہے۔ اس مساوات سے

$$\begin{aligned} I_{\text{ج}} &= \left[\frac{\beta(\beta+1) + \beta + 2}{\beta(\beta+2)} \right] i_{C3} \\ &= \left[\frac{\beta^2 + 2\beta + 2}{\beta(\beta+2)} \right] i_{C3} \\ &= \left[\frac{\beta(\beta+2) + 2}{\beta(\beta+2)} \right] i_{C3} \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے جسے یوں لکھا جا سکتا ہے

$$\begin{aligned} I_{\text{ع}} &= i_{C3} = \left[\frac{\beta(\beta+2)}{\beta(\beta+2) + 2} \right] I_{\text{ج}} \\ &= \left[\frac{1}{1 + \frac{2}{\beta(\beta+2)}} \right] I_{\text{ج}} \end{aligned}$$

اس مساوات کو

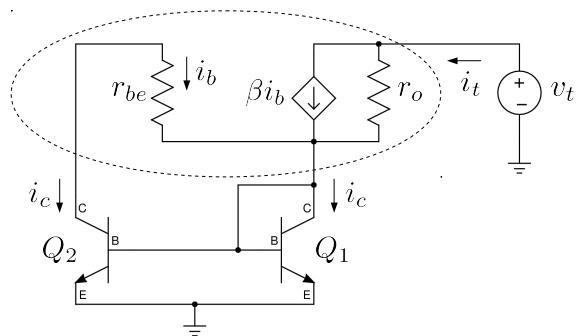
$$(114.5) \quad I_{\text{ع}} \approx \left[\frac{1}{1 + \frac{2}{\beta^2}} \right] I_{\text{ج}}$$

لکھا جا سکتا ہے۔ اس مساوات کا صفحہ 624 پر مساوات 88.5 کے ساتھ موازنہ کریں۔ دونوں مساوات بالکل ایک جیسے ہیں۔

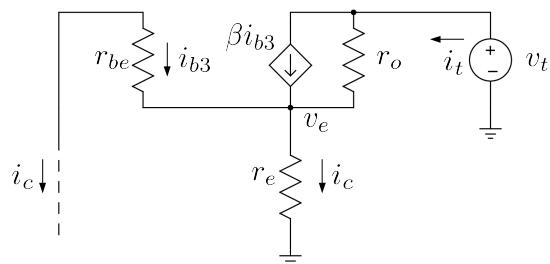
آئینے کی خارجی مزاحمت حاصل کریں۔ ایسا کرنے کی خاطر Q_3 کے گلکٹر پر v_t لاؤ کرتے ہوئے i_t کا حساب لگاتے ہیں۔ $\frac{v_t}{i_t}$ خارجی مزاحمت R_o ہو گا۔ Q_3 کا پائے ریاضی نمونہ استعمال کرتے ہوئے وہن آئینے کو شکل 31.5 میں دکھایا گیا ہے۔ نقطہ دار دائرے سے دو جگہ i_c برقی رو خارج اور ایک جگہ i_t داخلی ہو رہی ہے۔ یوں کرخوف کے قانون برائے برقی رو کی مدد سے ہم لکھ سکتے ہیں

$$(115.5) \quad i_t = 2i_c$$

شکل 31.5 میں Q_1 کا بیس اس کے گلکٹر کے ساتھ جڑا ہے جس کی وجہ سے یہ بطور ڈائیوڈ کردار ادا کرتا ہے اور اس کو مزاحمت r_e سے ظاہر کیا جا سکتا ہے۔ Q_2 کا



شکل 31.5: ولسن آئینے کی غارجی مزاحمت



شکل 32.5: ولسن آئینے کی غارجی مزاحمت

اس r_e کے متوازی جڑا ہے۔ چونکہ $r_e \ll r_{be}$ ہوتا ہے لہذا ان کا مساوی مزاحمت تقریباً r_e ہی کے برابر ہو گا۔ شکل 32.5 میں اس حقیقت کو مد نظر رکھتے ہوئے دور کو دوبارہ دکھائی ہے۔ اور Q_1 اور Q_2 کے ٹکٹر پر برقرار i_c بر قی رو گزرے گی جسے شکل میں دکھایا گیا ہے۔ شکل کو دیکھتے ہوئے

$$v_e = i_c r_e$$

$$i_{b3} = -i_c$$

لکھا جا سکتا ہے۔ ساتھ ہی ساتھ کرخوف کے قانون برائے برقی رو کی 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 قدم پر $i_{b3} = -i_c$ کا استعمال کیا گیا۔ چونکہ $r_e \ll r_o$ ہوتا ہے لہذا مندرجہ بالا مساوات میں آخری جزو کو نظر انداز کیا جا سکتا ہے۔ یوں مساوات 115.5 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 خارجی مراحت $R_o = \frac{v_t}{i_t}$ کے برابر ہے جہاں ہے۔ یوں

$$(116.5) \quad R_o = \frac{v_t}{i_t} = \frac{v_t}{2i_c} = \frac{(\beta + 2) r_{o3}}{2}$$

حاصل ہوتا ہے جس کو

$$(117.5) \quad R_o \approx \frac{\beta r_o}{2}$$

لکھا جا سکتا ہے جہاں r_{o3} کو r_o لکھا گیا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ ولن آئینے کی خارجی مراحت r_o سے $r_o - \frac{\beta}{2} r_o$ گنا زیادہ ہے۔

اس حصے کے شروع میں ذکر کیا گیا کہ اولیٰ برقی دباؤ کے اثر کو کم کرنے کی خاطر ولن آئینے میں V_{CE1} اور V_{CE2} میں فرق کو کم کرتے ہوئے 0.7V کر دیا گیا۔ اس فرق کو مکمل طور ختم بھی کیا جا سکتا ہے۔ شکل 30.5 ب میں Q_4 کی شمولیت سے

$$V_{CE2} = V_{BE1} + V_{BE3} - V_{BE4} = 0.7V$$

ہو جاتا ہے۔ یوں $V_{CE1} = V_{CE2} = 0.7\text{V}$ کرتے ہوئے ارلی برقی دباؤ کے اثرات سے چھکارا حاصل کیا گیا ہے۔ اس کے علاوہ چونکہ Q_1 اور Q_2 میں برابر برقی رو پایا 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 فرق کی بنا پر کارکردگی میں فرق سے بھی چھکارا حاصل ہوتا ہے۔

12.5 کلیکوڈ ایمپلیفائر

مشترک لینٹر اور مشترک بیس ایمپلیفائر کو آپس میں جوڑ کر زنجیری ایمپلیفائر بنایا جا سکتا ہے۔ شکل 33.5 الف میں ایسے ایمپلیفائر کو دکھایا گیا ہے۔ اس ایمپلیفائر کو کلیکوڈ ایمپلیفائر²⁷ کہتے ہیں۔²⁸

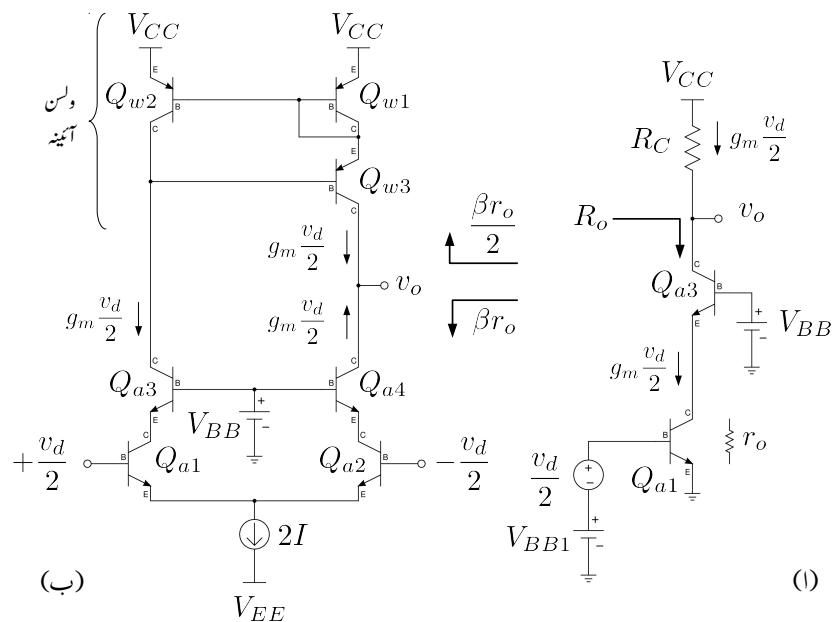
مشترک لینٹر اور مشترک بیس Q_{3a} اور Q_{1a} کو I برقی رو پر مائل رکھا جاتا ہے۔ یوں دونوں ٹرانزسٹروں کے لئے ہم لکھ سکتے ہیں۔

$$\begin{aligned} g_m &= \frac{I}{V_T} \\ r_e &= \frac{1}{g_m} \\ r_{be} &= (\beta + 1) r_e \end{aligned}$$

اگر Q_{1a} کو $\frac{v_d}{2}$ داخلی اشارہ مہیا کیا جائے تو اس کا $i_{c1} = g_m \frac{v_d}{2}$ ہو گا۔ یہی برقی رو Q_{3a} سے بھی گزرے گا یوں $i_{e3} = i_{c1}$ ہو گا لہذا $\alpha \approx 1$ لیتے ہوئے ہی ہو گا۔ اس طرح $v_o = -g_m R_C \frac{v_d}{2}$ ہو گا۔

آئیں کلیکوڈ ایمپلیفائر کا باریک اشاراتی خارجی مزاحمت R_o حاصل کریں۔ باریک اشاراتی تجزیہ کرتے ہوئے ہم دیکھتے ہیں کہ Q_{3a} کے لینٹر اور برقی زمین کے مابین Q_{1a} کا نسب r_o ہے جبکہ Q_{3a} کا بیس برقی زمین پر ہے۔ ایسی صورت میں مساوات 109.5 اور مساوات

²⁷ cascode amplifier
²⁸ کلیکوڈ کام فریڈرک ون بنسن نے پہلی مرتبہ جو یہ کیا۔



شکل 33.5: کیکوڈ ایکلینیک اور تحریقی کیکوڈ ایکلینیک

110.5 کی مدد سے R_o حاصل کیا جا سکتا ہے۔ موجودہ مسئلے میں R_E کی جگہ r_o نبہے لہذا مساوات 110.5 کو یوں لکھا جائے گا۔

$$R'_E = \frac{r_{be} r_o}{r_{be} + r_o}$$

r_o کی بنا پر اس مساوات سے $R'_E \approx r_{be}$ ہوتا ہے اور یوں مساوات 109.5 سے

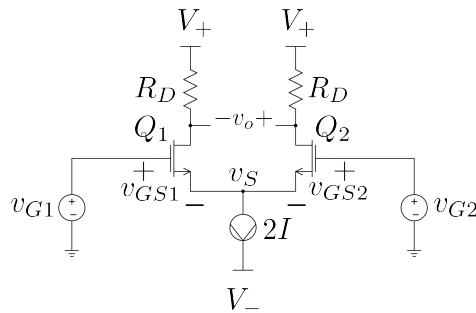
$$\begin{aligned} R_o &= r_o (1 + g_m r_{be}) \\ (118.5) \quad &= r_o (1 + \beta) \\ &\approx \beta r_o \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے۔ کیکوڈ ایمپلیفائر میں R_C کی جگہ ٹرانزسٹر بوجہ بھی استعمال کیا جا سکتا ہے۔

دو کیکوڈ ایمپلیفائر کو ملا کر تفرقی کیکوڈ حاصل ہوتا ہے۔ شکل 33.5 ب میں ایسا ہی تفرقی ایمپلیفائر دکھایا گیا ہے جہاں وسن آئینے کو بطور برقی بوجہ استعمال کیا گیا ہے۔ اس شکل میں Q_{a1} ، Q_{a3} ایک کیکوڈ جبکہ Q_{a2} اور Q_{a4} دوسرا کیکوڈ ہے۔ انہیں ملا کر کیکوڈ تفرقی جوڑی حاصل کی گئی ہے۔ Q_{w1} اور Q_{w3} اور Q_{w2} وسن آئینہ ہے جسے بطور برقی بوجہ استعمال کیا گیا ہے۔

$\alpha = 1$ لیتے ہوئے تفرقی کیکوڈ کا باریک اشاراتی حل حاصل کرتے ہیں۔ Q_{1a} کو $\frac{v_d}{2}$ داخلی اشارہ مہیا کیا گیا ہے۔ یوں اس کا خارجی برقی رو $i_{c1} = g_m \frac{v_d}{2}$ ہو گا۔ یہی برقی رو Q_{a3} سے گزرتے ہوئے وسن آئینے کو بطور داخلی برقی رو مہیا ہوتا ہے۔ یوں وسن آئینہ Q_{w3} سے $g_m \frac{v_d}{2}$ بطور عکس خارج کرے گا۔ کیکوڈ کے دوسری جانب Q_{2a} کو $\frac{-v_d}{2}$ داخلی اشارہ مہیا کیا جاتا ہے۔ یوں $i_{c2} = -g_m \frac{v_d}{2}$ ہو گا۔ یہی برقی رو Q_{4a} سے بھی گزرتے گا۔ وسن آئینے کی خارجی مزاحمت مساوات 117.5 کے تحت $\frac{\beta r_o}{2}$ ہے جبکہ کیکوڈ کی خارجی مزاحمت آئینے کی خارجی مزاحمت مساوات 118.5 کے تحت βr_o ہے۔ ان دونوں متوازی جڑے خارجی مزاحمتوں کی نشاندہی شکل 33.5 ب میں کی گئی ہے۔ ان کی مجموعی مزاحمت $\frac{\beta r_o}{3}$ حاصل ہوتی ہے۔ یوں

$$\begin{aligned} v_o &= \left(g_m \frac{v_d}{2} + g_m \frac{v_d}{2} \right) \frac{\beta r_o}{3} \\ &= \frac{1}{3} g_m \beta r_o v_d \end{aligned}$$



شکل 5.34: ماسفیٹ کا بنیادی ترقی جوڑا

حاصل ہوتا ہے۔ لکھتے ہوئے

$$r_o = \frac{V_A}{I_C}$$

$$(119.5) \quad A_d = \frac{v_o}{v_d} = \frac{1}{3} \beta \left(\frac{V_A}{V_T} \right)$$

حاصل ہوتا ہے۔ صفحہ 633 پر مساوات 97.5 سادہ ترقی جوڑے کی افزائش دیتا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ کمیکوڈ ترقی ایپلیناٹ کی افزائش اس سے $\frac{2\beta}{3}$ گنا زیادہ ہے۔

13.5 ماسفیٹ کے ترقی جوڑے

شکل 34.5 میں دو یکساں بڑھاتے ماسفیٹ پر مبنی بنیادی ترقی جوڑا دکھایا گیا ہے۔ ترقی جوڑے میں ماسفیٹ کو افزائندہ رکھا جاتا ہے اور برقی دباؤ کو نظر انداز کرتے ہوئے اسے حل کرتے ہیں۔ ترقی اشارہ v_d سے مراد

$$v_d = v_{G1} - v_{G2}$$

کے لکھتے ہوئے چونکہ دونوں ماسفیٹ کے سورس آپس میں جڑے ہیں لہذا $v_{S1} = v_{S2} = v_S$ برابر ہو گا۔ لیکن $v_G = v_{GS} + v_S$ کو $v_{GS} = v_G - v_S$

$$(120.5) \quad v_d = (v_{GS1} + v_S) - (v_{GS2} + v_S) \\ = v_{GS1} - v_{GS2}$$

لکھا جا سکتا ہے۔ دھیان رہے کہ v_s اور v_{G1} تبدیل کرنے سے بھی $v_{GS1} = v_{GS2} = V_{GS}$ ہوتا ہے۔ بدلتے اشارے کے عدم موجودگی میں ہے۔ اس صورت میں تفرقی جوڑے کے دونوں ماسیٹ میں برابر یک سختی بر قی رو گزرتی ہے۔ تفرقی جوڑے میں کرخوف کے قانون برائے بر قی رو کی مدد سے

$$(121.5) \quad i_{DS1} + i_{DS2} = 2I$$

لکھا جا سکتا ہے۔ یوں بدلتے اشارے کے عدم موجودگی ($v_d = 0$) میں اس مساوات سے حاصل ہوتا ہے۔ یوں ہم لکھ سکتے ہیں $i_{DS1} = i_{DS2} = I$

$$(122.5) \quad I_{DS1} = I_{DS2} = I = \frac{k_n}{2} (V_{GS} - V_t)^2$$

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 متغیرہ صرف v_d ہو۔ ایسا کرنے کی خاطر مندرجہ بالا دو مساوات کا جزر لیتے ہیں۔

$$\sqrt{i_{DS1}} = \sqrt{\frac{k_n}{2}} (v_{GS1} - V_t)$$

$$\sqrt{i_{DS2}} = \sqrt{\frac{k_n}{2}} (v_{GS2} - V_t)$$

کو متفق کرتے ہیں $\sqrt{i_{DS2}}$ سے $\sqrt{i_{DS1}}$

$$\sqrt{i_{DS1}} - \sqrt{i_{DS2}} = \sqrt{\frac{k_n}{2}} (v_{GS1} - v_{GS2})$$

$$= \sqrt{\frac{k_n}{2}} v_d$$

جہاں مساوات 120.5 کو استعمال کیا گیا۔ مساوات 121.5 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 مرلچ 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 مرلچ لیتے ہوئے دو درجی مساوات حاصل ہوتی ہے

$$4i_{DS1}(2I - i_{DS1}) = 4I^2 + \frac{k_n^2}{4}v_d^4 - 2Ik_nv_d^2$$

$$4i_{DS1}^2 - 8Ii_{DS1} + 4I^2 + \frac{k_n^2}{4}v_d^4 - 2Ik_nv_d^2 = 0$$

جس سے

$$i_{DS1} = \frac{8I \mp \sqrt{64I^2 - 4 \times 4 \times \left(4I^2 + \frac{k_n^2}{4}v_d^4 - 2Ik_nv_d^2\right)}}{2 \times 4}$$

$$= I \mp \frac{\sqrt{2Ik_nv_d^2 - \frac{k_n^2}{4}v_d^4}}{2}$$

$$= I \mp \left(\frac{v_d}{2}\right) \sqrt{2Ik_n} \sqrt{1 - \frac{k_n}{2I} \left(\frac{v_d}{2}\right)^2}$$

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 34.5 کو دیکھ کر ہم کہہ سکتے ہیں کہ ثابت 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۔

$$(123.5) \quad i_{DS1} = I + \left(\frac{v_d}{2}\right) \sqrt{2Ik_n} \sqrt{1 - \frac{k_n}{2I} \left(\frac{v_d}{2}\right)^2}$$

مساوات 121.5 کی مدد سے

$$i_{DS2} = 2I - i_{DS1}$$

$$= 2I - \left[I + \left(\frac{v_d}{2}\right) \sqrt{2Ik_n} \sqrt{1 - \frac{k_n}{2I} \left(\frac{v_d}{2}\right)^2} \right]$$

لیعنی

$$(124.5) \quad i_{DS2} = I - \left(\frac{v_d}{2} \right) \sqrt{2Ik_n} \sqrt{1 - \frac{k_n}{2I} \left(\frac{v_d}{2} \right)^2}$$

حاصل ہوتا ہے۔

مساوات 122.5 کو ان دو طرز

$$\sqrt{k_n} = \frac{\sqrt{2I}}{V_{GS} - V_t}$$

$$\frac{k_n}{2I} = \frac{1}{(V_{GS} - V_t)^2}$$

پر بھی لکھا جا سکتا ہے جن کے استعمال سے مساوات 123.5 اور مساوات 124.5 کو یوں لکھا جا سکتا ہے۔

$$(125.5) \quad i_{DS1} = I + \left(\frac{v_d}{2} \right) \frac{2I}{V_{GS} - V_t} \sqrt{1 - \frac{1}{(V_{GS} - V_t)^2} \left(\frac{v_d}{2} \right)^2}$$

$$i_{DS2} = I - \left(\frac{v_d}{2} \right) \frac{2I}{V_{GS} - V_t} \sqrt{1 - \frac{1}{(V_{GS} - V_t)^2} \left(\frac{v_d}{2} \right)^2}$$

صفحہ 518 پر مساوات 49.4 باریک اشارے کی تعریف $v_d \ll 2(V_{GS} - V_t)$ دیتا ہے۔ اگر داخلی اشارہ اس شرط پر پورا اترتا ہو تو مساوات 125.5 میں جزر کے اندر ایک سے مقنی ہونے والے حصے کو نظر انداز کیا جا سکتا ہے اور ان مساوات کو یوں لکھا جا سکتا ہے۔

$$(126.5) \quad i_{DS1} \approx I + \left(\frac{v_d}{2} \right) \frac{2I}{V_{GS} - V_t}$$

$$i_{DS2} \approx I - \left(\frac{v_d}{2} \right) \frac{2I}{V_{GS} - V_t}$$

صفحہ 519 پر مساوات 54.4 کے تحت

$$g_m = \frac{2I_{DS}}{V_{GS} - V_t}$$

کے برابر ہے جہاں I_{DS} ماسفیٹ سے گزرتی یک سمیتی برقی رو ہے۔ مساوات 126.5 میں یک سمیتی برقی رو کو I کہا گیا ہے۔ یوں مساوات 126.5 کو

$$(127.5) \quad i_{DS1} \approx I + g_m \left(\frac{v_d}{2} \right)$$

$$i_{DS2} \approx I - g_m \left(\frac{v_d}{2} \right)$$

لکھا جا سکتا ہے۔ مساوات 127.5 کا انتہائی سادہ مطلب ہے۔ ثبت بدلتے برقی اشارے کے موجودگی میں i_{DS1} کی قیمت میں $g_m \frac{v_d}{2}$ کا اضافہ ہوتا ہے جبکہ i_{DS2} کی قیمت میں اتنی ہی کمی رونما ہوتی ہے۔ جمع $i_{DS1} + i_{DS2}$ اب بھی $2I$ کے برابر ہے۔ یعنی i_{DS1} اور i_{DS2} میں اس بدلتی برقی رو کو i_d کہا جا سکتا ہے یعنی

$$(128.5) \quad i_d = g_m \left(\frac{v_d}{2} \right)$$

یوں

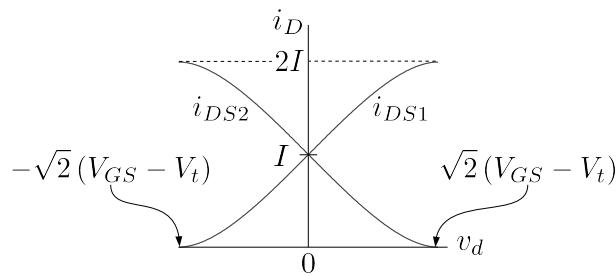
$$(129.5) \quad i_{DS1} = I + i_d$$

$$i_{DS2} = I - i_d$$

کے برابر ہیں۔ v_d کی وہ قیمت جس پر تمام کی تمام $2I$ یک سمیتی برقی رو کسی ایک ماسفیٹ میں منتقل ہو جاتی ہے کو مساوات 125.5 کی مدد سے حاصل کیا جا سکتا ہے۔ ثبت $i_{DS1} = 2I$ کی صورت میں برقی رو Q_1 کو منتقل ہو گی۔ یوں $i_{DS1} = 2$ میں $i_{DS2} = 0$ پر کرنے حل کرنے سے جبکہ 0 ہوں گے۔ مساوات 125.5 میں

$$(130.5) \quad |v_d| = \sqrt{2} (V_{GS} - V_t)$$

حاصل ہوتا ہے۔ اس قیمت سے v_d کو مزید بڑھانے سے برقی رو میں مزید تبدیلی رونما نہیں ہو گی۔ اتنی ہی منفی داخلی برقی دباؤ کی صورت میں تمام کی تمام یک سمیتی برقی رو Q_2 کو منتقل ہو جائے گی اور یوں $i_{DS1} = 0$ جبکہ $i_{DS2} = 2I$ ہوں گے۔ شکل 35.5 میں مساوات 125.5 کے خط کھینچنے لگے ہیں۔ ان خطوط سے آپ دیکھ سکتے ہیں کہ v_d کی وہ قیمت جس پر تمام کی تمام برقی رو ایک جانب منتقل ہو جاتی ہے صفحہ 518 پر مساوات 49.4 میں بیان کئے باریک اشارے کی حد سے کم ہے۔



شکل 35.5: ماسیٹ تفرقی جوڑے کے داخلی تفرقی برقی دیاں بالتفاہ خارجی برقی روکے خط

شکل 34.5 سے

$$v_{D1} = V_+ - i_{DS1} R_D$$

$$v_{D2} = V_+ - i_{DS2} R_D$$

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 127.5 کے استعمال سے

$$\begin{aligned} v_o &= \left[I + g_m \frac{v_d}{2} \right] R_D - \left[I - g_m \frac{v_d}{2} \right] R_D \\ &= g_m v_d R_D \end{aligned}$$

ملتا ہے جس سے تفرقی افزائش

$$(131.5) \quad A_d = \frac{v_o}{v_d} = g_m R_D$$

حاصل ہوتی ہے۔

مثال 11.5: شکل 34.5 میں دکھائے گئے ماسیٹ کے تفرقی جوڑے میں g_m اور V_{GS} -یں ہیں اور $V_t = 1.2 \text{ V}$ اور $k_n = 0.1 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2}$ ہے جبکہ $2I = 200 \mu\text{A}$

حاصل کرتے ہوئے v_d کی وہ قیمت حاصل کریں جس پر تمام کی تمام برقی رو ایک ماسفیٹ کو منتقل ہو جاتی ہے۔

حل: $v_d = 0$ پر دونوں ماسفیٹ اپنے نقطہ کارکردگی پر ہوتے ہیں اور دونوں میں برابر $100 \mu\text{A}$ برقی رو پایا جاتا ہے۔ افزائندہ ماسفیٹ کی مساوات سے یوں

$$100 \times 10^{-6} = \frac{0.1 \times 10^{-3}}{2} (V_{GS} - 1.2)^2$$

لکھتے ہوئے 2.614 V حاصل ہوتا ہے۔ صفحہ 519 پر مساوات 54.4 کے استعمال سے

$$g_m = \sqrt{2 \times 100 \times 10^{-6} \times 0.1 \times 10^{-3}} = 0.1414 \text{ mS}$$

اور مساوات 130.5 سے

$$|v_d| = \sqrt{2} (2.614 - 1.2) = 2 \text{ V}$$

حاصل ہوتا ہے۔ یوں Q_1 پر تمام برقی رو $v_d = 2 \text{ V}$ سے گزرے گا جبکہ Q_2 پر تمام برقی رو $v_d = -2 \text{ V}$ سے گزرے گا۔

مثال 12.5: مثل 11.5 میں تفرقی جوڑے کی تفرقی افراکش حاصل کریں۔

حل: مساوات 131.5 کی مدد سے

$$A_d = 0.1414 \times 10^{-3} \times 50000 = 7.07 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

حاصل ہوتا ہے۔

مثال 13.5: شکل 34.5 میں دکھائے گئے ماسفیٹ کے تفرقی جوڑے میں ہے جبکہ $V_t = 1.2 \text{ V}$ اور $k_n = 0.1 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2}$ کو برقی Q_2 کی قیمتیں مندرجہ ذیل صورتوں میں زمین پر رکھتے ہوئے v_{G1} اور v_S ، v_{GS2} ، v_{GS1} میں حاصل کریں۔

$$\rightarrow i_{DS1} = 100 \mu\text{A} .1$$

$$\rightarrow i_{DS1} = 150 \mu\text{A} .2$$

$$\rightarrow i_{DS1} = 200 \mu\text{A} .3$$

حل:

$i_{DS2} = 100 \mu\text{A}$ کی صورت میں مساوات 121.5 کے تحت $i_{DS1} = 100 \mu\text{A}$ ہو گی۔ اس صورت میں دونوں ماسفیٹ میں برابر برقی رو ہو گا۔ افزائندہ ماسفیٹ کی مساوات سے

$$100 \times 10^{-6} = \frac{0.1 \times 10^{-3}}{2} (v_{GS1} - 1.2)^2$$

$v_{GS1} = 2.614 \text{ V}$ سے حاصل ہوتے ہیں۔ v_{GS2} بھی اتنا ہی ہو گا۔ یہاں غور کریں۔ ہمیں v_{GS1} معلوم ہے لیکن ہمیں v_{G1} معلوم نہیں ہے۔ اس کے برعکس ہمیں v_{GS2} معلوم ہونے کے ساتھ ساتھ یہ بھی معلوم ہے کہ اس کے گیٹ برقی زمین پر ہے۔ یوں ہم جانتے ہیں کہ $v_{G2} = 0 \text{ V}$ پر ہے۔ Q_2 کے لکھتے ہوئے اور $v_S = -2.614 \text{ V}$ حاصل ہوتا ہے۔ $v_{GS2} = v_{G2} - v_S$ میں حاصل کردا ہیں اور v_{GS1} کی قیمتیں پر کرنے حاصل ہوتا ہے۔ $v_{GS1} = v_{G1} - v_S$ $v_{G1} = 0 \text{ V}$ سے

$i_{DS2} = 50 \mu\text{A}$ کی صورت میں مساوات 121.5 کے تحت $i_{DS1} = 150 \mu\text{A}$ ہو گی۔ افزائندہ ماسفیٹ کے مساوات سے دونوں ماسفیٹ کے حاصل کرتے ہیں۔ v_{GS} 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

$$v_{GS2} = v_{G2} - v_S = 0 - v_S$$

اور یوں $v_S = -2.2 \text{ V}$ سے

$$v_{GS1} = v_{G1} - v_S$$

$$2.932 = v_{G1} - (-2.2)$$

$$v_{G1} = 0.732 \text{ V}$$

حاصل ہوتا ہے۔

۲) $i_{DS2} = 0 \mu\text{A}$ کی صورت میں مساوات 121.5 کے تحت $i_{DS1} = 200 \mu\text{A}$ گی۔ Q_1 کے 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

$$v_{GS2} = v_{G2} - v_S$$

$$1.2 = 0 - v_S$$

$$v_S = -1.2 \text{ V} \quad \text{اور}$$

$$\begin{aligned} v_{GS1} &= v_{G1} - v_S \\ 3.2 &= v_{G1} - (-1.2) \\ v_{G1} &= 2 \text{ V} \end{aligned}$$

حاصل ہوتے ہیں۔

مثلاً 13.5 میں v_S , v_{GS2} , v_{GS1} کی صورت میں $v_{G1} = 4 \text{ V}$ اور v_{G1} کی قیمتیں حاصل کریں۔

حل: مثلاً 13.5 میں دیکھا گیا کہ $v_{GS1} = 3.2 \text{ V}$ کرنے سے تمام کی تمام برقی رو i_{DS1} کو منتقل ہو جاتی ہے۔ Q_1 کے گیٹ پر برقی دباؤ مزید بڑھانے سے پر کوئی اثر نہیں پڑتا اور یہ $v_{GS1} = 3.2 \text{ V}$ یہ رہتی ہے۔ یوں یہ رہے گا۔ یوں

$$\begin{aligned} v_{GS1} &= v_{G1} - v_S \\ 3.2 &= 4 - v_S \end{aligned}$$

$$\text{حاصل ہوتا ہے اور یوں } v_S = 0.8 \text{ V} \quad \text{سے}$$

$$\begin{aligned} v_{GS2} &= v_{G2} - v_S \\ &= 0 - 0.8 \\ &= -0.8 \text{ V} \end{aligned}$$

ہو گا۔ اس صورت میں چونکہ $v_{GS2} < V_t$ ہے لہذا Q_2 منقطع ہو گا۔

14.5 داخلي انحرافی برقي دباؤ

مسفیٹ کے تفرقی جوڑے میں بھی ناقص پن پایا جاتا ہے۔ شکل 34.5 میں داغلہ انحرافی برقی دباؤ²⁹ تین وجوہات سے پیدا ہو سکتا ہے۔ ڈرین پر نسب مزاحمتوں میں فرق، دونوں ماسفیٹ کے $\frac{W}{L}$ میں فرق اور دونوں ماسفیٹ کے V_t میں فرق وہ تین وجوہات ہیں۔ آئیں ان کے اثر کو باری باری دیکھیں۔

$$(132.5) \quad R_{D1} = R_D + \Delta R_D \\ R_{D2} = R_D - \Delta R_D$$

کی صورت میں دونوں ماسفیٹ میں برابر برقی رو 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 کو مساوات 131.5 پیش کرتا ہے۔ صفحہ 519 پر مساوات 54.4 کے تحت ہے۔ A_d کو I_{DS} کو کہا گیا ہے۔ یہاں I کے برابر ہے۔ یہاں $g_m = \frac{2I_{DS}}{V_{GS} - V_t}$

$$A_d = g_m R_D = \left(\frac{2I}{V_{GS} - V_t} \right) R_D$$

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

$$(133.5) \quad V_{OS} = (V_{GS} - V_t) \left(\frac{\Delta R}{R} \right)$$

input offset voltage²⁹

حاصل ہوتا ہے۔

آنئں اب k_n میں فرق کے اثرات کو دیکھیں۔ تصور کریں کہ

$$(134.5) \quad \begin{aligned} \left(\frac{W}{L} \right)_1 &= \frac{W}{L} + \Delta \left(\frac{W}{L} \right) \\ \left(\frac{W}{L} \right)_2 &= \frac{W}{L} - \Delta \left(\frac{W}{L} \right) \end{aligned}$$

ہیں۔ ایسی صورت میں

$$i_{DS1} = \frac{k_{n1}}{2} (V_{GS} - V_t)^2$$

$$i_{DS2} = \frac{k_{n2}}{2} (V_{GS} - V_t)^2$$

کے مساوات کو i_{DS1} کی مساوات سے تقسیم کرتے ہوئے

$$\frac{i_{DS2}}{i_{DS1}} = \frac{\frac{k_{n2}}{2} (V_{GS} - V_t)^2}{\frac{k_{n1}}{2} (V_{GS} - V_t)^2} = \frac{k_{n2}}{k_{n1}}$$

ماتا ہے جس کے دونوں جانب ایک جمع کرتے ہوئے

$$\frac{i_{DS2}}{i_{DS1}} + 1 = \frac{k_{n2}}{k_{n1}} + 1$$

$$\frac{i_{DS2} + i_{DS1}}{i_{DS1}} = \frac{k_{n2} + k_{n1}}{k_{n1}}$$

$$\frac{2I}{i_{DS1}} = \frac{k_{n2} + k_{n1}}{k_{n1}}$$

حاصل ہوتا ہے جہاں تیرے قدم پر مساوات 121.5 کے تحت لکھا گیا۔ مندرجہ بالا مساوات کو اٹا کرتے ہوئے

$$\begin{aligned} \frac{i_{DS1}}{2I} &= \frac{k_{n1}}{k_{n2} + k_{n1}} \\ &= \frac{k'_n \left[\frac{W}{L} + \Delta \left(\frac{W}{L} \right) \right]}{k'_n \left[\frac{W}{L} - \Delta \left(\frac{W}{L} \right) + \frac{W}{L} + \Delta \left(\frac{W}{L} \right) \right]} \\ &= \frac{\left[\frac{W}{L} + \Delta \left(\frac{W}{L} \right) \right]}{2 \frac{W}{L}} \end{aligned}$$

کھا جا سکتا ہے جس سے

$$(135.5) \quad i_{DS1} = I \left[1 + \frac{\Delta \left(\frac{W}{L} \right)}{\frac{W}{L}} \right]$$

حاصل ہوتا ہے۔ مساوی 121.5 کو استعمال کرتے ہوئے

$$i_{DS2} = 2I - i_{DS1}$$

$$= 2I - I \left[1 + \frac{\Delta \left(\frac{W}{L} \right)}{\frac{W}{L}} \right]$$

۔

$$(136.5) \quad i_{DS2} = I \left[1 - \frac{\Delta \left(\frac{W}{L} \right)}{\frac{W}{L}} \right]$$

حاصل ہوتا ہے۔ ان i_{DS2} اور i_{DS1} کے استعمال سے

$$(137.5) \quad V_{OS} = (V_{GS} - V_t) \left[\frac{\Delta \left(\frac{W}{L} \right)}{\frac{W}{L}} \right]$$

حاصل ہوتا ہے۔

آخر میں دونوں ماسنیٹ کے اثرات کو دیکھتے ہیں۔ فرض کریں کہ

$$(138.5) \quad V_{t1} = V_t + \Delta V_t$$

$$V_{t2} = V_t - \Delta V_t$$

بیں۔ اس صورت میں

$$i_{DS1} = \frac{k_n}{2} (V_{GS} - V_t - \Delta V_t)^2$$

$$= \frac{k_n}{2} (V_{GS} - V_t)^2 \left(1 - \frac{\Delta V_t}{V_{GS} - V_t} \right)^2$$

$$i_{DS2} = \frac{k_n}{2} (V_{GS} - V_t + \Delta V_t)^2$$

$$= \frac{k_n}{2} (V_{GS} - V_t)^2 \left(1 + \frac{\Delta V_t}{V_{GS} - V_t} \right)^2$$

لکھا جا سکتا ہے جہاں $(V_{GS} - V_t)$ کو توصیف کے باہر لایا گیا۔ دونوں مساوات میں دوسرے جانب توصیف کھولتے ہیں۔

$$i_{DS1} = \frac{k_n}{2} (V_{GS} - V_t)^2 \left[1 - \frac{2\Delta V_t}{V_{GS} - V_t} + \left(\frac{\Delta V_t}{V_{GS} - V_t} \right)^2 \right]$$

$$i_{DS2} = \frac{k_n}{2} (V_{GS} - V_t)^2 \left[1 + \frac{2\Delta V_t}{V_{GS} - V_t} + \left(\frac{\Delta V_t}{V_{GS} - V_t} \right)^2 \right]$$

لکھا جا سکتا ہے جہاں $\left(\frac{\Delta V_t}{V_{GS} - V_t} \right)^2$ تب ہو تو $\Delta V_t \ll (V_{GS} - V_t)$ اگر یوں

$$i_{DS1} = \frac{k_n}{2} (V_{GS} - V_t)^2 \left[1 - \frac{2\Delta V_t}{V_{GS} - V_t} \right]$$

$$i_{DS2} = \frac{k_n}{2} (V_{GS} - V_t)^2 \left[1 + \frac{2\Delta V_t}{V_{GS} - V_t} \right]$$

حاصل ہوتے ہیں۔ ان مساوات میں

$$I = \frac{k_n}{2} (V_{GS} - V_t)^2$$

پر کرنے سے انہیں

$$i_{DS1} = I \left[1 - \frac{2\Delta V_t}{V_{GS} - V_t} \right]$$

$$i_{DS2} = I \left[1 + \frac{2\Delta V_t}{V_{GS} - V_t} \right]$$

لکھا جا سکتا ہے۔ یوں

$$v_{D1} = V_+ - i_{DS1} R_D$$

$$v_{D2} = V_+ - i_{DS2} R_D$$

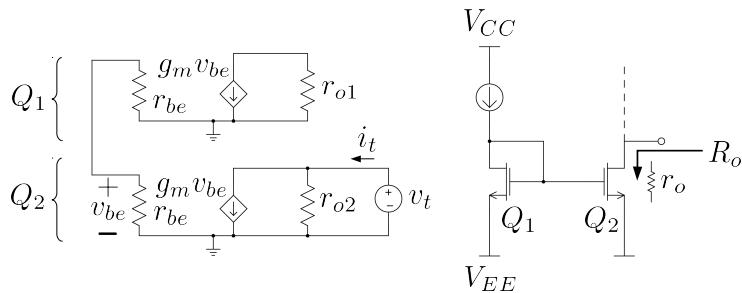
۔

$$V_O = (i_{DS1} - i_{DS2}) R_D$$

$$= -4IR_D \left(\frac{\Delta V_t}{V_{GS} - V_t} \right)$$

اور

$$(139.5) \quad V_{OS} = \frac{V_O}{A_d} = -2\Delta V_t$$

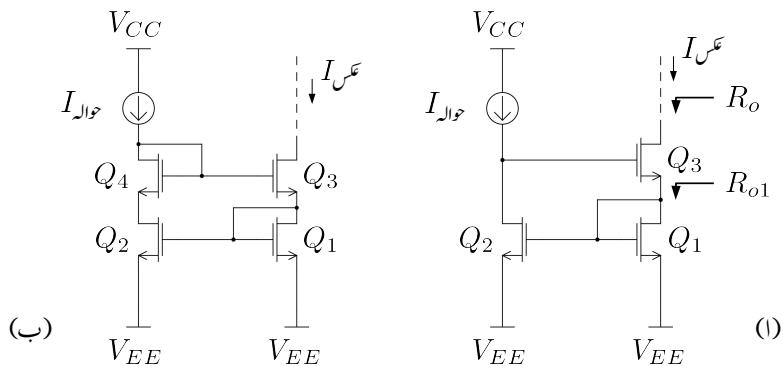


شکل 36.5: سادہ آئینہ کی خارجی مزاحمت

حاصل ہوتا ہے۔ $\Delta R_S = \Delta \left(\frac{W}{L} \right)$ اور V_{OS} کی وجہ سے پیدا v_t کو کم رکھنے کی خاطر ماسفیٹ کو کم سے کم $(V_{GS} - V_t)$ پر چلایا جاتا ہے۔ دو جوڑ ٹرانزسٹر کے تفرقی جوڑے میں داخلی انحرافی برقی دباؤ دونوں بازوں کے R_C میں فرق اور دونوں ٹرانزسٹروں کے I_S میں فرق کی بنا پر پیدا ہوتا ہے۔ ماسفیٹ کے تفرقی جوڑے میں داخلی انحرافی برقی دباؤ پیدا کرنے کی تسلی وجہ v_t بھی پائی جاتی ہے۔

15.5 ماسفیٹ آئینہ برقی رو

شکل 36.5 میں ماسفیٹ کا سادہ آئینہ برقی رو دکھایا گیا ہے جس کو دیکھتے ہی ہم کہہ سکتے ہیں کہ $R_o = r_{o2}$ کے برابر ہے۔ آئینہ یہی نتیجہ ماسفیٹ ریاضی نمونہ استعمال کرتے ہوئے حاصل کریں۔ خارجی مزاحمت حاصل کرنے کی خاطر Q_2 کے ڈرین پر باریک اشاراتی v_t لागو کرتے ہوئے i_t کا تخمینہ لگا کر $\frac{v_t}{i_t}$ سے خارجی مزاحمت R_o حاصل کیا جا سکتا ہے۔ شکل 36.5 میں دونوں ٹرانزسٹر کے ریاضی نمونہ استعمال کرتے ہوئے مساوی باریک اشاراتی مساوی دور بھی دکھایا گیا ہے۔ v_t کی عدم موجودگی میں دونوں ٹرانزسٹر کے $v_{be} = 0V$ رہتے ہیں جس کی بنا پر دونوں کے $g_m v_{be} = 0A$ ہوں گے۔ v_t لागو کرنے سے دونوں ٹرانزسٹروں کے v_{be} پر برقی دباؤ تبدیل نہیں ہوتا لہذا اب بھی دونوں کے $g_m v_{be} = 0A$ ہی ہوں گے۔ اس طرح $i_t = \frac{v_t}{r_{o2}}$ ہو گا جس سے $R_o = r_{o2}$ حاصل ہوتا ہے۔



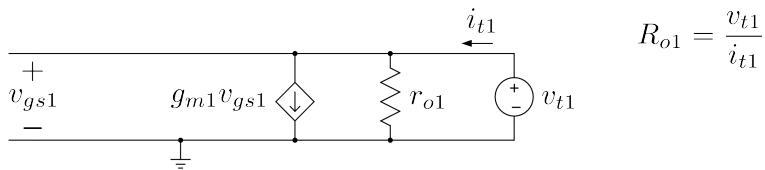
شکل 37.5: ولن آئینے کی خارجی مزاحمت

چیزے آپ جانتے ہیں کہ آئینے کی خارجی مزاحمت جتنی زیادہ ہو اتنا بہتر ہے۔ آئیں ماسفیٹ کے ولن آئینے پر غور کریں اور دیکھیں کہ اس کی خارجی مزاحمت کتنی حاصل ہوتی ہے۔

شکل 37.5 الف میں ولن آئینے برقی رو دکھایا گیا ہے۔ دو جوڑ ٹرانزسٹر سے بنائے گئے ولن آئینے میں ماسفیٹ استعمال کرنے سے یہ دور حاصل کیا گیا ہے۔ شکل 37.5 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 ارلی برقی دباؤ کا اثر ختم ہو جاتا ہے۔

خارجی مزاحمت حاصل کرنے کی خاطر شکل 37.5 الف میں Q_3 کے ڈرین پر v_t لے لگو کرتے ہوئے i_t کا تخمینہ لگاتے ہیں۔ خارجی مزاحمت ان دونوں کی شرح کو کہتے ہیں۔ آئیں پہلے Q_1 پر غور کریں۔

صفحہ 444 پر شکل 132.3 میں دو جوڑ ٹرانزسٹر کے لکلٹر اور بیس میں جوڑ کر ڈایوڈ حاصل کیا گیا ہے۔ شکل 37.5 الف میں Q_1 کو اسی طرز پر جوڑا گیا ہے۔ آئیں شکل 37.5 الف میں Q_1 کا خارجی مزاحمت R_{o1} حاصل کریں۔ R_o حاصل کرنے کی خاطر Q_1 کے ڈرین پر v_{t1} لے لگو کرتے ہوئے i_t کا تخمینہ لگاتے ہیں۔ شکل 38.5 میں ایسا کرتے ہوئے Q_1 کا باریک اشاراتی مساوی دور بنایا گیا ہے۔ چونکہ ڈرین اور گیٹ آپس میں جڑے



شکل 38.5: ماسفیٹ بطور ڈائوڈ

ہیں لہذا $v_{gs1} = v_t$ ہے۔ یوں

$$\begin{aligned} i_{t1} &= g_{m1}v_{gs1} + \frac{v_{t1}}{r_{o1}} \\ &= g_{m1}v_{t1} + \frac{v_{t1}}{r_{o1}} \end{aligned}$$

لکھتے ہوئے

$$(140.5) \quad R_{o1} = \frac{v_{t1}}{i_{t1}} = \frac{r_{o1}}{1 + g_{m1}r_{o1}}$$

حاصل ہوتا ہے۔ $\gg 1 \gg g_{m1}r_{o1}$ کی بنا پر اس مساوات کو

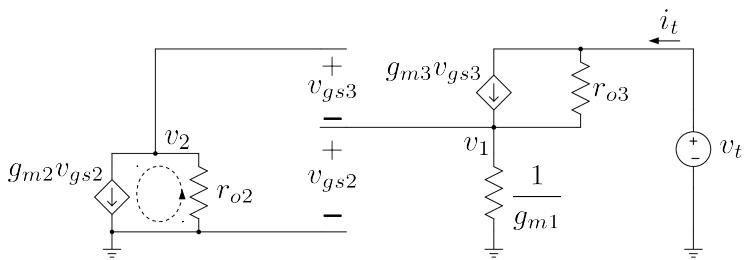
$$(141.5) \quad R_{o1} \approx \frac{1}{g_{m1}}$$

لکھا جا سکتا ہے۔ اس مساوات کے تحت ڈائوڈ کے طرز پر جڑے ماسفیٹ کو مزاحمت تصور کیا جا سکتا ہے۔ یہ ایک اہم اور عمومی نتیجہ ہے۔

شکل 37.5 الف میں Q_1 کی جگہ مزاحمت $\frac{1}{g_{m1}}$ جبکہ بقیا ٹرانزسٹروں کے ریاضی نمونہ استعمال کرتے ہوئے شکل 39.5 حاصل ہوتا ہے۔ یہاں رک کر تسلی کر لیں کہ یہی مساوی دور ہے۔

شکل 39.5 میں Q_1 کے ڈرین پر بر قی دباؤ کو v_1 کہا گیا ہے۔ تمام کی تمام i_t مزاحمت سے گزرتی ہے لہذا $i_t = g_{m1}v_1$ کے برابر ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ v_1 دراصل v_{gs2} ہے لہذا

$$(142.5) \quad v_{gs2} = v_1 = \frac{i_t}{g_{m1}}$$



شکل 39.5: ماسفیٹ و لسن آئینے کا باریک اشاراتی مساوی دور

لکھا جا سکتا ہے۔ یوں Q_2 کے ریاضی نمونہ میں

$$g_{m2}v_{gs2} = \frac{g_{m2}i_t}{g_{m1}}$$

کے برابر ہو گا۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ یہی برقی رو r_{o2} میں برقی زمین سے جوڑ v_2 کی جانب روائی ہے۔ یوں

$$v_2 = -\frac{g_{m2}r_{o2}i_t}{g_{m1}}$$

کے برابر ہے۔ چونکہ $v_{gs3} = v_2$ یہی ہے لہذا

$$(143.5) \quad v_{gs3} = -\frac{g_{m2}r_{o2}i_t}{g_{m1}}$$

کے برابر ہے۔ یوں کرخوف کے قانون برائے برقی رو کی مدد سے

$$\begin{aligned} i_t &= g_{m3}v_{gs3} + \frac{v_t - v_1}{r_{o3}} \\ &= -\frac{g_{m2}g_{m3}r_{o2}i_t}{g_{m1}} + \frac{v_t - g_{m1}i_t}{r_{o3}} \end{aligned}$$

لکھا جا سکتا ہے جہاں دوسری قدم پر مساوات 142.5 اور مساوات 143.5 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

$$(144.5) \quad R_o = \frac{v_t}{i_t} = r_{o3} + \frac{g_m 2 g_m 3 r_{o2} r_{o3}}{g_{m1}} + g_{m1}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اگر تمام ماسفیٹ بالکل یکساں ہوں تو $r_{o2} = r_{o3} = r_o$ اور $g_{m1} = g_{m2} = g_{m3} = g_m$ اور بہت بڑی ہے لہذا پہلی اور آخری اجزاء کو نظر انداز کرتے ہوئے

$$(145.5) \quad R_o \approx g_m r_o^2$$

حاصل ہوتا ہے۔

منج دباؤ کے اثرات سے آزاد منج رو 1.15.5

مختلف آئینہ برقی رو پر تبصرے کے دوران یہ تصور کیا گیا کہ جواہ I ایک مستقل مقدار ہے جس پر منج دباؤ V_{EE} اور V_{CC} کا کوئی اثر نہیں۔ آئینے ایک ایسے منج رو³⁰ پر غور کریں جس کی پیدا کردہ برقی رو پر V_+ وغیرہ کا کوئی اثر نہیں ہوتا۔ ایسے منج رو کو شکل 40.5 میں دکھایا گیا ہے۔

تمام ماسفیٹ کو افزائندہ تصور کریں۔ Q_3 اور Q_4 مل کر منج برقی رو بناتے ہیں جسے اب تک ہم دیکھتے آ رہے ہیں۔ Q_3 اور Q_4 بالکل یکساں ہیں۔ یوں $I_{D1} = I_{D2}$ ہو گا۔ آئینے اب Q_2 اور Q_1 پر غور کریں۔ Q_1 کا برقی رو I_{D1} ہی ہے۔ اسی طرح Q_2 کا برقی رو I_{D2} ہی ہے۔ یوں

$$I_{D1} = \frac{k'_n}{2} \left(\frac{W}{L} \right)_1 (V_{GS1} - V_t)^2$$

$$I_{D2} = \frac{k'_n}{2} \left(\frac{W}{L} \right)_2 (V_{GS2} - V_t)^2$$

ان دونوں برقی رو کو برابر لکھتے ہوئے

$$(146.5) \quad \frac{k'_n}{2} \left(\frac{W}{L} \right)_1 (V_{GS1} - V_t)^2 = \frac{k'_n}{2} \left(\frac{W}{L} \right)_2 (V_{GS2} - V_t)^2$$

current source³⁰

حاصل ہوتا ہے۔ ساتھ ہی ساتھ شکل کو دیکھتے ہوئے ہم لکھ سکتے ہیں

$$(147.5) \quad V_{GS1} = V_{GS2} + I_{D2}R$$

مساوات 147.5 کو مساوات 146.5 میں پڑ 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 جزر لیتے ہوئے

$$\sqrt{\left(\frac{W}{L} \right)_1} (V_{GS2} + I_{D2}R - V_t) = \sqrt{\left(\frac{W}{L} \right)_2} (V_{GS2} - V_t)$$

۔

$$R = \frac{V_{GS2} - V_t}{I_{D2}} \left[\sqrt{\frac{\left(\frac{W}{L} \right)_2}{\left(\frac{W}{L} \right)_1}} - 1 \right]$$

حاصل ہوتا ہے۔ I_{D2} کی مساوات سے

$$V_{GS2} - V_t = \sqrt{\frac{I_{D2}}{\frac{k_n}{2}}}$$

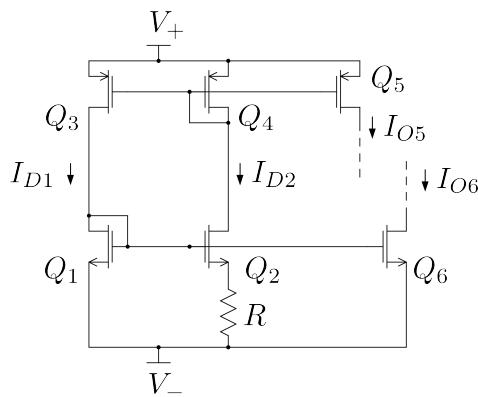
لکھا جا سکتا ہے۔ یوں

$$(148.5) \quad R = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{k_n} I_{D2}} \left[\sqrt{\frac{\left(\frac{W}{L} \right)_2}{\left(\frac{W}{L} \right)_1}} - 1 \right]$$

حاصل ہوتا ہے۔ اس قیمت کی مزاحمت اس بات کو یقین بنائے گی کہ $I_{D1} = I_{D2}$ ہوں گے۔ چونکہ $R \geq 0$ ہوتا ہے اہذا

$$\left(\frac{W}{L} \right)_2 \geq \left(\frac{W}{L} \right)_1$$

ہو گا۔ Q_1 کے بر قی رو کے عکس لینے کی خاطر V_{GS1} بر قی دباؤ مزید ماسفیٹ کو دیا جاتا ہے۔ شکل میں یوں Q_6 سے عری I حاصل کیا گیا ہے جسے I_{O6} سے ظاہر کیا گیا ہے۔ اسی



شکل 40.5: منع دباؤ کے اثرات سے پاک منع رو

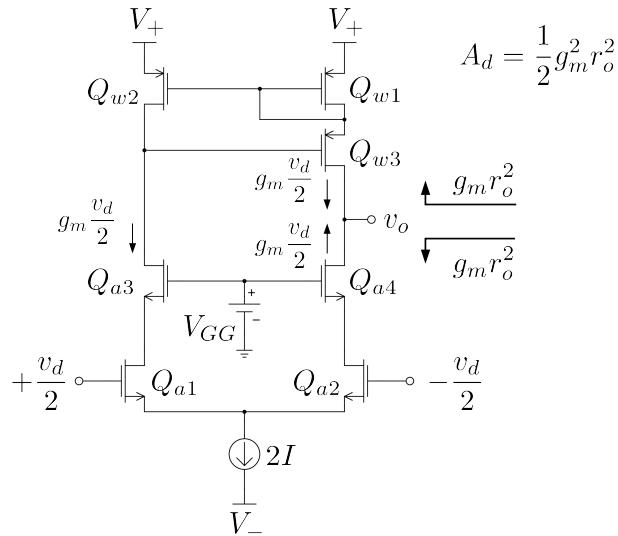
طرح Q_4 کے برقی رو کے عکس لینے کی خاطر V_{GS4} برقی دباؤ مزید ماسفیٹ کو دیا جاتا ہے۔ شکل میں یوں Q_5 سے عمل I حاصل کیا گیا ہے جسے ظاہر کیا گیا ہے۔

I_{D1} اور I_{D2} اس وقت تک V_+ اور V_- کے اثرات سے آزاد رہتے ہیں جب تک Q_3 اور Q_1 افزائندہ رہیں۔ یاد رہے کہ Q_1 کا گیٹ اور اس کا ڈرین آپس میں جڑے ہیں لہذا یہ ہر صورت افزائندہ ہی رہتا ہے۔ اسی طرح Q_4 کا گیٹ اور ڈرین بھی آپس میں جڑے ہیں لہذا یہ ماسفیٹ بھی ہر صورت افزائندہ ہی رہتا ہے۔

اور Q_4 کا

16.5 ماسفیٹ کیسکوڈ ترقی ایکلیپس فار

شکل 41.5 میں ماسفیٹ سے بنایا گیا کیسکوڈ ترقی ایکلیپس فار دکھایا گیا ہے جس میں وسن آئینے کو بطور برقی بوجھ استعمال کیا گیا ہے۔ وسن آئینے کی خارجی مراحت گزشتہ حصے میں حاصل کی گئی۔ آئین کیسکوڈ کی خارجی مراحت بھی حاصل کریں۔ ایسا کرنے کی خاطر Q_{a4} کے ڈرین پر v_t مہیا کرتے ہوئے i_t کا تحفیظ لگائیں گے۔ $\frac{v_t}{i_t}$ خارجی مراحت ہو گا۔



شکل 41.5: ماسفیٹ کیکوڈ تفریقی ایمپلیفیاٹر

شکل 42.5 میں کیکوڈ ایمپلیفیاٹر کا مطلوبہ حصہ دکھایا گیا ہے۔ ساتھ ہی دونوں ماسفیٹ کے باریک اشارتی ریاضی نمونہ استعمال کرتے ہوئے مساوی دور بھی بنایا گیا ہے جہاں تفریقی داخلی اشارہ $v_d = 0$ رکھا گیا ہے۔ چونکہ Q_{a2} کا سورس اور گیٹ دونوں بر قی زمین پر ہیں لہذا $v_{gs2} = 0$ ہے۔ یوں $g_{m2}v_{gs2} = 0$ ہو گا۔ اس طرح Q_{a2} کی جگہ صرف r_{o2} نسب کیا جا سکتا تھا۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ تمام کی تمام کی گزرتی ہے لہذا $v_1 = i_t r_{o2}$ کے برابر ہے۔ شکل سے صاف ظاہر ہے کہ $v_{gs4} = -v_1$ ہے یوں

$$(149.5) \quad v_1 = i_t r_{o2}$$

$$v_{gs4} = -i_t r_{o2}$$

لکھا جا سکتا ہے۔ کرخوف کے قانون برائے برقی رو کی 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 جہاں دوسری قدم پر مساوات 149.5 کا سہارا 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

$$(150.5) \quad R_o = \frac{v_t}{i_t} = r_{o4} + g_{m4} r_{o2} r_{o4} + r_{o2}$$

حاصل ہوتا ہے جہاں درمیانی جزو بقایا دو اجزاء سے بہت بڑی ہے لہذا پہلی اور تیسرا جزو کو نظر انداز کیا جا سکتا ہے۔ ساتھ ہی ساتھ اگر تمام ماسیفیٹ بالکل یکساں ہوں تو $r_{o2} = r_o$ اور $g_{m2} = g_{m4} = g_m$

$$(151.5) \quad R_o = g_m r_o^2$$

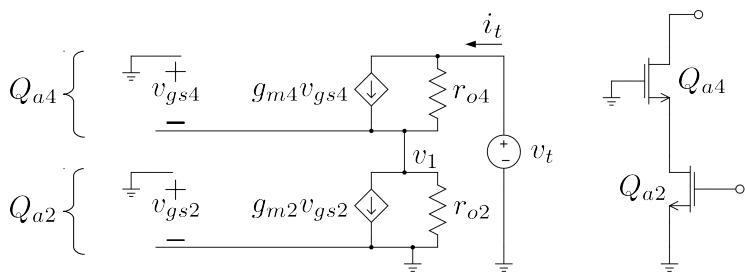
حاصل ہوتا ہے۔ شکل 41.5 میں اس خارجی مزاحمت کو دکھایا گیا ہے۔ کیسکوڈ تفرقی جوڑے کی خارجی مزاحمت اور ولسن آئینے کی خارجی مزاحمت آپس میں متوازی جڑے ہیں لہذا ان کا مجموعہ $\frac{g_m r_o^2}{2}$ ہو گا۔ یوں کیسکوڈ تفرقی ایکلینیک کا خارجی اشارہ

$$v_o = \left(g_m \frac{v_d}{2} + g_m \frac{v_d}{2} \right) \left(g_m r_o^2 \right)$$

ہو گا جس سے

$$(152.5) \quad A_d = \frac{1}{2} g_m^2 r_o^2$$

حاصل ہوتا ہے۔



شکل 42.5: ماسفیٹ کیکوڈ کا خارجی مزاحمت

سوالات

سوال 1.5: شکل 1.5 میں $I = 0.5 \text{ mA}$, $V_{EE} = -10 \text{ V}$, $V_{CC} = 10 \text{ V}$ اور v_0 کی صورت میں $v_{B1} = v_{B2} = -2 \text{ V}$ ہے۔ $\alpha = 0.97$ اور $R_C = 15 \text{ k}\Omega$ حاصل کریں۔ مشترکہ اشارے کی بلند تر قیمت حاصل کریں۔

جواب: $V_{CM} \leq 3.15 \text{ V}$, 0 V

سوال 2.5: شکل 1.5 میں $I = 0.25 \text{ mA}$, $V_{EE} = -10 \text{ V}$, $V_{CC} = 10 \text{ V}$ اور v_0 کی صورت میں $v_{B2} = -3.1 \text{ V}$ اور $v_{B1} = -2 \text{ V}$ ہے۔ $\alpha = 0.97$ اور $R_C = 15 \text{ k}\Omega$ حاصل کریں۔

جواب: 7.35 V

سوال 3.5: مساوات 18.5 حاصل کریں۔

سوال 4.5: مساوات 2.5 میں v_0 کی صورت میں $v_{B2} = -2.101 \text{ V}$ اور $v_{B1} = -2.1 \text{ V}$ ہے۔ i_{DS2} کو i_{DS1} پر تقسیم کرتے ہوئے مساوات 136.5 حاصل کریں۔

سوال 5.5: مساوات 24.5 حاصل کریں۔

سوال 6.5: مساوات 136.5 کو i_{DS1} کو i_{DS2} پر تقسیم کرتے ہوئے مساوات 24.5 حاصل کریں۔

سوال 7.5: مساوات 137.5 حاصل کریں۔

سوال 8.5: اگر شکل 23.5 میں Q_{11} کا لبریزی برقی رو $4 \times I_S$ ہو تو $v_O = 0V$ حاصل کرنے کے لئے درکار R_{B8} حاصل کریں۔

جواب: $25.2 \text{ k}\Omega$

سوال 9.5: شکل 23.5 میں تمام ٹرانزسٹر کا $V_{EE} = -15V$ ، $V_{CC} = 15V$ ہے۔ تمام ٹرانزسٹر کا $I_{C5} = 1 \text{ mA}$ درکار ہے۔ R_{C9} کا شامل کرتے ہوئے $\beta = 100$ کا Q_9 حاصل کرنے کی خاطر R_{C2} حاصل کریں۔ $V_{C5} = 10V$ ۔ $V_{C2} = V_{C3} = 7.5V$ حاصل کرنے کی خاطر R_{E7} حاصل کریں۔ $I_{C7} = 0.5 \text{ mA}$ کے لئے درکار R_{E7} حاصل کریں۔ $v_O = 0V$ ۔ R_{C5} حاصل کرنے کے لئے درکار R_{E8} اور R_{B8} حاصل کریں۔ اور $I_{E8} = 6 \text{ mA}$ حاصل کرنے کے لئے درکار R_{B8} اور R_{E8} حاصل کریں۔

جوابات: $R_{E7} = 8.6 \text{ k}\Omega$ ، $R_{C5} = 3.33 \text{ k}\Omega$ ، $R_{C2} = 4.2857 \text{ k}\Omega$ ، $R_{C9} = 28.6 \text{ k}\Omega$ ، $R_{E8} = 2.5 \text{ k}\Omega$ اور $R_{B8} = 31.4 \text{ k}\Omega$

سوال 10.5: سوال 9.5 میں R_{C5} کی کس قیمت پر Q_5 غیر افزائندہ ہو جائے گا۔ یاد رہے کہ ٹرانزسٹر اس وقت غیر افزائندہ ہوتا ہے جب اس کا $V_{CB} \leq 0.5V$ ہو۔

جواب: $5.333 \text{ k}\Omega$

سوال 11.5: سوال 9.5 میں چاروں ایپلینیٹر کے داخلی مزاحمت حاصل کریں۔

جوابات: $2 \text{ M}\Omega$ ، $3.33 \text{ k}\Omega$ ، $860 \text{ k}\Omega$ اور $250 \text{ k}\Omega$

سوال 12.5: سوال 9.5 میں تمام ترقی ایپلینیٹر کی افزائش حاصل کرتے ہوئے گل افزائش A_d حاصل کریں۔

جوابات: $A_d = 4380 \frac{\text{V}}{\text{V}}$ ، $1 \frac{\text{V}}{\text{V}}$ ، $-3.65 \frac{\text{V}}{\text{V}}$ ، $-100 \frac{\text{V}}{\text{V}}$ ، $12 \frac{\text{V}}{\text{V}}$

سوال 13.5: سوال 9.5 میں $v_d = 200 \mu\text{V}$ ہے۔ پہلے، دوسرے، تیسرا اور چوتھے ترقی ایپلینیٹر کے خارجی اشارے دریافت کریں۔

جواب: 0.876 V ، 0.876 V ، 0.24 V ، 2.4 mV

سوال 14.5: سوال 9.5 میں A_i حاصل کرتے ہوئے A_d کی قیمت حاصل کریں۔

سوال 15.5: صفحہ 649 پر شکل 29.5 ب میں $R_E = 12 \text{ k}\Omega$ جبکہ $R_o = 10 \text{ k}\Omega$ ہیں۔ عزیز I حاصل کریں۔

جواب: $I_{\text{خواہ}} = 0.83 \text{ mA}$ اور $I_{\text{عزیز}} = 9.3 \mu\text{A}$ حاصل ہوتے ہیں۔ اس جواب کو گراف کی مدد سے با آسانی حاصل کیا جا سکتا ہے۔ اس کے علاوہ بار بار حل کرتے ہوئے بہتر سے بہتر جواب حاصل کرتے ہوئے بھی جواب حاصل کیا جا سکتا ہے۔

سوال 16.5: صفحہ 650 پر شکل 30.5 اف میں ولن آئینہ دکھایا گیا ہے۔ ٹرانزسٹر کا $\beta = 100$ جبکہ ارلی برتنی دباؤ $V_A = 150 \text{ V}$ ہے۔ $I_{\text{خواہ}} = 1.5 \text{ mA}$ کی صورت میں خارجی مزاحمت R_o حاصل کریں۔

$$\text{جواب: } R_o = 5 \text{ M}\Omega, r_o = 100 \text{ k}\Omega$$

سوال 17.5: صفحہ 672 پر شکل 36.5 میں ماسیٹ ولن آئینہ دکھایا گیا ہے۔ $V_A = 50 \text{ V}$ اور $k_n = 0.4 \frac{\text{mA}^2}{\text{V}}$ لیتے ہوئے $I_{DS} = 1.5 \text{ mA}$ پر آئینے کی خارجی مزاحمت R_o اور افزائش A_d حاصل کریں۔

$$\text{جواب: } A_d = 666 \frac{\text{V}}{\text{V}}, R_o = 1.22 \text{ M}\Omega$$

سوال 18.5: صفحہ 656 پر شکل 33.5 میں تفرقی کیکوڈ اینپلیفائر دکھایا گیا ہے۔ اگر $v_d = 0.00002 \sin \omega t$ اور $V_A = 200 \text{ V}$ اور $\beta = 100$ ہوں تب A_d کی قیمت کیا ہو گی؟ اگر v_o کیا ہو گا؟

$$\text{جوابات: } v_o = 5.34 \sin \omega t, A_d = 267 \frac{\text{kV}}{\text{V}}$$

باب 6

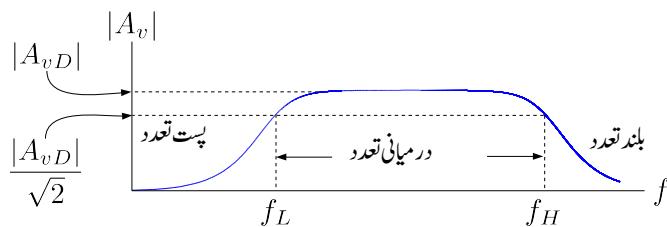
ایمپلیفائر کا تعددی رد عمل اور فلٹر

1.6 پست تعددی رد عمل

ٹرانزسٹر باب کے حصہ 6.10.3 میں ایمپلیفائر میں کپیسٹر کا استعمال دکھایا گیا جہاں کپیسٹر کی قیمت لاحدہ تصور کرتے ہوئے ادوار حل کئے گئے۔ اس باب میں کپیسٹر کے کردار پر تفصیلی بحث کی جائے گی اور اس کی قیمت تعین کرنا سکھایا جائے گا۔

اس باب میں افراش کی حقیقی قیمت $|A|$ کو افراش ہی پکارا جائے گا۔ جہاں وضاحت کی ضرورت ہو وہاں اسے افراش کی حقیقی قیمت کہہ کر پکارا جائے گا۔ ٹرانزسٹر ایمپلیفائر کی افراش A_v (یا A_i) کے حقیقی قیمت کی تعدادی رو عمل عموماً شکل 1.6 کے طرز پر ہوتی ہے۔ ایسا خط عموماً لوگاریتم لوگاریتم¹ محدود پر کھینچا جاتا ہے۔ ایمپلیفائر کی زیادہ سے زیادہ افراش A_{vD} (یا A_{iD}) درمیانی تعداد پر رونما ہوتی ہے جبکہ بہت کم اور بہت زیادہ تعداد پر اس کی قیمت لگٹ جاتی ہے۔ شکل میں f_L اور f_H دو ایسے تعداد کی وضاحت کی ہے جس پر افراش کم ہوتے ہوتے ہوئے $\frac{|A_{vD}|}{\sqrt{2}}$ (یا $\frac{|A_{iD}|}{\sqrt{2}}$) ہو جاتی ہے۔ f_L کو پست انقطعی تعداد² جبکہ f_H کو بلند انقطعی تعداد³ کہتے ہیں۔ ایمپلیفائر

log-log¹
low cut-off frequency²
high cut-off frequency³



شکل 6.1: عمومی تعدادی رد عمل

کی تعدادی رد عمل کی بات کرتے ہوئے تعداد کی تین خطے یا حدود کا عموماً ذکر ہوتا ہے جنہیں پست تعداد⁴، درمیانی تعداد⁵ اور بلند تعداد⁶ کے عدوں کہتے ہیں۔ A_{vD} لکھتے ہوئے زیر نوشت میں D اس حقیقت کو ظاہر کرتا ہے کہ افزائش کی یہ قیمت درمیانی⁸ تعداد پر پائی جاتی ہے۔ اگرچہ f_L سے کم تعداد یا f_H سے زیادہ تعداد پر بھی ایکلیپسیاٹر کو استعمال کیا جا سکتا ہے البتہ ان خطوں میں ایکلیپسیاٹر کی افزائش کم ہوتی ہے۔ اسی لئے f_L تا f_H کو ایکلیپسیاٹر کا دائرہ کارکردگہ⁹ B کہتے ہیں یعنی

$$(1.6) \quad B = f_H - f_L$$

اگر $f_H \gg f_L$ ہو تو $B \approx f_H$ لکھا جا سکتا ہے یعنی

$$(2.6) \quad B \approx f_H$$

مشترکہ ایکلیپسیاٹر کے داخلی اشارے کی رسائی عموماً بذریعہ جفت کپیسٹر C_B ¹⁰ کی جاتی ہے جبکہ اس سے خارجی اشارے کی حصولی عموماً بذریعہ جفت کپیسٹر C_C کی جاتی ہے۔ مزید یہ کہ قصر کپیسٹر C_E ¹¹ اشارے کو مزاحمت R_E کے مقابل راستہ فراہم کرتے ہوئے افزائش بڑھاتا ہے۔ اس باب کے پہلے چند حصوں میں ان کپیسٹروں کا پست القطاعی تعداد کے ساتھ تعلق پر غور کیا جائے گا۔ کم تعداد پر ان کپیسٹروں کی برقی رکاوٹ

low frequency⁴

mid frequency⁵

high frequency⁶

limits⁷

⁸ درمیانی کے پہلے حرف "D" کی آواز سے D حاصل ہے گی

band⁹

coupling capacitor¹⁰

bypass capacitor¹¹

بڑھ جاتی ہے جس کی وجہ سے A_v (A_i) کی قیمت گھٹتی ہے۔ یوں یہی بیرونی¹² کپیسٹر پست انقطاعی تعداد f_L کی قیمت تعین کرتے ہیں۔ حقیقت میں پست انقطاعی تعداد f_L کا دارومند کپیسٹر C_E پر ہوتا ہے۔ بلند تعداد پر ان تمام بیرونی کپیسٹروں کی برتنی رکاوٹ نہایت کم ہو جاتی ہے اور انہیں قصر دور تصور کیا جاتا ہے۔ مثال 10.6 میں بیرونی نسب کپیسٹر کی وجہ سے پیدا بلند انقطاعی بختہ دکھایا گیا ہے۔

ٹرانزسٹر کے $B-E$ اور $B-C$ جوڑ پر اندرونی کپیسٹر $C_{b'e}$ اور $C_{b'c}$ پائے جاتے ہیں۔ درمیانی تعداد اور اس سے کم تعداد پر ان اندرونی کپیسٹروں کی برتنی رکاوٹ اتنی زیادہ ہوتی ہے کہ انہیں کھلے دور تصور کیا جاتا ہے۔ بلند تعداد پر ان کی برتنی رکاوٹ کم ہو جاتی ہے اور انہیں نظر انداز کرنا ممکن نہیں رہتا۔ انہیں اندرونی کپیسٹروں کی وجہ سے بلند تعداد پر A_v (A_i) کی قیمت گھٹتی ہے۔ یوں اندرونی کپیسٹر بلند انقطاعی تعداد f_H کی قیمت تعین کرتے ہیں۔

کم تعداد پر ٹرانزسٹر ایکلیفائر کی افزائش حاصل کرتے وقت صرف بیرونی کپیسٹروں کو مدِ نظر رکھا جاتا ہے جبکہ اندرونی کپیسٹروں کو کھلے دور تصور کیا جاتا ہے۔ اسی طرح بلند تعداد پر صرف اندرونی کپیسٹروں کو مدِ نظر رکھا جاتا ہے جبکہ بیرونی کپیسٹروں کو قصر دور تصور کیا جاتا ہے اور درمیانی تعداد پر بیرونی کپیسٹروں کو قصر دور جبکہ اندرونی کپیسٹروں¹³ کو کھلے دور تصور کیا جاتا ہے۔

اس باب میں تمام مساوات لاپلاس¹⁴ استعمال کرتے ہوئے s کے ساتھ لکھے جائیں گے۔ سائن نما اشارات کے لئے s کی جگہ sj لکھتے ہوئے جوابات حاصل کئے جاتے ہیں۔

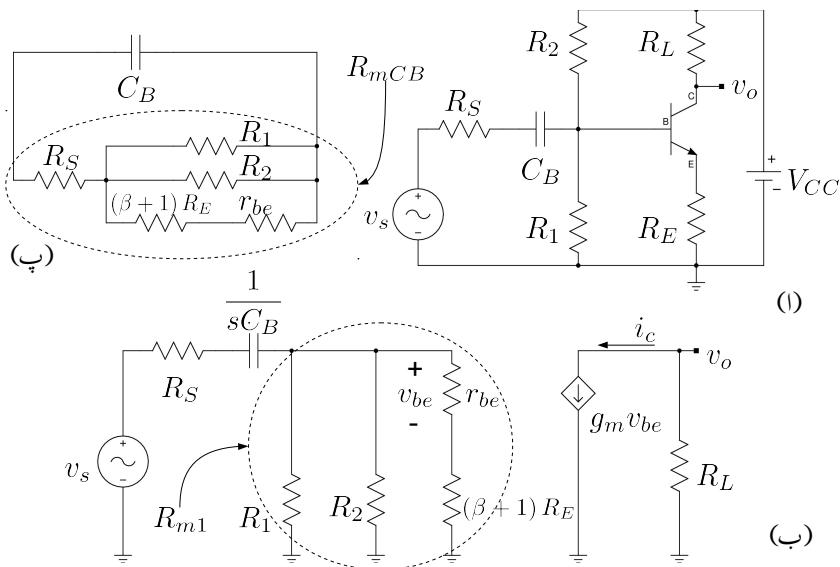
2.6 بیس سرے پر کپیسٹر C_B

ایکلیفائر استعمال کرتے وقت اس کے داخلی اور خارجی جانب مختلف چیزیں جوڑی جا سکتی ہیں مثلاً لاوڈ سپیکر یا دوسرا ایکلیفائر۔ ایسی بیرونی اشیاء جوڑتے وقت یہ ضروری ہے کہ ٹرانزسٹر کا

¹² C_C, C_E, C_B ، غیرہ بیرونی کپیسٹر ہیں جنہیں ٹرانزسٹر کے ساتھ جوڑا جاتا ہے

¹³ ٹرانزسٹر ریاضی مونے میں پائے جانے والے کپیسٹر مثلاً $C_{b'e}$ وغیرہ ٹرانزسٹر کے اندرونی کپیسٹر ہیں

Laplace transform¹⁴



شکل 2.6: کپیسٹر C_B کا کردار

نقطہ کار کر دگی اپنی جگہ برقرار رہے۔ کپیسٹر یک سمتی برقی رو کے لئے کھلے سرے کردار ادا کرتا ہے لہذا کپیسٹر کے ذریعہ ایکلیفیاٹ کو داخلی جانب اشارہ فراہم کرنے یا ایکلیفیاٹ کے خارجی جانب سے کپیسٹر کے ذریعہ اشارہ حاصل کرنے سے ٹرانزسٹر کے نقطہ کار کر دگی پر کوئی اثر نہیں ہوتا۔ شکل 2.6 الف میں ایسا ہی کرتے ہوئے کپیسٹر C_B کے ذریعہ داخلی اشارے کو ایکلیفیاٹ تک پہنچایا گیا ہے۔ C_B پر توجہ رکھنے کی خاطر شکل میں C_E اور C_C نہیں استعمال کئے گئے۔ شکل 2.6 ب میں اسی کا مساوی باریک اشاراتی دور دکھایا گیا ہے جہاں نقطہ دار دائیں میں بند کل مزاحمت کو لکھا گیا ہے یعنی R_{m1}

$$\frac{1}{R_{m1}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{r_{be} + (\beta + 1) R_E}$$

شکل ب کے لئے لکھا جا سکتا ہے۔

$$\begin{aligned} A_v &= \left(\frac{v_o}{i_c} \right) \left(\frac{i_c}{v_{be}} \right) \left(\frac{v_{be}}{v_b} \right) \left(\frac{v_b}{v_s} \right) \\ &= (-R_L) (g_m) \left(\frac{r_{be}}{r_{be} + (\beta + 1)R_E} \right) \left(\frac{R_{m1}}{R_S + \frac{1}{C_B} + R_{m1}} \right) \\ &= (-R_L) (g_m) \left(\frac{r_{be}}{r_{be} + (\beta + 1)R_E} \right) \left(\frac{s R_{m1} C_B}{s (R_S + R_{m1}) C_B + 1} \right) \end{aligned}$$

مندرجہ بالا مساوات میں $j\omega$ کو s لکھا گیا ہے۔ مساوات کے آخری توسین میں کسر کے اوپر والے حصے سے $R_{m1} C_B$ اور اس کے بچلے حصے سے $(R_S + R_{m1}) C_B$ باہر نکلتے 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 2.6 پ میں وضاحت کی گئی ہے کہ v_s کو قصر دور تصور کرتے ہوئے، C_B کے موازی کل مزاحمت کی قیمت $(R_S + R_{m1})^{15}$ لکھتے ہے جسے R_{mCB} ہوئے اس مساوات کو یوں لکھا جا سکتا ہے۔

$$(3.6) \quad A_v = -R_L g_m \left(\frac{r_{be}}{r_{be} + (\beta + 1)R_E} \right) \left(\frac{R_{m1}}{R_S + R_{m1}} \right) \left(\frac{s}{s + \frac{1}{R_{mCB} C_B}} \right)$$

اگر اس مساوات میں تعدد ω کی قیمت بدرجہ بڑھائی جائے تو آخری توسین کی قیمت ایک (1) نکل پہنچنے کی کوشش کرے گی۔ اگرچہ اس مساوات کو حاصل کرنے کی خاطر ٹرانزسٹر کا پست تعدد ریاضی نمونہ استعمال کیا گیا تھا 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 لامحدود کر دی جاتی 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 مراد موازی مزاحمت یہ ہے CB سے مراد کپیٹر ہے

حاصل ہوتا ہے جسے درمیانی تعداد کے افزائش کہتے ہیں۔

$$(4.6) \quad A_{vD} = A_v \Bigg|_{\omega \rightarrow \infty} = -R_L g_m \left(\frac{r_{be}}{r_{be} + (\beta + 1) R_E} \right) \left(\frac{R_{m1}}{R_S + R_{m1}} \right)$$

کو نکلی محدود کے طرز پر یوں لکھا جا سکتا ہے۔

$$(5.6) \quad A_{vD} = |A_{vD}| \angle \theta_D$$

جہاں

$$(6.6) \quad |A_{vD}| = (R_L) (g_m) \left(\frac{r_{be}}{r_{be} + (\beta + 1) R_E} \right) \left(\frac{R_{m1}}{R_S + R_{m1}} \right)$$

$$(7.6) \quad \theta_D = \pi$$

کے برابر ہیں۔ مندرجہ بالا مساوات میں افزائش کی حقیقت جبکہ $|A_{vD}|$ افزائش کا زاویہ ہے۔ A_{vD} مساوات 3.6 کو مندرجہ ذیل طریقے سے لکھ سکتے ہیں۔

$$(8.6) \quad A_v = A_{vD} \left(\frac{s}{s + \frac{1}{R_{mCB} C_B}} \right)$$

مساوات 3.6 کو نکلی محدود کے طرز پر یوں لکھا جا سکتا ہے

$$(9.6) \quad A_v = |A_v| \angle \theta$$

جہاں

$$(10.6) \quad |A_v| = |A_{vD}| \frac{\omega}{\sqrt{\omega^2 + \left(\frac{1}{R_{mCB} C_B} \right)^2}}$$

$$\theta = -\frac{\pi}{2} - \tan^{-1} (\omega R_{mCB} C_B)$$

ہیں۔ اگرچہ مساوات 4.6 حقیقی طور پر صرف لامحدود تعداد کے لئے درست ہے لیکن جیسے آپ مثل 1.6 میں دیکھیں گے کہ درمیانی سطح کے تعداد کے لئے بھی یہی مساوات صحیح جوابات دیتا ہے۔ یوں A_{vD} کو ایکلینیکر کی درمیانی تعداد کے افزائش کہتے ہیں۔

مثال 2.6: اف میں گزشہ کئی مثالوں 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 حاصل کریں۔

.1 لا محدود

$f = 1 \text{ MHz}$.2

$f = 100 \text{ kHz}$.3

$f = 10 \text{ kHz}$.4

$f = 1 \text{ kHz}$.5

حل: یک سمیٰ تجزیہ سے مندرجہ ذیل حاصل ہوتے ہیں۔

$$g_m = 4.064 \text{ mS}$$

$$r_{be} = 44.045 \text{ k}\Omega$$

$$r_e \approx 246 \Omega$$

1. لا محدود تعداد یعنی A_{vD} کی مدد سے $f = \infty$ پر مساوات 4.6 کی مدد سے کی قیمت

$$\begin{aligned} A_{vD} &= (-75000) (0.004064) \left(\frac{44045}{44045 + 180 \times 15000} \right) \left(\frac{245238}{5000 + 245238} \right) \\ &= -4.79463 \\ &= 4.79463/\underline{\pi} \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے جہاں آخری قدم پر افزائش کو کمی محدود کے طرز پر لکھا گیا ہے۔ اس جواب کے مطابق داخلی اشارے کا جیٹھے 4.79463 گنا بڑھے گا اور اس کے زاویہ میں π ریڈین میں 180 کی تبدیلی رونما ہو گی۔

پر مساوات 8.6 کی مدد سے $1MHz .2$

$$A_v = \frac{-4.79463}{1 + \frac{1}{j \times 2 \times \pi \times 10^6 \times (5000 + 245238) \times 0.1 \times 10^{-9}}} \\ = -4.79443 - j0.03049 \\ = 4.7945 / -3.13523$$

حاصل ہوتا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ افزائش کی حقیقی قیمت لاحدہ عدد پر 4.79463 تھی جبکہ اب اس کی قیمت 4.7945 ہو گئی ہے۔ ان دو قیمتوں میں فرق کو نظر انداز کیا جا سکتا ہے۔ زاویہ -179.635 یعنی لینی تقریباً 180.36 ہے۔

پر $f = 100 kHz .3$

$$A_v = \frac{-4.79463}{1 + \frac{1}{j \times 2 \times \pi \times 100 \times 10^3 \times (5000 + 245238) \times 0.1 \times 10^{-9}}} \\ = -4.7753 - j0.30372 \\ = 4.78495 / -3.0781$$

حاصل ہوتا ہے۔ اب بھی افزائش تقریباً A_{vD} کے برابر ہے۔

پر $f = 10 kHz .4$

$$A_v = \frac{-4.79463}{1 + \frac{1}{j \times 2 \times \pi \times 10 \times 10^3 \times (5000 + 245238) \times 0.1 \times 10^{-9}}} \\ = -3.4137 - j2.1712 \\ = 4.04567 / -2.5751$$

حاصل ہوتا ہے۔ ہم دیکھتے ہیں کہ $10 kHz$ پر افزائش کی قیمت قدر کم ہو گئی ہے یعنی اس کی موجودہ قیمت A_{vD} کے 84% ہے

$$\frac{4.04567}{4.79463} \times 100 = 84\%$$

جبکہ زاویہ -147 ہے۔

$$\text{پر } f = 1 \text{ kHz . 5}$$

$$\begin{aligned} A_v &= \frac{-4.79463}{1 + \frac{1}{j \times 2 \times \pi \times 1 \times 10^3 \times (5000 + 245238) \times 0.1 \times 10^{-9}}} \\ &= -0.1157 - j0.7357 \\ &= 0.7447/-1.7268 \end{aligned}$$

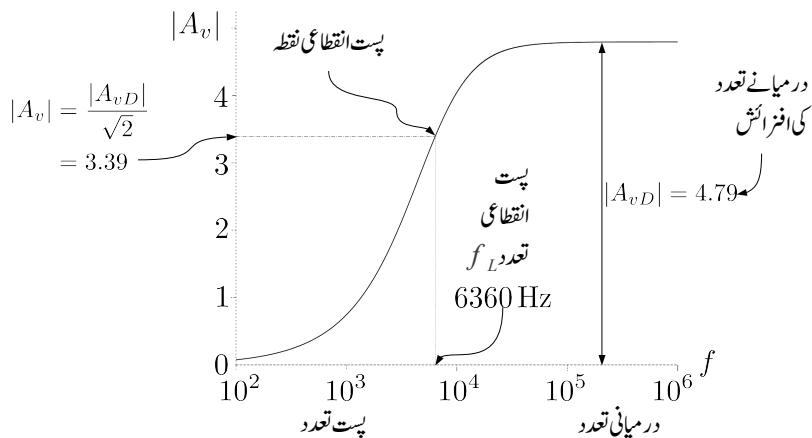
حاصل ہوتا ہے جو کہ نہایت کم افزائش ہے۔ ایک کلو ہرٹز کے تعداد پر حاصل کی گئی افزائش A_{vD} کے صرف 15% ہے۔

$$\frac{0.7447}{4.79463} \times 100 = 15\%$$

ایک کلو ہرٹز کے کم تعداد پر افزائش کا نہایت کم ہو جانا صاف ظاہر ہے۔

مندرجہ بالا مثال میں ہم نے دیکھا کہ ایک خاص حد سے زیادہ تعداد پر افزائش کی قیمت کو تقریباً A_{vD} کے برابر تصور کیا جا سکتا ہے۔ البتہ اس حد سے کم تعداد پر افزائش کی قیمت کم ہو جاتی ہے۔ بوداٹھ¹⁶ اس قسم کے معلومات کو ظاہر کرنے کا ایک نہایت عمدہ طریقہ ہے۔ موجودہ مسئلے میں افزائش بالمقابل تعداد کو بوداٹھ کے طرز پر شکل 3.6 میں کھینچا گیا ہے جہاں تعداد کو لوگارتم¹⁷ پیمانے پر دکھایا گیا ہے۔ اس شکل میں زیادہ تعداد پر افزائش تبدیل نہیں ہوتی اور $|A_{vD}|$ ہی رہتی ہے۔ حقیقت میں بلند تعداد¹⁸ پر بھی افزائش کم پڑ جاتی ہے۔ موجودہ حصے میں صرف پختہ تعداد¹⁹ پر افزائش کے کم ہونے پر غور کیا جائے گا۔ زیادہ تعداد پر افزائش کے کم ہونے پر آگے جا کر غور کیا جائے گا۔ شکل کو دیکھتے ہوئے ہم کہہ سکتے ہیں کہ کم تعداد پر یہ ایکلیفائر داخلي اشارہ کو نہیں بڑھائے گا۔ تعداد بذریعہ کم کرتے ہوئے، جس تعداد پر افزائش کی قیمت کم ہوتے ہوئے $\frac{1}{\sqrt{2}}$ کے $\frac{1}{\sqrt{2}}$ کیا ہو جائے اسی کو انقطاعی نقطہ تصور کیا جاتا ہے۔ شکل 3.6 میں $|A_{vD}|$ کے $|A_v| = \frac{|A_{vD}|}{\sqrt{2}}$ ہو جاتا ہے۔ یوں ہم کہیں گے کہ یہ ایکلیفائر پر $f = 6360 \text{ Hz}$

Bode plot¹⁶
log¹⁷
high frequency¹⁸
low frequency¹⁹



شکل 6.3: پست انقطاعی تعداد

6360 Hz سے کم تعداد کے اشارات کو نہیں بڑھاتا۔ جیسا کہ پہلے ذکر کیا گیا، زیادہ تعداد پر بھی ایکلیفیاٹ کی افزائش کم ہو جاتی ہے یوں موجودہ نقطے کا پورا نام پست انقطاعی نکتہ ہے جبکہ اس نقطے پر تعداد f_L کو پست انقطاعی تعداد²⁰ پکارا جاتا ہے۔

مساویات 10.6 سے ہم پست انقطاعی تعداد حاصل کر سکتے ہیں۔ ایسا کرنے کی خاطر اس تعداد کو ω_L لکھتے ہوئے مساویات کو $|A_v| = \frac{|A_{vD}|}{\sqrt{2}}$ (یعنی درمیانی تعداد پر افزائش کم) کے لئے حل کرتے ہیں 3 dB سے

$$\frac{|A_{vD}|}{\sqrt{2}} = |A_{vD}| \frac{\omega_L}{\sqrt{\omega_L^2 + \left(\frac{1}{R_{mCB}C_B}\right)^2}}$$

$$\frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{\omega_L}{\sqrt{\omega_L^2 + \left(\frac{1}{R_{mCB}C_B}\right)^2}}$$

low cut-off frequency²⁰

دونوں جانب کا مریع لیتے ہوئے

$$\frac{1}{2} = \frac{\omega_L^2}{\omega_L^2 + \left(\frac{1}{R_{mCB}C_B}\right)^2}$$

۔

$$(11.6) \quad \begin{aligned} \omega_L &= \frac{1}{R_{mCB}C_B} \\ f_L &= \frac{1}{2\pi R_{mCB}C_B} \end{aligned}$$

ہو۔ اس طرح مساوات 8.6 لکھنے کا بہتر انداز یوں ہے ۔

$$(12.6) \quad A_v = A_{vD} \left(\frac{s}{s + \omega_L} \right)$$

مندرجہ بالا مساوات اور شکل 2.6 کو ایک ساتھ دیکھتے ہوئے معلوم ہوتا ہے کہ f_L کی قیمت داخلی کپیٹر C_B اور اس کے ساتھ متوازی کل مزاحمت R_{mCB} پر منحصر ہے۔ مثلاً 1.6 میں یوں ہے۔

$$f_L = \frac{1}{2\pi (5000 + 245238) \times 0.1 \times 10^{-9}} = 6360 \text{ Hz}$$

حاصل ہوتا ہے۔

مثال 2.6: مندرجہ بالا مثال 1.6 میں صرف C_B کی قیمت تبدیل کرتے ہوئے ایکپلینافر کو انسانی آواز کا جیط بڑھانے کے قابل بنائیں۔

حل: انسان 20Hz تا 20kHz کی آواز سن سکتا ہے۔ اگر C_B کو 20Hz گزارنے کی غرض سے منتخب کیا جائے تو یہ اس سے زیادہ تمام تعداد کے اشارات کو بھی گزارے گا اور یوں 20kHz کے اشارے کو کوئی مسئلہ درپیش نہیں آئے گا۔ اگرچہ f_L کو 20Hz پر رکھتے ہوئے بھی C_B حاصل کیا جاتا ہے لیکن ہم جانتے ہیں کہ f_L پر افراکش کم ہو جاتی ہے لہذا ہم f_L کو درکار تعداد سے

دس گنا کم یعنی 2 Hz پر رکھتے ہوئے مساوات 11.6 کی مدد سے C_B حاصل کرتے ہیں۔

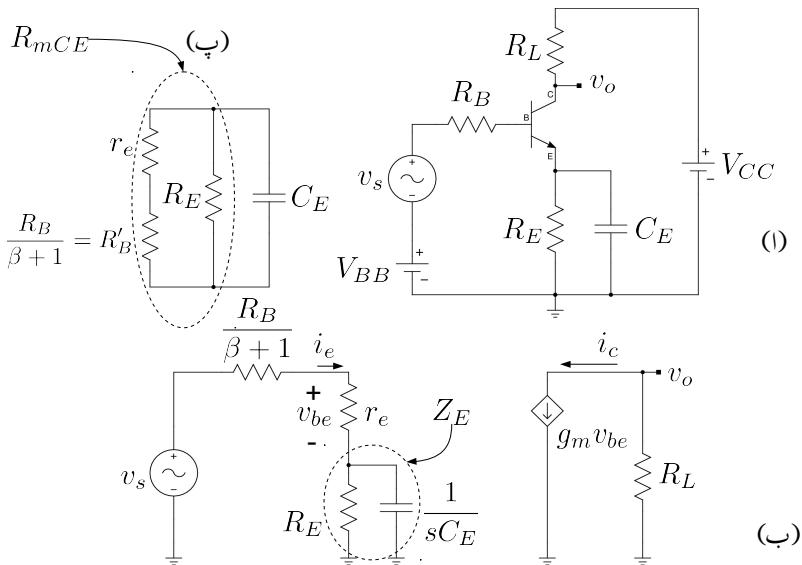
$$\begin{aligned} C_B &= \frac{1}{2\pi f_L (R_{mCB})} \\ &= \frac{1}{2\pi \times 2 \times 250238} \\ &= 0.318 \times 10^{-6} = 0.318 \mu\text{F} \end{aligned}$$

3.6 یمٹر سرے پر کپیسٹر C_E

ٹرانزیستر کا نقطہ کارکردگی تعین کرنے کے علاوہ β میں تبدیلی سے نقطہ کارکردگی میں تبدیلی رونما ہونے کو R_E کے استعمال سے کم کیا جاتا ہے۔ البتہ ایمپلیکٹر کی افزائش بڑھانے کے لئے یہ ضروری ہے کہ ٹرانزیستر کے یمٹر سرے پر کم سے کم مزاحمت ہو۔ ان دو متضاد شرائط پر پورا اترتہ دور شکل 4.6 الف میں دکھایا گیا ہے۔ چونکہ کپیسٹر C_E یک سمتی برقی رو کے لئے کھلے دور کا کردار ادا کرتا ہے لہذا اس کے استعمال سے یک سمتی متغیرات متاثر نہیں ہوتے۔ C_E کو یوں چنا جاتا ہے کہ درکار تعداد پر اس کی بر قدر رکاوٹ²¹ R_E سے کم ہو۔ چونکہ C_E مزاحمت R_E کے متوالی جڑا ہے لہذا بدلتی رو کے نقطہ نظر سے ٹرانزیستر کے یمٹر پر کل رکاوٹ R_E سے کم ہو جاتی ہے اور یوں افزائش بڑھتی ہے۔ اس حصے میں C_E پر توجہ رکھنے کی خاطر C_B اور C_C کا استعمال نہیں کیا گیا۔

شکل 4.6 ب میں شکل 4.6 الف کا مساوی باریک اشاراتی دور دکھایا گیا ہے جس سے ہم افزائش کی مساوات لکھ سکتے ہیں۔ باریک اشاراتی دور میں میں جانب کے مزاحمت کے عکس یمٹر جانب دکھائے گئے ہیں۔ جیسا کہ آپ جلتے ہیں کہ یمٹر جانب کے مزاحمت کا عکس، میں جانب $(\beta + 1)$ گنا زیادہ نظر آتا ہے جبکہ میں جانب مزاحمت کا عکس،

impedance²¹



کل C_E کا کم سرے 4.6 دار

ایکٹر جانب کم نظر آتا ہے۔ یہ میں جانب کے مزاحمت اور R_B کا کم سرے کا کم سرے کے عکس، ایکٹر جانب کے $\frac{r_{be}}{\beta+1}$ اور $\frac{R_B}{\beta+1}$ نظر آئیں گے۔

$$A_v = \left(\frac{v_o}{i_c} \right) \left(\frac{i_c}{v_{be}} \right) \left(\frac{v_{be}}{v_s} \right)$$

$$= (-R_L) (g_m) \left(\frac{r_e}{\frac{R_B}{\beta+1} + r_e + Z_E} \right)$$

جہاں

(13.6)

$$\frac{1}{Z_E} = sC_E + \frac{1}{R_E}$$

$$Z_E = \frac{1}{sC_E + \frac{1}{R_E}}$$

اور

(14.6)

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

او

(15.6)

ہیں۔ شکل ب میں v_s کو نظر انداز کرتے ہوئے C_E کے متوازی کل مراحت کو R_{mCE} لکھتے ہوئے ہم دیکھتے ہیں کہ

$$(16.6) \quad \frac{1}{R_{mCE}} = \frac{1}{R_E} + \frac{1}{\frac{R_B}{\beta+1} + r_e} = \frac{1}{R_E} + \frac{1}{R'_B + r_e}$$

کے برابر ہے۔ شکل پ میں اس مراحت کی وضاحت کی گئی ہے۔

مساوات 13.6 میں R'_B کو $\frac{R_B}{\beta+1}$ لکھتے ہوئے اور اس میں مساوات 14.6 سے Z_E کی قیمت استعمال کرتے ہوئے حل کرتے ہیں۔

$$A_v = (-R_L) (g_m) \left(\frac{r_e}{R'_B + r_e + \frac{1}{sC_E + \frac{1}{R_E}}} \right)$$

آخری قوسین کو $\left(sC_E + \frac{1}{R_E} \right)$ سے ضرب اور تقسیم کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned} A_v &= -R_L g_m r_e \left(\frac{sC_E + \frac{1}{R_E}}{(R'_B + r_e) \left(sC_E + \frac{1}{R_E} \right) + 1} \right) \\ &= -R_L g_m r_e \left(\frac{sC_E + \frac{1}{R_E}}{sC_E (R'_B + r_e) + \frac{(R'_B + r_e)}{R_E} + 1} \right) \end{aligned}$$

نچلے جانب پر 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 مساوات کے آخری قدم پر مساوات 16.6 استعمال کرتے ہوئے اسے مزید حل 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 نیچے سے باہر نکلتے ہوئے حاصل ہوتا ہے۔

$$(17.6) \quad A_v = - \left(\frac{R_L g_m r_e}{R'_B + r_e} \right) \left(\frac{s + \frac{1}{R_E C_E}}{s + \frac{1}{R_{mCE} C_E}} \right)$$

اس کو مساوات 12.6 کے طرز پر لکھتے ہیں یعنی

$$(18.6) \quad A_v = A_{vD} \left(\frac{s + \omega_1}{s + \omega_2} \right)$$

لی

$$(19.6) \quad \begin{aligned} A_v &= A_{vD} \left(\frac{j\omega + \omega_1}{j\omega + \omega_2} \right) \\ &= A_{vD} \left(\frac{j2\pi f + 2\pi f_1}{j2\pi f + 2\pi f_2} \right) \\ &= A_{vD} \left(\frac{jf + f_1}{jf + f_2} \right) \end{aligned}$$

جہاں

$$(20.6) \quad \begin{aligned} \omega_1 &= 2\pi f_1 = \frac{1}{R_E C_E} \\ \omega_2 &= 2\pi f_2 = \frac{1}{R_{mCE} C_E} \end{aligned}$$

اور

$$(21.6) \quad A_{vD} = - \left(\frac{R_L g_m r_e}{R'_B + r_e} \right)$$

کے برابر ہیں۔ کسی بھی تعداد

$$(22.6) \quad |A_v| = |A_{vD}| \frac{\sqrt{\omega^2 + \omega_1^2}}{\sqrt{\omega^2 + \omega_2^2}}$$

گل وہ

مساوat 18.6 میں ω کی قیمت کو ω_1 اور ω_2 سے بہت زیادہ تصور کرتے ہوئے افراش کی قیمت حاصل کرتے ہیں۔ اس زیادہ تعدد کو $\omega \rightarrow \infty$ تصور کرتے ہوئے

$$(23.6) \quad A_v \Big|_{\omega \rightarrow \infty} = A_{vD} \left(\frac{j\infty + \omega_1}{j\infty + \omega_2} \right) = A_{vD}$$

حاصل ہوتا ہے۔ یوں A_{vD} درمیانی تعدد پر افراش ہے۔

عموماً ایکلینیکر مساوات 33.3 کے تحت تخلیق دئے جاتے ہیں جس کے مطابق R_E کی قیمت $\frac{R_B}{(\beta+1)}$ سے بہت زیادہ ہوتی ہے۔ اگر مساوات 33.3 کے شرط کو قدر تبدیل کر کے یوں بیان کیا جائے کہ

$$(24.6) \quad R_E \gg \frac{R_B}{\beta+1} + r_e$$

تب مساوات 18.6 کا صفر²² اس کے قطب²³ سے کم تعداد پر پایا جائے گا یعنی

$$(25.6) \quad \omega_1 \ll \omega_2$$

عموماً $\frac{R_B}{\beta+1} \gg r_e$ ہوتا ہے اور یوں مساوات 24.6 اور مساوات 33.3 کو تقریباً ایک ہی شرط تصور کیا جا سکتا ہے۔ افراش $|A_v|$ اس وقت درمیانی تعدد کے $|A_{vD}|$ سے کم ہو گی جب 3 dB

$$(26.6) \quad |A_v| = |A_{vD}| \sqrt{\frac{\omega_L^2 + \omega_1^2}{\omega_L^2 + \omega_2^2}} = \frac{|A_{vD}|}{\sqrt{2}}$$

ہو۔ مندرجہ بالا مساوات میں مطلوبہ تعداد کو ω_L لکھا گیا ہے جسے حل کرتے حاصل ہوتا ہے

$$(27.6) \quad \omega_L = \sqrt{\omega_2^2 - 2\omega_1^2} \approx \omega_2$$

جہاں مساوات 25.6 کے تحت ω_1 کو نظر انداز کیا گیا ہے۔ اگر ω_2^2 کی قیمت $2\omega_1^2$ سے کم ہو تب مندرجہ بالا مساوات کے تحت $|A_v|$ کبھی بھی سے $|A_{vD}|$ کم نہیں ہو گا اور یوں ω_L نہیں پایا جائے گا۔

zero²²
pole²³

مثال 3.6: شکل 4.6 الف میں

$$\begin{aligned} V_{CC} &= 15 \text{ V} & V_{BB} &= 2.376 \text{ V} \\ R_L &= 75 \text{ k}\Omega & R_E &= 15 \text{ k}\Omega \\ R_B &= 269.3 \text{ k}\Omega & \beta &= 179 \\ C_E &= 10 \text{ nF} \end{aligned}$$

ہیں۔ $|A_v|$ کا خط کھینچیں۔

حل: ان قیتوں سے

$$I_C = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{\frac{R_B}{\beta+1} + R_E} = \frac{2.376 - 0.7}{\frac{269.3 \times 10^3}{179+1} + 15000} = 101.6 \mu\text{A}$$

$$g_m = \frac{I_C}{V_T} = \frac{101.6 \times 10^{-6}}{25 \times 10^{-3}} = 4.064 \text{ mS}$$

$$r_e = \frac{1}{4.064 \times 10^{-3}} = 246 \Omega$$

اور

$$\frac{1}{R_{mCE}} = \frac{1}{15000} + \frac{1}{\frac{269300}{179+1} + 246}$$

$$R_{mCE} = 1560.83 \Omega$$

حاصل ہوتے ہیں۔ یوں $\frac{R_B}{\beta+1} + r_e = 1742 \Omega$ مساوات 20.6 کے تحت ہے۔

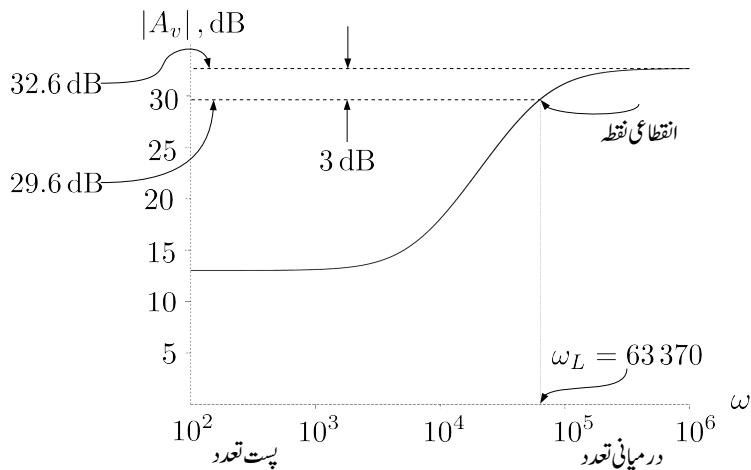
$$\omega_1 = \frac{1}{15000 \times 10 \times 10^{-9}} = 6666 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$\omega_2 = \frac{1}{1560.83 \times 10 \times 10^{-9}} = 64068 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

حاصل ہوتے ہیں۔ چونکہ $2\omega_1^2 - \omega_2^2$ کی قیمت سے زیادہ ہے لہذا مساوات 27.6 کے تحت

$$\omega_L = \sqrt{64068^2 - 2 \times 6666^2} = 63370 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$f_L = \frac{63370}{2 \times \pi} = 10 \text{ kHz}$$



$$\omega_L \text{ میں } C_E \text{ کا حاصل} : 5.6$$

حاصل ہوتا ہے۔ اگر اس مساوات میں $2\omega_1^2$ کو نظر انداز کیا جائے تب ω_L کی قیمت $64068 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$ حاصل ہوتی ہے۔ ان دو جوابات میں نہایت کم فرق ہے۔

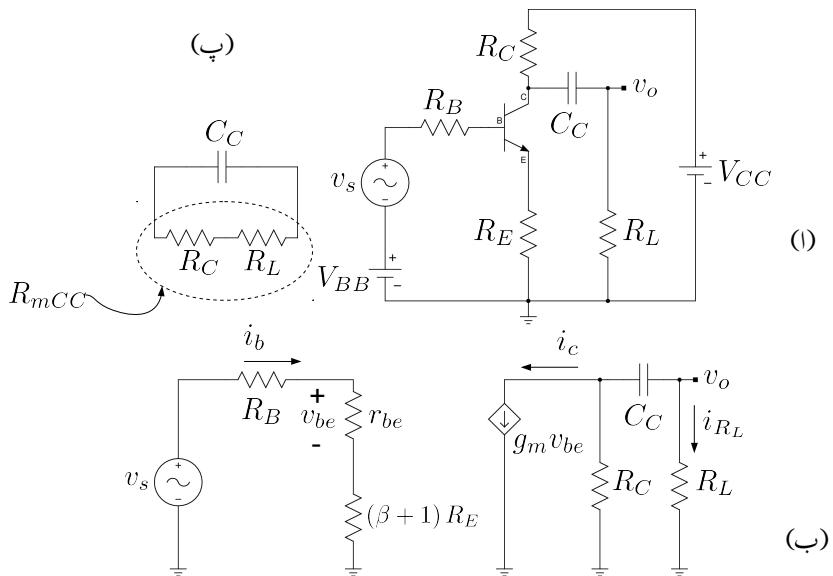
مساوات 21.6 سے درمیانی تعداد کی افزائش حاصل کرتے ہیں۔

$$A_{vD} = -\frac{75000 \times 4.064 \times 10^{-3} \times 246}{\frac{269300}{179+1} + 246} = -43 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

اور یوں کسی بھی تعداد پر افزائش کی مساوات مندرجہ ذیل ہو گی۔

$$(28.6) \quad A_v = -43 \left(\frac{s + 6666}{s + 64068} \right)$$

شکل 5.6 میں $|A_v| = 43 \sqrt{\frac{\omega^2 + 6666^2}{\omega^2 + 64068^2}}$ کا خط کھینچا گیا ہے جس میں افقی محض پر $\log \omega$ اور عمودی محض پر $20 \log |A_v|$ رکھے گئے ہیں۔ یوں عمودی محض سے افزائش کو ڈیسکریٹ²⁴ میں پڑھا جائے گا۔

شکل 6.6: کپیٹر C_C کے اثرات4.6 کلکٹر سرے پر کپیٹر C_C

ایک پلیفائر کا خارجی اشارہ کپیٹر C_C کے ذریعہ حاصل کرنے سے یک سمعتی متغیرات متاثر نہیں ہوتے۔ شکل 6.6 الف میں کلکٹر سرے سے C_C کے ذریعہ خارجی اشارے کو درکار مقام یعنی R_L تک پہنچایا گیا ہے۔ شکل 6.6 ب میں اسی کا مساوی باریک اشاراتی دور دکھایا گیا۔ سلسلہ وار جڑے Z اور C_C کا برقی رکاوٹ

$$Z = R_L + \frac{1}{sC_C}$$

ہے۔ برقی رو کے تقسیم کی مساوات سے R_C کے ساتھ متوالی جڑے برقی رکاوٹ Z میں i_{R_L} یوں حاصل کیا جائے گا۔

$$i_{R_L} = - \left(\frac{R_C}{R_C + Z} \right) i_c$$

جہاں مقنی کی علامت اس لئے پیدا ہوئی کہ i_c کی سمت i_{R_L} کے الٹ رکھی گئی۔

افراش کی مساوات یوں لکھی جائے گی۔

$$A_v = \frac{v_o}{v_s} = \left(\frac{v_o}{i_{R_L}} \right) \left(\frac{i_{R_L}}{i_c} \right) \left(\frac{i_c}{v_{be}} \right) \left(\frac{v_{be}}{v_s} \right)$$

$$= (R_L) \left(-\frac{R_C}{R_C + Z} \right) (g_m) \left(\frac{r_{be}}{R_S + r_{be} + (\beta + 1)R_E} \right)$$

مقنی کی علامت باہر نکلتے ہوئے، اسے دائیں منتقل کرتے ہیں۔

$$A_v = - (R_L) (g_m) \left(\frac{r_{be}}{R_S + r_{be} + (\beta + 1)R_E} \right) \left(\frac{R_C}{R_C + R_L + \frac{1}{sC_C}} \right)$$

$$= - \left(\frac{R_L g_m r_{be}}{R_S + r_{be} + (\beta + 1)R_E} \right) \left(\frac{sR_C}{(R_C + R_L) \left(s + \frac{1}{(R_C + R_L) C_C} \right)} \right)$$

جہاں دائیں جانب آخری کسر میں بیچے $(R_C + R_L)$ باہر نکلا گیا ہے۔ اسی کسر کے اوپر R_C اور اس کے بیچے حصے سے $(R_C + R_L)$ کو مساوات کے بائیں جانب منتقل کرتے ہوئے اسے یوں لکھا جا سکتا ہے۔

$$(29.6) \quad A_v = - \frac{R_C R_L}{R_C + R_L} \left(\frac{g_m r_{be}}{R_S + r_{be} + (\beta + 1)R_E} \right) \left(\frac{s}{s + \frac{1}{(R_C + R_L) C_C}} \right)$$

$$= A_{vD} \left(\frac{s}{s + \omega_L} \right)$$

جہاں

$$(30.6) \quad A_{vD} = A_v \Big|_{\omega \rightarrow \infty} = - \frac{R_C R_L}{R_C + R_L} \left(\frac{g_m r_{be}}{R_S + r_{be} + (\beta + 1)R_E} \right)$$

$$\omega_L = \frac{1}{(R_C + R_L) C_C}$$

کے برابر ہیں۔

5.6 بودا خطوط

ایکلیفائر کے افزائش بالمقابل تعداد کے خط کو عموماً بودا خط²⁵ کے طرز پر کھینچا جاتا ہے²⁶۔ افزائش کی حقیقت بالمقابل تعداد اور افزائش کا زاویہ بالمقابل تعداد کے خط علیحدہ کھینچے جاتے ہیں جنہیں حقیقت بالمقابل تعداد کا بودا خط اور زاویہ بالمقابل تعداد کا بودا خط پکارا جاتا ہے۔ حقیقت بالمقابل تعداد کے بودا خط میں افقی محدود پر $\log f$ یا $\log \omega$ جبکہ اس کے عمودی محدود پر $20 \log |A_v|$ رکھے جاتے ہیں۔ یوں عمودی محدود پر حقیقت دیسیہ بیلہ²⁷ میں پائی جائے گی۔ زاویہ بالمقابل تعداد کے بودا خط میں افقی محدود پر $\log f$ یا $\log \omega$ جبکہ عمودی محدود پر زاویہ θ رکھا جاتا ہے۔ بودا خطوط کو سمجھنے کی خاطر مساوات 19.6 کو مثال بناتے ہوئے افزائش کی حقیقت بالمقابل تعداد کا بودا خط کھینچتے ہیں۔ مساوات میں

$$A_{vD} = -177.8 \frac{V}{V}$$

$$f_1 = 100 \text{ Hz}$$

$$f_2 = 10 \text{ kHz}$$

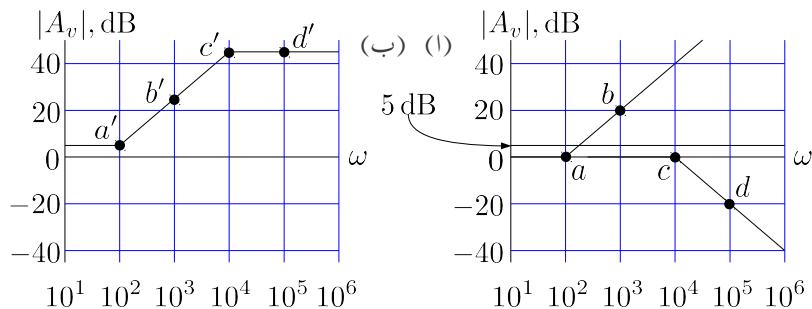
لیتے ہوئے یہاں دوبارہ پیش کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned} A_v &= A_{vD} \left(\frac{jf + f_1}{jf + f_2} \right) \\ &= A_{vD} \frac{f_1}{f_2} \left(\frac{1 + j \frac{f}{f_1}}{1 + j \frac{f}{f_2}} \right) \\ &= -177.8 \left(\frac{100}{10000} \right) \left(\frac{1 + j \frac{f}{100}}{1 + j \frac{f}{10000}} \right) \\ &= -1.778 \left(\frac{1 + j \frac{f}{100}}{1 + j \frac{f}{10000}} \right) \\ &= |A_v| e^{j\theta} \end{aligned}$$

Bode plot²⁵

²⁶ بندر کے بودا نے خط کھینچنے کے اس طرز کو دریافت کیا۔ ان خطوط کو بودا یا بودی خطوط پکارا جاتا ہے

dB²⁷



شکل 7.6: حقیقی قیمت بالقابل تعدد کے بوڈا نھط کے اجزاء

جہاں

$$(31.6) \quad |A_v| = 1.778 \frac{\sqrt{1 + \left(\frac{f}{100}\right)^2}}{\sqrt{1 + \left(\frac{f}{10000}\right)^2}}$$

$$\theta = \pi + \left(\tan^{-1} \frac{f}{100}\right) - \left(\tan^{-1} \frac{f}{10000}\right)$$

کے برابر ہیں۔ آئیں مساوات 31.6 کو استعمال کرتے ہوئے $|A_v|$ بالقابل f کا بوڈا نھط کھینچنا سیکھیں۔

$|A_v|$ کو دیسیبلز²⁸ میں لکھتے ہوئے

$$(32.6) \quad |A_v|_{dB} = 20 \log 1.778 + 20 \log \sqrt{1 + \frac{f^2}{100^2}} - 20 \log \sqrt{1 + \frac{f^2}{10000^2}}$$

حاصل ہوتا ہے۔ $|A_v|_{dB}$ کا نھط کھینچنے کی خاطر مندرجہ بالا مساوات کے تین اجزاء کے خطوط کو باری باری کھینچنے ہوئے آخر میں تمام کا سادہ مجموع حاصل کریں گے۔

ایسا کرنے کی خاطر مساوات 32.6 کو دیکھتے ہیں۔ اس کا پہلا جزو

$$20 \log 1.778 \approx 5 \text{ dB}$$

decibell²⁸

ایک مستقل مقدار ہے جس کی قیمت تعداد پر منحصر نہیں۔ اس سے 5 dB پر سیدھا افقی خط حاصل ہوتا ہے جسے شکل 7.6 الف میں دکھایا گیا ہے۔

مساوات کے دوسرے جزو کی کارکردگی نہایت کم اور نہایت زیادہ تعداد پر دیکھتے ہیں۔ نہایت کم تعداد یعنی $f \ll f_1$ پر چونکہ $\left(\frac{f}{f_1}\right)^2 \ll 1$ ہو گا لہذا اس جزو سے

$$(33.6) \quad 20 \log \sqrt{1 + \left(\frac{f}{f_1}\right)^2} \rightarrow 20 \log 1 = 0 \text{ dB}$$

حاصل ہوتا ہے۔ نہایت زیادہ یعنی $f \gg f_1$ پر چونکہ $\left(\frac{f}{f_1}\right)^2 \gg 1$ ہو گا لہذا

$$(34.6) \quad 20 \log \sqrt{1 + \left(\frac{f}{f_1}\right)^2} \rightarrow 20 \log \sqrt{\left(\frac{f}{f_1}\right)^2} = 20 \log \frac{f}{100} \text{ dB}$$

حاصل ہوتا ہے جہاں آخری قدم پر $f_1 = 100$ کا استعمال کیا گیا ہے۔

$20 \log \frac{f}{100}$ کی قیمت $100, 1000, 10000$ اور 100000 کے تعداد پر $0, 20, 40$ اور 60 ڈیبیل حاصل ہوتی ہے۔ اس حقیقت کو یوں بیان کیا جاسکتا ہے کہ تعداد دس گتار کرنے سے افواٹش 20 dB بڑھتی ہے یا کہ افواٹش 20 dB فی دہائی کے شرح سے بڑھتی ہے۔ افقی محور پر تعداد کا لوگاریتم لیتے ہوئے ان قیمتیں کے استعمال سے خط کھینچا گیا ہے۔ یہ خط تعداد کے محور کو f_1 یعنی $\log(100) = 2$ 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 مقام پر نقطے لگا کر انہیں سیدھی لکیر سے جوڑتے ہوئے حاصل کیا جاتا ہے۔

شکل 7.6 الف میں $(f_1, 0 \text{ dB})$ یعنی $(10^2, 0 \text{ dB})$ اور اسی طرح $(10f_1, 20 \text{ dB})$ یعنی $(10^3, 20 \text{ dB})$ پر نقطہ a اور نقطہ b دکھائے گئے ہیں۔ نہایت کم تعداد پر مساوات 33.6 کے مطابق اس جزو کی قیمت 0 dB ہے۔ حقیقت میں بودا خط کھینچنے وقت کم تعداد کو $f \ll f_1$ کی بجائے $f_1 \leq f \leq f_1$ لیا جاتا ہے۔ یوں نقطہ a سے کم تعداد پر اس جزو کی قیمت 0 dB دکھائی گئی ہے۔ اس طرح بودا خط کھینچنے ہوئے نہایت زیادہ تعداد کو $f \gg f_1$ کی بجائے $f \geq f_1$ لیا جاتا ہے۔ یوں اگر

a پر 0 dB ہو تب دس گنا زیادہ تعداد پر 20 dB ہو گا۔ اس نقطے کو b سے ظاہر کیا گیا ہے۔ a تک 0 dB پر رہتا ہوا اور a اور b سے گزرتا سیدھا خط دوسرے جزو کا بودھ خط ہے۔

مساوات 32.6 کے تیرے جزو کی کارکردگی نہایت کم اور نہایت زیادہ تعداد پر دیکھتے ہیں۔ نہایت کم تعداد یعنی $f \ll f_2$ پر

$$(35.6) \quad -20 \log \sqrt{1 + \left(\frac{f}{f_2} \right)^2} \rightarrow 20 \log 1 = 0 \text{ dB}$$

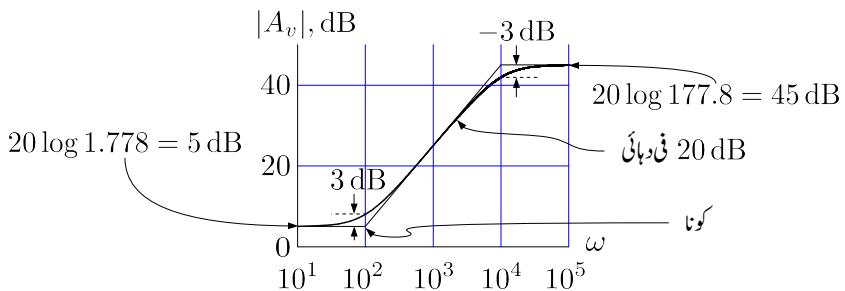
جبکہ نہایت زیادہ تعداد یعنی $f \gg f_2$ پر

$$(36.6) \quad -20 \log \sqrt{1 + \left(\frac{f}{f_2} \right)^2} \rightarrow -20 \log \sqrt{\left(\frac{f}{f_2} \right)^2} = -20 \log \frac{f}{10000} \text{ dB}$$

حاصل ہوتا ہے جہاں آخری قدم پر $f_2 = 10000$ کا استعمال کیا گیا ہے۔

$-20 \log \frac{f}{10000}$ کی قیمت 10000، 100000، 1000000 اور 10000000 کے تعداد پر 0، -20، -40 اور -60 ڈیسی بیل حاصل ہوتی ہے۔ اس حقیقت کو یوں بیان کیا جا سکتا ہے کہ تعداد دس گتار کرنے سے افزائش 20 dB گھٹتی ہے یا کہ افزائش 20 dB فی دہائی کے شرح سے تبدیل ہوتی ہے۔ افتنی محور پر تعداد کا لوگاریتم لیتے ہوئے ان قیتوں کے استعمال سے خط کھینچا گیا ہے۔ یہ خط تعداد کے محور کو f_2 یعنی $\log(10000) = 4$ پر چھوٹے ہوئے -20 dB فی دہائی کے شرح سے تبدیل ہوتا ہے۔ ایسا خط کھینچتے وقت f_2 تعداد پر 0 dB اور $10f_2$ تعداد پر -20 dB کے مقام پر نقطے لگا کر انہیں سیدھی لکیر سے جوڑتے ہوئے حاصل کیا جاتا ہے۔ شکل 7.6 الف میں ان نقطوں کو c اور d سے ظاہر کیا گیا ہے۔ یاد رہے کہ f_2 یعنی 10^4 سے کم تعداد پر اس جزو کی قیمت 0 dB ہے۔

شکل 7.6 ب میں ان تینوں خطوط کا مجموعہ لیا گیا ہے جو کہ مساوات 31.6 کے $|A_v|$ کا مکمل بودھ خط ہے۔ شکل 7.6 الف میں نقطہ a پر مساوات 32.6 کے پہلے



شکل 8.6: مصل خلط اور بودا خط کا موازنہ

جزو کے خط کی قیمت 5 dB جبکہ بقايا دو اجزاء کے قیمیں 0 dB ہیں۔ یوں ان کا مجموع 5 dB ہے جسے شکل 7.6 ب میں a' سے ظاہر کیا گیا ہے۔ b پر ان تین اجزاء کے قیمیں 5 dB، 20 dB اور 0 dB ہیں جن کے مجموع 25 dB ہے۔ c پر تینوں کا مجموع 45 dB کو c' سے ظاہر کیا گیا ہے۔ d پر تین اجزاء کے قیمیں 5 dB، 60 dB اور -20 dB ہے۔ d' سے ظاہر کیا گیا ہے۔ اس نقطے کو d' سے ظاہر کیا گیا ہے۔

مندرجہ بالا تمام عمل کو نہایت آسانی سے یوں سرانجام دیا جا سکتا ہے۔ دئے گئے مساوات کی حقیقی قیمت کمتر تعداد پر حاصل کریں۔ بودا خط کی قیمت یہی رکھتے ہوئے تعدد بڑھائیں حتیٰ کہ مساوات کا صفر یا قطب آجائے۔ اگر صفر آجائے تو بودا خط کی قیمت 20 dB فی دہائی کی شرح سے بڑھانا شروع کر دیں اور اگر قطب آجائے تو بودا خط کی قیمت 20 dB فی دہائی کی شرح سے گھٹانا شروع کر دیں۔ تعدد بڑھاتے رہیں حتیٰ کہ مساوات کا اگلا صفر یا قطب آجائے۔ ہر مرتبہ صفر آنے پر بودا خط کے تبدیلی کی شرح میں 20 dB کا اضافہ لائیں جبکہ قطب آنے پر بودا خط کے تبدیلی کی شرح میں 20 dB کی کمی لائیں۔

شکل 8.6 میں مساوات 31.6 کے بودا خط اور اس کا حقیقی خط²⁹ ایک ساتھ دکھائے گئے ہیں۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ بودا خط کے کونوں پر دونوں خطوط میں 3 dB کا فرق

²⁹ حقیقی خط کی پیورٹ کے پروگرام میث لیب matlab یا آئیسو octave کی مدد سے با آسانی میکھپا جاسکتا ہے۔ اس کتاب میں پیشہ خطوط لیکس linux میں پائے جانے والے پروگرام آئیسو استعمال کرتے ہوئے میکھپے گے ہیں۔

پایا جاتا ہے جبکہ بقایا تعداد پر دونوں تقریباً ایک ہی طرح کے ہیں۔ مساوات 33.6 سے اس فرق کو سمجھا جا سکتا ہے۔ کونے پر تعداد f_1 کے برابر ہے یوں 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 بوڈا خط کے کونوں کو 3 dB نقطے بھی کہتے ہیں۔

مثال 4.6: مساوات 28.6 کا بوڈا خط کھینچیں۔

حل: اس مساوات کو دوبارہ پیش کرتے ہیں۔

$$A_v = -43 \left(\frac{j\omega + 6666}{j\omega + 64068} \right)$$

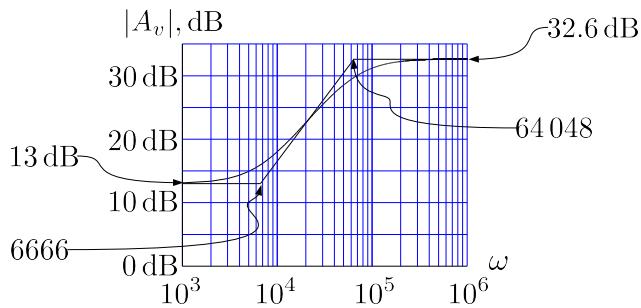
انہائی کم تعداد ($\omega \rightarrow 0$) پر اس کی حدی قیمت

$$|A_v|_{\omega \rightarrow 0} = 43 \left(\frac{0 + 6666}{0 + 64068} \right) = 4.474$$

یعنی

$$20 \times \log 4.474 \approx 13 \text{ dB}$$

حاصل ہوتی ہے۔ مساوات کا صفر 6666 جبکہ اس کا قطب 64068 پر پایا جاتا ہے۔ ان معلومات سے شکل 9.6 میں بوڈا خط حاصل کیا گیا ہے۔



مکمل 9.6:

مثال 5.6: مندرجہ ذیل مساوات کا بوڈا خط کھینچیں۔

$$A_v = \frac{1000s}{s + 10}$$

حل: اس کو عمومی طرز پر لکھتے ہیں۔

$$A_v = \frac{100j\omega}{\frac{j\omega}{10} + 1}$$

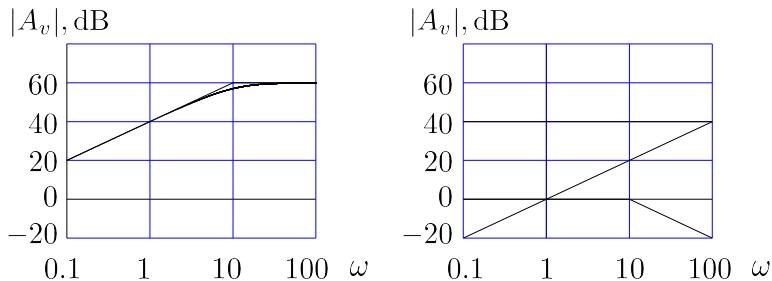
جسے ڈیسی بیل میں لکھتے ملتا ہے

$$A_v = 20 \log 100 + 20 \log \omega - 20 \log \sqrt{\frac{\omega^2}{10^2} + 1}$$

اس کے بوڈا خط کے اجزاء میں 10.6 الف جبکہ کامل بوڈا خط شکل ب میں دکھائے گئے ہیں۔

مندرجہ بالا مثال میں دی گئی مساوات میں کسر کے اوپر تعددی جزو پر غور کریں۔ بوڈا خط میں $\left(\frac{j\omega}{\omega_0} + 1\right)$ طرز پر لکھے گئے جزو کی قیمت ω_0 سے کم تعداد پر 0 dB

جبکہ اس سے زیادہ تعداد پر بیس ڈیسی بیل فنی دہائی کی شرح سے تبدیل ہوتا ہے۔ اس کے



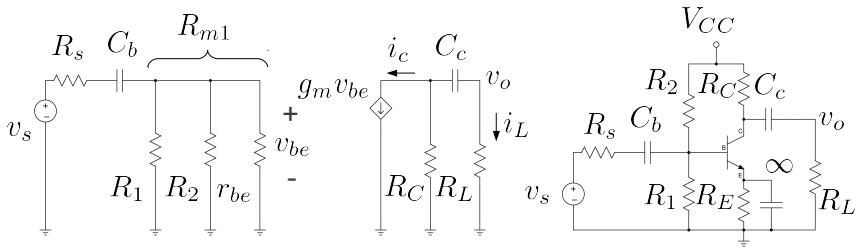
شکل : 10.6

بر عکس $(j\omega)$ کہیں بھی 0 dB پر برقرار نہیں رہتا۔ یہ $\omega = 1$ پر 0 dB سے گزرتے ہوئے میں ڈیسی بیل فی دہائی کی شرح سے تمام تعداد پر تبدیل ہوتا ہے۔ اگر یہ جزو بطور صفر پایا جائے تو یہ میں ڈیسی بیل فی دہائی کی شرح سے بڑھتا ہے جبکہ اگر جزو بطور قطب پایا جائے تو یہ میں ڈیسی بیل فی دہائی کی شرح سے کھٹتا ہے۔

6.6 بیس اور کلکٹر بیرونی کپیسٹر

شکل 11.6 میں بیس اور کلکٹر پر کپیسٹر نسب کئے گئے ہیں۔ اگرچہ شکل میں ایمیٹر پر C_E نسب ہے لیکن اس کی قیمت لامحدود تصور کی گئی ہے۔ یوں درکار تعداد پر اس کو قصر دور تصور کیا گیا ہے۔ مساوی شکل میں

$$\frac{1}{R_{m1}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{r_{be}}$$



شکل 6.11: بیس اور کلکٹر پر پیٹر نسب کرنے کے اثرات

لیتے ہوئے ہم لکھ سکتے ہیں۔

$$\begin{aligned}
 A_v &= \frac{v_o}{v_s} = \left(\frac{v_o}{i_L} \right) \left(\frac{i_L}{i_c} \right) \left(\frac{i_c}{v_{be}} \right) \left(\frac{v_{be}}{v_s} \right) \\
 &= R_L \left(-\frac{R_C}{R_C + R_L + \frac{1}{sC_c}} \right) (g_m) \left(\frac{R_{m1}}{R_s + R_{m1} + \frac{1}{sC_b}} \right) \\
 &= -g_m R_L R_C R_{m1} \left(\frac{sC_c}{sC_c (R_C + R_L) + 1} \right) \left(\frac{sC_b}{sC_b (R_s + R_{m1}) + 1} \right) \\
 &= -\frac{g_m R_L R_C R_{m1}}{(R_C + R_L) (R_s + R_{m1})} \left(\frac{s}{s + \frac{1}{C_c(R_C+R_L)}} \right) \left(\frac{s}{s + \frac{1}{C_b(R_s+R_{m1})}} \right)
 \end{aligned}$$

اس مساوات میں

$$\begin{aligned}
 \omega_c &= \frac{1}{C_c (R_C + R_L)} \\
 \omega_b &= \frac{1}{C_b (R_s + R_{m1})}
 \end{aligned}
 \tag{37.6}$$

لیتے ہوئے یوں لکھا جا سکتا ہے۔

$$A_v = -\frac{g_m R_L R_C R_{m1}}{(R_C + R_L) (R_s + R_{m1})} \left(\frac{s}{s + \omega_c} \right) \left(\frac{s}{s + \omega_b} \right)
 \tag{38.6}$$

اس مساوات میں متوازی جڑے مزاحمت کی کل مزاحمت ہے جسے عموماً $\frac{R_C R_L}{R_C + R_L}$ کے طبق جاتا ہے۔ اسی طبق $R_C \| R_L$

لکھتے ہوئے اسے یوں لکھا جا سکتا ہے۔

$$(39.6) \quad A_v = -\frac{1}{R_s} (R_C \| R_L) (R_s \| R_{m1}) \left(\frac{s}{s + \omega_c} \right) \left(\frac{s}{s + \omega_b} \right)$$

$$= A_{vD} \left(\frac{s}{s + \omega_c} \right) \left(\frac{s}{s + \omega_b} \right)$$

جہاں

$$A_{vD} = -\frac{1}{R_s} (R_C \| R_L) (R_s \| R_{m1})$$

لکھا گیا ہے۔

پست انقطائی تعداد پر $|A_v| = \frac{A_{vD}}{\sqrt{2}}$ کے برابر ہو گا۔ یوں مساوات 39.6 میں پست انقطائی تعداد کو ω_L لکھتے ہوئے حاصل ہوتا ہے۔

$$A_{vD} \left(\frac{\omega_L}{\sqrt{\omega_L^2 + \omega_c^2}} \right) \left(\frac{\omega_L}{\sqrt{\omega_L^2 + \omega_b^2}} \right) = \frac{A_{vD}}{\sqrt{2}}$$

جسے

$$2\omega_L^4 = (\omega_L^2 + \omega_c^2)(\omega_L^2 + \omega_b^2)$$

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

$$(40.6) \quad \omega_L^2 = \frac{\omega_c^2 + \omega_b^2}{2} + \frac{\sqrt{\omega_c^4 + 6\omega_c^2\omega_b^2 + \omega_b^4}}{2}$$

ω_L^2 مندرجہ بالا مساوات میں منفی جزر کو شامل نہیں کیا گیا چونکہ اس کے استعمال سے کی قیمت منفی حاصل ہوتی ہے۔

شکل 11.6 کو دیکھ کر معلوم ہوتا ہے کہ C_b اور C_c کا ایک دوسرے پر کوئی اثر نہیں۔ مساوات 39.6 اسی حقیقت کی تصدیق کرتا ہے۔

مثال 6.6: شکل 11.6 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۔

• کی ایسی قیمتیں حاصل کریں کہ $f_b = 50 \text{ Hz}$ جبکہ C_c اور C_b ہو۔ $f_c = 5 \text{ Hz}$

• مندرجہ بالا قیتوں کو استعمال کرتے ہوئے مساوات 39.6 کا بوڈا خط کھینچتے ہوئے پست انقطائی تعداد حاصل کریں۔

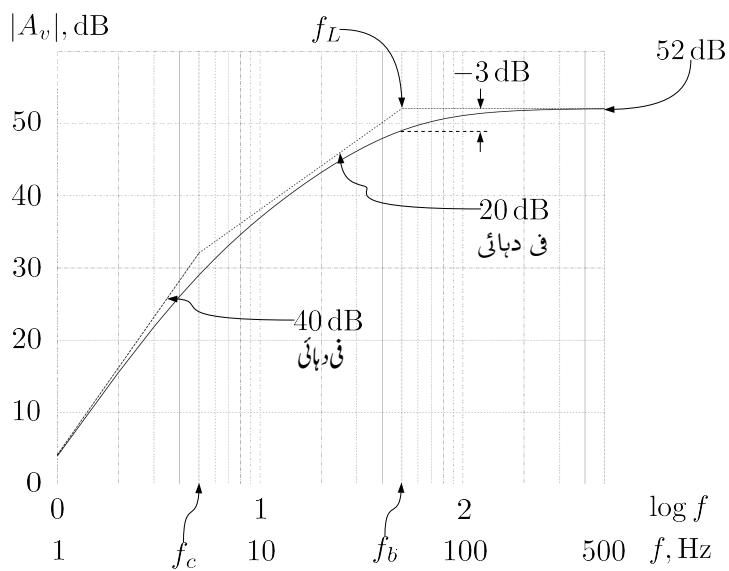
• f_b رکھتے ہوئے پست انقطائی تعداد 50 Hz حاصل کرنے کی خاطر $f_b = f_c$ اور f_c حاصل کریں

حل: نقطہ کارکردگی حاصل کرتے وقت تمام کپیٹر کھلے سرے کردار ادا کرتے ہیں۔ مسئلہ تھونن کی مدد سے $V_{th} = 1.0879 \text{ V}$ جبکہ $R_{th} = 1.934 \text{ k}\Omega$ حاصل ہوتے ہیں جن سے $r_{be} = 1.394 \text{ k}\Omega$ اور $g_m = 0.071 \text{ S}$ ، $I_{CQ} = 1.768 \text{ mA}$ حاصل ہوتے ہیں۔ یوں $R_{m1} = 810 \text{ }\Omega$

$$C_c = \frac{1}{2\pi f_c (R_C + R_L)} = \frac{1}{2 \times \pi \times 5 \times (1800 + 1800)} = 8.84 \mu\text{F}$$

$$C_b = \frac{1}{2\pi f_b (R_s + R_{m1})} = \frac{1}{2 \times \pi \times 50 \times (1000 + 810)} = 1.76 \mu\text{F}$$

• شکل 12.6 میں بوڈا خط کھینچا گیا ہے جہاں سے واضح ہے کہ پست انقطائی تعداد تقریباً f_b کے برابر ہے۔ شکل میں 1 Hz تا 5 Hz بوڈا خط کی ڈھلوان



شکل 12.6: پست انقطاعی نقطہ زیادہ تعدادوں کو نے پر ہے

20 dB 50 Hz 5 Hz اس کی ڈھلوان 40 dB نی دہائی ہے جبکہ نی دہائی ہے۔

جب بھی یوڑا خط میں پست انقطائی نقطہ تعین کرنے والے کونوں میں سب سے زیادہ تعدد پر پائے جانے والے کونے سے بقیا کونے دور ہوں، ایسی صورت میں پست انقطائی نقطہ تقریباً اسی زیادہ تعدد کے کونے پر ہو گا۔

اسنیں مساوات 40.6 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 40.6 میں پر کرتے حل کرتے ہیں $\omega_c = \omega_b$

$$\omega_L^2 = \frac{2\omega_b^2 + \sqrt{\omega_b^4 + 6\omega_b^4 + \omega_b^4}}{2} = \left(1 + \sqrt{2}\right) \omega_b^2$$

یوں

$$\omega_L = \left(\sqrt{1 + \sqrt{2}} \right) \omega_b$$

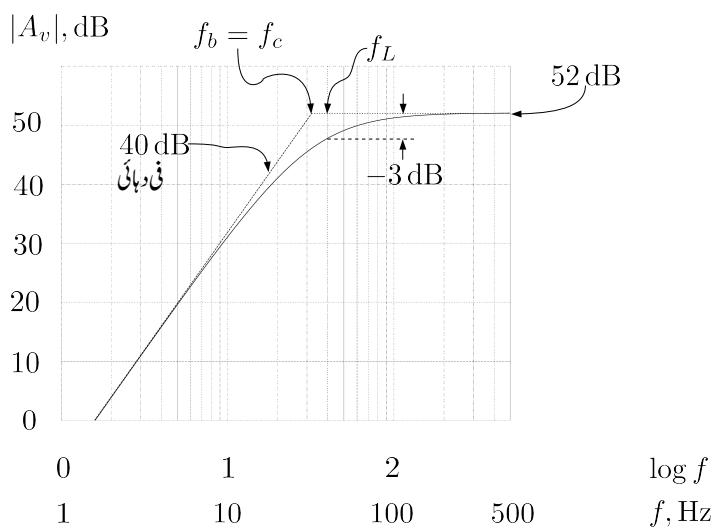
حاصل ہوتا ہے جس سے $f_L = 50 \text{ Hz}$ حاصل کرنے کی خاطر

$$f_b = \frac{f_L}{\sqrt{1 + \sqrt{2}}} = \frac{50}{\sqrt{1 + \sqrt{2}}} = 32 \text{ Hz}$$

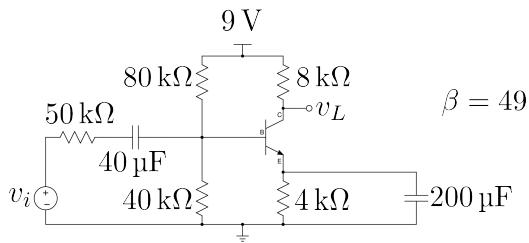
رکھنا ہو گا۔ شکل 13.6 میں صورت حال دکھایا گیا ہے۔

7.6 بیس اور لیٹر بیس روئی کپیسٹروں کا مجموعی اثر

اب تک دیکھے گے تمام ادوار میں ہم نے دیکھا کہ کسی بھی کپیسٹر کی بدولت پیدا یوڑا خط کے قطب کو $\omega = \frac{1}{R_m C}$ لکھا جا سکتا تھا جہاں R_m اس کپیسٹر کے متوازنی



شکل 13.6: جزو کونوں کی صورت میں پست انتظامی نقطے



شکل 14.6:

جڑی مزاحمت ہے۔ بیس اور بیس اور کمپیٹر نسب کرنے سے ایسا سادہ مساوات حاصل نہیں ہوتا۔ آئیں شکل 14.6 میں $\frac{v_L}{v_i}$ حاصل کرتے ہوئے اس صورت کو بھی دیکھیں۔ شکل 15.6 میں اس کا باریک مساوی دور دکھایا گیا ہے جس میں C_e اور R_e کو ٹرانزسٹر کے بیس جانب منتقل کرتے ہوئے 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

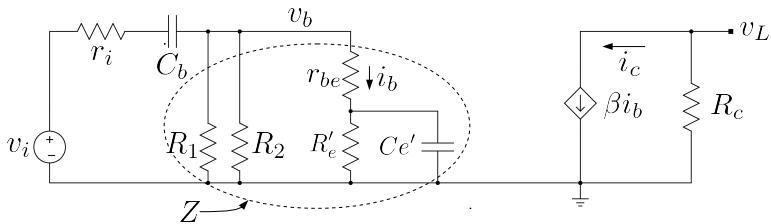
$$(41.6) \quad A_v = \frac{v_L}{v_i} = \frac{v_L}{i_c} \times \frac{i_c}{i_b} \times \frac{i_b}{v_b} \times \frac{v_b}{v_i}$$

$$= -R_c \beta \left(\frac{1}{R'_e} + sC'_e \right) \left(\frac{Z}{r_i + \frac{1}{sC_b} + Z} \right)$$

جہاں r_{be} 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 41.6 کو کسی طرح یوں نہیں لکھا جا سکتا کہ C_e اور C_b اور علیحدہ قوسمیں کا حصہ نہیں۔ یوں ان دو کمپیٹر وں سے علیحدہ علیحدہ بوڈا خط کے کونے حاصل کرنا ممکن نہیں ہے۔



: 15.6 جن

دے گئے قیمتیں پر کرتے ہیں۔

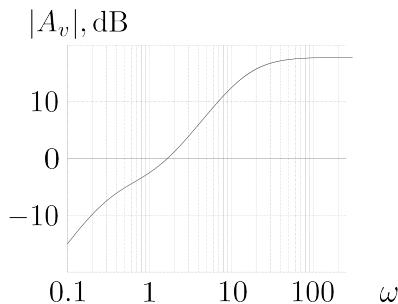
$$\frac{1}{Z} = \frac{1}{40000} + \frac{1}{80000} + \frac{1}{200000} + 4 \times 10^{-6} \times s \\ = (42.5 + 4s) \times 10^{-6}$$

مساوات 41.6 میں کسر کے نیچے سے باہر لکھتے ہوئے کسر کے اوپر موجود کے ساتھ کاشتہ 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 پر کرتے ہیں

$$A_v = \frac{-(1.96 + 1.568s)}{\left(50000 + \frac{1}{0.00004s} \right) (42.5 + 4s) \times 10^{-6} + 1} \\ = \frac{-(1.96 + 1.568s)}{2.125 + 0.2s + \frac{1.0625}{s} + 0.1 + 1} \\ = \frac{-(1.96 + 1.568s)}{3.225 + 0.2s + \frac{1.0625}{s}} \\ = \frac{-(1.96 + 1.568s)s}{3.225s + 0.2s^2 + 1.0625} \\ = \frac{-(1.96 + 1.568s)s}{0.2s^2 + 3.225s + 1.0625}$$



شکل : 16.6

جسے یوں لکھا جا سکتا 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 عمومی شکل میں لکھتے ہوئے اس کا بودا خط کھینچتے ہیں۔

$$(42.6) \quad A_v = \frac{-1.8473 \left(1 + \frac{s}{1.25}\right)s}{\left(1 + \frac{s}{0.336}\right) \left(1 + \frac{s}{15.788}\right)}$$

شکل 16.6 میں اس مساوات کا خط دکھایا گیا ہے۔

شکل 15.6 پر دوبارہ غور کریں۔ C_b' اور C_e کے قیتوں میں واضح فرق ہے۔ کم تعداد پر $\frac{1}{\omega C_e'}$ کی قیمت سے بہت زیادہ 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 مزاحمت R_{mCB} مندرجہ ذیل ہے۔

$$R_{mCB} = r_i + R_1 \parallel R_2 \parallel R'_e = 73.529 \text{ k}\Omega$$

یوں ہم تو قرکتے ہیں کہ C_b سے

$$\frac{1}{R_{mCB} \times C_b} = \frac{1}{73.529 \times 10^3 \times 40 \times 10^{-6}} = 0.34$$

تعدد پر قطب حاصل ہو گا۔ ہم دیکھتے ہیں کہ یہ قطب مساوات 42.6 میں دئے 0.336 تعدد پر قطب کے تقریباً برابر ہے۔ اسی طرح نہایت زیادہ تعدد پر $\frac{1}{\omega C_b}$ کو قصر دور تصور کیا جا سکتا ہے۔ ایسا کرتے ہوئے C'_e کے متوازنی کل مزاحمت حاصل کرتے ہیں

$$\frac{1}{R_m C_e'} = \frac{1}{r_i} + \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R'_e}$$

سے

$$R_m C_e' = 16 \text{ k}\Omega$$

حاصل ہوتا ہے۔ ہم توقع کرتے ہیں کہ یوں C'_e سے حاصل قطب

$$\frac{1}{R_m C_e' \times C'_e} = \frac{1}{16 \times 10^3 \times 4 \times 10^{-6}} = 15.625 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

پر پایا جائے گا۔ ہم دیکھتے ہیں کہ یہ قطب مساوات 42.6 میں دئے 15.788 تعدد پر دئے قطب کے تقریباً برابر ہے۔ مساوات کا صفر 1.25 کے تعدد پر پایا جاتا ہے جو درحقیقت $\frac{1}{R_e C_e}$ کے برابر ہے۔

مثال 7.6: مساوات 41.6 کو حل کریں۔

حل: اس مساوات کو دوبارہ پیش کرتے ہیں۔

$$(43.6) \quad A_v = -R_c \beta \left(sC'_e + \frac{1}{R'_e} \right) \left[\frac{Z}{r_i + \frac{1}{sC_b} + Z} \right]$$

جہاں r_{be} 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 43.6 میں کسر کے نیچے سے Z باہر نکلتے ہوئے کسر کے اوپر موجود Z کے ساتھ کاٹتے ہوئے ملتا ہے

$$A_v = -R_c \beta \left(sC'_e + \frac{1}{R'_e} \right) \left[\frac{1}{\left(r_i + \frac{1}{sC_b} \right) \frac{1}{Z} + 1} \right]$$

اس میں پڑ کرتے ہوئے حل کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned} A_v &= \frac{-R_c \beta \left(sC'_e + \frac{1}{R'_e} \right)}{\left(r_i + \frac{1}{sC_b} \right) \left(\frac{1}{R_m} + sC'_e \right) + 1} \\ &= \frac{-R_c \beta \left(sC'_e + \frac{1}{R'_e} \right)}{\frac{r_i}{R_m} + sr_i C'_e + \frac{1}{sR_m C_b} + \frac{C'_e}{C_b} + 1} \end{aligned}$$

کسر کے نچلے حصے 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

$$(44.6) \quad \begin{aligned} \omega_c &= \frac{1}{R'_e C'_e} = \frac{1}{R_e C_e} \\ \omega_1 &= \frac{1}{R_m C'_e} \\ \omega_2 &= \frac{1}{r_i} \left(\frac{1}{C_b} + \frac{1}{C'_e} \right) \\ \omega_3 &= \frac{1}{r_i C_b} \end{aligned}$$

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 یوں لکھا جا سکتا ہے

$$(45.6) \quad \begin{aligned} A_v &= \frac{\frac{-R_c \beta}{r_i} (s + \omega_c) s}{(s + \omega_{q1})(s + \omega_{q2})} \\ &= \frac{\frac{-R_c \beta \omega_c}{\omega_{q1} \omega_{q2}} \left(\frac{s}{\omega_c} + 1 \right) s}{\left(\frac{s}{\omega_{q1}} + 1 \right) \left(\frac{s}{\omega_{q2}} + 1 \right)} \end{aligned}$$

جہاں

$$(46.6) \quad \begin{aligned} \omega_{q1} &= \frac{-(\omega_1 + \omega_2) - \sqrt{(\omega_1 + \omega_2)^2 - 4\omega_1 \omega_3}}{2} \\ \omega_{q2} &= \frac{-(\omega_1 + \omega_2) + \sqrt{(\omega_1 + \omega_2)^2 - 4\omega_1 \omega_3}}{2} \end{aligned}$$

- عیا

8.6 بیس، ایکٹر اور گلکٹر بیرونی کپیسٹروں کا مجموعی اثر

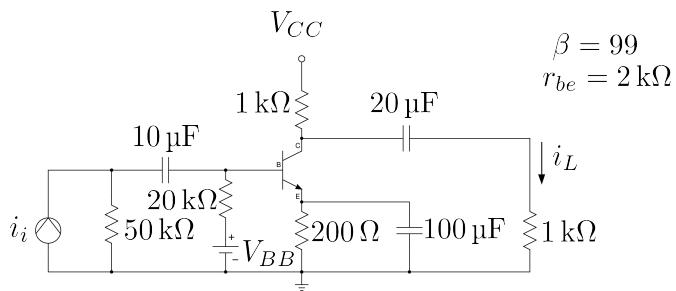
مثال 6.6 میں یہ حقیقت سامنے آئی کہ اگر کسی ایک کپیسٹر سے حاصل کونا کسی دوسرے کپیسٹر سے حاصل کونے سے بہت بلند تعداد پر پایا جائے تو پست انقطاعی تعداد زیادہ تعداد پر پائے جانے والے کونے پر ہو گا۔ ایکلیفائر تخلیق دینے ہوئے اس حقیقت کو عموماً بروئے کار لایا جاتا ہے۔

اسی طرح مثال 7.6 میں یہ حقیقت سامنے آئی کہ بیس اور ایکٹر دونوں پر کپیسٹر نب ہونے کی صورت میں دور کو حل کرنا دشوار ہوتا ہے اور اسے حل کرنے سے زیادہ قابل استعمال مساواتیں حاصل نہیں ہوتیں۔

عموماً ایکلیفائر میں C_B ، C_C اور C_E تینوں پائے جاتے ہیں۔ ایکلیفائر کسی مخصوص اشارے کے لئے تخلیق دئے جاتا ہے۔ اشارے کی کم سے کم اور زیادہ سے زیادہ ممکنہ تعداد کو مد نظر رکھتے ہوئے ایکلیفائر تخلیق دیا جاتا ہے۔ ایکلیفائر کی پست انقطاعی تعداد اشارے کے کم سے کم ممکنہ تعداد سے کم رکھا جاتا ہے۔ یوں ایکلیفائر پست انقطاعی تعداد تک درمیانی تعداد کی افزائش برقرار رکھتا ہے جبکہ پست انقطاعی نقطے سے کم تعداد پر ایکلیفائر کی کارکردگی اہمیت نہیں رکھتی چونکہ اس نقطے میں اسے استعمال نہیں کیا جاتا۔

صورت میں C کی بڑی قیمت حاصل ہوتی ہے۔ حقیقی ایکلیفائر میں C_E کے ساتھ کل متوازی جڑی مزاحمت کی قیمت C_B اور C_C کے متوازی مزاحمتوں سے کم ہوتی ہے۔ لہذا کسی بھی ω_0 کے لئے درکار C_E کی قیمت بقايا دو کپیسٹروں سے بڑی ہوتی ہے۔ اسی لئے پست انقطاعی تعداد کو C_E کے مدد سے حاصل کیا جاتا ہے جبکہ C_B اور C_C سے حاصل انقطاعی نقطوں کو اس سے کئی درجے کم تعداد پر رکھا جاتا ہے۔ یوں حاصل C_E کی قیمت کم سے کم ہو گی۔ اگر اس کے برعکس C_B یا C_C کی مدد سے درکار پست انقطاعی نقطے حاصل کیا جائے تو اس صورت میں C_E سے حاصل نقطے کو اس سے بھی کم تعداد پر رکھنا ہو گا جس سے C_E کی قیمت زیادہ حاصل ہو گی۔

آئیں ایک مثال کی مدد سے ایسے ایکلیفائر کا تجزیہ کریں۔



شکل 17.6:

مثال 8.6: شکل 17.6 میں $A_i = \frac{i_L}{i_i}$ کا درمیانے تعداد پر افزائش حاصل کریں۔ اس کا پست القطائی تعداد بھی حاصل کریں۔

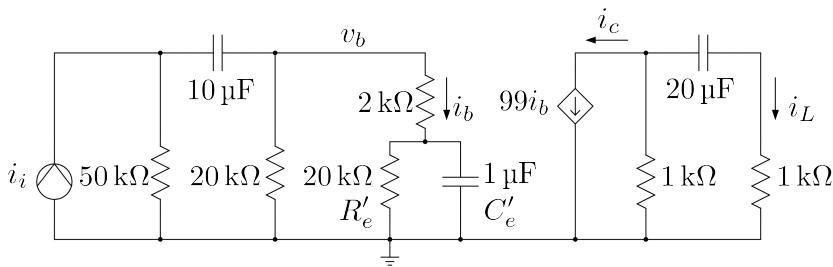
حل: شکل 18.6 میں مساوی دور دکھایا گیا ہے جہاں $R'_e = (\beta + 1) R_e$ اور $C'_e = \frac{C_e}{\beta + 1}$ استعمال کئے گئے ہیں۔ درمیانی تعداد پر تمام کپیسٹر قصر دور کردار ادا کریں گے۔ یوں

$$\begin{aligned} A_i &= \frac{i_L}{i_c} \times \frac{i_c}{i_b} \times \frac{i_b}{v_b} \times \frac{v_b}{i_i} \\ &= \left(\frac{-1000}{2000} \right) (99) \left(\frac{1}{2000} \right) (1754) \\ &= -43 \frac{\text{A}}{\text{A}} \end{aligned}$$

یعنی 32.67 dB حاصل ہوتا ہے۔

ہم دیکھتے ہیں کہ C_c کی وجہ سے ایک عدد قطب

$$\omega_{qc} = \frac{1}{20 \times 10^{-6} \times 2000} = 25 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$



شکل: 18.6

پر پایا جائے گا۔ C_e اور C_b کے کردار پر اب غور کرتے ہیں۔ C_e کا عکس ٹرانزسٹر کے بیس جانب لیا گیا ہے جو کہ $1\text{ }\mu\text{F}$ کے برابر ہے۔ یوں جن تعداد پر C_b اہمیت رکھتا ہے ان تعداد پر C_b بطور قصر دور کردار ادا کرے گا۔ $1\text{ }\mu\text{F}$ کو قصر دور تصور کرتے ہوئے $1\text{ }\mu\text{F}$ کے متوالی کل مزاحمت

$$R'_e \parallel (r_{be} + r_i \parallel R_b) = 8.976\text{ k}\Omega$$

حاصل ہوتا ہے لہذا $1\text{ }\mu\text{F}$ سے حاصل قطب

$$\omega_{qe} = \frac{1}{10^{-6} \times 8976} = 111.4 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

پر پایا جائے گا۔ اسی طرح جن تعداد پر $10\text{ }\mu\text{F}$ اہمیت رکھتا ہے ان تعداد پر $10\text{ }\mu\text{F}$ کو کلے دور کردار ادا کرے گا۔ $1\text{ }\mu\text{F}$ کے متوالی کل مزاحمت

$$r_i + R_b \parallel [r_{be} + R'_e] = 60.476\text{ k}\Omega$$

حاصل ہوتا ہے اور یوں

$$\omega_{qb} = \frac{1}{10 \times 10^{-6} \times 60476} = 1.65 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

پر قطب پایا جائے گا۔ آپ نے دیکھا کہ

$$\omega_{qe} \gg \omega_{qc} \gg \omega_{qb}$$

ہیں۔ یوں پست انقطائی تعدد $\omega_L = \omega_{qe}$ پر پایا جائے گا۔

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۔ آئیں دیکھیں کہ کیا ایسا کرنا درست تھا۔ C_b پر ω_{qe} کی برقی رکاوٹ کی جتنی قیمت

$$\left| \frac{1}{\omega_{qe} C_b} \right| = \frac{1}{111.4 \times 10 \times 10^{-6}} = 0.898 \text{ k}\Omega$$

C'_e کے متوازی کل مراحت کے لحاظ سے یہ چھوٹی مقدار ہے جسے نظر انداز کیا جا سکتا ہے۔ یوں آپ دیکھ سکتے ہیں کہ ω_{qe} پر C_b کی برقی رکاوٹ کو نظر انداز کرتے ہوئے اسے قصر دور تصور کیا جا سکتا ہے۔ اسی طرح ω_{qb} پر

$$\left| \frac{1}{\omega_{qb} C'_e} \right| = \frac{1}{1.65 \times 10^{-6}} = 606 \text{ k}\Omega$$

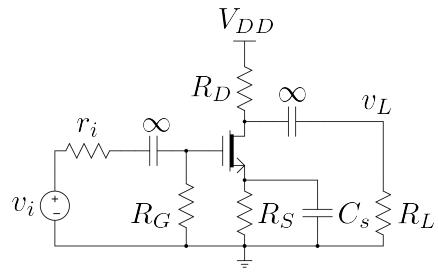
ہے لہذا C_e پر ω_{qb} کو کھلے دور تصور کیا جا سکتا ہے۔

9.6 پست انقطائی تعدد بذریعہ سورس کپیسٹر

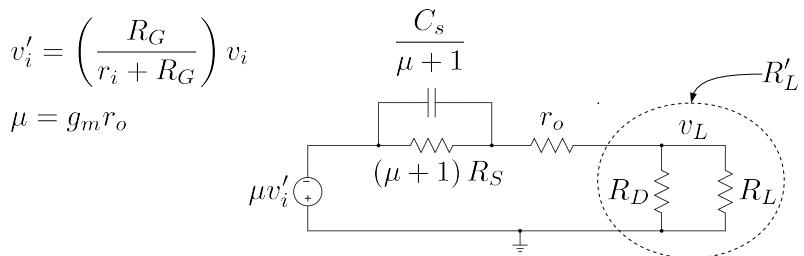
شکل 19.6 میں گیٹ اور مکلٹر کپیسٹروں کی قیمت لامحدود تصور کریں۔ $A_v = \frac{v_L}{v_i}$ حاصل کرتے ہوئے پست انقطائی تعدد ω_L حاصل کرتے ہیں۔ گیٹ پر برقی دباؤ کو v'_i لکھتے ہیں جہاں

$$v'_i = \left(\frac{R_G}{r_i + R_G} \right) v_i$$

کے برابر ہے۔ یوں صفحہ 563 پر شکل 51.4 کے طرز پر موجودہ دور کا مساوی دور بنتے ہوئے شکل 20.6 حاصل ہوتا ہے۔ مساوی دور میں سورس پر پائے جانے والے برقی رکاوٹ



:19.6



:20.6

یوں $\frac{1}{sC_s}$ سے ضرب ہو کر لگھر منتقل ہوتے ہیں۔ C_s کی رکاوٹ $(\mu+1)$ ہو جائے گی یعنی کپسٹر کی قیمت $\frac{C_s}{\mu+1}$ ہو جائے گی۔

مساوی دور میں متوازی جڑے مزاحمت اور کپسٹر کی کل برتنی رکاوٹ کو Z لکھتے ہیں جہاں

$$\begin{aligned} \frac{1}{Z} &= \frac{1}{(\mu+1) R_S} + \frac{sC_s}{\mu+1} \\ Z &= \frac{(\mu+1) R_S}{1 + sR_S C_s} \end{aligned}$$

کے برابر ہے۔ اس طرح

$$v_L = \left(\frac{R'_L}{Z + r_o + R'_L} \right) (-\mu v'_i)$$

لکھا جا سکتا ہے جہاں $R'_L = \frac{R_L R_D}{R_L + R_D}$ پر کرتے ہیں۔

$$v_L = \frac{-\mu R'_L v'_i}{\frac{(\mu+1) R_S}{1 + sR_S C_s} + r_o + R'_L}$$

یوں

$$\begin{aligned} \frac{v_L}{v'_i} &= \frac{-\mu R'_L (1 + sR_S C_s)}{(\mu+1) R_S + (1 + sR_S C_s) (r_o + R'_L)} \\ &= \frac{-\mu R'_L (1 + sR_S C_s)}{(\mu+1) R_S + r_o + R'_L + sR_S C_s (r_o + R'_L)} \\ &= \left(\frac{-\mu R'_L}{r_o + R'_L} \right) \frac{s + \frac{1}{R_S C_s}}{s + \frac{(\mu+1) R_S + r_o + R'_L}{R_S C_s (r_o + R'_L)}} \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے۔ پہلی قوسین میں کرنے سے اس قوسین کو

$$\begin{aligned} \frac{-g_m r_o R'_L}{r_o + R'_L} &= -g_m (r_o \| R'_L) \\ &= -g_m (r_o \| R_L \| R_D) \\ &= -g_m R_{\parallel} \end{aligned}$$

لکھا جا سکتا ہے جہاں

$$R_{\parallel} = r_o \parallel R_L \parallel R_D$$

کے برابر ہے۔ یوں

$$\frac{v_L}{v'_i} = -g_m R_{\parallel} \left[\frac{s + \frac{1}{R_S C_s}}{s + \frac{(\mu+1)R_S + r_o + R'_L}{R_S C_s (r_o + R'_L)}} \right]$$

حاصل ہوتا ہے۔ افراش

$$(47.6) \quad A_v = \frac{v_L}{v_i} = \left(\frac{v_L}{v'_i} \right) \times \left(\frac{v'_i}{v_i} \right)$$

$$(48.6) \quad = -g_m R_{\parallel} \left[\frac{s + \frac{1}{R_S C_s}}{s + \omega_L} \right] \left(\frac{R_G}{r_i + R_G} \right)$$

کے برابر ہے جہاں

$$(49.6) \quad \omega_L = \frac{(\mu+1) R_S + r_o + R'_L}{R_S C_s (r_o + R'_L)}$$

پست انقطاعی تعداد ہے۔ ω_L کو مزید یوں لکھا جا سکتا ہے

$$(50.6) \quad \omega_L = \frac{1}{R_m \frac{C_s}{\mu+1}}$$

جہاں R_m کے متوازی کل مزاحمت ہے یعنی

$$\frac{1}{R_m} = \frac{1}{(\mu+1) R_S} + \frac{1}{r_o + R'_L}$$

$$R_m = \frac{(\mu+1) R_S (r_o + R'_L)}{(\mu+1) R_S + r_o + R'_L}$$

درمیانی تعداد پر افراش حاصل کرنے کی خاطر $\omega \rightarrow \infty$ استعمال کرتے ہوئے مساوات

سے 47.6

$$A_{vD} = A_v \left|_{\omega \rightarrow \infty} \right. = -g_m R_{\parallel} \left(\frac{R_G}{r_i + R_G} \right) \left[\frac{\infty + \frac{1}{R_S C_s}}{\infty + \omega_L} \right]$$

$$= -g_m R_{\parallel} \left(\frac{R_G}{r_i + R_G} \right)$$

حاصل ہوتا ہے۔ عموماً $R_G \gg r_i$

(51.6) $A_{vD} \approx -g_m R_{\parallel}$

لکھا جا سکتا ہے۔

مثال 49.6: شکل 19.6 میں $R_L = 100 \text{ k}\Omega$, $R_D = 4.7 \text{ k}\Omega$, $R_S = 1 \text{ kHz}$, $f_L = 20 \text{ Hz}$, $r_o = 10 \text{ k}\Omega$ اور $C_s = 30.5 \mu\text{F}$ کو $g_m = 4 \text{ mS}$ پر رکھنے کی خاطر درکار حاصل کریں۔ درمیانی تعداد پر افزائش A_v بھی حاصل کریں۔

حل: مساوات 49.6 کی مدد سے

$$2 \times \pi \times 20 = \frac{(0.004 \times 10000 + 1) \times 1000 + 10000 + 4489}{1000 \times C_s (10000 + 4489)}$$

پر $R'_L = 4489 \Omega$ حاصل ہوتا ہے۔ مندرجہ بالا مساوات میں $C_s = 30.5 \mu\text{F}$ یعنی کیا گیا ہے۔

مساوات 51.6 میں

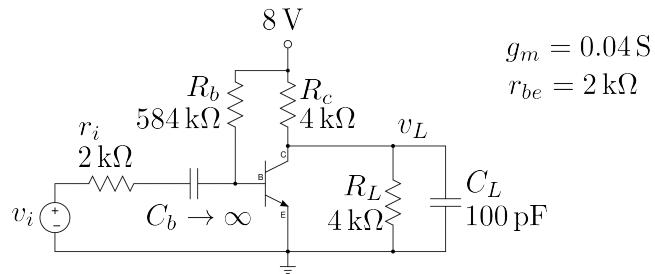
$$\frac{1}{R_{\parallel}} = \frac{1}{10000} + \frac{1}{100000} + \frac{1}{4700} = 3.22765 \times 10^{-4}$$

$$R_{\parallel} = 3098$$

پر کرتے ہوئے

$$A_{vD} = -0.004 \times 3098 = -12.4 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

حاصل ہوتا ہے۔



شکل: 21.6

اب تک ہم نے جتنے بھی مثال دیکھے ان تمام میں بیرونی جڑے کپیسٹر کی وجہ سے پست انقطاعی نقطے حاصل ہوئے۔ آئیں اب ایک ایسا مثال دیکھیں جہاں بیرونی کپیسٹر کی وجہ سے زیادہ تعداد کا اشارہ متاثر ہوتا ہو۔ اس مثال سے زیادہ تعداد کے مسائل بھی سامنے آئیں گے جن کا آگے تفصیلاً جائزہ لیا جائے گا۔

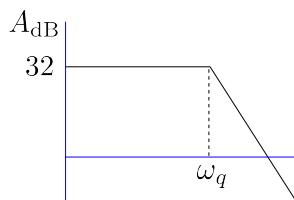
مثال 10.6: شکل 21.6 میں $A_v = \frac{v_L}{v_i}$ کی مساوات حاصل کرتے ہوئے اس کا بوڈا خط کھینچیں۔

حل: اس کو آپ آسانی سے حل کر سکتے ہیں۔ جواب مندرجہ ذیل ہے۔

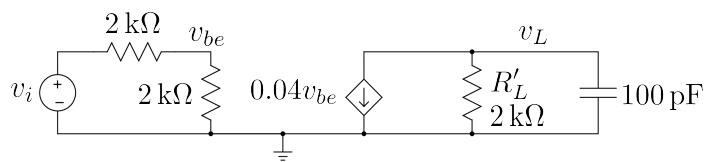
$$A_v = -g_m \left(\frac{R_b \parallel r_{be}}{r_i + R_b \parallel r_{be}} \right) \left(\frac{R_c \parallel R_L}{\frac{s}{\omega_q} + 1} \right) = \frac{-40}{\frac{s}{5 \times 10^6} + 1}$$

$$\omega_q = \frac{1}{(R_c \parallel R_L) C_L} = 5 \times 10^6$$

بوڈا خط شکل 22.6 میں دیا گیا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ ω_q سے کم تعداد کے اشارات پر کپیسٹر کا کوئی اثر نہیں۔ پوں ω_q بلند انقطاعی تعداد ہے۔



: 22.6



: 23.6

مثال 11.6: مثال 10.6 میں اگر داخلی اشارہ صفر ولٹ سے کدم 20 mV ہو جائے تو v_L نئی قیمت کے حقیقی قیمت کے 90% کتنی دیر میں پہنچ پائے گا۔

حل: شکل 23.6 میں R'_L کو نظر انداز اور $R_c \parallel R_L$ کو لکھتے ہوئے مساوی دور دکھایا گیا ہے۔ جیسے ہی داخلی اشارہ 20 mV ہوتا ہے اسی دم $v_{be} = 10 \text{ mV}$ ہو جائے گا اور یوں $i_c = 0.4 \text{ mA}$ ہو جائیں گے۔ کرنوف کے قانون برائے برقی رو کے تحت خارجی جانب

$$C_L \frac{dv_L}{dt} + \frac{v_L}{R'_L} + g_m v_{be} = 0$$

$$C_L \frac{dv_L}{dt} + \frac{v_L}{R'_L} + 0.0004 = 0$$

لکھا جا سکتا 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 تکمیل لیتے 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 میں $t = 0$ پر $v_L = 0$ ہے لہذا $K = 0.8$ سے

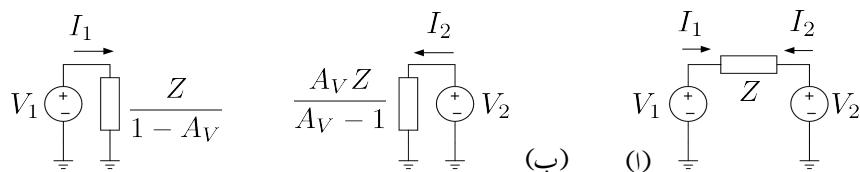
$$v_L = 0.8 \left(e^{-\frac{t}{R'_L C_L}} - 1 \right)$$

$$= 0.8 \left(e^{-5 \times 10^6 t} - 1 \right)$$

لامحدود وقت گزرنے کے بعد یعنی $t \rightarrow \infty$ پر اس مساوات کے تحت 90% قیمت حاصل کرنے کی خاطر حل کرتے ہیں

$$-0.9 \times 0.8 = 0.8 \left(e^{-5 \times 10^6 t} - 1 \right)$$

جس سے حاصل ہوتا ہے۔



شکل 24.6: مسئلہ ملر

اس مثال میں ہم نے دیکھا کہ داخلی اشارے کے تبدیلی کے کچھ دیر بعد خارجی 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 نہایت ضروری ہے۔ جہاں بھی تیز رفتار سے تبدیل ہونے والا اشارہ پایا جائے وہاں C_L در حقیقت غیر ضروری نا پسندیدہ کپیسٹر ہوتا ہے جسے کم کرنے کی پوری کوشش کی جاتی ہے۔ اس مثال میں کپیسٹر کی بدولت دور کے رفتار میں سستی پیدا ہونا دیکھا گیا۔ آئیں اب بلند تعدد انقطائی نقطوں پر غور کریں اور جن کپیسٹروں سے یہ نقطے پیدا ہوتے ہیں ان کی نشاندہی کریں۔ پہلے مسئلہ ملر پر غور کرتے ہیں جو آگے بار بار استعمال ہو گا۔

مسئلہ ملر 10.6

ٹرانزیستر ایمپلیفائر کا بلند تعدادی رد عمل دیکھنے سے پہلے شکل 24.6 کی مدد سے مسئلہ ملر³⁰ پر غور کرتے ہیں³¹۔ شکل اف میں دو برقی دباؤ کے ماہین برقی رکاوٹ Z نسب کی گئی ہے۔ V_1 سے باہر نکلتے برقی رو کو I_1 سے ظاہر کرتے ہوئے

$$I_1 = \frac{V_1 - V_2}{Z}$$

Miller theorem³⁰
³¹ جان ملن ملنے اس مسئلے کو دریافت کیا

حاصل ہوتا ہے۔ آئیں اس برقی رو کو قدر مختلف طریقے سے 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۔

$$(52.6) \quad I_1 = \frac{V_1}{Z_M}$$

جہاں

$$(53.6) \quad Z_M = \frac{Z}{1 - \frac{V_2}{V_1}}$$

کے برابر ہے۔ اس مساوات میں

$$(54.6) \quad \frac{V_2}{V_1} = A_V$$

لکھتے ہوئے

$$(55.6) \quad Z_M = \frac{Z}{1 - A_V}$$

حاصل ہوتا ہے۔

شکل 24.6 ب میں V_1 کے ساتھ Z_M جوڑا دکھایا گیا ہے۔ جہاں تک کا تعلق ہے، شکل الف اور شکل ب دونوں میں V_1 سے بالکل یکساں I_1 برقی رو حاصل ہوتا ہے۔ یوں V_1 کے نقطہ نظر سے شکل الف کے طرز پر لگائے گئے Z اور شکل ب کے طرز پر لگائے گئے Z_M مساوی ادوار ہیں۔ Z_M ملر برقی رکاوٹ پکارا جاتا ہے۔³²

³² لکھتے ہوئے زیرنوشت میں بڑے حروف تہجی میں M ملر کو قاہر کرتا ہے

آئیں اب V_2 کے نقطہ نظر سے دیکھیں جس سے باہر نکتے ہوئے برقی رو کو I_2 سے ظاہر کرتے ملتا ہے

$$\begin{aligned} I_2 &= \frac{V_2 - V_1}{Z} \\ &= V_2 \left(\frac{1 - \frac{V_1}{V_2}}{Z} \right) \\ &= \frac{V_2}{\left(\frac{Z}{1 - \frac{V_1}{V_2}} \right)} \end{aligned}$$

جس

$$(56.6) \quad I = \frac{V_2}{Z'_M}$$

لکھ سکتے ہیں جہاں

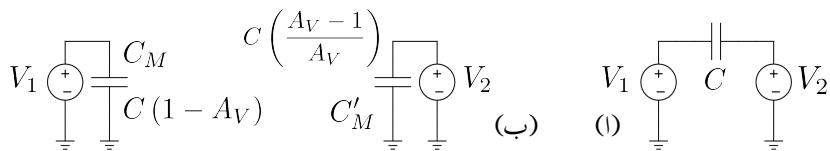
$$\begin{aligned} Z'_M &= \frac{Z}{1 - \frac{V_1}{V_2}} \\ &= \frac{Z}{\frac{V_1}{V_2} \left(\frac{V_2}{V_1} - 1 \right)} \\ &= \frac{\left(\frac{V_2}{V_1} \right) Z}{\frac{V_2}{V_1} - 1} \end{aligned}$$

یعنی

$$(57.6) \quad Z'_M = \frac{A_V Z}{A_V - 1}$$

کے برابر ہے۔ شکل 24.6 میں Z'_M کی وجہ ساتھ V_2 کے نقطہ نظر سے شکل اف اور شکل ب مساوی ادوار ہیں۔

شکل 24.6 میں Z کی جگہ کپیسٹر C نسب کرنے سے شکل 25.6 حاصل ہوتا



شکل 25.6: ملر کپیٹر

ہے۔ مساوات 55.6 میں کپیٹر کی برقی رکاوٹ کو 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

$$(58.6) \quad C_M = C(1 - A_V)$$

حاصل ہوتا۔ اسی طرح مساوات 57.6 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

$$(59.6) \quad C'_M = C \left(1 - \frac{1}{A_V}\right)$$

حاصل ہوتا۔ مساوات 58.6 کا اگلے حصے میں بار بار استعمال ہو گا۔ C_M ملر کپیٹر³³ پکارا جاتا ہے۔

Miller's capacitor³³

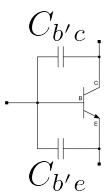
11.6 بلند تعدادی رد عمل

گزشتہ حصوں میں پست تعداد پر ٹرانزسٹر ایکلیفیاٹ کی کارکردگی دیکھی گئی جہاں ٹرانزسٹر کے ساتھ بیرونی جڑے کپیسٹروں کی وجہ سے پائے جانے والے پست انقطائی نقطوں پر غور کیا گیا۔ اس حصے میں بلند تعداد پر ایکلیفیاٹ کی کارکردگی دیکھی جائے گی۔ بلند تعداد پر ٹرانزسٹر کے ساتھ بیرونی جڑے کپیسٹروں کی برقی رکاوٹ $\frac{1}{\omega C}$ نہایت کم ہوتی ہے اور یوں انہیں قصر دور تصور کیا جاتا ہے۔ بلند تعداد پر ٹرانزسٹر کے اندروفنی کپیسٹروں کی وجہ سے بلند انقطائی نقطے پیدا ہوتا ہے جس پر اس حصے میں غور کیا جائے گا۔ پہلے $n-p-n$ ٹرانزسٹر کو مثال بناتے ہوئے ان اندروفنی کپیسٹروں پر تبصرہ کرتے ہیں۔

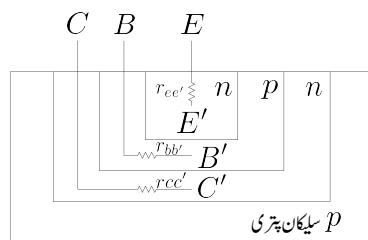
1.11.6 بلند تعدادی پائے π ریاضی نمونہ

استعمال کے دوران ٹرانزسٹر کے میں-ایمٹر جوڑ کو الٹ مائل رکھا جاتا ہے۔ بالکل ڈائیوڈ کی طرح، اس الٹ مائل $p-n$ جوڑ پر ویران خطہ پایا جاتا ہے جس کے ایک جانب ثبت بار جبکہ دوسری جانب منفی بار پایا جاتا ہے۔ یہ دو الٹ قسم کے بار مل کر کپیسٹر کو جنم دیتے ہیں جسے $C_{b'e}$ کی علامت سے پہچانا جاتا ہے۔ اس کپیسٹر 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 یا اس سے بھی کم ہوتی ہے۔ اس کپیسٹر کی قیمت الٹا مائل کرنے والے برقی دباؤ V_{CB} پر منحصر ہوتی ہے۔ حقیقت میں $C_{b'e}$ کی قیمت $V_{CB}^{-\frac{1}{3}}$ یا $V_{CB}^{-\frac{1}{2}}$ کے تناسب سے تبدیل ہوتی ہے۔ صفت کار عموماً $C_{b'e}$ کو C_{ob} پکار کر اس کی قیمت کپیسٹر کے ملعوباتی صفات میں پیش کرتا ہے۔

اس کے علاوہ میں-ایمٹر جوڑ پر کپیسٹر $C_{b'e}$ پایا جاتا ہے جس کی قیمت 100 pF تا 5000 pF پائی جاتی ہے۔ آئین دیکھیں کہ یہ کپیسٹر کس طرح پیدا ہوتا ہے۔ ٹرانزسٹر کے میں-ایمٹر جوڑ پر ثابت اشارے کی موجودگی میں یہ میٹر سے میں کی جانب آزاد الکٹران رواں ہوتے ہیں جن کا بیشتر حصہ میں خطے سے بذریعہ لفڑ گزر کر آخر کار ٹکٹر پہنچ کر i_c کا حصہ بنتے ہیں۔ اب تصور کریں کہ اس سے پہلے کہ الکٹران میں خطے سے گزر

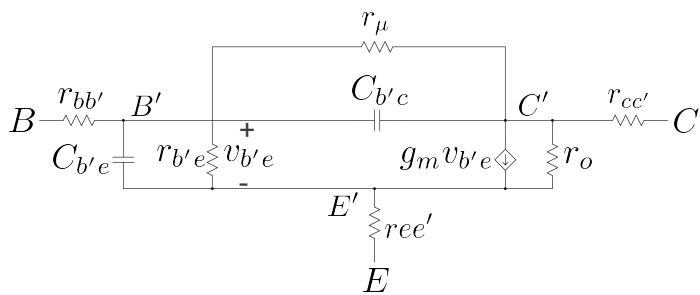


شکل 6.26: ٹرانزسٹر کے اندر ونی کپیسٹر کو بطور بیرونی کپیسٹر دکھایا گیا ہے



شکل 6.27: ٹرانزسٹر کے اندر ونی مراحت

پائیں، مہیا کردہ اشارہ منفی ہو جاتا ہے۔ آزاد الیکٹران اشارے کی نئی حقیقت کو دیکھتے ہوئے واپس بیٹر سرے کی جانب چل پڑیں گے۔ نتیجتاً ملکٹر سرے پر برقی رو i_c 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 بیس خطے سے الیکٹران کے گزرنے کا دورانیہ مہیا کردہ اشارے کے دوری عرصے سے کم ہو۔ جیسے جیسے اشارے کی تعداد بڑھائی جائے، ویسے ویسے ملکٹر برقی رو i_c کی قیمت کم ہوتی جاتی ہے۔ بڑھتی تعداد کی وجہ سے کم برقی رو کے حصول کو کپیسٹر $C_{b'e}$ سے ظاہر کیا جاتا ہے۔ بدلتے اشارے کی وجہ سے بیس خطے سے گزرنے والے آزاد الیکٹران کبھی ملکٹر اور کبھی بیٹر کی جانب پہنچنے کی کوشش ہی کرتے رہ جاتے ہیں۔ یوں بیس خطے میں گھیرے الیکٹرانوں کی تعداد کل برقی رو I_{EQ} پر مختص ہوتی ہے۔ $C_{b'e}$ کی مقدار میں خطے میں گھیرے بار کی مقدار پر مختص ہوتی ہے اور یوں اس کی قیمت برقی رو کے راست تناسب ہوتی ہے۔ ٹرانزسٹر کے اندر ونی کپیسٹروں کو شکل 26.6 میں بطور بیرونی کپیسٹر دکھایا گیا ہے۔



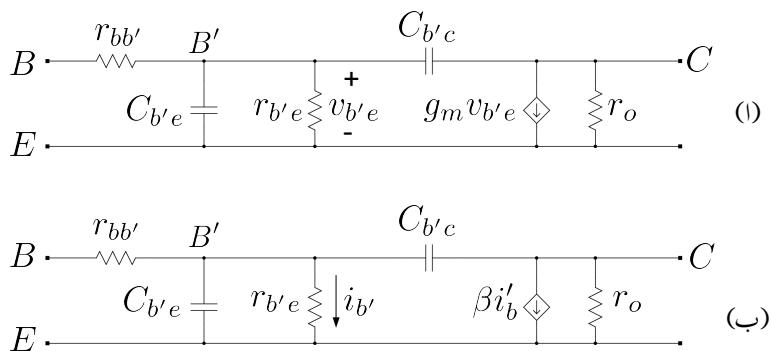
شکل 28.6: بلند تعدادی پائے ریاضی نمونہ

شکل 27.6 میں ٹرانزسٹر کی ساخت دکھائی گئی ہے جہاں بیرونی سروں کو حسب معمول اندروں نقطے B' کے درمیان غیر مطلوب مزاحمت³⁴ $r_{bb'}$ پایا جاتا ہے۔ یہ مزاحمت بیس نقطے کی خصوصیات پر منحصر ہوتا ہے۔ اسی طرح بیس پر $r_{ee'}$ اور کلکٹر پر $r_{cc'}$ غیر مطلوب مزاحمت پائے جاتے ہیں۔ الٹ ملبیں۔ بیس جوڑ میں الٹی جانب یک سمیت برتن رو کو مزاحمت r_μ سے ظاہر کیا جاتا ہے۔ اس کتاب میں $r_{ee'}, r_{cc'}$ اور r_μ کو صفر تصور کرتے ہوئے نظر انداز کیا جائے گا۔

ٹرانزسٹر کے پست تعدادی پائے ریاضی نمونے میں ان تمام اجزاء کی شمولیت سے بلند تعدادی پائے ریاضی نمونہ حاصل ہوتا ہے جس کو شکل 28.6 میں دکھایا گیا ہے۔ شکل 29.6 الف میں اسی کا سادہ دور دکھایا گیا ہے جس میں $r_{ee'}, r_{cc'}$ اور r_μ کو نظر انداز کیا گیا ہے۔ اس ریاضی نمونے کو قلم 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 نقطے کی چوڑائی کے راست ناسب ہوتی ہے۔ پست تعدادی ٹرانزسٹر کے بیس نقطے کی چوڑائی بلند تعدادی ٹرانزسٹر کے بیس نقطے 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 10Ω تا 50Ω ہوتی ہے۔

parasitic resistor³⁴

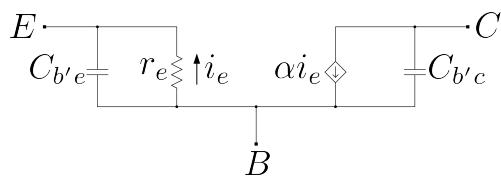


شکل 29.6: سادہ بلند تعدادی پائے ریاضی نمونے

ہے۔ پست تعدادی پائے ریاضی نمونے کے جزو r_{be} کو یہاں $r_{b'e}$ کہا گیا ہے۔ یوں مساوات 187.3 کے تحت

$$(60.6) \quad r_{b'e} = \frac{\beta V_T}{I_{CQ}}$$

کے برابر ہے۔ بلند تعداد پر $i_c = \frac{\beta}{r_{b'e}} v_{b'e}$ لکھتے ہوئے اور مساوات 188.3 سے $g_m = \frac{\beta}{r_{b'e}}$ استعمال سے شکل الف کے $i_c = g_m v_{b'e}$ کو $i_c = \beta i_b'$ کو لکھا کا سکتا ہے جس سے قدر مختلف شکل ب میں دکھایا گیا بلند تعدادی پائے ریاضی نمونہ حاصل ہوتا ہے۔ شکل ب میں i_b' پر دوبارہ غور کریں۔ یہ $r_{b'e}$ میں سے گزرتی برقی رو ہے نا کہ ٹرانزسٹر کے بیرونی میں سرے پر پائی جانے والی برقی رو۔ ٹرانزسٹر اس برقی رو کے نسبت سے i_c خارج کرتا ہے۔ بلند تعداد پر $C_{b'e}$ کے راستے داخلی برقی رو کا کچھ حصہ گزرنے گا جس کی وجہ سے ٹرانزسٹر کی افزائش میں کمی رونما ہو گی۔ ٹرانزسٹر کے پست تعدادی ٹی ریاضی نمونے کو صفحہ 360 پر شکل 77.3 میں دکھایا گیا ہے۔ شکل 77.3 پر میں ٹرانزسٹر کے اندر ٹرانزسٹر کے شمولیت سے شکل 30.6 حاصل ہوتا ہے جس میں $r_{bb'}$ شامل نہیں کیا گیا۔ ٹی ریاضی نمونے کا استعمال مشترکہ میں ایمپلیفیگر حل کرتے وقت آتا ہے جہاں $r_{bb'}$ کے اثر کو نظر انداز کرنا ممکن ہوتا ہے۔ ٹی ریاضی نمونے میں i_e وہ برقی رو ہے جو اندر ٹرانزسٹر r_e میں سے گزرتی ہے۔



شکل 30.6: بلند تعددی ریاضی نمونہ

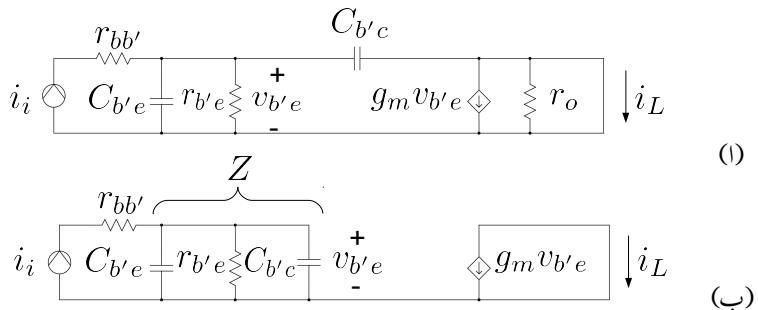
مشترکہ بیٹھ بلند نقطائی تعدد 2.11.6

شکل 29.6 الف کے خارجی جانب بر قی بوجھ R_L جوڑ کر افزائش بر قی رو $A_i = \frac{i_L}{i_i}$ حاصل کی جاسکتی ہے جس کی قیمت R_L بڑھنے سے گھٹے گی۔ ایسا کرنے کی بجائے، جیسا کہ شکل 31.6 الف میں دکھایا گیا ہے، ہم $R_L = 0$ رکھتے ہوئے قصر دور افزائش بر قی رو A_i حاصل کرتے ہیں جو اس کی زیادہ ممکنہ قیمت ہے۔ چونکہ $R_L = 0$ سے مراد ٹرانزسٹر کے کلکٹر 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 سرا بر قی زمین کے ساتھ جڑ جاتا ہے۔ چونکہ ٹرانزسٹر کا بیٹھ بھی بر قی زمین پر ہے لہذا $C_{b'c}$ کا یہ سرا بیٹھ کے ساتھ جڑ جاتا ہے۔ ان حقائق کو مد نظر رکھتے ہوئے شکل ب حاصل ہوتا ہے۔ شکل الف میں ہم دیکھتے ہیں کہ $C_{b'c}$ میں داخلی جانب سے خارجی جانب بر قی رو گزرے گی جبکہ شکل ب میں ایسا نہیں ہوتا۔ ہم $C_{b'c}$ میں داخلی جانب سے خارجی جانب گزرتے ہوئے بر قی رو کو نظر انداز کرتے ہوئے شکل 31.6 کی مدد سے A_i کی زیادہ ممکنہ قیمت حاصل کرتے ہیں۔ شکل میں

$$\begin{aligned}\frac{1}{Z} &= sC_{b'e} + sC_{b'c} + \frac{1}{r_{b'e}} \\ &= \frac{s(C_{b'e} + C_{b'c}) r_{b'e} + 1}{r_{b'e}}\end{aligned}$$

س

$$Z = \frac{r_{b'e}}{s(C_{b'e} + C_{b'c}) r_{b'e} + 1}$$



شکل 31.6: تصریح دو بر قی رو از نظر

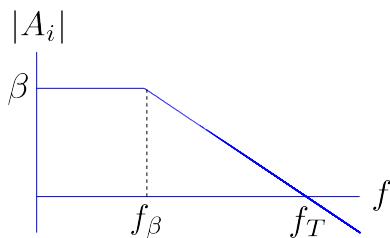
حاصل ہوتا ہے۔ یوں

$$\begin{aligned}
 A_i \Big|_{v_{ce}=0} &= \frac{i_L}{i_i} = \left(\frac{i_L}{i_c} \right) \left(\frac{i_c}{v_{b'e}} \right) \left(\frac{v_{b'e}}{i_i} \right) \\
 &= (-1) (g_m) (Z) \\
 &= \frac{-g_m r_{b'e}}{s (C_{b'e} + C_{b'c}) r_{b'e} + 1} \\
 &= \frac{-g_m r_{b'e}}{(C_{b'e} + C_{b'c}) r_{b'e} \left[s + \frac{1}{(C_{b'e} + C_{b'c}) r_{b'e}} \right]}
 \end{aligned}$$

لکھا جا سکتا ہے۔ اس کو مزید یوں لکھ سکتے ہیں

$$\begin{aligned}
 (61.6) \quad A_i \Big|_{v_{ce}=0} &= - \left(\frac{\beta \omega_\beta}{s + \omega_\beta} \right) = - \left(\frac{\beta}{1 + j \frac{f}{f_\beta}} \right) \\
 \text{اور} \quad g_m r_{b'e} &= \beta \quad \text{جہاں}
 \end{aligned}$$

$$(62.6) \quad \omega_\beta = 2\pi f_\beta = \frac{1}{(C_{b'e} + C_{b'c}) r_{b'e}}$$



شکل 32.6: بلند تعدادی بودا خل

کے برابر ہے۔ A_i کی حقیقی قیمت

$$(63.6) \quad |A_i|_{v_{ce}=0} = \frac{\beta}{\sqrt{1 + \left(\frac{f}{f_\beta}\right)^2}}$$

حاصل ہوتی ہے۔ f_β کو ٹرانزسٹر کی قصر دور بلند اقطائی عدد کہتے ہیں۔ مساوات 62.6 میں $C_{be'} \gg C_{bc'}$ ہونے کی وجہ سے مندرجہ ذیل سادہ مساوات حاصل ہوتی ہے۔

$$(64.6) \quad \omega_\beta = 2\pi f_\beta \approx \frac{1}{C_{b'e} r_{b'e}}$$

مساوات 61.6 کے حقیقی قیمت کا بودا خط شکل 32.6 میں دکھایا گیا ہے۔ مساوات 2.6 کی مدد سے ہم دیکھتے ہیں کہ f_β ایمپلیفائر کے دائزہ کا رکورڈ³⁵ B کے برابر ہے۔ بودا خط میں f_T عدد کا ذکر کیا گیا ہے۔ یہ وہ عدد ہے جس پر افزائش کی قیمت 0 dB یعنی ایک (1) کے برابر ہو جاتی ہے۔ آئیں f_T پر مزید غور کریں۔ مساوات 61.6 سے عدد کی وہ قیمت حاصل کی جا سکتی ہے جس پر قصر دور افزائش کی حقیقی قیمت ایک (1) کے برابر ہو۔ اس عدد کو ω_T لکھتے ہوئے

$$|A_i| = \frac{\beta \omega_\beta}{\sqrt{\omega_T^2 + \omega_\beta^2}} = 1$$

سے

$$\beta\omega_\beta = \sqrt{\omega_T^2 + \omega_\beta^2}$$

اور اس کا مربع لیتے ہوئے حل کرتے

$$\beta^2\omega_\beta^2 = \omega_T^2 + \omega_\beta^2$$

یعنی

$$(65.6) \quad \begin{aligned} \omega_T^2 &= \beta^2\omega_\beta^2 - \omega_\beta^2 \\ \omega_T &= \omega_\beta\sqrt{\beta^2 - 1} \end{aligned}$$

چونکہ $\beta \gg 1$ ہوتا ہے لہذا

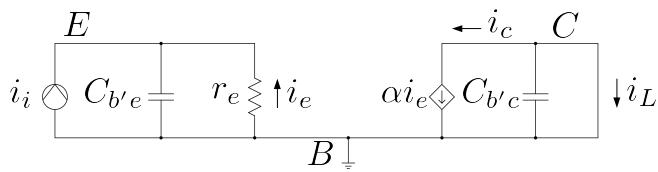
$$(66.6) \quad \begin{aligned} \omega_T &\approx \beta\omega_\beta \\ f_T &\approx \beta f_\beta \end{aligned}$$

لکھا جا سکتا ہے۔ اس مساوات کے تحت f_T دراصل ٹرانزسٹر کے β اور f_β کا حاصل ضرب ہے۔ اسی سے f_T کو ٹرانزسٹر کا افراہ ضریب دائرہ کارکردگی³⁶ کہتے ہیں۔ ٹرانزسٹر کے بلند تعدادی صلاحیت کو اس کے معلوماتی صفات³⁷ میں بطور f_T پیش کیا جاتا ہے۔ یوں کسی بھی اشارے کو بڑھانے کی خاطر استعمال کرنے والے ایکلیفائر کے ٹرانزسٹر کی f_T اس اشارے کی تعدد سے زیادہ ہونا ضروری ہے۔ مندرجہ بالا مساوات کو یوں دیکھا جا سکتا ہے کہ اگر دو مختلف ٹرانزسٹروں کی f_T برابر ہجکہ ان کے β برابر نہ ہوں تب کم β والے ٹرانزسٹر کا f_β زیادہ ہو گا اور یوں یہ نسبتاً زیادہ بلند تعدد کے اشارات کو بڑھانے کی صلاحیت رکھے گا۔

مساوات 66.6 اور مساوات 62.6 کو ملاتے ہوئے اور $\beta = g_m r_{b'e}$ لکھتے ہوئے

$$(67.6) \quad \begin{aligned} f_T &\approx \frac{g_m}{2\pi(C_{b'e} + C_{b'c})} \\ &\approx \frac{g_m}{2\pi C_{b'e}} \end{aligned}$$

gain bandwidth product³⁶
data sheet³⁷



شکل 33.6: مشترکہ بیس قصر دور برقی روا فراہش

حاصل ہوتا ہے جہاں دوسری قدم پر $C_{b'e} \gg C_{b'c}$ کی وجہ سے $C_{b'c}$ کو نظر انداز کیا گیا ہے۔

مساوات 66.6 کے مطابق f_T وہ حدتی بلند تعداد ہے جس تک مشترکہ ایکلیفائر ٹرانزسٹر اشارے کا جیطہ بڑھانے کی صلاحیت رکھتا ہے۔ اس مساوات کو حاصل کرتے وقت $C_{b'c}$ کے راستے ٹکٹر تک پہنچتے برتنی رو کو نظر انداز کیا گیا جس کی وجہ سے حقیقت میں مشترکہ ایکلیفائر ٹرانزسٹر ایکلیفائر کبھی بھی f_T تعداد کے اشارات کو نہیں بڑھا سکتا۔

3.11.6 مشترکہ بیس بلند انقطائی تعداد

اسیں مشترکہ بیس طرز پر استعمال کئے جانے والے ایکلیفائر کی بلند انقطائی تعداد حاصل کریں۔ بلند انقطائی تعداد ٹرانزسٹر کے ساتھ بیرونی جڑے مزاحمت وغیرہ پر بھی منحصر ہو گا۔ دو مختلف ٹرانزسٹروں کا آپس میں موازنہ کرنے کے لئے یہ ضروری ہے کہ ٹرانزسٹر کے ساتھ بیرونی جڑے پر زوں کے اثر کو شامل نہ کیا جائے۔ یوں مشترکہ بیس بلند تعدادی ریاضی نمونے کو استعمال کرتے ہوئے شکل 33.6 کو زنجیری ضرب 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 قوسین میں مقنی کی علامت اس لئے استعمال کئے گئے کہ اس قوسین کے بر قی رو i_L اور آپس میں الٹ سمت رکھتے ہیں۔ اسی طرح تیسری قوسین میں i_e اور آپس میں الٹ سمت رکھتے ہیں۔ مندرجہ بالا مساوات میں

$$C_{b'e}r_e = \frac{C_{b'e}r_{b'e}}{\beta} = \frac{1}{\beta\omega_\beta} = \frac{1}{\omega_T}$$

لیتے ہوئے اسے یوں لکھ سکتے ہیں۔

$$(68.6) \quad A_i \Big|_{v_{cb} \rightarrow 0} = \frac{\alpha}{j \frac{\omega}{\omega_T} + 1}$$

اس مساوات کے مطابق مشترکہ بیس طرز کے ایکلیفائر کی بلند انقطعی تعداد جسے ω_α پکارا جاتا ہے، ٹرانزسٹر کے ω_T کے برابر ہوتا ہے یعنی

$$(69.6) \quad \omega_\alpha = \beta\omega_\beta = \omega_T$$

آپ دیکھ سکتے ہیں کہ مشترکہ بیس طرز کے ایکلیفائر انتہائی بلند انقطعی تعداد رکھتے ہیں۔ حقیقت میں ω_T کے تعداد پر یہاں استعمال کیا گیا ٹرانزسٹر کا بلند تعدادی ٹی ریاضی نمونہ درست ثابت نہیں ہوتا لہذا مندرجہ بالا مساوات حقیقت میں درست نہیں۔ دیکھا یہ گیا ہے کہ

$$(70.6) \quad \omega_\alpha = (1 + \lambda) \omega_T$$

کے برابر ہوتا ہے جہاں λ کی قیمت 0.2 تا 1 ہوتی ہے۔ λ کی عمومی قیمت 0.4 ہے۔

4.11.6 f_T کا تجرباتی تخمینہ

f_T نہایت بلند تعداد ہے جسے ناپنا قدر مشکل ہوتا ہے۔ مساوات 63.6 کو استعمال کرتے ہوئے f_T کو کم تعداد پر ناپا جا سکتا ہے۔ اس مساوات کے مطابق اگر A_i کو تعداد f_1 پر ناپا جائے جہاں $(f_\beta \gg f_1)$ ہو مثلاً f_1 کی قیمت f_β کے پانچ یا چھ گتھ ہو تو اسے یوں لکھا جا سکتا ہے۔

$$(71.6) \quad |A_i|_{v_{ce}=0} \approx \frac{\beta f_\beta}{f_1} = \frac{f_T}{f_1}$$

لہذا f_1 تعداد پر $|A_i|$ ناپ کر f_T کی قیمت کا تخمینہ لگایا جاتا ہے۔ f_T کو استعمال کرتے ہوئے مساوات 67.6 سے $C_{b'e}$ کی قیمت حاصل کی جاتی ہے۔

مثال : 12.6 ایک ٹرانزسٹر جس کا $I_{CQ} = 0.75 \text{ mA}$ ، $\beta = 200$ اور $|A_i|_{v_{ce}=0}$ کے تعداد پر 6.5 MHz ناپتے ہوئے ہے کا $f_\beta = 1.3 \text{ MHz}$ حاصل ہوتا ہے۔ اس کی f_T کا تخمینہ لگاتے ہوئے $41.5 \frac{\text{A}}{\text{A}}$ حاصل کریں۔

حل: مساوات 71.6 کی مدد سے

$$f_T = 41.5 \times 6.5 \text{ MHz} \approx 270 \text{ MHz}$$

حاصل ہوتا ہے۔ I_{CQ}

$$g_m = \frac{I_{CQ}}{V_T} = \frac{0.75 \text{ mA}}{25 \text{ mV}} = 0.03 \text{ S}$$

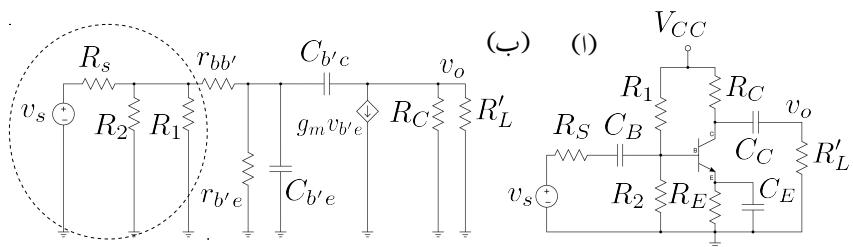
حاصل ہوتا ہے جسے مساوات 67.6 میں استعمال کرتے ہوئے

$$C_{b'e} = \frac{g_m}{2\pi f_T} = \frac{0.03}{2\pi \times 270 \times 10^6} \approx 18 \text{ pF}$$

حاصل ہوتا ہے۔

5.11.6 بر قی بوجھ کے موجودگی میں بلند تعدادی رد عمل

شکل 34.6 میں مشترکہ لمبٹر ایکلینیاٹر اور اس کا بلند تعداد مساوی دور دکھایا گیا ہے۔ یہ بلند تعداد پر استعمال ہونے والے مشترکہ لمبٹر ایکلینیاٹر کی عمومی شکل ہے۔ آئیں پہلے مساوی دور کی سادہ شکل حاصل کریں تا کہ توجہ ملکپیٹر پر رکھنی آسان ہو۔ پہلے مساوی دور کے داخلی جانب نقطہ دار دائرے میں بند حصے کا مساوی تھوڑے دور حاصل کرتے ہیں۔ شکل 35.6 الف



شکل 34.6: ایک پلیگار اور اس کا بلند تعداد مساوی دور

میں اس حصے کو پیش کیا گیا ہے جہاں تھونن مزاحمت v_{th} اور تھونن مزاحمت R_{th} کی نشاندہی بھی کی گئی ہے۔ شکل 35.6 ب میں مساوی تھونن دور دکھایا گیا ہے۔ متوازی جڑے R_B اور R_2 کی کل مزاحمت کو R_1 لینے

$$(72.6) \quad R_B = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

لکھتے ہوئے

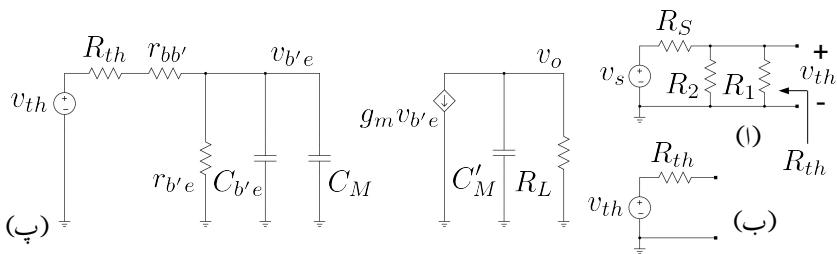
$$(73.6) \quad v_{th} = \left(\frac{R_B}{R_S + R_B} \right) v_s$$

$$(74.6) \quad R_{th} = \frac{R_S R_B}{R_S + R_B}$$

حاصل ہوتے ہیں۔ شکل 34.6 ب میں R'_L اور R_C متوازی جڑے ہیں۔ ان کے کل مزاحمت کو R_L لکھتے ہیں لینے

$$(75.6) \quad R_L = \frac{R_C R'_L}{R_C + R'_L}$$

شکل 34.6 پ کے طرز پر نظر ڈالنے سے ہم دیکھتے ہیں کہ اس کے ایک جانب $v_{b'e}$ اور دوسری جانب v_o برقی دباؤ ہے۔ یوں $C_{b'c}$ کے ملکپیٹر حاصل کئے جا سکتے ہیں۔ ان تبدیلوں کی مدد سے شکل 35.6 پ کا سادہ دور حاصل ہوتا ہے جہاں $C_{b'c}$ کو مسئلہ ملر کی مدد سے C_M اور C'_M جڑوا کپیٹروں میں تبدیل کر دیا گیا ہے۔ شکل 34.6 پ کے طرز پر ادوار میں عموماً C'_M کی برقی رکاوٹ متوازی جڑے مزاحمت



شکل 35.6: بلند تعدادی سادہ دور

R_L سے بہت زیادہ ہوتی ہے یعنی

$$(76.6) \quad \frac{1}{\omega C'_M} \gg R_L$$

لہذا C'_M کو نظر انداز کیا جاتا ہے۔ ایسا کرنے سے شکل 36.6 حاصل ہوتا ہے۔ آئیں دیکھیں کہ مندرجہ بالا مساوات کیوں درست ثابت ہوتا ہے۔

کسی بھی ایکلیفائر کو بلند اور پست انقطائی تعداد کے مابین درمیانی تعداد کے نقطے میں استعمال کیا جاتا ہے جہاں یہ داخلی اشارے کا حیطہ بڑھانے کی صلاحیت رکھتا ہے۔ اس نقطے میں ٹرانزیستر کا پست تعدادی ریاضی نمونہ استعمال کیا جاتا ہے۔ اگر شکل 35.6 پ میں پست تعدادی ریاضی نمونہ استعمال کیا جائے تو مل کپسٹر کے حصول میں درکار A_V کی قیمت

$$(77.6) \quad A_V = \frac{v_o}{v_{be}} = -g_m R_L$$

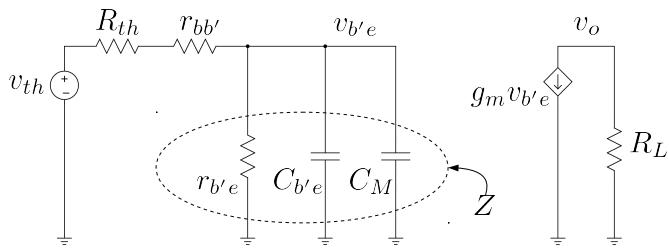
ہو گی جہاں v_{be} کی جگہ $v_{b'e}$ سے ہوئے مساوات 58.6 اور 59.6 کا استعمال کیا گیا ہے۔ اس قیمت کو استعمال کرتے

$$(78.6) \quad C_M = C_{b'c} (1 + g_m R_L)$$

$$(79.6) \quad C'_M = C_{b'c} \left(1 + \frac{1}{g_m R_L} \right)$$

حاصل ہوتے ہیں۔ درمیانی تعداد کے نقطے میں ایکلیفائر کی افزائش کی حقیقی قیمت ایک (1) سے کئی گناہ زیادہ ہوتی ہے (یعنی $g_m R_L \gg 1$) لہذا

$$(80.6) \quad C'_M \approx C_{b'c}$$



شکل 36.6: ملک پیٹر کے اثرات

ہو گا۔ $C_{b'e}$ کی قیمت انتہائی کم ہوتی ہے۔ یوں اس کے برقی رکاوٹ کی حقیقی قیمت برقت بوجھ سے بہت زیادہ ہو گی یعنی

$$(81.6) \quad \left| \frac{1}{j\omega C_{b'e}} \right| \gg R_L$$

لہذا $C_{b'e}$ کو نظر انداز کیا جا سکتا ہے۔ بلند تعداد ایپلیفیٹر حل کرتے وقت C_M کو استعمال جبکہ C'_M کو استعمال نہیں کیا جاتا۔ یہاں اس بات کو ذہن نشین کر لیں کہ ایپلیفیٹر کی افزائش بڑھانے سے C_M کی قیمت بھی بڑھتی ہے۔

آئیں شکل 36.6 کو کرنوفوک کے قوانین کے مطابق حل کرتے ہوئے حل کرتے ہیں۔ شکل میں $r_{b'e}$ ، C_M اور $C_{b'e}$ متوازی جڑے ہیں۔ ان کی کل برقی رکاوٹ کو Z سے ظاہر کرتے ہیں۔ یوں

$$\frac{1}{Z} = s(C_{b'e} + C_M) + \frac{1}{r_{b'e}}$$

$$(82.6) \quad Z = \frac{r_{b'e}}{s(C_{b'e} + C_M) r_{b'e} + 1}$$

حاصل ہوتا ہے۔ زنجیری ضرب سے

$$\begin{aligned} A'_v &= \frac{v_o}{v_{th}} = \left(\frac{v_o}{i_c} \right) \left(\frac{i_c}{v_{b'e}} \right) \left(\frac{v_{b'e}}{v_{th}} \right) \\ &= (-R_L) (g_m) \left(\frac{Z}{R_{th} + r_{bb'} + Z} \right) \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اس میں Z کی قیمت استعمال کرتے ہوئے حل کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned}
 A'_v &= -R_L g_m \left(\frac{\frac{r_{b'e}}{s(C_{b'e} + C_M)r_{b'e} + 1}}{R_{th} + r_{bb'} + \frac{r_{b'e}}{s(C_{b'e} + C_M)r_{b'e} + 1}} \right) \\
 &= \frac{-R_L g_m r_{b'e}}{[s(C_{b'e} + C_M)r_{b'e} + 1](R_{th} + r_{bb'}) + r_{b'e}} \\
 &= \frac{-R_L g_m r_{b'e}}{s(C_{b'e} + C_M)r_{b'e}(R_{th} + r_{bb'}) + R_{th} + r_{bb'} + r_{b'e}} \\
 &= \frac{-R_L g_m r_{b'e}}{(C_{b'e} + C_M)r_{b'e}(R_{th} + r_{bb'}) \left[s + \frac{R_{th} + r_{bb'} + r_{b'e}}{(C_{b'e} + C_M)r_{b'e}(R_{th} + r_{bb'})} \right]}
 \end{aligned}$$

جسے

$$(83.6) \quad A'_v = - \left[\frac{g_m R_L}{(C_{b'e} + C_M)(R_{th} + r_{bb'})} \right] \left(\frac{1}{s + \omega_H} \right)$$

لکھا جا سکتا ہے جہاں

$$\begin{aligned}
 \omega_H &= \frac{R_{th} + r_{bb'} + r_{b'e}}{(C_{b'e} + C_M)r_{b'e}(R_{th} + r_{bb'})} \\
 (84.6) \quad &= \frac{1}{[r_{b'e} \parallel (R_{th} + r_{bb'})](C_{b'e} + C_M)} \\
 &\quad \frac{1}{R_m (C_{b'e} + C_M)}
 \end{aligned}$$

ω_H کی مساوات جانی پچھانی شکل یعنی $\frac{1}{R_m C}$ متوالی ہے جسے C کی متوالی ہے جہاں R_m کپیٹر $C_{b'e}$ اور C_M کی کل کپیٹنس $(C_{b'e} + C_M)$ ہے جبکہ اس کپیٹر کے ساتھ کل متوالی جزوی مزاحمت ہے۔ شکل 36.6 میں v_s کو قصر دور کرتے ہوئے $r_{b'e}$ کے ساتھ متوالی ہے $(R_{th} + r_{bb'})$ کی کل مزاحمت ہے جسے 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۔

$$R_m = r_{b'e} \parallel (R_{th} + r_{bb'})$$

چونکہ R_{th} کی قیمت $r_{bb'}$ سے بہت زیادہ ہوتی ہے یعنی

$$R_{th} \gg r_{bb'}$$

$$R_{th} \gg r_{b'e}$$

لہذا

$$R_m \approx r_{b'e}$$

کے برابر ہو گا اور یوں

$$(85.6) \quad \omega_H = \frac{1}{(C_{b'e} + C_M) r_{b'e}}$$

$$f_H = \frac{1}{2\pi (C_{b'e} + C_M) r_{b'e}}$$

ہو گا۔ ω_H کا مساوات 64.6 میں دے موافزہ کرتے ہیں۔

$$(86.6) \quad \frac{\omega_\beta}{\omega_H} = \frac{\left(\frac{1}{C_{b'e} r_{b'e}}\right)}{\left[\frac{1}{(C_{b'e} + C_M) r_{b'e}}\right]} = \frac{C_{b'e} + C_M}{C_{b'e}} = 1 + \frac{C_M}{C_{b'e}}$$

آپ دیکھ سکتے ہیں کہ مشترکہ ایکلیفیٹر کا بلند انقطعی تعدد ω_H ہے لہذا ایکلیفیٹر کی افزائش ω_β تعدد پر نہایت کم ہو گی۔

کو مساوات 63.6 اور مساوات 73.6 کی مدد سے یوں حاصل کر سکتے ہیں۔

$$A_v = \frac{v_o}{v_s} = \left(\frac{v_o}{v_{th}} \right) \left(\frac{v_{th}}{v_s} \right)$$

$$= - \left[\frac{g_m R_L}{(C_{b'e} + C_M) (R_{th} + r_{bb'})} \right] \left(\frac{R_B}{R_S + R_B} \right) \left(\frac{1}{s + \omega_H} \right)$$

$$= - \left[\frac{g_m R_L}{\omega_H (C_{b'e} + C_M) (R_{th} + r_{bb'})} \right] \left(\frac{R_B}{R_S + R_B} \right) \left(\frac{1}{1 + \frac{s}{\omega_H}} \right)$$

$$= - \left(\frac{g_m R_m R_L}{R_{th} + r_{bb'}} \right) \left(\frac{R_B}{R_S + R_B} \right) \left(\frac{1}{1 + \frac{s}{\omega_H}} \right)$$

جہاں دوسرے قدم پر مساوات $84.6 \approx r_{b'e}$ کا استعمال کیا گیا۔ کی صورت میں اسے یوں لکھا جا سکتا ہے۔

$$A_v \approx - \left(\frac{g_m r_{b'e} R_L}{R_{th} + r_{bb'}} \right) \left(\frac{R_B}{R_S + R_B} \right) \left(\frac{1}{1 + \frac{s}{\omega_H}} \right)$$

لکھتے ہوئے $g_m r_{b'e} = \beta$

$$(87.6) \quad A_v \approx - \left(\frac{\beta R_L}{R_{th} + r_{bb'}} \right) \left(\frac{R_B}{R_S + R_B} \right) \left(\frac{1}{1 + \frac{s}{\omega_H}} \right)$$

حاصل ہوتا ہے۔ اس مساوات سے درمیانی تعدد پر حاصل کرتے ہیں۔

$$(88.6) \quad |A_{vD}|_{\omega \ll \omega_H} = - \left(\frac{\beta R_L}{R_{th} + r_{bb'}} \right) \left(\frac{R_B}{R_S + R_B} \right)$$

مثال 34.6 میں

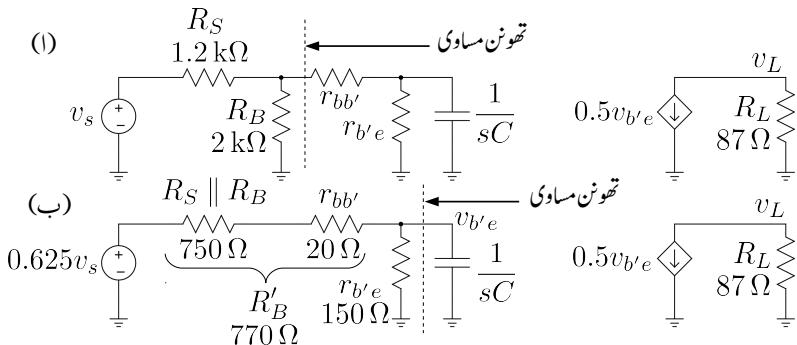
$$\begin{array}{lll} V_{CC} = 15 \text{ V} & R_1 = 7 \text{ k}\Omega & R_2 = 2.8 \text{ k}\Omega \\ R_C = 650 \Omega & R'_L = 100 \Omega & R_E = 260 \Omega \\ C_{b'e} = 2 \text{ pF} & C_{b'e} = 220 \text{ pF} & r_{bb'} = 20 \Omega \\ & \beta = 75 & R_S = 1.2 \text{ k}\Omega \end{array}$$

لیتے ہوئے $r_{b'e} = 150 \Omega$ اور $g_m = 0.5 \text{ S}$ اور $I_{CQ} \approx 12.5 \text{ mA}$ اس ایکلینیاٹر کی درمیانی تعدد پر افواش A_v اور بلند انقطعی تعدد f_H حاصل کریں۔

حل: حصہ 5.11.6 میں اسی کو کرخوف کے قوانین کی مدد سے حل کیا گیا۔ اس مثال کو مسئلہ نارٹن اور مسئلہ تھونن کے بار بار استعمال سے حل کرتے ہیں۔

لکھتے ہوئے R_L کو $R_C \parallel R'_L$

$$R_L = \frac{650 \times 100}{650 + 100} = 87 \Omega$$



شکل 37.6: مسئلہ نارٹن اور مسئلہ تحونن کے بارہ استعمال سے دور کا حل

حاصل ہوتا ہے۔ شکل 34.6 ب سے مسئلہ مل کی مدد سے شکل 37.6 الف حاصل ہوتا ہے جہاں

$$\begin{aligned} C &= C_{b'e} + C_M \\ &= C_{b'e} + (1 + g_m R_L) C_{b'e} \\ &= 220 \times 10^{-12} + (1 + 0.5 \times 87) \times 2 \times 10^{-12} \\ &= 220 \text{ pF} + 89 \text{ pF} \\ &= 309 \text{ pF} \end{aligned}$$

کے برابر ہے اور R_B کو $R_1 \parallel R_2$ کہا گیا ہے یعنی

$$R_B = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{7000 \times 2800}{7000 + 2800} = 2 \text{ k}\Omega$$

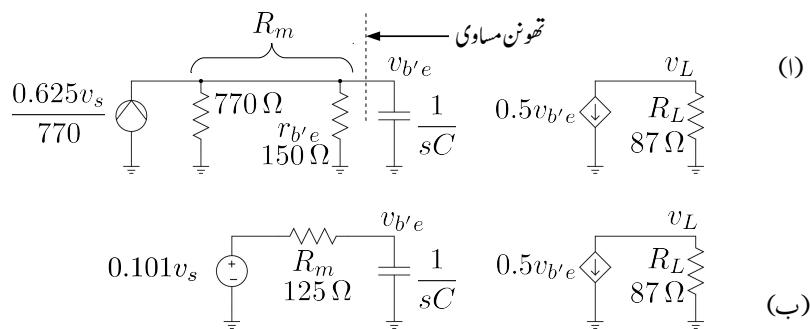
اس شکل میں نقطہ دار لکیر کے بائیں جانب کا مساوی تحونن دور لیتے ہوئے شکل 37.6 ب حاصل ہوتا ہے جہاں تحونن مساوی مقدار

$$\left(\frac{R_B}{R_S + R_B} \right) v_s = 0.625v_s \quad \text{تحونن دباؤ}$$

$$R_S \parallel R_B = 750 \Omega \quad \text{تحونن مراجحت}$$

ہیں۔ شکل 37.6 ب کے نقطہ دار لکیر سے بائیں جانب حصے کا اب مساوی نارٹن دور لیتے ہیں جسے شکل 38.6 الف میں دکھایا گیا ہے جہاں نارٹن مساوی برقرار رکھیں گے

$$\frac{0.625v_s}{R'_B} = \frac{0.625}{770} v_s$$



شکل 38.6: مسئلہ نارٹن اور مسئلہ تھونن کے بار بار استعمال سے دور کا حل

کے برابر ہے۔ شکل 38.6 الف میں نقطہ دار لکیر کے باہمی جانب حصے کا تھونن مساوی دور لیتے ہوئے شکل ب حاصل ہوتا ہے۔ شکل 38.6 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 ضرب سے

$$\begin{aligned} A_v &= \frac{v_L}{v_s} = \frac{v_L}{i_c} \times \frac{i_c}{v_{b'e}} \times \frac{v_{b'e}}{v_s} \\ &= -87 \times 0.5 \times \left(\frac{0.101}{1 + \frac{jf}{4 \times 10^6}} \right) \\ &= \frac{-4.4}{1 + \frac{jf}{4 \times 10^6}} \end{aligned}$$

لکھا جا سکتا ہے۔ بلند انقطعائی تعداد تقریباً $f_H = 4 \text{ MHz}$ جبکہ درمیانی تعداد کی افراش $A_{vD} = -4.4 \frac{\text{V}}{\text{V}}$

6.11.6 مشترک سورس ماسفیٹ ایکپلینیٹر کا بلند تعدادی رد عمل

شکل 39.6 الف میں ماسفیٹ ایکپلینیٹر اور شکل ب میں اسی کا مساوی بلند تعدادی دور دکھایا گیا ہے جس میں ماسفیٹ کا بلند تعدادی ریاضی نمونہ استعمال کیا گیا ہے۔ ماسفیٹ کا بلند تعدادی ریاضی نمونہ ماسفیٹ کے پست تعدادی ریاضی نمونے میں C_{gs} اور C_{gd} اندر ہونی کپیسٹر کی شمولیت سے حاصل کیا گیا ہے۔ شکل 39.6 ب اور شکل 34.6 ب اور تقريباً یکساں صورت رکھتے ہیں۔ ماسفیٹ کے ریاضی نمونے میں $C_{gs} \gg C_{gd}$ ہوتا ہے۔ پست تعدادی ماسفیٹ کے C_{gs} کی قیمت 50 pF جبکہ بلند تعدادی ماسفیٹ کی C_{gd} 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۔

$$R_L = \frac{R'_L R_D}{R'_L + R_D}$$

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

لیتے ہوئے نقطہ دار دائرے میں بند حصے کا چونن مساوی دور حاصل کرتے ہیں۔

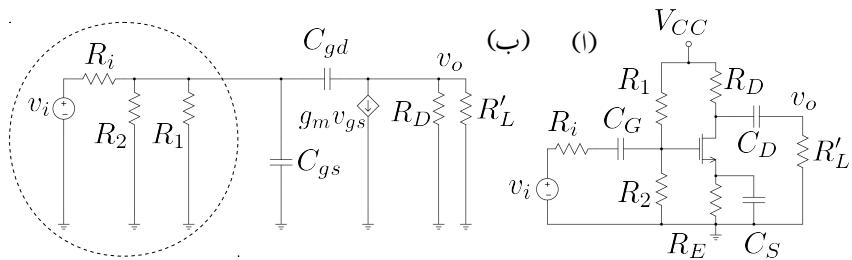
$$R_{th} = \frac{R_i R_G}{R_i + R_G}$$

$$v_{th} = \left(\frac{R_G}{R_i + R_G} \right) v_i$$

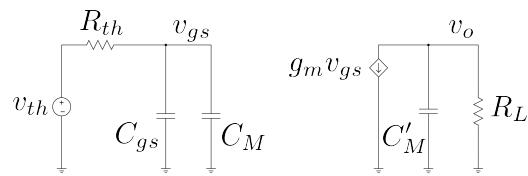
C_{gd} کا ملک کپیسٹر استعمال کرتے ہوئے شکل 40.6 حاصل ہوتا ہے۔ آئیں اس مرتبہ C'_M کو نظر انداز نہ کرتے ہوئے دور کو حل کریں۔ متوازی جڑے R_L اور C'_M کی برقی رکاوٹ کو Z_L لکھتے ہوئے

$$\frac{1}{Z_L} = j\omega C'_M + \frac{1}{R_L}$$

$$Z_L = \frac{R_L}{j\omega C'_M R_L + 1}$$



شکل 39.6: ماسفیٹ ایکلینیکر اور اس کا بلند تعددی مساوی دور



شکل 40.6: ماسفیٹ ایکلینیکر میں ملکیت کا اثر

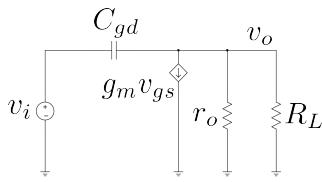
حاصل ہوتا ہے۔ یوں

$$\begin{aligned}
 \frac{v_o}{v_{th}} &= \left(\frac{v_o}{i_d} \right) \left(\frac{i_d}{v_{gs}} \right) \left(\frac{v_{gs}}{v_{th}} \right) \\
 &= (-Z_L) (g_m) \left(\frac{\frac{1}{j\omega(C_{gs} + C_M)}}{R_{th} + \frac{1}{j\omega(C_{gs} + C_M)}} \right) \\
 &= - \left(\frac{g_m R_L}{j\omega C'_M R_L + 1} \right) \left(\frac{1}{j\omega(C_{gs} + C_M) R_{th} + 1} \right)
 \end{aligned}$$

اے جی

$$(89.6) \quad \omega'_H = \frac{1}{C'_M R_L}$$

$$(90.6) \quad \omega_H = \frac{1}{(C_{gs} + C_M) R_{th}}$$



شکل 41.6: بلند ترین ممکنہ انقطاعی تعدد کا حصول

لیتے ہوئے

$$(91.6) \quad \frac{v_o}{v_{th}} = - \left(\frac{g_m R_L}{j \frac{\omega}{\omega_H} + 1} \right) \left(\frac{1}{j \frac{\omega}{\omega_H} + 1} \right)$$

لکھا جا سکتا ہے۔

آپ دیکھ سکتے ہیں کہ C'_M سے ω'_H حاصل ہوتا ہے جسے گزشتہ حصے میں نظر انداز کیا گیا تھا۔ حقیقت میں $\omega'_H \gg \omega_H$ ہوتا ہے لہذا ماسفیٹ ایکلیپیٹر میں بھی C'_M کی موجودگی کو نظر انداز کیا جاتا ہے۔ یوں $\omega \ll \omega'_H$ تعداد پر چلتے ہوئے کل افراکش یوں لکھی جائے گی۔

$$(92.6) \quad A_v = \left(\frac{v_o}{v_{th}} \right) \left(\frac{v_{th}}{v_i} \right) = - \left(\frac{g_m R_L}{j \frac{\omega}{\omega_H} + 1} \right) \left(\frac{R_G}{R_G + R_i} \right)$$

اس مساوات کے مطابق بلند انقطاعی تعدد کا دارومندار R_{th} پر ہے۔ آئیں دیکھیں کہ ماسفیٹ کی بلند ترین انقطاعی تعدد کس صورت حاصل ہو گی۔ ایسا کرنے کی خاطر شکل 39.6 میں $R_i = 0 \Omega$ لیتے ہوئے اس کا مساوی دور حاصل کرتے ہیں جسے شکل 41.6 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 اشارہ v_i کے متوازی جڑے ہیں لہذا گیٹ پر v_i ہی پایا جائے۔ یوں $v_{gs} = v_i$ کے برابر ہو گا۔ v_o جوڑ پر کرخوف کے قانون برائے برقی رو کے مدد سے ہم لکھ سکتے ہیں

$$\frac{v_o - v_i}{j\omega C_{gd}} + g_m v_i + \frac{v_o}{R_L r_o} = 0$$

$$\frac{v_o}{v_i} = \left(\frac{R_L r_o}{r_L + r_o} \right) \left[\frac{j\omega C_{gd} - g_m}{1 + \omega C_{gd} \left(\frac{R_L r_o}{R_L + r_o} \right)} \right]$$

یعنی

$$(93.6) \quad A_v = \frac{v_o}{v_i} = \left(\frac{g_m R_L r_o}{r_L + r_o} \right) \left[-1 + \frac{j \frac{\omega C_{gd}}{g_m}}{1 + j\omega C_{gd} \left(\frac{R_L r_o}{R_L + r_o} \right)} \right]$$

جس میں

$$(94.6) \quad \omega_s = \frac{g_m}{C_{gd}}$$

$$(95.6) \quad \omega_H = \frac{1}{C_{gd} \left(\frac{R_L r_o}{R_L + r_o} \right)}$$

لیتے ہوئے

$$(96.6) \quad A_v = \left(\frac{g_m R_L r_o}{r_L + r_o} \right) \left[\frac{-1 + j \frac{\omega_s}{\omega_H}}{1 + j \frac{\omega}{\omega_H}} \right]$$

حاصل ہوتا ہے۔ اس مساوات میں یعنی

$$\frac{g_m}{C_{gd}} \gg \frac{1}{C_{gd} \left(\frac{R_L r_o}{R_L + r_o} \right)}$$

جسے

$$(97.6) \quad g_m \left(\frac{R_L r_o}{R_L + r_o} \right) \gg 1$$

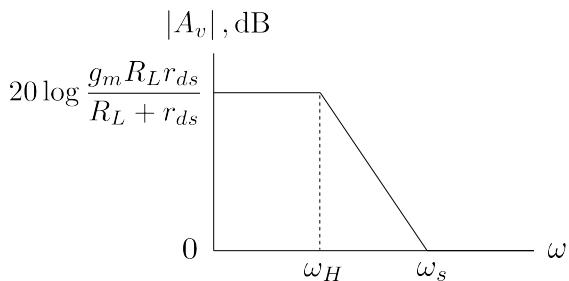
لکھا جا سکتا ہے۔ مساوات 96.6 کا بودا خط شکل 42.6 میں دکھایا گیا ہے۔ ω_H کی قیمت سے وابستہ ہے۔ اگر $R_L \rightarrow \infty$ کر دیا جائے تو بلند ترین انقطعی تعدد R_L

$$(98.6) \quad \omega_H \Big|_{R_L \rightarrow \infty} = \frac{1}{C_{gd} r_o}$$

حاصل ہو گی جو ماسیٹ ریاضی نمونے کے اجزاء r_o اور C_{gd} پر منحصر ہے۔

12.6. مشترکہ گلٹر ایمپلینیٹر کا بلند تعددی رد عمل

763



شکل 42.6: ماسفیٹ ایمپلینیٹر کا بودھ خط

12.6 مشترکہ گلٹر ایمپلینیٹر کا بلند تعددی رد عمل

شکل 43.6 الف میں گلٹر مشترک ایمپلینیٹر دکھایا گیا ہے جس کا مساوی باریک اشاراتی بلند تعددی دور شکل ب میں دکھایا گیا ہے۔ بلند تعدد پر بیرونی نسب کپیٹر C_b قصر دور کردار ادا کرتا ہے۔ شکل ب سے واضح ہے کہ صرف $r_{b'e}$ سے گزرتی برقی رو i_b کو ٹرانزسٹر β گنا بڑھاتا ہے۔ اس شکل میں کپیٹر $C_{b'e}$ کا باعث جانب کا مساوی تھونن دور حاصل کرتے ہیں

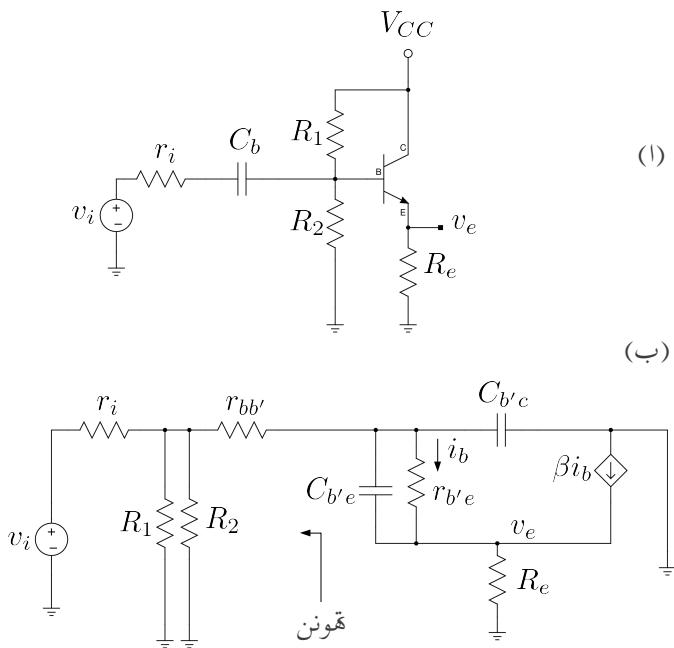
$$V_{th} = \left(\frac{R_1 \| R_2}{r_i + R_1 \| R_2} \right) v_i = v_s$$

$$R_{th} = r_i \| R_1 \| R_2 + r_{bb'} = r_s$$

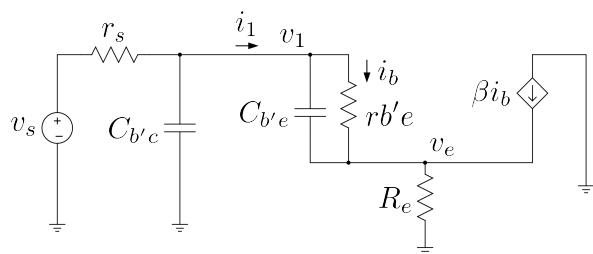
جہاں تھونن برقی دباؤ کو v_s اور تھونن برقی مزاحمت کو r_s لکھا گیا ہے۔ شکل ب میں $C_{b'e}$ کا ایک سرا برقی زمین سے جڑا ہے۔ یوں شکل ب کو شکل 44.6 کے طرز پر بنایا جا سکتا ہے۔ اس شکل کو دیکھتے ہوئے کرخوف کے قانون برائے برقی رو کے استعمال سے ایسٹر پر ہم لکھ سکتے ہیں

$$(v_e - v_1) sC_{b'e} + \frac{v_e - v_1}{r_{b'e}} + \frac{v_e}{R_e} = \beta i_b = \beta \frac{v_1 - v_e}{r_{b'e}}$$

باب 6. ایکلپیاگر کا تعددی رد عمل اور فلتر



شکل 43.6: گلکٹر مشترک بلند تعددی رد عمل



شکل 44.6: گلکٹر مشترک بلند تعددی سادہ مساوی دور

یعنی

$$\begin{aligned}
 v_1 &= \left[\frac{sC_{b'e} + \frac{\beta+1}{r_{b'e}} + \frac{1}{R_e}}{sC_{b'e} + \frac{\beta+1}{r_{b'e}}} \right] v_e \\
 &= \left[\frac{\left(sC_{b'e} + \frac{\beta+1}{r_{b'e}} \right) + \frac{1}{R_e}}{sC_{b'e} + \frac{\beta+1}{r_{b'e}}} \right] v_e \\
 (99.6) \quad &= \left[\frac{\left(sC_{b'e} + \frac{\beta+1}{r_{b'e}} \right)}{sC_{b'e} + \frac{\beta+1}{r_{b'e}}} + \frac{\frac{1}{R_e}}{sC_{b'e} + \frac{\beta+1}{r_{b'e}}} \right] v_e \\
 &= \left[1 + \frac{1}{R_e \left(sC_{b'e} + \frac{\beta+1}{r_{b'e}} \right)} \right] v_e
 \end{aligned}$$

اسی طرح جوڑ v_1 پر کرخوف کے قانون برائے برقی رو کے استعمال سے ہم لکھ سکتے ہیں

$$\frac{v_1 - v_s}{r_s} + v_1 sC_{b'c} + (v_1 - v_e) sC_{b'e} + \frac{v_1 - v_e}{r_{b'e}} = 0$$

یعنی

$$\begin{aligned}
 \left(\frac{1}{r_s} + sC_{b'c} + sC_{b'e} + \frac{1}{r_{b'e}} \right) v_1 &= \frac{v_s}{r_s} + v_e \left(sC_{b'e} + \frac{1}{r_{b'e}} \right) \\
 \left(\frac{1}{r_s} + sC_{b'c} + sC_{b'e} + \frac{1}{r_{b'e}} \right) \left[1 + \frac{1}{R_e \left(sC_{b'e} + \frac{\beta+1}{r_{b'e}} \right)} \right] v_e & \\
 &= \frac{v_s}{r_s} + v_e \left(sC_{b'e} + \frac{1}{r_{b'e}} \right)
 \end{aligned}$$

جہاں دوسرے قدم پر مساوات 99.6 کا استعمال کیا گیا۔ ہمیں ہاتھ کے توسمیں 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 یکساں اجزاء اکٹھے کرتے ہیں۔

$$\left[\frac{\frac{1}{r_s} + sC_{b'c} + \frac{\frac{1}{r_s} + sC_{b'c} + sC_{b'e} + \frac{1}{r_{b'e}}}{R_e \left(sC_{b'e} + \frac{\beta+1}{r_{b'e}} \right)}}{v_e} = \frac{v_s}{r_s} \right]$$

اس مساوات کو

$$\left[\frac{\frac{1}{r_s} (1 + s r_s C_{b'c}) + \frac{\frac{1}{r_s} (1 + s r_s C_{b'c}) + \frac{1}{r_{b'e}} (s r_{b'e} C_{b'e} + 1)}{R_e (\beta+1) \left(s \frac{r_{b'e} C_{b'e}}{\beta+1} + 1 \right)}}{v_e} = \frac{v_s}{r_s} \right]$$

لکھ کر دونوں جانب کو r_s سے ضرب دیتے اور

$$(100.6) \quad \omega_1 = \frac{1}{r_s C_{b'c}}$$

$$(101.6) \quad \omega_\beta = \frac{1}{r_{b'e} C_{b'e}}$$

$$(102.6) \quad \omega_T = \frac{\beta+1}{r_{b'e} C_{b'e}}$$

لکھتے ہوئے یوں

$$\left[\left(1 + \frac{j\omega}{\omega_1} \right) + \frac{\left(1 + \frac{j\omega}{\omega_1} \right) + \frac{r_s}{r_{b'e}} \left(\frac{j\omega}{\omega_\beta} + 1 \right)}{\frac{R_e (\beta+1)}{r_{b'e}} \left(\frac{j\omega}{\omega_T} + 1 \right)} \right] v_e = v_s$$

یا

$$\left[\frac{\frac{R_e (\beta+1)}{r_{b'e}} \left(\frac{j\omega}{\omega_T} + 1 \right) \left(1 + \frac{j\omega}{\omega_1} \right) + \left(1 + \frac{j\omega}{\omega_1} \right) + \frac{r_s}{r_{b'e}} \left(\frac{j\omega}{\omega_\beta} + 1 \right)}{\frac{R_e (\beta+1)}{r_{b'e}} \left(\frac{j\omega}{\omega_T} + 1 \right)} \right] v_e = v_s$$

لکھا جا سکتا ہے۔ کسر کے بالائی حصے میں تمام قوسین کھولتے ہوئے اس مساوات کو یوں لکھا جا 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

$$(103.6) \quad \frac{v_e}{v_s} = \frac{\frac{R_e(\beta+1)}{r_{b'e}} \left(\frac{j\omega}{\omega_T} + 1 \right)}{A + j\omega B + (j\omega)^2 C}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اگر $(\beta+1) R_e \gg r_s + r_{b'e}$ ہو تو اس مساوات کو اس طرح لکھا جا سکتا ہے

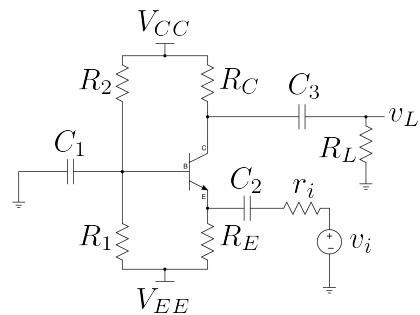
$$(104.6) \quad \frac{v_e}{v_s} = \frac{1 + \frac{j\omega}{\omega_T}}{1 + j\omega \left(\frac{1}{\omega_1} + \frac{1 + \frac{r_s}{R_e}}{\omega_T} \right) + \frac{j\omega}{\omega_T} \frac{j\omega}{\omega_1}}$$

13.6 مشترک بیس ایکلیفیاٹ کا بلند انقطائی تعداد

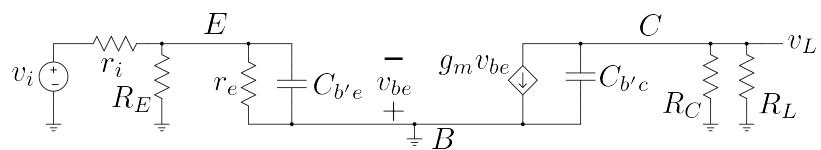
شکل 45.6 میں بیس مشترک ایکلیفیاٹ دکھایا گیا ہے۔ صفحہ 360 پر ٹرانزسٹر کا نظریاضی نمونہ دکھایا گیا ہے جسے پانے ریاضی نمونہ کی شکل میں بناتے ہوئے شکل 45.6 کا بلند تعدادی مساوی دور شکل 46.6 میں دکھایا گیا ہے۔ باریک اشاراتی دور میں R_1 اور R_2 دونوں کے دونوں سرے برقی زمین پر ہیں لہذا انہیں نہیں دکھایا گیا۔ چونکہ ٹرانزسٹر کا بیس سرا برقی زمین پر ہے لہذا $C_{b'e}$ کا ایک سرا برقی زمین پر ہو گا اور یوں اسے کلکٹر اور برقی زمین کے مابین دکھایا گیا ہے۔

مساوی دور سے دو انقطائی تعداد حاصل ہوتے ہیں یعنی

$$(105.6) \quad \begin{aligned} \omega_{H1} &= \frac{1}{(r_e \| R_E \| r_i) C_{b'e}} \\ \omega_{H2} &= \frac{1}{(R_C \| R_L) C_{b'e}} \end{aligned}$$



شکل 6.45: میں مشترک ایپلیناٹ



شکل 6.46: میں مشترک ایپلیناٹ کا مساوی دور

درمیانی تعداد پر افراش 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 جا سکتا ہے جہاں پہلی اور تیسرا توسمیں میں موجود منفی ایک آپس میں ضرب ہو کر نتیجہ ہو جاتے ہیں۔

مثال 14.6 میں شکل 45.6 میں

$$\begin{aligned} V_{CC} &= 5 \text{ V}, \quad V_{EE} = -5 \text{ V}, \quad R_E = 600 \Omega \\ R_1 &= 6 \text{ k}\Omega, \quad R_2 = 38 \text{ k}\Omega, \quad R_C = 5 \text{ k}\Omega \\ R_L &= 10 \text{ k}\Omega, \quad r_i = 100 \Omega \end{aligned}$$

بیں-ٹرانزسٹر کا بین-بلند کونے کے تعداد حاصل کریں۔

حل: پہلے یک سمی حل درکار ہے۔ تھوڑی 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

$$I_E = \frac{-3.64 - 0.7 + 5}{\frac{5182}{149+1} + 600} = 1.04 \text{ mA}$$

بیوں

$$g_m = \frac{1.04 \times 10^{-3}}{25 \times 10^{-3}} = 0.0416 \text{ S}$$

$$r_e = 24 \Omega$$

$$r_{b'e} = 24 \times 150 = 3.6 \text{ k}\Omega$$

حاصل ہوتے ہیں۔

$R_{b'e}$ کے متوازی کل مراجحت $C_{b'e}$

$$\frac{1}{R_{b'e}} = \frac{1}{24} + \frac{1}{600} + \frac{1}{100}$$

$$R_{b'e} = 18.75 \Omega$$

جبکہ $C_{b'e}$ کے متوازی کل مراجحت

$$R_{b'e} = \frac{5000 \times 10000}{5000 + 10000} = 3.333 \text{ k}\Omega$$

بیوں مساوات 105.6 کی مدد سے

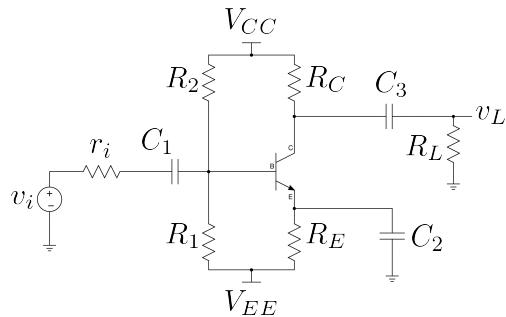
$$f_{H1} = \frac{1}{2 \times \pi \times 18.75 \times 35 \times 10^{-12}} = 242 \text{ MHz}$$

$$f_{H2} = \frac{1}{2 \times \pi \times 3333 \times 4 \times 10^{-12}} = 11.93 \text{ MHz}$$

حاصل ہوتے ہیں لہذا اس ایکلیفیٹر کا بلند انقطائی تعدد 11.93 MHz میں بلند انقطائی تعدد کا دارومند $C_{b'e}$ پر ہے ناکہ۔

$$A_v = \left(\frac{5000 \times 10000}{5000 + 1000} \right) 0.0416 \left(\frac{\frac{24 \times 600}{24+600}}{\frac{24 \times 600}{24+600} + 100} \right)$$

$$= 26 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$



شکل 6.47: مشترک ایمپلینفیٹر

مثال 15.6: گزشتہ مثال کے دور میں اگر داخلی اشارہ بیس پر مہیا کیا جائے تو بیٹھ مشترک ایمپلینفیٹر حاصل ہوتا ہے جسے شکل 47.6 میں دکھایا گیا ہے۔ بقایا تمام متغیرات وہی رکھتے ہوئے دیکھتے ہیں کہ اس صورت میں بلند انقطائی تعدد کیا حاصل ہوتا ہے۔

حل: مساوی دور شکل 48.6 میں دکھایا گیا ہے۔ گزشتہ 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

$$\frac{1}{R_m} = \frac{1}{100} + \frac{1}{5182} + \frac{1}{3600}$$

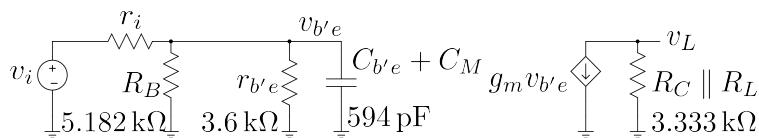
$$R_m = 95.5 \Omega$$

حاصل ہوتا ہے۔ یوں بلند انقطائی تعدد

$$f_H = \frac{1}{2\pi \times 95.5 \times 594 \times 10^{-12}} = 2.8 \text{ MHz}$$

اور درمیانی تعدد پر افزائش

$$A_v = \frac{v_L}{v_i} = -3333 \times 0.0416 \times \frac{\frac{3600 \times 5182}{3600 + 5182}}{\frac{3600 \times 5182}{3600 + 5182} + 100} = -132 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$



شکل 6.48: ہر مشترک ایکلینیاٹر کے انقطائی تعداد حاصل کرنے کے لئے درکار مساوی دور

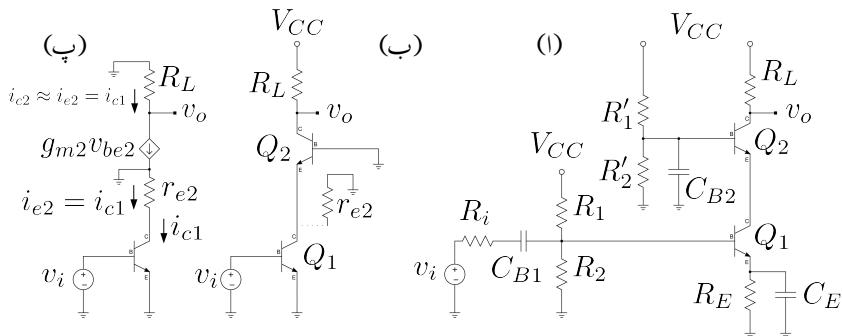
مندرجہ بالا دو مساوات سے آپ دیکھ سکتے ہیں کہ بیس مشترک ایکلینیاٹر کی بلند انقطائی تعداد ہر مشترک ایکلینیاٹر کے بلند انقطائی تعداد سے تقریباً سوا چار گنا زیادہ ہے۔

14.6 کیسکوڈ ایکلینیاٹر

ایکلینیاٹر کے بلند تعدادی رد عمل پر غور کے دوران یہ حقیقت سامنے آئی کہ اگرچہ $C_{b'e}$ کی قیمت نہایت کم لیکن مل کپیسٹر³⁸ کی وجہ سے بلند انقطائی نقطے تعین کرنے میں اس کا کردار نہایت اہم ہے۔ ٹرانزسٹر ایکلینیاٹر بلند انقطائی نقطے سے کم تعداد کے اشارات کو بڑھاتا ہے۔ یوں ہم چاہیں گے کہ یہ نقطہ بلند سے بلند تر تعداد پر پایا جائے۔ اس حصے میں کیکوڈ ایکلینیاٹر³⁹ پر غور کیا جائے گا جس میں مل کپیسٹر کی قیمت کم سے کم ہونے کی بنا پر زیادہ سے زیادہ تعداد پر بلند تر انقطائی نقطے حاصل ہوتا ہے۔⁴⁰

شکل 6.49 الف میں کیکوڈ ایکلینیاٹر دکھایا گیا ہے۔ Q_1 اور اس کے ساتھ منسلک C_E اور R_E ، R_2 ، R_1 کے ذریعہ داخلی اشارہ v_i فراہم کیا گیا ہے۔ R_i داخلی اشارہ فراہم کرنے

Miller capacitor³⁸
فریڈرک ونڈن سنت نے اس ایکلینیاٹر کو دریافت کیا اور اس کا نام کیکوڈ ایکلینیاٹر کھالے گا۔³⁹
cascode amplifier⁴⁰



شکل 49.6: کیکوڈ ایپلیفائر

والے کی مزاحمت ہے۔ عام صورت میں Q_1 کے کلٹر پر برقی بوجھ R_L لادا جاتا ہے لیکن کیکوڈ میں ایسا نہیں کیا جاتا۔ کیکوڈ میں Q_2 بطور برقی بوجھ کردار ادا کرتا ہے۔ Q_2 کے میں پر بیروفنی کپسٹر C_{B2} کا کردار نہایت اہم ہے۔ درکار تعداد پر C_{B2} بطور قصر دور کام کرتے ہوئے Q_2 کے میں کو برقی زمین پر رکھتا ہے۔ Q_2 اور اس کے ساتھ مسلک R'_1 ، R'_2 اور C_{B2} مل کر مشترکہ میں طرز کا ایپلیفائر بناتے ہیں۔

کیکوڈ کی بلند انقطاعی تعداد اس میں پائے جانے والے Q_1 پر منی مشترکہ بیٹر طرز کے ایپلیفائر اور Q_2 پر منی مشترکہ میں طرز کے ایپلیفائر کی بلند انقطاعی تعداد پر مختصر ہو گی۔ مساوات 62.6 اور 69.6 ان ایپلیفائر کی قصر دور بلند تر انقطاعی تعداد $\omega_\alpha = \beta\omega_\beta = \omega_T$ کے برابر ہے جہاں ω_α اور ω_β دیتے ہیں جن کے تحت ω_T کے برابر ہے جہاں مشترکہ بیٹر طرز کے ایپلیفائر کی قصر دور بلند انقطاعی تعداد جبکہ $\omega_\alpha = \omega_T$ کے برابر ہے لہذا مشترکہ میں طرز کا ایپلیفائر ٹرانزیٹر کے ω_T تک قابل استعمال ہوتا ہے۔ اس کے بر عکس مشترکہ بیٹر طرز کے ایپلیفائر کی بلند انقطاعی تعداد C_M پر مختصر ہوتی ہے جو از خود اس پر لدے برقی بوجھ R_L پر مختصر ہوتا ہے۔ یوں کیکوڈ ایپلیفائر کی بلند انقطاعی تعداد اس میں پائے جانے والے مشترکہ بیٹر ایپلیفائر کی بلند انقطاعی تعداد پر مختصر ہو گا۔ آئیں اب اس پر غور کریں۔

شکل 49.6 ب میں کیمکوڈ ایکلیفیاٹ کا مساوی باریک اشاراتی دور دکھایا گیا ہے جس میں ٹرانزسٹر مائل کرنے والے اجزاء نہیں دکھائے گئے تا کہ کیمکوڈ ایکلیفیاٹ کی بنیادی کارکردگی پر توجہ رہے۔ اس شکل میں Q_2 کا مزاحمت r_{e2} بطور Q_1 کے برقی بوجھ کردار ادا کرتا ہے۔ r_{e2} کو Q_2 کے باہر دکھاتے ہوئے اسے Q_1 کے ٹکٹھر اور برقی زمین کے مابین دکھایا گیا ہے۔ شکل پ میں Q_2 کا T ریاضی نموءے⁴¹ استعمال کرتے ہوئے اس بات کی وضاحت کی گئی ہے کہ Q_1 کے ٹکٹھر اور برقی زمین کے درمیان r_{e2} نسب ہے۔

کا برقی بوجھ r_{e2} لیتے ہوئے Q_1

$$(106.6) \quad C_M = (1 + g_m r_{e2}) C_{b'c}$$

حاصل ہوتا ہے۔ چونکہ Q_1 اور Q_2 میں برابر یک سمتی برقی رو گزرتا ہے لہذا $I_{CQ} = I_{CQ}$ اور $r_{e1} = r_{e2} = \frac{1}{g_m} = r_e$ اور $g_m = g_{m2} = g_m = \frac{I_{CQ}}{V_T}$ بھی دیکھ سکتے ہیں کہ باریک اشاراتی برقی رو گا۔ یوں $i_{c1} = i_{e2} \approx i_{c2}$ ہو گا۔ یوں لیتے ہوئے

$$(107.6) \quad C_M = (1 + 1) C_{b'c} = 2C_{b'c}$$

حاصل ہوتا ہے جو کہ کم ترین ممکنہ ملر کپیسٹر ہے۔ C_M کی قیمت کم سے کم ہونے کی بنا پر مشترکہ ٹریز کے ایکلیفیاٹ کی بلند انتظامی تعداد زیادہ سے زیادہ تعداد پر حاصل ہوتی ہے۔

شکل 50.6 میں Q_1 کا بلند تعدادی ریاضی نموءہ استعمال کرتے ہوئے باریک اشاراتی مساوی دور دکھایا گیا ہے جس میں r_{e2} کو بطور برقی بوجھ دکھایا گیا ہے۔ متوازی جڑے R_1 اور R_2 کے کل مزاحمت کو لکھتے ہیں یعنی

$$\frac{1}{R_B} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

یوں متوازی جڑے مزاحمت R_1 ، R_2 اور R_m کی کل مقدار یوں لکھی جا سکتی ہے۔

$$\begin{aligned} \frac{1}{R_m} &= \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{r_{be}} \\ &= \frac{1}{R_B} + \frac{1}{r_{be}} \end{aligned}$$

⁴¹ ریاضی نموءہ پر حصہ 1.14.3 میں تبصرہ کیا گیا ہے

لیعنی

$$R_m = \frac{R_B r_{be}}{R_B + r_{be}}$$

اسی طرح متوازی جڑے R_m Z کو یوں لکھ سکتے ہیں۔

$$\frac{1}{Z} = j\omega (C_{b'e} + 2C_{b'c}) + \frac{1}{R_m}$$

ایکلیفائر کی موصل نما افزائش یوں حاصل ہوتی ہے۔

$$\begin{aligned} G_m &= \frac{i_c}{v_i} = \left(\frac{i_c}{v_{be}} \right) \left(\frac{v_{be}}{v_i} \right) \\ &= g_m \left(\frac{Z}{R_i + Z} \right) \\ &= g_m \left[\frac{Z}{Z \left(\frac{R_i}{Z} + 1 \right)} \right] \\ &= \frac{g_m}{\frac{R_i}{Z} + 1} \end{aligned}$$

اس میں استعمال کرتے

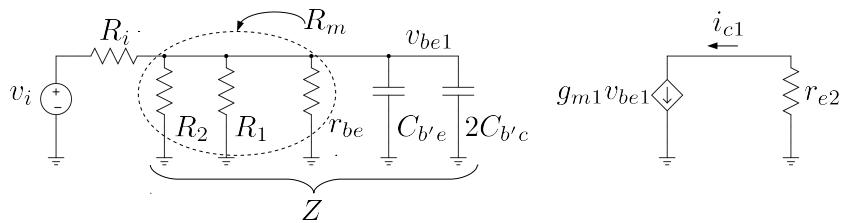
$$\begin{aligned} G_m &= \frac{g_m}{R_i \left[j\omega (C_{b'e} + 2C_{b'c}) + \frac{1}{R_m} \right] + 1} \\ &= \frac{g_m}{j\omega (C_{b'e} + 2C_{b'c}) R_i + \frac{R_i}{R_m} + 1} \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اس کے نچلے حصے سے باہر لیتے ہوئے

$$G_m = \frac{g_m}{\left(\frac{R_i}{R_m} + 1 \right) \left[j\omega \frac{(C_{b'e} + 2C_{b'c}) R_i}{\frac{R_i}{R_m} + 1} + 1 \right]}$$

حاصل ہوتا ہے جس میں

$$(108.6) \quad \omega_H = \frac{\frac{R_i}{R_m} + 1}{(C_{b'e} + 2C_{b'c}) R_i}$$



شکل 50.6: کیسکوڈ ایپلینیئر باریک اشاراتی تجربہ

لکھتے ہوئے

$$(109.6) \quad G_m = \left(\frac{g_m}{\frac{R_i}{R_m} + 1} \right) \left(\frac{1}{j \frac{\omega}{\omega_H} + 1} \right)$$

حاصل ہوتا ہے۔

شکل 49.6 پ میں اس بات کی وضاحت کی گئی ہے کہ Q_2 میں وہی برقی رو گزرتی ہے جو Q_1 میں گزرتی ہے اور یوں $i_{c2} = i_{c1}$ ہوتا ہے۔ اس حقیقت کو مد نظر رکھتے ہوئے کیسکوڈ ایپلینیئر کے برقی دباؤ کی افراش

$$\begin{aligned} A_v &= \frac{v_o}{v_i} = \left(\frac{v_o}{i_{c2}} \right) \left(\frac{i_{c2}}{i_{c1}} \right) \left(\frac{i_{c1}}{v_i} \right) \\ &= \left(\frac{v_o}{i_{c2}} \right) \left(\frac{i_{c2}}{i_{c1}} \right) (G_m) \\ &= (-R_L) (1) (G_m) \end{aligned}$$

یعنی

$$\begin{aligned} (110.6) \quad A_v &= - \left(\frac{g_m R_L}{\frac{R_i}{R_m} + 1} \right) \left(\frac{1}{j \frac{\omega}{\omega_H} + 1} \right) \\ &= A_{vD} \left(\frac{1}{j \frac{\omega}{\omega_H} + 1} \right) \end{aligned}$$

حاصل ہوتی ہے جہاں A_{vD} درمیانی تعداد پر افزائش ہے جو

$$(111.6) \quad A_{vD} = - \left(\frac{g_m R_L}{\frac{R_i}{R_m} + 1} \right) = - \left(\frac{g_m R_L R_m}{R_i + R_m} \right)$$

کے برابر ہے۔ اس طرح کیکوڈ ایمپلیفائر پوری برقی دباؤ کی افزائش دیتے ہوئے بلند انقطاعی تعداد کو بلند تر تعداد تک لی جاتا ہے۔ ω_H کو مزید

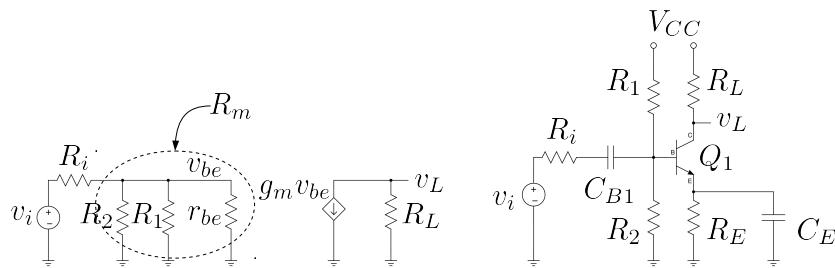
$$(112.6) \quad \begin{aligned} \omega_H &= \frac{R_i + R_m}{(C_{b'e} + 2C_{b'c}) R_i R_m} \\ &= \frac{1}{(C_{b'e} + 2C_{b'c}) \frac{R_i R_m}{R_i + R_m}} \end{aligned}$$

لکھا جا سکتا ہے جہاں کپیسٹر $C_{b'e} + 2C_{b'c}$ کے متوازی کل مزاحمت $R_i \parallel R_m$ دراصل متوازی جڑے، R_1 اور R_2 اور r_{be} کی کل مزاحمت ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ کیکوڈ ایمپلیفائر کی بلند انقطاعی تعداد کو بھی $\omega_H = \frac{1}{RC}$ کی شکل میں لکھا جا سکتا ہے جہاں C کل کپیسٹر اور R اس کے ساتھ متوازی جڑی کل مزاحمت ہے۔

شکل 49.6 الف میں Q_1 مشترک یہٹر ایمپلیفائر ہے۔ اگر Q_2 کو دور سے نکال کر R_L Q_1 کے لکھر کے ساتھ جوڑا جائے تو شکل 51.6 میں دکھایا گیا مشترک یہٹر ایمپلیفائر حاصل ہو گا جس کا درمیانی تعداد پر مساوی دور بھی اسی شکل میں دکھایا گیا ہے۔ آئیں زنجیری ضرب کی مدد سے شکل 51.6 کا $A_v = \frac{v_L}{v_i}$ حاصل کریں۔

$$(113.6) \quad \begin{aligned} A_v &= \frac{v_L}{v_i} = \frac{v_L}{i_c} \times \frac{i_c}{v_{be1}} \times \frac{v_{be1}}{v_i} \\ &= -R_L g_m \left(\frac{R_m}{R_i + R_m} \right) \\ &= \frac{-g_m R_L R_i}{R_i + R_m} \end{aligned}$$

اس مساوات کا مساوات 111.6 کے ساتھ موازنہ کرنے سے ثابت ہوتا ہے کہ کیکوڈ ایمپلیفائر کی درمیانی تعداد پر افزائش وہی ہے جو مشترک یہٹر ایمپلیفائر کی ہے۔ کیکوڈ ایمپلیفائر



شکل 51.6: کیمکوڈ ایکلیفائر کا مشترک لیٹر حصہ

کی افادیت اس حقیقت میں ہے کہ اس کا بلند انقطاعی تعداد کافی زیادہ تعداد پر پایا جاتا ہے۔

مثال 16.6 : شکل 49.6 الف میں

$$R_1 = 120 \text{ k}\Omega, \quad R_2 = 24 \text{ k}\Omega, \quad R_E = 2 \text{ k}\Omega$$

$$R'_1 = 55 \text{ k}\Omega, \quad R'_2 = 31 \text{ k}\Omega, \quad R_i = 0.1 \text{ k}\Omega$$

$$C_{b'e} = 30 \text{ pF}, \quad C_{b'c} = 3 \text{ pF}, \quad R_L = 7 \text{ k}\Omega$$

$$\beta = 99, \quad V_{CC} = 20 \text{ V}, \quad V_A = \infty$$

ہیں۔ کیمکوڈ ایکلیفائر کے تمام یکستی متغیرات ٹھیک ٹھیک حاصل کریں۔

حل: شکل 52.6 میں اس کا یک سمتی دور دکھایا گیا ہے جہاں Q_1 اور Q_2 کے بیں جانب مسئلہ تھونن سے حاصل مساوی ادوار نسب کر دئے گئے ہیں۔

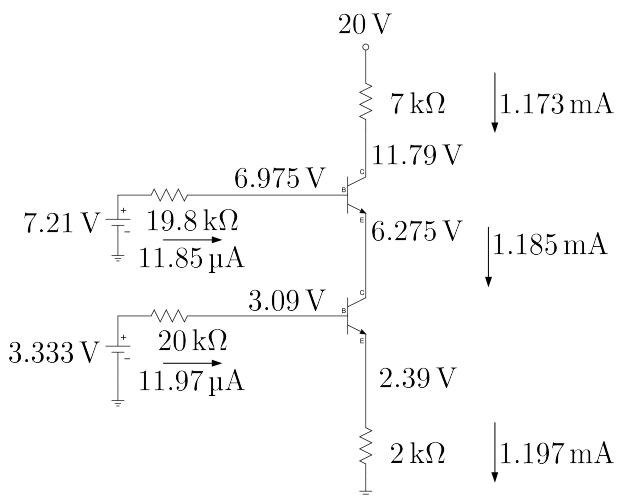
Q_1 کا برتنی رو سیدھا یوں حاصل ہو جاتا ہے

$$(114.6) \quad I_{E1} = \frac{3.333 - 0.7}{\frac{20000}{99+1} + 2000} = 1.197 \text{ mA}$$

جس سے

$$I_{C1} = \left(\frac{99}{99+1} \right) \times 1.197 \text{ mA} = 1.185 \text{ mA}$$

$$I_{B1} = \frac{1.197 \text{ mA}}{99+1} = 11.97 \mu\text{A}$$



شکل 52.6: کیکوڈ ایپلیناٹر کے یک سمتی متغیرات

حاصل ہوتے ہیں۔ یہ معلومات شکل پر دکھائی گئی ہیں۔

Q_2 کا برقی رو مساوات 114.6 کے طرز پر حاصل کیا جا سکتا ہے جب اس کے سیمٹر پر نسب مزاحمت معلوم ہو۔ یہاں ایسا کوئی مزاحمت نظر نہیں آ رہا۔ یہاں طریقہ سوچ کچھ یوں ہے۔ چونکہ Q_1 کے کلکٹر پر 1.185 mA پایا جاتا ہے لہذا I_{E2} کا یہی ہو گا۔ اگر ایسا ہو تو

$$I_{C2} = \left(\frac{99}{99+1} \right) \times 1.185 \text{ mA}$$

$$I_{B2} = \frac{1.185 \text{ mA}}{99+1} = 11.85 \mu\text{A}$$

ہوں گے۔

آئیں اب حاصل کردہ برقی رو کو استعمال کرتے ہوئے مختلف مقامات پر برقی دباؤ حاصل کریں۔ Q_1 کے سیمٹر پر

$$V_{E1} = I_{E1} R_E = 1.197 \times 10^{-3} \times 2000 = 2.39 \text{ V}$$

پایا جائے گا۔ یوں

$$V_{B1} = V_{E1} + V_{BE1} = 2.39 + 0.7 = 3.09 \text{ V}$$

پایا جائے گا۔ یہی برقی دباؤ یوں بھی حاصل کیا جا سکتا ہے کہ میں جانب $20 \text{ k}\Omega$ مراحت میں $11.97 \mu\text{A}$ 0.24 V برقی دباؤ پیدا ہو گا یوں

$$V_{B1} = 3.33 - I_{B1} \times 20000 = 3.09 \text{ V}$$

اسی طریقے سے Q_2 کے میں 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 لکٹر 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} سے قیمتیں 0.2 V سے زیادہ ہے لہذا دونوں ٹرانزسٹر افزائندہ ہیں۔

یہ تمام معلومات حاصل کرتے وقت ہم تصور کر رہے تھے کہ دونوں ٹرانزسٹر افزائندہ ہیں۔ فرض کریں کہ R'_1 اور R'_2 کے قیمتیں یوں بھی جائیں کہ V_{E2} کی قیمت اتنی گر جائے کہ Q_1 افزائندہ نہ رہ سکے تب یہ تمام حساب کتاب غلط ہو گا اور کسیکوڈ ایکلیفیاٹ صحیح کام نہیں کرے گا۔ تخلیق دیتے وقت اس بات کا خیال رکھا جاتا ہے کہ دونوں ٹرانزسٹر یک سمتی برقی رو گزارتے ہوئے افزائندہ رہیں۔

مثال 17.6: مثال 16.6 میں دے معلومات کو استعمال کرتے ہوئے کیکوڈ ایپلیناٹر کی درمیانی تعداد پر افراش A_v اور بلند انقطائی تعداد f_H حاصل کریں۔

حل: I_{C1} کا یک سمتی برقی رو Q_1

$$V_{BB} = \frac{24000 \times 20}{24000 + 120000} = 3.333 \text{ V}$$

$$R_B = \frac{24000 \times 120000}{24000 + 120000} = 20 \text{ k}\Omega$$

$$I_{C1} \approx I_{E1} = \frac{3.333 - 0.7}{\frac{20000}{99+1} + 2000} = 1.197 \text{ mA}$$

حاصل ہوتا ہے۔ یہی یک سمتی برقی رو 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 افراش مساوات 111.6 کی مدد سے حاصل کرتے ہیں جس میں R_m درکار ہو گا یعنی

$$\frac{1}{R_m} = \frac{1}{120000} + \frac{1}{24000} + \frac{1}{2067}$$

$$R_m = 1873 \Omega$$

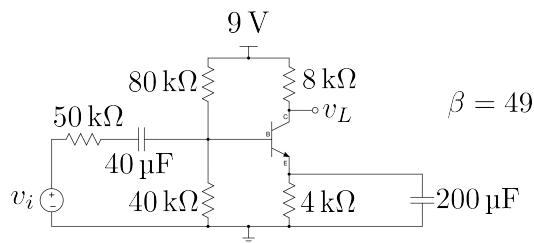
جسے استعمال کرتے ہوئے

$$A_{vD} = \frac{-0.04788 \times 7000 \times 1873}{100 + 1873} = -318 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

اور مساوات 112.6 کی مدد سے

$$\omega_H = \frac{1}{(30 \times 10^{-12} + 2 \times 3 \times 10^{-12}) \left(\frac{100 \times 1873}{100 + 1873} \right)} = 293 \frac{\text{Mrad}}{\text{s}}$$

$$f_H = \frac{293000000}{2\pi} = 46.6 \text{ MHz}$$



شکل 53.6: مختبر کا مکمل تعدادی رد عمل

حاصل ہوتا ہے۔

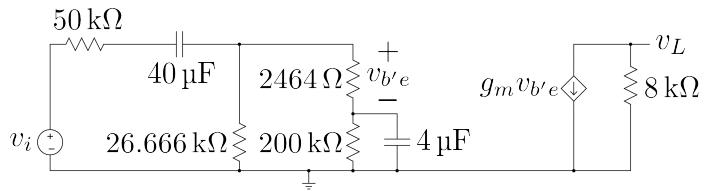
اب تک اس باب میں ہم پست انقطائی تعدد، بلند انقطائی تعدد اور درمیانی تعدد پر افزائش کی مثالیں دیکھتے رہے ہیں۔ آئیں ان تینوں کو سمجھا کرتے ہوئے اس کا بوڈا خط حاصل کریں۔

مثال 18.6: شکل 53.6 میں ٹرانزسٹر کا $f_t = 200 \text{ MHz}$ اور $C_{b'e} = 2 \text{ pF}$ ہے۔ اس ایکلینیاٹر کی پست اور بلند انقطائی تعدد حاصل کریں۔ درمیانی تعدد پر افزائش حاصل کرتے ہوئے افزائش کے حقیقی قیمت کا مکمل بوڈا خط کھینچیں۔

حل: یک سمی تجربیہ سے جس سے $R_B = 26.666 \Omega$ اور $V_{BB} = 3 \text{ V}$ حاصل ہوتے ہیں $r_e = 50 \Omega$ ، $g_m = 0.02 \text{ S}$ یوں اور $I_C = 0.507 \text{ mA}$ یہیں۔ $r_{b'e} = 2500 \Omega$

مساوات 67.6 کی مدد سے $C_{b'e}$ کو استعمال کرتے ہوئے f_T یوں حاصل ہوتا ہے

$$C_{b'e} = \frac{g_m}{2\pi f_T} - C_{b'e} = \frac{0.02}{2\pi \times 200 \times 10^6} - 2 \times 10^{-12} = 14 \text{ pF}$$



شکل 54.6: مشترک ایمپ کام تعدد پر مساوی دور

شکل 54.6 میں کم تعدد پر مساوی دور دکھایا گیا ہے جہاں $R_E = 200 \text{ k}\Omega$ $(\beta + 1) = 200$ ہے اور $\frac{C_E}{\beta+1} = 4 \mu\text{F}$ استعمال کئے گئے۔ ٹرانزسٹر کے اندر ونی کپیسٹروں کو کھلے دور تصور کیا گیا ہے۔ ہم تصور کرتے ہیں کہ پست انقطاعی تعدد C_E سے حاصل کیا گیا ہے اور اس تعداد پر $40 \mu\text{F}$ کے کپیسٹر کو قصر دور تصور کرتے ہیں۔ یوں پست انقطاعی تعدد f_L کو $4 \mu\text{F}$ اور اس کے متوازی کل مزاحمت R سے حاصل کرتے ہیں۔ اگر 2464Ω

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{50000} + \frac{1}{26666} + \frac{1}{200000}$$

$$R = 16 \text{ k}\Omega$$

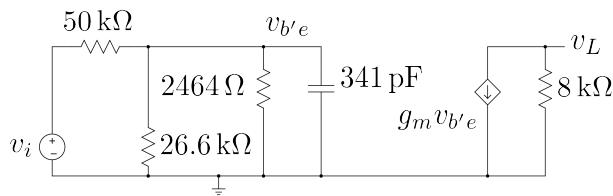
حاصل ہوتا ہے اور یوں

$$f_L = \frac{1}{2\pi RC} = \frac{1}{2\pi \times 16000 \times 4 \times 10^{-6}} = 2.5 \text{ Hz}$$

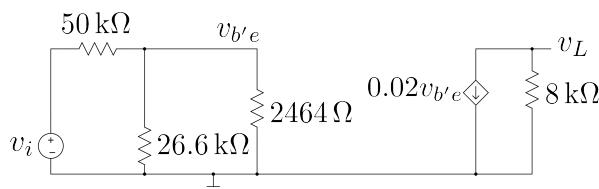
حاصل ہوتا ہے۔

شکل 55.6 میں زیادہ تعداد پر مساوی دور دکھایا گیا ہے جس میں بیرونی کپیسٹروں کو قصر دور تصور کیا گیا ہے۔ شکل میں

$$C_M = (1 + 0.02 \times 8000) 2 \times 10^{-12} = 322 \text{ pF}$$



شکل 55.6: مشترک بیٹر کا زیادہ تعداد پر مساوی دور



شکل 56.6: مشترک بیٹر کا درمیانی تعداد پر مساوی دور

لیتے ہوئے کل کپیٹر استعمال کیا گیا ہے۔ کپیٹر کے متوازی کل مراجحت کو کبھی کبھی کرنے کے لیے ہوئے

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{50000} + \frac{1}{26666} + \frac{1}{2464}$$

$$R = 2158 \Omega$$

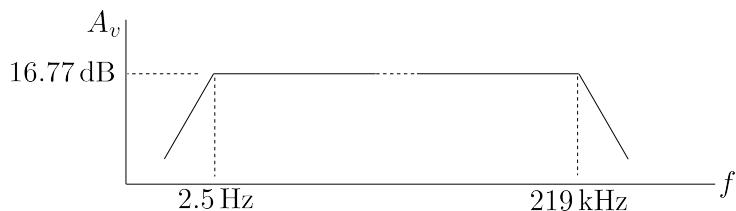
حاصل ہوتا ہے۔ یوں بلند انقطائی تعداد

$$f_H = \frac{1}{2\pi RC} = \frac{1}{2\pi \times 2158 \times 336 \times 10^{-12}} = 219 \text{ kHz}$$

حاصل ہوتا ہے۔

درمیانی تعداد پر شکل 56.6 حاصل ہوتا ہے جس میں متوازی جڑے اور کل مراجحت کو کل 2.255 kΩ کی 2.464 kΩ اور 26.666 kΩ کی

$$A_v = \frac{v_L}{v_i} = -8000 \times 0.02 \times \frac{2255}{2255 + 50000} = -6.9 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$



شکل 57.6: مشترک بینگر کا مکمل بوڈا خلط

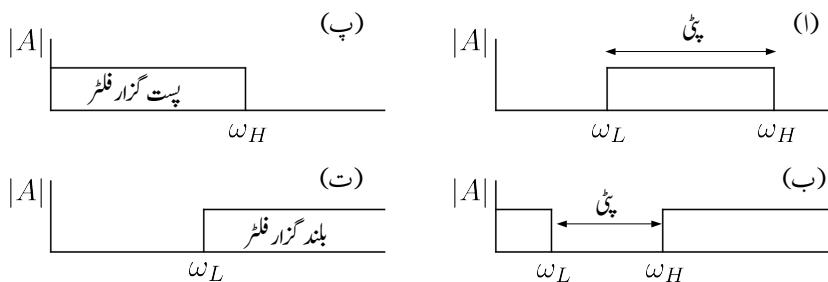
حاصل ہوتا ہے۔ ان تمام معلومات کو شکل 57.6 کے بوڈا خط میں دکھایا گیا ہے۔

15.6 فلٹریاچھنی

ایسا دور جو کسی خاص حدود کے درمیان تعداد رکھنے والے اشارات کو گزرنے دے کو پہنچ گوار فلٹر⁴² یا پہنچ گوار چھلنے کہتے ہیں۔ اس کے بر عکس ایسا دور جو کسی خاص حدود کے درمیان تعداد رکھنے والے اشارات کو روک دے اور انہیں گزرنے نہ دے کو پہنچ روکے فلٹر⁴³ یا پہنچ روکے چھلنے کہتے ہیں۔ شکل 58.6 الف میں پہنچ گزار فلٹر، شکل ب میں پہنچ روک فلٹر، شکل پ میں پست گزار فلٹر جبکہ شکل ت میں بلند گزار فلٹر کی افزائش بالقابل تعداد کے خط دکھائے گئے ہیں۔ حقیقت میں ایسے کامل فلٹر نہیں پائے جاتے اور حقیقی پست گزار فلٹر_W سے قدر بلند تعداد کے اشارات کو بھی گزارتا ہے۔ فلٹر ایسے قلیوں سے حاصل کیا جاتا ہے جس کا خط شکل 58.6 کے قریب قریب ہو۔

حسابی ایکپیٹیاٹر استعمال کرتے ہوئے ہر قسم کے فلٹر تحقیق دئے جاتے ہیں۔ ایسے فلٹروں میں بڑو روک فلٹر کا اپنا ایک مقام ہے۔ آئسیں اس پر غور کرتے ہیں۔

band pass filter⁴²
band stop filter⁴³



شکل 58.6: فلٹر چھلنی کے اقسام

بڑورت فلٹر (چھلنی) 16.6

کسی بھی n درجی تسلسل 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 جا سکتا ہے جہاں $s = \sigma + j\omega$ مخلوط تعدد جبکہ c_1, c_2, c_3 وغیرہ تسلسل کے ضریبیہ مستقل ہیں۔ جخت n کی صورت میں یعنی $n = 2, 4, 6, \dots$ کی صورت میں $\left(s^2 + 2\zeta_m \omega_m s + \omega_m^2\right)$ طرز کے $\frac{n}{2}$ دو درجی کلیات کو آپس میں ضرب دیتے ہوئے اسی تسلسل کو یوں لکھا جا سکتا ہے

$$(115.6) \quad \left(s^2 + 2\zeta_1 \omega_1 s + \omega_1^2\right) \left(s^2 + 2\zeta_2 \omega_2 s + \omega_2^2\right) \cdots$$

جہاں ζ_m اور ω_m دو درجی کلیات کے مستقل ہیں۔ ζ_m کو **تقصیریہ مستقل**⁴⁴ اور ω_m کو **غیر تقصیریہ قدرتی عدد**⁴⁵ کہا جاتا ہے۔ طبق n یعنی $n = 1, 3, 5, \dots$ کی صورت میں $\left(s^2 + 2\zeta_m \omega_m s + \omega_m^2\right)$ طرز کے $\frac{n-1}{2}$ دو درجی کلیات اور ایک عدد $(s + \omega_0)$ کو آپس میں ضرب دیتے ہوئے اسی تسلسل کو یوں لکھا جا سکتا ہے۔

$$(116.6) \quad (s + \omega_0) \left(s^2 + 2\zeta_1 \omega_1 s + \omega_1^2\right) \left(s^2 + 2\zeta_2 \omega_2 s + \omega_2^2\right) \cdots$$

damping constant⁴⁴
undamped natural frequency⁴⁵

بہرورت تسلسل⁴⁶ $B_n(s)$ میں مساوات 115.6 اور مساوات 115.6 میں تمام ω_m برابر ہوتے ہیں۔ ایسی صورت میں تمام ω_m کو ω_0 لکھتے ہوئے بہرورت تسلسل کو یوں لکھا جا سکتا ہے

$$(117.6) \quad B_n(s) = (s^2 + 2\zeta_1\omega_0s + \omega_0^2)(s^2 + 2\zeta_2\omega_0s + \omega_0^2) \dots$$

$$B_n(s) = (s + \omega_0)(s^2 + 2\zeta_1\omega_0s + \omega_0^2)(s^2 + 2\zeta_2\omega_0s + \omega_0^2) \dots$$

جہاں پہلی تسلسل جن n اور دوسری تسلسل طبق n کے لئے ہے۔

آنئیں بہرورت تسلسل میں s کی وہ قیمتیں حاصل کریں جن پر $B_n(s)$ کی قیمت صفر ہو جاتی ہے۔ s کی یہ قیمتیں تسلسل کے صفر⁴⁷ کہلاتے ہیں۔

$s + \omega_0 = 0$ سے $s = -\omega_0$ حاصل ہوتا ہے۔ شکل 59.6 الف میں مخلوط سطح⁴⁸ پر اس نقطے کو دکھایا گیا ہے۔ مخلوط سطح کے افقی محور پر حقیقی اعداد جبکہ اس کے عمودی محور پر خیالی اعداد پائے جاتے ہیں۔ یوں $s = \sigma + j\omega$ لکھتے ہوئے σ کو افقی جبکہ ω کو عمودی محور پر رکھا جائے گا۔

دو درجی کلیات

$$(118.6) \quad s^2 + 2\zeta_m\omega_0s + \omega_0^2 = 0$$

س

$$(119.6) \quad s_1 = s_m = -\zeta_m\omega_0 + j\omega_0\sqrt{1 - \zeta_m^2}$$

$$s_2 = s_m^* = -\zeta_m\omega_0 - j\omega_0\sqrt{1 - \zeta_m^2}$$

صفر حاصل ہوتے ہیں۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ کسی بھی درجی کلیات سے دو صفر حاصل ہوتے ہیں جو $\alpha \mp j\beta$ کے طرز کے ہوتے ہیں۔ اسی لئے انہیں s_m اور s_m^* لکھا گیا ہے۔ شکل 59.6 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

Butterworth⁴⁶
zeros⁴⁷
complex plane⁴⁸

صفر محور کے نیچے جانب پایا جاتا ہے۔ دونوں افقي محور سے برابر فاصلے پر پائے جاتے ہیں۔ یہ عمومی نتائج ہیں۔

s_m اور s_m^* کی حتمی قیمت

$$(120.6) \quad |s_m| = |s_m^*| = \omega_0$$

حاصل ہوتی ہے۔ کسی بھی مخلوط عدد کو حقیقی اور خیالی اجزاء کی صورت میں لکھا جا سکتا ہے۔ اسی مخلوط عدد کو حتمی قیمت اور زاویہ کی شکل میں بھی لکھا جا سکتا ہے۔ یوں s_m مخلوط عدد کو مثال بناتے ہوئے اسے دونوں طرح لکھتے ہیں۔

$$(121.6) \quad s_m = -\zeta_m \omega_0 + j\omega_0 \sqrt{1 - \zeta_m^2} = |s_m| \angle \theta$$

جباں

$$(122.6) \quad |s_m| = \sqrt{\zeta_m^2 \omega_0^2 + \omega_0^2 (1 - \zeta_m^2)} = \omega_0$$

کے برابر ہے۔ شکل 59.6 ب میں نقطہ s_m سے نقطہ 0 تک کا فاصلہ $|s_m|$ یعنی اس کی حتمی قیمت دکھلاتا ہے۔ اس شکل میں زاویہ $\angle \theta_m$ دکھایا گیا ہے۔ شکل کو دیکھتے ہوئے

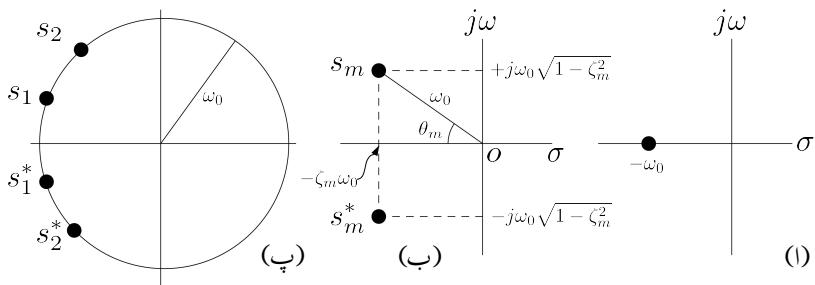
$$(123.6) \quad \cos \theta_m = \frac{\zeta_m \omega_0}{\omega_0} = \zeta_m$$

لکھا جا سکتا ہے۔

مساوات 122.6 کے تحت تمام صفوں کی حتمی قیمت ω_0 کے برابر ہے۔ یوں مخلوط سطح پر تمام صفر ω_0 رداں کے دائرے پر پائے جائیں گے۔ اس حقیقت کو شکل 59.6 پ میں دکھایا گیا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ s_1 اور s_1^* آپس میں افقي محور کے الٹ جانب برابر فاصلے پر ہیں۔ یہی کچھ s_2 اور s_2^* کے لئے بھی درست ہے۔ بڑھ ورت تسلسل کے تمام صفر اسی دائرے پر عمودی محور کے بائیں جانب پائے جائیں گے۔

بڑھ ورت تسلسل کے کسی بھی دو درجی جزو کو

$$s^2 + s\zeta_m \omega_0 s + \omega_0^2 = \omega_0^2 \left[\left(\frac{s}{\omega_0} \right)^2 + 2\zeta_m \left(\frac{s}{\omega_0} \right) + 1 \right]$$



شکل 59.6: مخلوط سطح پر بُرورت تسلسل کے صفر

کی صورت میں لکھا جا سکتا ہے۔ اگر مساوات 118.6 میں $\omega_0 = 1$ رکھا جاتا تو شکل 59.6 پ میں دائرے کا رداں ایک کے برابر ہوتا جبکہ مساوات 123.6 اب بھی درست ثابت ہوتا۔ اکائی رداں کے اس دائرے کو بُرورت دائرہ⁴⁹ کہا جائے گا۔

بُرورت فلٹر⁵⁰ کا عمومی کلیہ

$$(124.6) \quad A(s) = \frac{A_0}{B_n(s)}$$

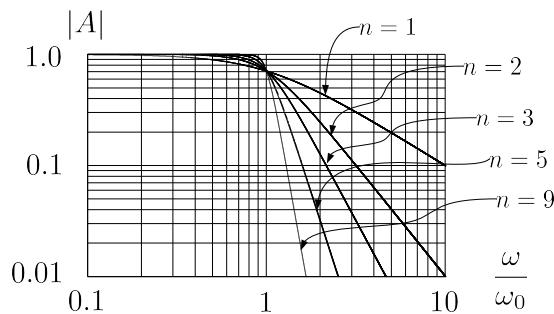
ہے۔ اس مساوات کی حقیقی قیمت نہایت سادہ شکل رکھتی ہے۔

$$(125.6) \quad |A(s)| = \frac{|A_0|}{\sqrt{1 + \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^{2n}}}$$

شکل 60.6 میں $|A(s)|$ کے خط کو n کی مختلف قیمتوں کے لئے شکل 60.6 میں کھینچا گیا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ n کی تمام قیمتوں کے لئے $|A(s)|$ کی قیمت ω_0 تعداد پر 3dB گھٹ جاتی ہے۔ ساتھ ہی ساتھ یہ حقیقت بھی واضح ہے کہ n کی قیمت بڑھانے سے شکل 60.6 کی صورت شکل 58.6 پ کے قریب تر ہوتی جاتی ہے۔

$\omega_0 = 1$ کی صورت میں بُرورت تسلسل کو جدول 1.6 میں پیش کیا گیا ہے۔ طاق n کی صورت میں بُرورت تسلسل میں $(s+1)^n$ ضرور پایا جاتا ہے جبکہ جفت n کی صورت میں صرف دو درجی⁵¹ اجزاء پائے جاتے ہیں۔

Butterworth circle⁴⁹
Butterworth filter⁵⁰
quadratic⁵¹



کھل 6.6: بڑوست پست گزار چلنی

جدول 6.1: بڑوست تسلسل

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	$(s^2 + 0.518s + 1)(s^2 + 1.414s + 1)(s^2 + 1.932s + 1)$

مثال 19.6: جدول 1.6 میں $n=2$ کے لئے بڑا ورت تسلیم میں مساوات ثابت کریں۔

حل: جدول میں $n=2$ لیتے ہوئے $\omega_0 = 1$ کے لئے بڑا ورت تسلیم

$$B_2(s) = s^2 + 1.414s + 1$$

دیا گیا ہے $s = j\omega$ استعمال کرتے ہوئے

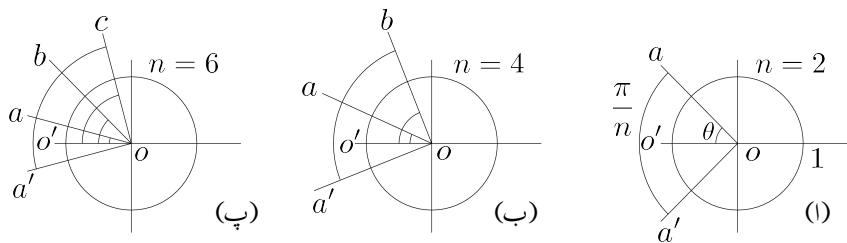
$$\begin{aligned} B_2(s) &= (j\omega)^2 + 1.414j\omega + 1 \\ &= -\omega^2 + 1.414j\omega + 1 \\ &= 1 - \omega^2 + j1.414\omega \end{aligned}$$

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۔

بڑا ورت تسلیم میں $\omega_0 = 1$ لیتے ہوئے دو درجی اجزاء کو $(s^2 + 2\zeta s + 1)$ لکھا جا سکتا ہے جہاں ζ کو بڑا ورت دائیے سے حاصل کیا جا سکتا ہے۔ شکل 61.6 میں بڑا ورت دائیے سے جفت n کی صورت میں ζ کا حصول دکھایا گیا ہے۔ بڑا ورت دائیے کا رداس⁵² ایک کے برابر ہے۔ جفت n کی صورت میں اس دائیے پر زاویہ $\angle aoa'$ کھینچا جاتا ہے جہاں یہ زاویہ $\frac{\pi}{n}$ کے برابر ہوتا ہے۔ یوں $n=2$ کی صورت میں اس دائیے پر



شکل 6.6: جفت بُر ورت دارہ

$\angle aoo' = \angle a'oo'$ یعنی 90° کا زاویہ کھینچا جائے گا۔ اس زاویے کو یوں کھینچا جاتا ہے کہ $\angle aoo' = \frac{\pi}{2}$ ہو۔ شکل 61.6 الف میں ایسا کیا گیا ہے۔ $\angle aoo' = \theta$ کو θ لکھتے ہوئے ζ کو

$$(126.6) \quad \zeta = \cos \theta$$

سے حاصل کیا جاتا ہے۔ یوں $n=2$ کی صورت میں

$$\zeta = \cos 45^\circ = 0.7071$$

حاصل ہوتا ہے اور بُر ورت کلیہ

$$s^2 + 2\zeta s + 1 = s^2 + 1.4142s + 1$$

صورت اختیار کر لیگا جو جدول 1.6 کے عین مطابق ہے۔

شکل 61.6 ب میں $n=4$ ہے۔ یوں $\angle aoo' = \frac{\pi}{4} = 45^\circ$ ہو گا جہاں $\angle aoo' = \theta$ ہی رکھے گئے ہیں۔ $n=4$ کی صورت میں بُر ورت کلیے میں دو درجی اجزاء دو مرتبہ پائے جاتے ہیں۔ یوں ایک اضافی زاویہ $\angle aob = 45^\circ$ بھی کھینچا جاتا ہے۔ یوں

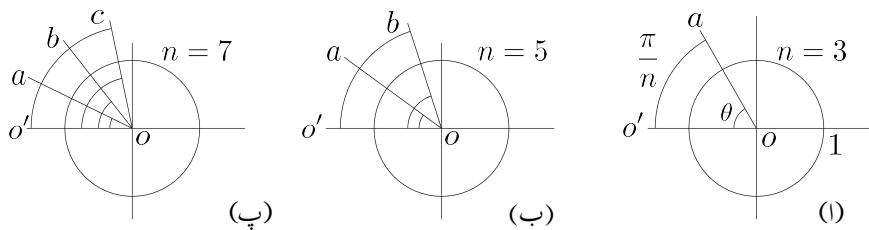
$$\theta_1 = \angle aoo' = 22.5^\circ$$

$$\theta_2 = \angle boo' = 67.5^\circ$$

ہوں گے جن سے

$$\zeta_1 = \cos 22.5^\circ = 0.9239$$

$$\zeta_2 = \cos 67.5^\circ = 0.3827$$



شکل 62.6: طاق بُر ورت دائرة

حاصل ہوتے ہیں لہذا بُر ورت 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 62.6 میں طاق n کی صورت میں θ کا حصول دکھایا گیا ہے۔ شکل الف میں $n = 3$ کے لئے حل کیا گیا ہے جہاں $\angle aoo'$ کا زاویہ $\frac{\pi}{n}$ یعنی 60° کا کھینچا گیا ہے لیتے ہوئے $\theta = \angle aoo'$

$$\zeta = \cos 60 = 0.5$$

حاصل ہوتا ہے۔ طاق بُر ورت کلیے میں $(s+1)$ کا اضافی جزو پایا جاتا ہے لہذا $n = 3$ کی صورت میں بُر ورت کلیہ

$$(s+1) (s^2 + 2 \times 0.5 \times s + 1)$$

یعنی

$$(s+1) (s^2 + s + 1)$$

ہو گا۔ $n = 5$ کی صورت میں $\angle aoo' = \frac{\pi}{5}$ یعنی 36° کے بعد بھی 36 کھینچیں یوں

$$\theta_1 = \angle aoo'$$

$$\theta_2 = \angle boo'$$

ہوں گے۔

جدول 1.6 میں لیتے ہوئے رتبہ اول بڑے ورت فلٹر کے کلیہ کو

$$(127.6) \quad \frac{A(s)}{A_0} = \frac{1}{\left(\frac{s}{\omega_0}\right) + 1}$$

جبکہ دو رتبی بڑے ورت فلٹر کے کلیہ کو

$$(128.6) \quad \frac{A(s)}{A_0} = \frac{1}{\left(\frac{s}{\omega_0}\right)^2 + 2\zeta\left(\frac{s}{\omega_0}\right) + 1}$$

لکھا جا سکتا ہے۔

بڑے ورت فلٹر کا دور 1.16.6

شکل 63.6 الف میں رتبہ اول پست گزار بڑے ورت فلٹر دکھایا گیا ہے۔ اس کو دیکھتے ہوئے

$$v_k = \left(\frac{\frac{1}{sC}}{R + \frac{1}{sC}} \right) v_i = \frac{v_i}{sRC + 1}$$

$$v_o = \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) v_k$$

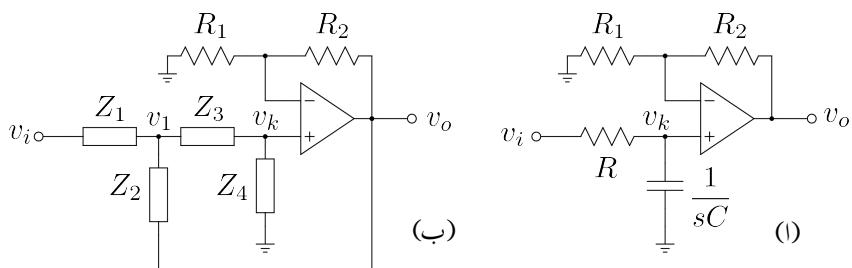
لکھا جا سکتا ہے جس سے

$$A(s) = \frac{v_o}{v_i} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) \left(\frac{1}{sRC + 1} \right)$$

حاصل ہوتا ہے۔ اس میں

$$(129.6) \quad \omega_0 = \frac{1}{RC}$$

$$A_0 = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$



شکل 6.3: بُرورت فلٹر

لکھتے ہوئے

$$\frac{A(s)}{A_0} = \frac{1}{\left(\frac{s}{\omega_0}\right) + 1}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اس کا مساوات 127.6 کے ساتھ سے موازنہ کریں جو یک رتبی بڑی ورت فلٹر کی مساوات ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ شکل 63.6 الف یک رتبی بڑی ورت فلٹر ہے۔ R اور C کی جگہیں آپس میں تبدیل کرنے سے یک رتبی بلند گزار بڑی ورت فلٹر حاصل ہوتا ہے۔ یک رتبی بڑی ورت فلٹر میں A_0 کی قیمت کچھ بھی رکھی جا سکتی ہے۔ عموماً A_0 کو استعمال کرتے ہوئے اشارہ بڑھایا جاتا ہے۔

آئیں شکل 63.6 ب میں دے دو رتبی بڑی ورث فلٹر کو حل کریں۔ جوڑ v پر کرخوف کے قانون برائے برقی روکی مدد سے

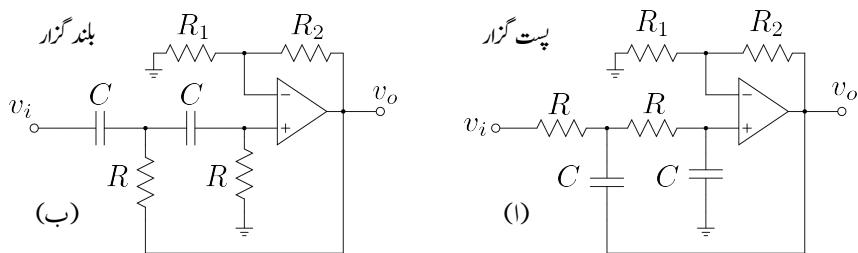
$$\frac{v_1 - v_i}{Z_1} + \frac{v_1}{Z_3 + Z_4} + \frac{v_1 - v_o}{Z_2} = 0$$

لکھا جا سکتا ہے جبکہ کرخوف کے قانون برائے برقی دباو کی مدد سے

$$v_k = \left(\frac{Z_4}{Z_3 + Z_4} \right) v_1$$

لکھا جا سکتا ہے۔ ثبت ایمپلیفائز کے لئے

$$v_o = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) v_k = A_0 v_k$$



شکل 6.6: بڑو رت پست گزار اور بلند گزار فلٹر

لکھا جا سکتا ہے۔ ان تینوں مساوات کو حل کرنے سے

$$(130.6) \quad A(s) = \frac{v_o}{v_i} = \frac{A_0 Z_2 Z_4}{Z_2 (Z_1 + Z_3 + Z_4) + Z_1 Z_3 + Z_1 Z_4 (1 - A_0)}$$

حاصل ہوتا ہے۔ پست گزار فلٹر کی صورت میں Z_1 اور Z_3 مزاحمت جبکہ Z_2 اور Z_4 کپیسٹر ہوتے ہیں۔ ایسا دور شکل 64.6 الف میں دکھایا گیا ہے۔ اس کے بر عکس بلند گزار فلٹر میں Z_1 اور Z_3 کپیسٹر جبکہ Z_2 اور Z_4 مزاحمت ہوتے ہیں۔ شکل 64.6 ب میں بلند گزار فلٹر دکھایا گیا ہے۔

شکل 64.6 الف کے لئے مساوات 130.6 درج ذیل دیتی ہے۔

$$(131.6) \quad A(s) = \frac{A_0 \left(\frac{1}{RC}\right)^2}{s^2 + \left(\frac{3-A_0}{RC}\right)s + \left(\frac{1}{RC}\right)^2}$$

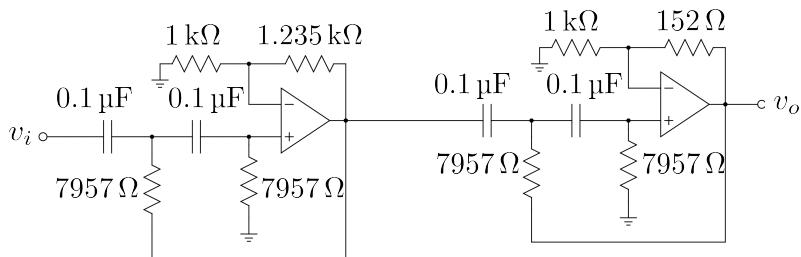
مساوات 131.6 کا مساوات 128.6 کے ساتھ موازنہ کرتے ہوئے

$$(132.6) \quad \omega_0 = \frac{1}{RC}$$

$$A_0 = 3 - 2\zeta$$

حاصل ہوتے ہیں۔

ان معلومات کے ساتھ اب ہم بڑو رت فلٹر تخلیق دے سکتے ہیں۔ RC کو درکار $\frac{1}{\omega_0}$ کے برابر رکھا جاتا ہے جہاں پست گزار فلٹر کی صورت میں یہ ω_H جبکہ بلند



شکل 65.6: چار رتبی بلند گزار بُر ورت فلٹر

گزار فلٹر کی صورت میں $\omega_L = \omega_0$ کے برابر ہو گا۔ جفت n کی صورت میں شکل 64.6 اف طرز کے $\frac{n}{2}$ کڑیاں استعمال کرتے ہوئے زنجیری ایکپلیفار بنا�ا جاتا ہے۔ جدول 1.6 سے مطلوبہ دو درجی کلیات کے چھ حاصل کئے جاتے ہیں۔ ہر چھ کے لئے ایک کڑی تخلیق دی جاتی ہے۔ طاق n کی صورت میں شکل 64.6 اف کے طرز پر $\frac{n-1}{2}$ کڑیوں کے علاوہ شکل 63.6 اف کے طرز پر اضافی کڑی بھی استعمال کی جاتی ہے۔ اگرچہ یہ ضروری نہیں کہ تمام کڑیوں میں بالکل یکساں قیمتوں کے مراحت اور کپیسٹر نسب کئے جائیں، حقیقت میں ایسا ہی کیا جاتا ہے اور یوں تمام کڑیاں بالکل یکساں دکھتی ہیں۔

مثال 20.6: ایک ایسا چار رتبی بلند گزار بُر ورت فلٹر تخلیق دین جس کی $f_L = 200 \text{ Hz}$

حل: شکل 64.6 طرز کے دو کڑیاں زنجیری شکل میں جوڑ کر چار رتبی بلند گزار فلٹر حاصل ہو گا۔ جدول 1.6 سے چار رتبی فلٹر کے

$$\zeta_1 = \frac{0.765}{2} = 0.3825$$

$$\zeta_2 = \frac{1.848}{2} = 0.924$$

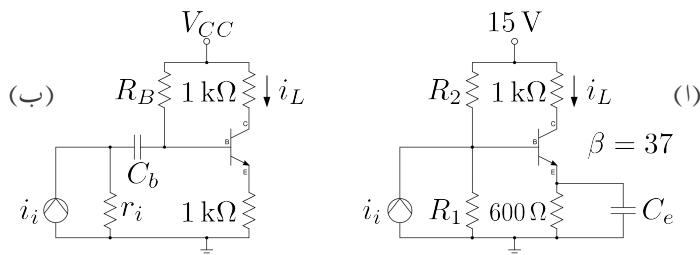
حاصل ہوتے ہیں۔ اس طرح مساوات 132.6 سے

$$A_{v1} = 3 - 0.765 = 2.235$$

$$A_{v2} = 3 - 1.848 = 1.152$$

چونکہ ثبت ایکلینیاٹر کی افزائش $A_v = 1 + \frac{R_2}{R_1}$ کے برابر ہے لہذا پہلی کڑی کے لئے $\frac{R_2}{R_1} = 1.235$ رکھنا ہو گا۔ اگر $R_1 = 1\text{k}\Omega$ رکھا جائے تو $R_2 = 1.235\text{k}\Omega$ ہو گا۔ اسی طرح دوسری کڑی کے لئے اگر پہلی مزاحمت $1\text{k}\Omega$ رکھی جائے تو دوسری مزاحمت 152Ω رکھنا ہو گا۔

اسی طرح $f_L = 200\text{Hz}$ حاصل کرنے کی خاطر اگر $C = 0.1\mu\text{F}$ رکھا جائے تو مساوات 132.6 سے 7957Ω حاصل ہوتا ہے۔ شکل 65.6 میں تخلیق کردہ فلٹر دکھایا گیا ہے۔ حاصل ہوتے ہیں۔



شکل 66.6

سوالات

تمام سوالات میں $\beta \approx \beta + 1$ لیا جا سکتا ہے۔

سوال 1.6: شکل 66.6 الف میں

R_1 اور R_2 کی ایسی قیمتیں حاصل کریں کہ i_L کا جیٹھے زیادہ سے زیادہ ممکن ہو۔

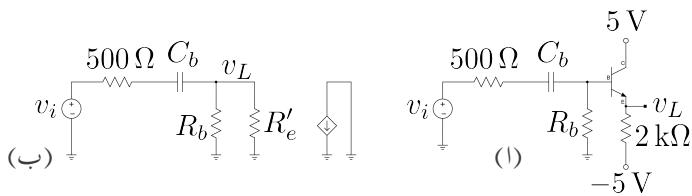
پست انقطائی نقطے 5 Hz پر رکھنے کے لئے درکار کپیسٹر C_e کی قیمت حاصل کریں۔

حاصل کریں اور اس کے حقیقی قیمت کا بوڈا خط کھینچیں۔ $A_i = \frac{i_L}{i_i}$

جوابات: $R_2 = 7.6 \text{ k}\Omega$, $R_1 = 3.26 \text{ k}\Omega$, $V_{BB} = 4.5 \text{ V}$, $R_B = 2.2 \text{ k}\Omega$, $I_{CQ} = 5.77 \text{ mA}$, $C_e = 548 \mu\text{F}$, $r_e = 4.3 \Omega$

$$A_i = \left(\frac{\beta R_B}{R_B + r_{be}} \right) \frac{s + \frac{1}{R_E C_E}}{s + \frac{R_B + r_{be} + \beta R_E}{R_E C_E (R_B + r_{be})}} = 34.5 \left(\frac{s + 3.04}{s + 31.66} \right)$$

سوال 2.6: شکل 66.6 ب میں $\beta = 137$, $r_i = 40 \text{ k}\Omega$, $R_B = 200 \text{ k}\Omega$ اور C_b کی قیمت کیا ہو گی؟ $A_i = \frac{i_L}{i_i}$ کی مساوات حاصل کرتے ہوئے اس کے حقیقی قیمت کا بوڈا خط کھینچیں۔



شکل: 67.6

جوابات: $C_b = 21.8 \text{ nF}$ کی بنا پر $r_e \gg r_{be}$ کو نظر انداز کرتے ہوئے $R_E \parallel (r_{be} + (\beta + 1)R_E)$ کو $R_B' \parallel (r_{be} + (\beta + 1)R_E)$ لکھتے ہوئے حاصل ہوتا ہے۔

$$A_i = \frac{r_i \parallel R'_B}{r_e + R_E} \left(\frac{s}{s + \frac{1}{(r_i + R'_B)C_b}} \right)$$

سوال 3.6: شکل 67.6 الف میں $R_b = 70 \Omega$ کی ایسی قیمت حاصل کریں کہ $I_{CQ} = 2 \text{ mA}$ حاصل ہو۔ پست انتظامی تعداد کو 10 Hz پر رکھنے کی خاطر درکار C_b حاصل کریں۔

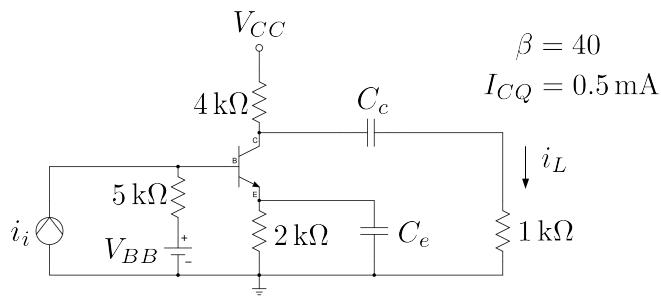
جوابات: $R_b = 10.65 \text{ k}\Omega$ سے $I_{CQ} = \frac{0 - V_{BE} + 5}{\frac{R_b}{\beta + 1} + R_e}$ حاصل ہوتا ہے۔ شکل ب میں

باریک اشاراتی مساوی دور دکھایا گیا ہے جہاں R_e کو $(\beta + 1)R'_e$ سے ضرب دیتے ہوئے ٹرانزسٹر کے میں جانب منتقل کر کے R'_e کہا گیا ہے۔ اس شکل کو دیکھتے ہی $C_b = 1.529 \mu\text{F}$ لکھا جا سکتا ہے جس سے $\omega = \frac{1}{C_b(r_i + R_b \parallel R'_e)}$ حاصل ہوتا ہے۔

سوال 4.6: شکل 66.6 ب میں $R_e = 100 \mu\text{F}$ کے متوازی کپسیٹر نسبت $r_i = 200 \text{ k}\Omega$, $C_b = 10 \mu\text{F}$, $V_{CC} = 10 \text{ V}$ اور $\beta = 99$ کیجیں۔

جواب:

$$A_i = \frac{-158s \left(1 + \frac{s}{10} \right)}{\left(1 + \frac{s}{0.355} \right) \left(1 + \frac{s}{17.65} \right)}$$



شکل 68.6:

سوال 5.6 میں شکل 68.6 میں

- کی مساوات حاصل کریں۔ $A_i = \frac{i_L}{i_i}$
- دونوں کپیسٹروں کی وہ قیمتیں دریافت کریں جن پر A_i کے دونوں قطب 10 rad/s پر پائے جائیں۔
- افزائش A_i کے حقیقی قیمت کا بودھ نظر چینیں۔

جوابات:

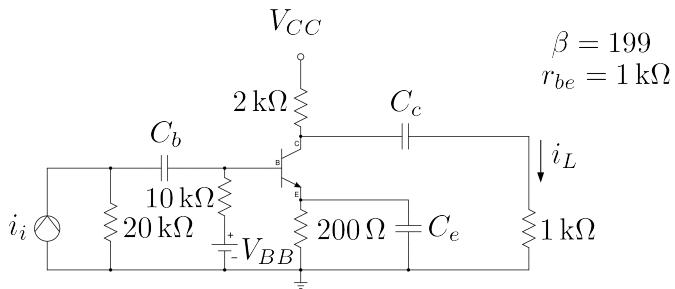
$$A_i = \frac{-R_c r_i \beta}{(R_c + R_L)(r_i + r_{be})} \frac{s(s + w_s)}{(s + w_{q1})(s + w_{q2})}$$

$$w_s = \frac{1}{R_e C_e}$$

$$w_{q1} = \frac{1}{(R_c + R_L) C_c}$$

$$w_{q2} = \frac{1}{\left[R_e \parallel \left(\frac{r_i + r_{be}}{\beta + 1} \right) \right] C_e}$$

$$r_{be} = \frac{\beta V_T}{I_{CQ}}$$



شکل 69.6:

$$C_e = 636 \mu\text{F}, C_c = 20 \mu\text{F}$$

سوال 6.6: شکل 69.6 میں پست انقطائی تعدد 200 rad/s رک्तے کی خاطر درکار C_e کو مثل 8.6 کے طرز پر حاصل کریں۔ بقیا دونوں کپیسٹروں کے قطب 5 rad/s پر رکھتے ہوئے ان کی بھی قیمتیں حاصل کریں۔ درمیانی تعدد پر افزائش حاصل کریں۔

جوابات: $-138 \frac{\text{A}}{\text{A}}, 7.1 \mu\text{F}, 66.6 \mu\text{F}, 155 \mu\text{F}$

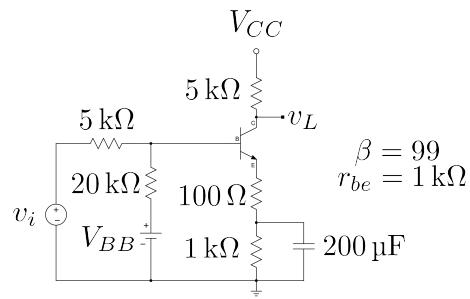
سوال 7.6: شکل 70.6 میں $A_v = \frac{v_L}{v_i}$ حاصل کریں۔

جواب: $A_v = \frac{-26.4(s+5)}{s+38.55}$

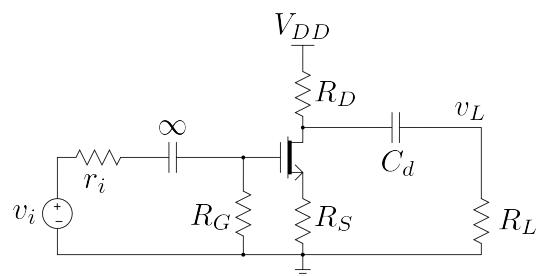
سوال 8.6: شکل 71.6 میں $A_v = \frac{v_L}{v_i}$ حاصل کرتے ہوئے پست انقطائی تعدد $\omega_L = 100 \text{ rad/s}$ ، $R_D = 4.7 \text{ k}\Omega$ ، $R_S = 1 \text{ k}\Omega$ کی مساوات حاصل کریں۔ $r_o = 10 \text{ k}\Omega$ ، $f_L = 20 \text{ Hz}$ کی وہ قیمت لیتے ہوئے ڈرین کپیسٹر C_d کی وہ قیمت حاصل کریں جس پر $g_m = 4 \text{ mS}$ جبکہ C_d کی وہ قیمت حاصل کریں جس پر $C_d = 55 \text{ nF}$ ۔

جوابات: $C_d = 55 \text{ nF}$

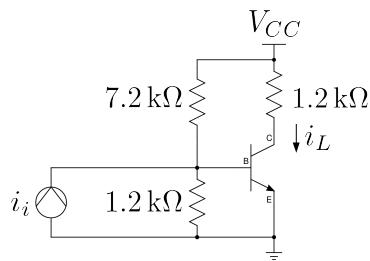
$$\omega_L = \frac{1}{C_d \left[R_L + \left(R_D \parallel r_o + (\mu + 1) R_S \right) \right]}$$



:70.6 ج



:71.6 ج



شکل 72.6:

سوال 9.6: شکل 71.6 میں R_S کے متوازی لامددو کپیسٹر نسب کرتے ہوئے سوال 8.6 کو دوبارہ حل کریں۔

$$\text{جوابات: } C_d = 77 \text{ nF}$$

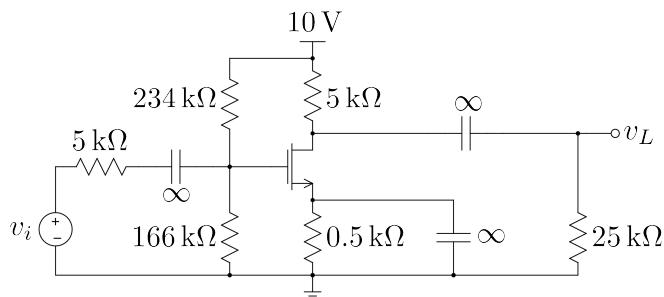
$$\omega_L = \frac{1}{C_d (R_L + R_D \parallel r_o)}$$

مندرجہ بالا دونوں سوالات کے نتائج کا مثال 9.6 میں حاصل C_s کے ساتھ موازنہ کرتے ہوئے آپ دیکھ سکتے ہیں کہ کسی بھی پست انقطاعی تعدد کے حصول کے لئے درکار ٹرانزیستر کی طرح ماسفیٹ کا بھی سورس کپیسٹر زیادہ قیمت رکھتا ہے۔

سوال 10.6: شکل 72.6 میں $\frac{i_L}{i_i} = 34 \text{ dB}$ اور بلند انقطاعی تعدد ناپا جاتا ہے۔ یک سمتی برقی رو $r_{bb'} = C_{b'c}$ اور $I_{CQ} = 2 \text{ mA}$ کو صفر تصور کرتے ہوئے $C_{b'e}$ اور $r_{b'e}$ ، f_T ، β ، $r_{bb'}$ اور C_s حاصل کریں۔

$$\text{جوابات: } r_{b'e} = 1625 \Omega, f_T = 155 \text{ MHz}, \beta = 129, r_e = 12.5 \Omega, g_m = 0.08 \text{ S}, C_{b'e} = 82 \text{ pF}$$

سوال 11.6: صفحہ 751 پر شکل 34.6 میں $R_S = R_1 = 12 \text{ k}\Omega$ اور $R_E = 100 \text{ }\mu\text{F}$ ، $R_2 = R'_L = R_C = 1.2 \text{ k}\Omega$ اور $C_{b'c} = 5 \text{ pF}$ ہے۔ ٹرانزیستر کی $\beta = 100$ ، $f_T = 200 \text{ MHz}$ اور $A_{vD} = \frac{v_o}{v_s}$ ہیں۔ درمیانی تعدد کی $r_{bb'} = 0$ اور f_H اور بلند انقطاعی تعدد حاصل کریں۔



کل : 73.6

جوابات: $f_H = C_M = 1200 \text{ pF}$, $C_{b'e} = 318 \text{ pF}$, $R_{th} = 1 \text{ k}\Omega$, $r_{b'e} = 253 \Omega$, $g_m = 0.4 \text{ S}$
 $A_{vD} = -5.9 \frac{\text{V}}{\text{V}}$, 414 kHz

سوال 12.6: سوال 11.6 میں $I_{CQ} = 1 \text{ mA}$ اور $\beta = 25$ کے برابر حاصل کریں۔ بقیا تمام معلوم جوں کے توں تصور کرتے ہوئے A_{vD} اور f_H کا مطابق میں ہیں۔

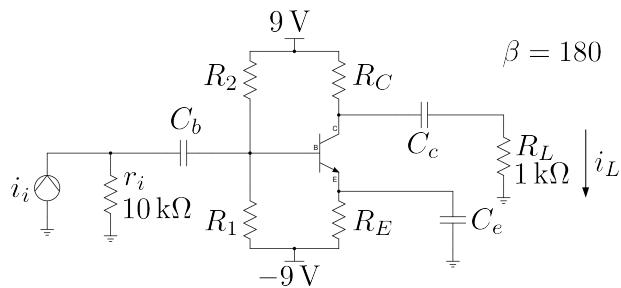
جوابات: $r_{b'e} = 650 \Omega$, $C_M = 50 \text{ pF}$, $C_{b'e} = 32 \text{ pF}$, $g_m = 0.04 \text{ S}$, $R_{th} = 84.6 \text{ k}\Omega$ اسی میں f_H کے لئے استعمال کیا جائے۔ $A_{vD} = -1.47 \frac{\text{V}}{\text{V}}$, $f_H = 4.9 \text{ MHz}$ گا۔ پس حاصل ہوتا ہے۔

سوال 13.6: ایک ماغنیٹ جس کا $V_t = 1 \text{ V}$, $C_{gd} = 0.02 \text{ pF}$, $C_{gs} = 0.25 \text{ pF}$ اور $k_n = 0.4 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2}$ ہے۔ اس کی f_T پر چلایا جا رہا ہے۔ اس کی حاصل کریں۔

جواب: 333 MHz

سوال 14.6: شکل 73.6 میں $C_{gs} = 1.2 \text{ pF}$, $V_t = 2 \text{ V}$, $k_n = 1 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2}$ اور $C_{gd} = 0.12 \text{ pF}$ کے مطابق میں مل کپیسٹر، f_H اور A_v کا مطابق میں حاصل کریں۔

جوابات: $f_T = 118 \text{ MHz}$, $C_M = 0.895 \text{ pF}$ اور $g_m = 1.55 \text{ mS}$, $I_{DS} = 1.2 \text{ mA}$ میں جبکہ $f_H = 8.4 \text{ MHz}$ اور



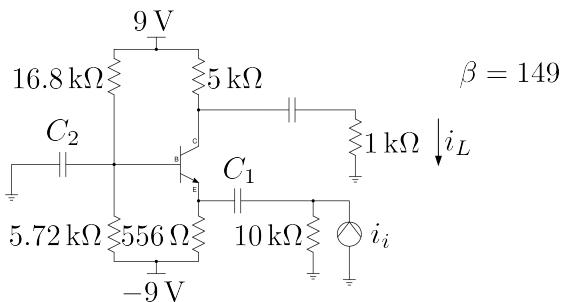
شکل 74.6:

سوال 15.6: کیکوڈ ایکلیفیٹر کو شکل 49.6 میں دکھایا گیا ہے جس میں $V_{CC} = 15\text{V}$ اور $V_{CE1} = 2\text{V}$ ہیں۔ $R_E = 2.5\text{k}\Omega$ اور $R_1 = 149\text{k}\Omega$ یوں چنیں ہوئے رکھتے ہوئے یوں چنیں ہوئے یوں چنیں کہ $I_{C1} = 0.5\text{mA}$ اور $R'_2 = R'_1$ ہو۔ اسی طرح خارجی $V_{CE2} = 5\text{V}$ حاصل ہو۔ ان قیتوں کو استعمال کرتے ہوئے یوں چنیں کہ درمیانی تعدد پر افزائش A_v حاصل کریں۔

سوال 16.6: شکل 74.6 میں داخلی اشارے کی مزاجمت $r_i = 10\text{k}\Omega$ جبکہ بوجہ کی مزاجمت $1\text{k}\Omega$ ہے۔ زیادہ سے زیادہ A_i حاصل کرنے کے لئے یہ ضروری ہے کہ i_i کا زیادہ سے زیادہ حصہ ٹرانزسٹر کے بیس میں سے گزرتے۔ اسی طرح خارجی جانب زیادہ سے زیادہ i_L تب حاصل ہو گا جب $R_B = r_i$ اور $R_C \gg R_L$ ہو۔ اسی طرح خارجی $V_{CE} = 9\text{V}$ اور $R_C = 9R_E$ رکھتے ہوئے تمام مزاجمت حاصل کریں۔ اور C_c کو ایسا چنیں کہ دونوں سے حاصل کونے 2Hz پر پائے جائیں جبکہ C_e کو C_b کے کونے کے لئے چنیں۔ درمیانی تعدد پر افزائش $A_i = \frac{i_L}{i_i} = 20\text{Hz}$ حاصل کریں۔

جوابات: $V_{BB} = 1.69\text{V}$, $I_C = 1.62\text{mA}$, $R_C = 5\text{k}\Omega$, $R_E = 556\text{\Omega}$, $R_B = 10\text{k}\Omega$, $C_e = 198\text{\mu F}$, $C_b = 15.9\text{\mu F}$, $C_c = 13.3\text{\mu F}$ ہیں۔ $R_1 = 24.7\text{k}\Omega$ اور $R_2 = 16.8\text{k}\Omega$ اور $A_i = -96.4 \frac{\text{A}}{\text{A}}$ ہے۔

سوال 17.6: سوال 16.6 میں استعمال شدہ ٹرانزسٹر کا $f_T = 250\text{MHz}$ اور $C_{b'e} = 5\text{pF}$ ہیں۔ بلند انقطاعی تعدد حاصل کرتے ہوئے مکمل بوڈا خط کھینچیں اور اس پر پست انقطاعی تعدد، بلند انقطاعی تعدد اور درمیانی تعدد کی افزائش A_i واضح طور پر



شکل 75.6:

$A_i R_L$ حاصل کریں۔ ایسا کرنے کی خاطر یعنی $A_r = \frac{v_L}{i_i}$ دکھائیں۔ لکھ کر حاصل کریں۔

$$A_r = -96.4 \frac{\text{kV}}{\text{A}}, f_H = 11.57 \text{ MHz}, C_{b'e} = 631 \text{ pF}$$

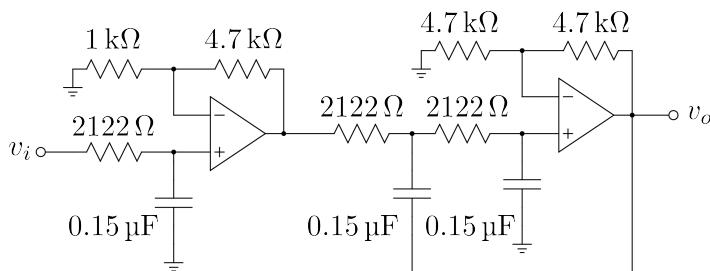
سوال 18.6: شکل 75.6 میں درمیانی تعداد پر $A_i = \frac{i_L}{i_i}$ حاصل کریں۔ ٹرانزیستر کا $f_T = 250 \text{ MHz}$ اور $C_{b'c} = 5 \text{ pF}$ کپیسٹروں کی قیمت لاحدہ تصور کریں۔

جوابات: $f_{Hbc} = 32 \text{ MHz}$, $f_{Hbe} = 46.7 \text{ MHz}$, $C_{b'c} = 636 \text{ pF}$, $A_i = 0.833 \frac{\text{A}}{\text{A}}$ یہ دونوں جوابات بہت قریب ہیں تاہم ہم $C_{b'c}$ سے پیدا 32 MHz کو بلند انقطاعی تعداد لے سکتے ہیں۔

سوال 19.6: شکل 61.6 کی مدد سے $n=6$ کی صورت میں تینوں k حاصل کرتے ہوئے بڑی ورت کلیہ لکھیں۔

جواب: جدول 1.6 میں جوابات دئے گئے ہیں۔

سوال 20.6: شکل 62.6 کی مدد سے $n=7$ کی صورت میں تینوں k حاصل کرتے ہوئے بڑی ورت کلیہ لکھیں۔



شکل 76.6: بیرونی فلٹر کا سوال

جواب: جدول 1.6 میں جوابات دئے گئے ہیں۔

سوال 21.6: مساوات 130.6 حاصل کریں۔

سوال 22.6: مساوات 131.6 حاصل کریں۔

سوال 23.6: مساوات 125.6 کو مثل 19.6 کے طرز پر ثابت کریں۔

سوال 24.6: شکل 76.6 میں بیرونی فلٹر دکھایا گیا ہے۔ اس کی بیچان کرتے ہوئے اس کے مختلف متغیرات حاصل کریں۔ جوابات: یہ تین رتبی $f_H = 500 \text{ Hz}$ کا پست گزار فلٹر ہے۔ پہلی کڑی $\frac{V}{V} = 5.7$ کی افزائش کبھی فراہم کرتی ہے۔

واپسی ادوار

عموماً 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 والپسٹ نظام¹ کہا جائے گا۔

انسانی جسم از خود ایک والپسٹ نظام کی مثال ہے۔ میز پر پڑے قلم کو اٹھاتے وقت آپ ہاتھ اس کی جانب آگے بڑھاتے ہیں۔ آنکھیں آپ کو بتاتی ہیں کہ ہاتھ اور قلم کے ماہین کتنا فاصلہ رہ گیا ہے۔ اس معلومات کو مد نظر رکھتے ہوئے آپ اپنے ہاتھ کو مزید آگے بڑھاتے ہیں حتیٰ کہ آپ کا ہاتھ قلم تک پہنچ جائے۔ اس پورے عمل میں ہر لمحہ ہاتھ کے موجودہ مقام کی خبر آپ کو ملتی رہی جس کو مد نظر رکھتے ہوئے ہاتھ کے انگلے لمحہ کی حرکت کا فیصلہ کیا گیا۔ کسی بھی واپسی نظام میں موجودہ نتائج حاصل کرنے کے ایک سے زیادہ ذرائع ممکن ہیں۔ اگر ہاتھ کے حرکت کی دوبارہ بات کی جائے تو قلم کو ایک مرتبہ دیکھنے کے بعد آپ آنکھیں بند کر کے بھی قلم کو اٹھا سکتے ہیں۔ ایسا کرنا یوں ممکن ہوتا ہے کہ بازو کا اعصابی نظام ہر لمحہ ہاتھ کے مختلف جوڑوں کے زاویوں کو ناپتا ہے۔ ذہن اس معلومات کو استعمال کرتے ہوئے یہ بتا سکتا ہے کہ ہاتھ کس مقام 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 نہایت اہم ہیں۔ ایسے ادوار نا صرف مہیا کردہ داخلی اشارہ بلکہ دور کے اپنے خارجی اشارے کو بھی مد نظر رکھتے ہوئے اگلے لمحہ کا خارجی اشارہ تعین کرتے ہیں۔ خارجی اشارے کے خبر کو واپسی اشارہ² کہا جائے گا۔ یہاں یہ بتلاتا چلوں کہ یہ ضروری نہیں کہ واپسی ادوار کو داخلی اشارہ ہر صورت مہیا کیا کیا جائے۔ مرتعش³ اس قسم کے ادوار کی ایک اہم قسم ہے جنہیں داخلی اشارہ درکار نہیں۔ مرتعش پر اگلے باب میں غور کیا جائے گا۔

1.7 ایکلیفائر کی جماعت بندی

ایکلیفائر کا داخلی اشارہ برقی دباؤ یا برقی رو ہو سکتا ہے۔ اسی طرح اس کا خارجی اشارہ برقی دباؤ یا برقی رو ہو سکتا ہے۔ یوں ایکلیفائر کو چار مکنہ جماعتوں میں تقسیم کیا جا سکتا ہے جنہیں جدول 1.7 میں دکھایا گیا ہے۔

جدول 1.7: ایکلیفائر کی جماعت بندی

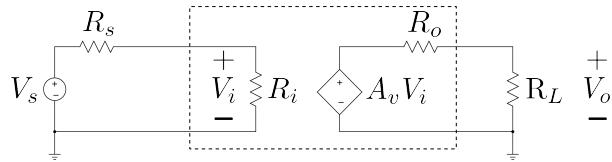
افراشٹ	داخلي اشاره	خارجي اشاره	ایکلیفائر کی جماعت
A_v	برقی دباؤ	برقی دباؤ ایکلیفائر	
A_i	برقی رو	برقی رو ایکلیفائر	
A_g	برقی دباؤ	موصل نما ایکلیفائر	
A_r	برقی رو	مزاحمت نما ایکلیفائر	

ہم برقی دباؤ ایکلیفائر سے توقع کرتے ہیں کہ یہ داخلی برقی دباؤ کو A_v گناہ ڈھا کر خارج کرے گا۔ یوں اگر اس ایکلیفائر پر خارجی جانب R_{L1} بوجھ لادا جائے اور ایکلیفائر کو V_s ⁴ اشارہ داخلی جانب مہیا کیا جائے تو ہم توقع کریں گے کہ بوجھ پر $A_v V_s$ برقی دباؤ

feedback signal²
oscillator³

⁴ اربیات میں واپسی ادوار پر غور کرتے ہوئے اشارات کو بڑے حروف تہجی سے ظاہر کیا جاتا ہے۔ اس باب میں ہم بھی ایسا ہی کریں گے

تحویلن مساوی دور



شکل 7.1: برقی دباؤ ایکلپیفار کا مساوی تھوین دور

پایا جائے گا۔ اب اگر بوجھ کو تبدیل کرتے ہوئے R_{L2} کر دیا جائے ہم تب بھی موقع کریں گے کہ خارجی برقی دباؤ $A_v V_s$ ہی رہے گا۔ اسی طرح اگر داخلی اشارے کی مزاحمت R_s تبدیل کی جائے تو ہم موقع کرتے ہیں کہ اس کا خارجی برقی دباؤ پر کوئی اثر نہیں ہو گا۔ اس تمام کا مطلب ہے کہ A_v پر R_L اور R_s کا کوئی اثر نہیں ہونا چاہیے۔ ہم بقایا تین قسم کے ایکلپیفار سے بھی موقع کرتے ہیں کہ ان کی افزائش پر بھی R_L اور R_s کا کوئی اثر نہیں ہونا چاہیے۔

1.1.7 برقی دباؤ ایکلپیفار

برقی دباؤ ایکلپیفار کا مساوی تھوین دور شکل 1.7 میں نقطہ دار لکیر میں بند دکھایا گیا ہے۔ اسے داخلی جانب اشارہ V_s مہیا کیا گیا ہے جبکہ خارجی جانب اس پر برقی بوجھ R_L لادا گیا ہے۔ داخلی اشارہ کی مزاحمت R_s ہے۔ داخلی جانب برقی رو کو I_i لکھتے ہوئے کرخوف کا قانون برائے برقی دباؤ استعمال کرتے ہیں۔

$$V_s = I_i R_s + I_i R_i$$

$$I_i = \frac{V_s}{R_s + R_i}$$

اور یوں

$$(1.7) \quad V_i = I_i R_i = V_s \left(\frac{R_i}{R_s + R_i} \right)$$

حاصل ہوتا ہے۔ اسی طرح خارجی جانب برقی رو کو I_o لکھتے ہوئے حاصل ہوتا ہے

$$(2.7) \quad A_v V_i = I_o R_o + I_o R_L$$

$$I_o = \frac{A_v V_i}{R_o + R_L}$$

$$V_o = I_o R_L = A_v V_i \left(\frac{R_L}{R_o + R_L} \right)$$

اس مساوات میں V_i کی قیمت استعمال کرتے حاصل ہوتا ہے

$$(3.7) \quad V_o = A_v V_s \left(\frac{R_L}{R_o + R_L} \right) \left(\frac{R_i}{R_s + R_i} \right)$$

$$A_V = \frac{V_o}{V_s} = A_v \left(\frac{R_L}{R_o + R_L} \right) \left(\frac{R_i}{R_s + R_i} \right)$$

اس مساوات کے تحت افراکش کی قیمت اشارے کے مزاحمت R_s اور بوجھ کے مزاحمت R_L پر منحصر ہے جب کہ ایسا نہیں ہونا چاہیے۔ آئیں دیکھیں کہ R_s اور R_L کے اثر کو کیسے ختم یا کم سے کم کیا جا سکتا ہے۔

برقی دباؤ ایکلیفائر میں اگر

$$(4.7) \quad R_i \rightarrow \infty$$

$$R_o \rightarrow 0$$

ہوں تب مساوات 3.7 سے

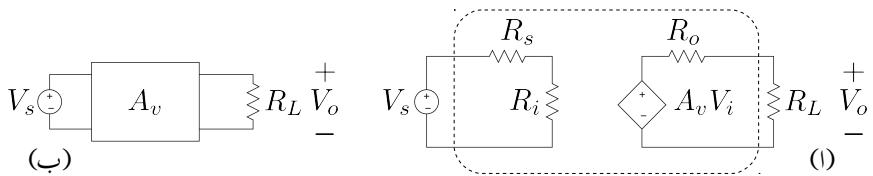
$$(5.7) \quad A_V = A_v$$

حاصل ہوتا ہے۔ ایسا ایکلیفائر جس کی کل افراکش A_V کا دارودار اشارے کی مزاحمت R_s اور بوجھ کے مزاحمت R_L پر قطعاً منحصر نہیں ہو اور جس کے A_V کی قیمت اٹل ہو کو برقی دباؤ ایکلیفائر کہتے ہیں۔ شکل 1.7 میں دکھایا، مساوات 4.7 پر پورا اترتہ دور کامل برقی دباؤ ایکلیفائر کا دور ہے۔

حقیقی برقی دباؤ ایکلیفائر مساوات 4.7 کی بجائے مساوات 6.7 پر پورا اترتہ ہے۔

$$(6.7) \quad R_i \gg R_s$$

$$R_o \ll R_L$$



شکل 7.2: برقی دباؤ ایکلینیفار کا سادہ ڈبہ نما شکل

جس کے لئے ہم لکھ سکتے ہیں

$$(7.7) \quad A_V \approx A_v$$

مساوات 2.7 سے آپ دیکھ سکتے ہیں کہ لا محدود R_L پر $\frac{V_o}{V_i}$ کی قیمت A_v کے برابر ہے یعنی

$$(8.7) \quad A_v = \left. \frac{V_o}{V_i} \right|_{R_L \rightarrow \infty}$$

لہذا A_v کو ایکلینیفار کی لا محدود بوجھ کے مزاحمت پر افراکش برقی دباؤ پکارا جاتا ہے۔ اسے بوجھ ایکلینیفار کی افراکش برقی دباؤ بھی پکارا جا سکتا ہے۔

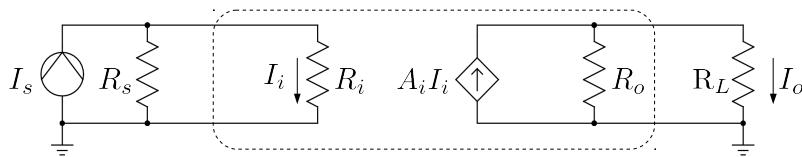
شکل 2.7 الف میں برقی دباؤ ایکلینیفار میں داخلی اشارے کی مزاحمت R_s کو بھی ایکلینیفار کا حصہ تصور کرتے ہوئے شکل ب میں اسی کا سادہ ڈبہ نما شکل دکھایا گیا ہے۔

2.1.7 برقی رو ایکلینیفار

برقی رو ایکلینیفار کا مساوی نارٹن دور شکل 3.7 میں نقطہ دار لکیر میں بند دکھایا گیا ہے۔ اسے داخلی جانب اشارہ I_s مہیا کیا گیا ہے جبکہ خارجی جانب اس پر برقی بوجھ R_L لادا گیا ہے۔ منع داخلی اشارے کی مزاحمت R_s ہے۔ داخلی جانب تقسیم برقی رو سے حاصل ہوتا ہے۔

$$(9.7) \quad I_i = I_s \left(\frac{R_s}{R_s + R_i} \right)$$

نارٹن مساوی دور



شکل 3.7: برقی روایپلینفائز کا مساوی نارٹن دور

اسی طرح خارجی جانب برقی رو سے حاصل ہوتا ہے

$$(10.7) \quad I_o = A_i I_i \left(\frac{R_o}{R_o + R_L} \right)$$

مندرجہ بالا دو مساوات سے حاصل ہوتا ہے

$$(11.7) \quad I_o = A_i I_s \left(\frac{R_s}{R_s + R_i} \right) \left(\frac{R_o}{R_o + R_L} \right)$$

جس سے کل افزائش برقی رو A_I یوں حاصل ہوتی ہے

$$(12.7) \quad A_I = \frac{I_o}{I_s} = A_i \left(\frac{R_s}{R_s + R_i} \right) \left(\frac{R_o}{R_o + R_L} \right)$$

مساوات 12.7 میں اگر

$$(13.7) \quad R_i \ll R_s \\ R_o \gg R_L$$

ہوں تو اسے یوں لکھا جا سکتا ہے

$$(14.7) \quad A_I \approx A_i$$

ایسا ایکلیفائز جس کی افزائش A_I کا دارودار داخلی بیرونی مراحت R_s اور خارجی بیرونی مراحت R_L پر قطعاً منحصر نہیں ہو اور جس کے A_I کی قیمت اٹل ہو کو برقی روایپلینفائز کہتے ہیں۔ برقی روایپلینفائز مساوات 13.7 کے تحت ہی تحقیق دئے جاتے ہیں تا کہ ان کی

افراکش زیادہ ہے زیادہ ہو اور اس کی قیمت خارجی مزاحمت پر منحصر نہ ہو۔ کامل برقی رو ایکلیفیاٹ میں $R_i = 0$ اور $R_o = \infty$ ہوں گے۔ مساوات 10.7 سے آپ دیکھ سکتے ہیں کہ $R_L = 0$ کی صورت میں

$$(15.7) \quad \left. \frac{I_o}{I_i} \right|_{R_L=0} = A_i$$

حاصل ہوتا ہے، لہذا A_i کو صفر بوجہ کے مزاحمت پر ایکلیفیاٹ کی افراکش برقی رو پکارا جائے گا۔

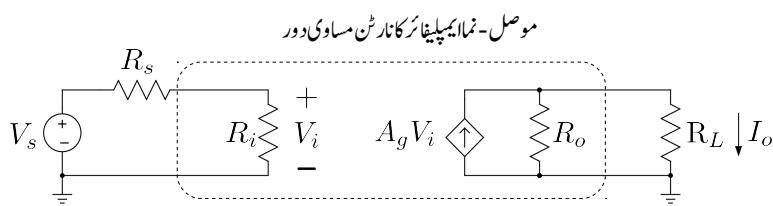
3.1.7 موصل نما ایکلیفیاٹ

آپ نے برقی دباؤ اور برقی رو ایکلیفیاٹ کے مساوی دور دیکھے۔ دباؤ ایکلیفیاٹ کا تھوین مساوی جبکہ رو ایکلیفیاٹ کا نارٹن مساوی دور استعمال کیا گیا۔ یہاں اس بات کا سمجھنا ضروری ہے کہ جہاں برقی دباؤ کی بات کی جائے وہاں تھوین مساوی دور استعمال کیا جاتا ہے اور جہاں برقی رو کی بات کی جائے وہاں نارٹن مساوی دور استعمال کیا جاتا ہے۔ یوں چونکہ برقی دباؤ ایکلیفیاٹ داخلی برقی دباؤ کو بڑھاتا ہے لہذا داخلی جانب اشارہ منع کا تھوین مساوی دور استعمال کیا گیا۔ اسی طرح چونکہ یہ ایکلیفیاٹ برقی دباؤ ہی خارج کرتا ہے لہذا خارجی جانب ایکلیفیاٹ کا تھوین مساوی دور ہی استعمال کیا گیا۔

برقی رو ایکلیفیاٹ کا داخلی اشارہ برقی رو ہوتا ہے لہذا داخلی جانب اشارہ منع کا نارٹن مساوی دور استعمال کیا جاتا ہے۔ اسی طرح یہ ایکلیفیاٹ برقی رو ہی خارج کرتا ہے لہذا خارجی جانب بھی نارٹن مساوی دور استعمال کیا گیا۔

موصل نما ایکلیفیاٹ کا داخلی اشارہ برقی دباؤ جبکہ اس کا خارجی اشارہ برقی رو ہوتا ہے لہذا اس کا تجزیہ کرتے وقت داخلی جانب اشارہ منع کا تھوین جبکہ اس کے خارجی جانب نارٹن مساوی دور استعمال کیا جائے گا۔ شکل 4.7 میں موصل نما ایکلیفیاٹ کا مساوی دور دکھایا گیا ہے۔ موصل نما ایکلیفیاٹ کے لئے ہم لکھ سکتے ہیں

$$(16.7) \quad \begin{aligned} V_i &= V_s \left(\frac{R_i}{R_i + R_s} \right) \\ I_o &= A_g V_i \left(\frac{R_o}{R_o + R_L} \right) \\ I_o &= A_g V_s \left(\frac{R_i}{R_i + R_s} \right) \left(\frac{R_o}{R_o + R_L} \right) \end{aligned}$$



شکل 7.4: موصل نمایپلیفار کا مساوی دور

لہذا

$$(17.7) \quad A_G = \frac{I_o}{V_s} = A_g \left(\frac{R_i}{R_i + R_s} \right) \left(\frac{R_o}{R_o + R_L} \right)$$

مساویات 16.7 سے آپ دیکھ سکتے ہیں کہ $R_L = 0$ کی صورت میں $\frac{I_o}{V_i}$ کی قیمت کے برابر ہے یعنی

$$(18.7) \quad \left. \frac{I_o}{V_i} \right|_{R_L=0} = A_g$$

اسی طرح

$$(19.7) \quad \begin{aligned} R_i &\gg R_s \\ R_o &\gg R_L \end{aligned}$$

کی صورت میں مساواں 17.7 سے حاصل ہوتا ہے

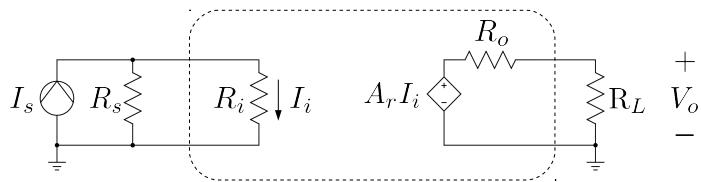
$$(20.7) \quad A_G \approx A_g$$

ایسا ایکپلیفار جس کی افزائش A_G کا دارومند R_s اور مزاحمت R_L پر قطعاً منحصر نہیں ہو اور جس کے A_G کی قیمت اُنہیں ہو کو موصل نمایپلیفار کہتے ہیں۔

4.1.7 مزاحمت نمایپلیفار

شکل 5.7 میں مزاحمت نمایپلیفار دکھایا گیا ہے جس کا داخلی اشارہ برتنی رو I_s اور خارجی اشارہ برتنی دباؤ V_o ہے۔ اس کو یوں حل کیا جائے گا۔

مزاحمت - نما ایکلینیکر کا تھیون مساوی دور



5.7: مزاحمت نما ایکلینیکر کا مساوی دور

$$(21.7) \quad I_i = I_s \left(\frac{R_s}{R_s + R_i} \right)$$

$$V_o = A_r I_i \left(\frac{R_L}{R_L + R_o} \right)$$

اس مساوات سے ہم دیکھتے ہیں کہ $R_L = \infty$ کی صورت میں $\frac{V_o}{I_i}$ کی قیمت A_r کے برابر ہو گی یعنی

$$(22.7) \quad \left. \frac{V_o}{I_i} \right|_{R_L=\infty} = A_r$$

لہذا A_r کو لا محدود مزاحمت بوجھ پر ایکلینیکر کی مزاحمت نما افزائش کہتے ہیں۔ کل مزاحمت نما افزائش A_R مساوات 21.7 سے حاصل کرتے ہیں۔

$$(23.7) \quad A_R = \frac{V_o}{I_s} = A_r \left(\frac{R_s}{R_s + R_i} \right) \left(\frac{R_L}{R_L + R_o} \right)$$

آپ دیکھ سکتے ہیں کہ

$$(24.7) \quad R_i \ll R_s$$

$$R_o \ll R_L$$

کی صورت میں مساوات 23.7 کو یوں لکھا جا سکتا ہے

$$(25.7) \quad A_R \approx A_r$$

یعنی اس صورت ایکلینیکر کی مزاحمت نما افزائش کا دارو مدار R_s اور R_L پر نہیں۔

مثال 1.7: شکل 1.7 میں بوجھ کے مزاحمت R_L میں برقی رو کی قیمت $\frac{V_o}{R_L}$ کے برابر ہے۔ $\frac{I_o}{V_s}$ کی شرح کو موصل نما افراش تصور کرتے ہوئے ثابت کریں کہ اسے موصل نما ایکلیفائر تصور نہیں کیا جا سکتا۔

حل:

$$A_G = \frac{I_o}{V_s} = \frac{I_o}{V_o} \times \frac{V_o}{V_s} = \frac{1}{R_L} \times A_V$$

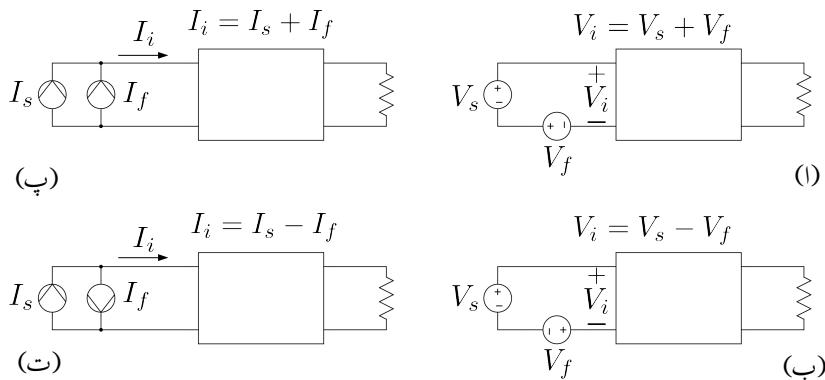
اس مساوات کے تحت A_G کی قیمت بوجھ کے مزاحمت R_L کے قیمت پر منحصر ہے۔ ایکلیفائر کی افراش کی قیمت بوجھ کے مزاحمت کے قیمت پر منحصر نہیں ہو سکتی لہذا اسے موصل نما ایکلیفائر تصور نہیں کیا جا سکتا۔

2.7 واپسی اشارہ

مندرجہ بالا حصے میں ہم نے چار اقسام کے ایکلیفائر دیکھے۔ اس حصے میں ان میں واپسی اشارہ شامل کرنے کی ترکیب دکھائی جائے گی۔ واپسی اشارے کو ایکلیفائر کے داخلی اشارے کے ساتھ جمع یا اس سے منفی کیا جاتا ہے۔

شکل 6.7 الف میں واپسی اشارے V_f کو برقی دباؤ اشارے V_s کے ساتھ جمع کرنا دکھایا گیا ہے جبکہ شکل 6.7 ب میں V_f کو V_s سے منفی کرنا دکھایا گیا ہے۔ شکل پ میں واپسی اشارے I_f کو برقی رو اشارے I_s کے ساتھ جمع کرنا دکھایا گیا ہے جبکہ شکل پ میں I_f کو I_s سے منفی کرنا دکھایا گیا ہے۔ برقی دباؤ اشارات کو آپس میں جمع یا منفی کرتے وقت انہیں سلسہ وار جوڑا جاتا ہے جبکہ برقی رو اشارات کو آپس میں جمع یا منفی کرتے وقت انہیں متوازی جوڑا جاتا ہے۔ برقی دباؤ اشارے کو کسی صورت برقی رو اشارے کے ساتھ جمع یا منفی نہیں کیا جا سکتا۔⁵

⁵ آپ جانتے ہیں کہ آلو اور ٹنڈل کو آپس میں جمع یا منفی نہیں کیا جا سکتا۔ اسی طرح برقی دباؤ کو صرف برقی دباؤ کے ساتھ جمع یا اس سے منفی کیا جا سکتا ہے۔



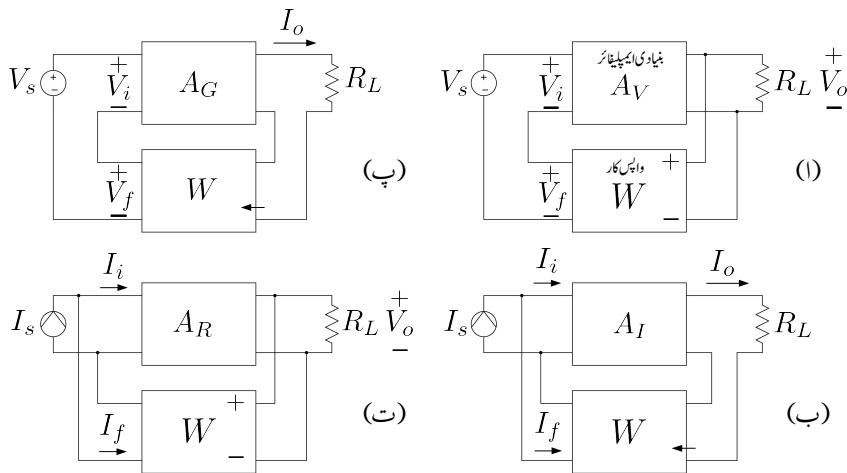
نکل 7.6: اشارات کو آپس میں جمع اور منفی کرنے کے طریقے

شکل 2.7 ب میں دکھائے برقی دباؤ ایمپلیفیائر کو مثال بناتے ہیں۔ برقی دباؤ ایمپلیفیائر داخلی جانب اشارات کو برقی دباؤ کی صورت میں حاصل کرتا ہے لہذا اس کے داخلی جانب واپسی اشارہ بھی برقی دباؤ کی صورت میں ہو گا۔ واپسی اشارے کو ایمپلیفیائر کے خارجی اشارے سے حاصل کیا جاتا ہے۔ V_o سے V_f حاصل کرنے والے دور، جس کو واپس کار⁶ کہتے ہیں، کو ڈبے کی شکل سے دکھاتے ہوئے شکل 7.7 اف حاصل ہوتا ہے جسے واپسی برقی دباؤ ایمپلیفیائر کہا جائے گا۔ اس شکل میں اوپر والا ڈبہ بنیادی برقی دباؤ ایمپلیفیائر ہے جبکہ نیچلا ڈبہ واپس کار ہے۔ واپسی کار کا داخلی اشارہ V_o ہے جبکہ اس کا خارجی واپسی اشارہ V_f ہے۔ واپسی کار کا داخلی اشارہ بنیادی ایمپلیفیائر کے خارجی جانب سے متوازی حاصل کیا جاتا ہے جبکہ V_f کو V_s کے ساتھ سلسلہ وار جوڑا گیا ہے۔

اس شکل میں واپسی اشارے V_f کو اشارہ V_s سے منفی کیا گیا ہے اور یوں اس ایمپلیفیائر کو منفی واپسی برقی دباؤ ایمپلیفیائر⁷ کہا جائے گا۔ اگر V_f کو V_s کے ساتھ جمع کیا جاتا تو اسے مثبت واپسی برقی دباؤ ایمپلیفیائر⁸ کہا جاتا۔ اس باب میں منفی واپسی ایمپلیفیائر پر ہی بحث کی جائے گی۔ اگلے باب میں مثبت واپسی ادوار کا استعمال کیا جائے گا۔

شکل 7.7 ب میں برقی رو ایمپلیفیائر میں واپسی اشارے کی شمولیت دکھائی گئی ہے۔ بنیادی

feedback circuit⁶
negative feedback voltage amplifier⁷
positive feedback voltage amplifier⁸



شکل 7.7: وابستگی ایکپلیفائر کے اقسام

ایکپلیفائر کے داخلی جانب I_f سے مفہی کیا گیا ہے۔ یوں اس کمبل دور کو منفی وابستگی برقی رو ایکپلیفائر⁹ کہا جائے گا۔ وابستگی اشارے کو خارجی اشارہ I_o سے حاصل کیا گیا ہے۔ ایسا کرنے کی خاطر واپس کار کے داخلی جانب کو بنیادی ایکپلیفائر کے خارجی جانب کے ساتھ سلسلہ وار جوڑا گیا ہے تا کہ خارجی برقی رو I_o واپس کار کو بطور داخلی اشارہ مہیا کیا جا سکے۔

یہاں رک کر اس بات کو سمجھیں کہ خارجی برقی دباؤ V_o سے وابستگی اشارہ حاصل کرتے وقت واپس کار کے داخلی جانب کو بنیادی ایکپلیفائر کے خارجی جانب متوازی جوڑا جاتا ہے جبکہ خارجی برقی رو I_o سے وابستگی اشارہ حاصل کرتے وقت واپس کار کا داخلی جانب اور بنیادی ایکپلیفائر کا خارجی جانب سلسلہ وار جوڑے جاتے ہیں۔ وابستگی اشارہ از خود برقی دباؤ یا برقی رو کی صورت میں ہو سکتا ہے۔

شکل 7.7 پ میں موصل نما ایکپلیفائر میں وابستگی اشارہ شامل کرنا دکھایا گیا ہے۔ یہاں بنیادی ایکپلیفائر کا خارجی اشارہ برقی رو I_o ہے جس سے وابستگی اشارہ حاصل کیا جاتا ہے لہذا واپس کار کے داخلی جانب کو بنیادی ایکپلیفائر کے خارجی جانب سلسلہ وار جوڑا گیا ہے۔ واپس کار کا خارجی اشارہ برقی دباؤ V_o ہے جس سے مفہی کیا گیا ہے۔

negative feedback current amplifier⁹

شکل 7.7 ت میں مزاحمت نما ایکلیفائر میں واپسی اشارے کی شمولیت دکھائی گئی ہے جسے آپ خود سمجھ سکتے ہیں۔

جہاں متن سے واضح ہو وہاں ان ایکلیفائر کے پورے نام کی جگہ صرف واپسی ایکلیفائر کا نام استعمال کیا جائے گا۔

3.7 بنیادی کارکردگی

ٹرانزسٹر ایکلیفائر کے دور میں ٹرانزسٹر کا ریاضی نمودرہ نسبت کرتے ہوئے انہیں کرخوف کے قوانین سے حل کرنے سے آپ بخوبی واقف ہیں۔ واپسی ایکلیفائر کو بھی اسی طرح حل کرنا ممکن ہے البتہ انہیں یوں حل کرنے سے واپسی عمل کیوضاحت نہیں ہوتی۔ اس حصے میں ہم واپسی ایکلیفائر کو اس طرح حل کریں گے کہ ان میں واپسی اشارے کا کردار اجاگر ہو۔

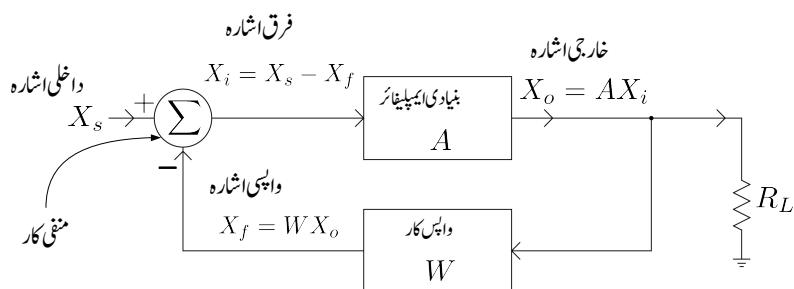
واپسی ادوار کے تین جزو ہیں۔ پہلا جزو بنیادی ایکلیفائر، دوسرا جزو جمع کار (یا منقی کار) اور تیسرا جزو واپس کار۔ شکل 8.7 میں ان تینوں اجزاء کو دکھایا گیا ہے۔

یہاں بنیادی ایکلیفائر سے مراد حصہ 1.7 میں دکھائے چار قسم کے ایکلیفائر میں سے کوئی بھی ہو سکتا ہے۔ اشارے کی مزاحمت R_s کو یہاں بنیادی ایکلیفائر کا حصہ قصور کیا گیا ہے۔ یوں شکل 8.7 میں A سے مراد A_V ، A_G ، A_I یا A_R ہو سکتا ہے۔ یہاں R_L کے علاوہ واپس کار کا داخلی جانب بھی ایکلیفائر کے خارجی جانب نسب ہے اور A واپس کار کے بوجھ کو بھی شامل کرتے حاصل کیا جاتا ہے۔ اس کیوضاحت حصہ 8.7 میں کی جائے گی۔ ایکلیفائر کے داخلی اشارے V_s یا I_s کو جبکہ اس کے خارجی اشارے V_o یا I_o کو اسی طرح واپسی اشارے V_f یا I_f کو لکھتے ہوئے آگے بڑھتے ہیں۔ یوں اس شکل میں بنیادی ایکلیفائر اشارہ X_i کو بڑھا کر بطور X_o خارج کرتا ہے یعنی

$$(26.7) \quad X_o = AX_i$$

اس مساوات کو یوں بھی لکھا جا سکتا ہے

$$(27.7) \quad A = \frac{X_o}{X_i}$$



شکل 8.7: بیادی وابکی ایکپلینافر

وابکار عموماً غیر عامل پر زہ جات یعنی مزاحمت، کپسٹر وغیرہ سے تخلیق دیا جاتا ہے۔ یہ خارجی اشارے کا کچھ حصہ داخلی جانب تک پہنچتا ہے۔ شکل سے آپ دکھ سکتے ہیں کہ وابکار X_o کا کچھ حصہ منفی کار کو بطور وابکی اشارہ X_f پیش کرتا ہے جہاں

$$(28.7) \quad X_f = WX_o$$

ہے۔ W سے مراد وابکار کے خارجی اور داخلی اشاروں کی شرح یعنی $\frac{X_f}{X_o}$ ہے۔ W کو وابکار کا مستقل¹⁰ کہا جائے گا۔

منفی کار داخلی اشارے X_s سے وابکی اشارہ X_f کو منفی کر کے اسے بطور فرق اشارہ X_i خارج کرتا ہے یعنی

$$(29.7) \quad X_i = X_s - X_f$$

اس میں مساوات 28.7 استعمال کرتے

$$(30.7) \quad X_i = X_s - WX_o$$

ملتا ہے جس میں مساوات 27.7 کے استعمال سے

$$\frac{X_o}{A} = X_s - WX_o$$

feedback constant¹⁰

حاصل ہوتا ہے۔ اس کو X_o کے لئے حل کرنے میں

$$X_o = A(X_s - WX_o)$$

$$X_o(1 + WA) = AX_s$$

$$X_o = \left(\frac{A}{1 + WA} \right) X_s$$

یوں پورے دور کے داخلی اشارے کو X_s اور اس کا خارجی اشارے کو X_o لیتے ہوئے واپسی دور کے کل افزائش A_f کو یوں لکھ سکتے ہیں۔

$$(31.7) \quad A_f = \frac{X_o}{X_s} = \frac{A}{1 + WA}$$

منفی واپسی ایمپلینیٹر میں $|A| < |A_f|$ ہوتا ہے جبکہ ثبت واپسی ایمپلینیٹر میں $|A| > |A_f|$ ہوتا ہے۔

مثال 2.7: ایک ایمپلینیٹر جس کا $A = 99$ ہے میں واپسی اشارے کی شمولیت سے واپسی ایمپلینیٹر تخلیق دیا جاتا ہے۔ $W = 0.01$ اور $W = 0.1$ پر واپسی ایمپلینیٹر کی افزائش A_f حاصل کریں۔

حل:

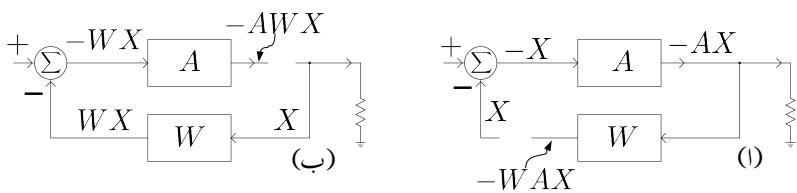
مساوات 31.7 کی مدد سے $W = 0.01$ پر

$$A_f = \frac{99}{1 + 0.01 \times 99} = 49.749$$

جبکہ $W = 0.1$ پر

$$A_f = \frac{99}{1 + 0.1 \times 99} = 9.0826$$

حاصل ہوتا ہے۔ منفی واپسی ایمپلینیٹر کی افزائش واضح طور کم ہوئی ہے۔



شکل 9.7: بنیادی واپسی ایکلیفیٹر کا شرح دائرہ

1.3.7 افراکشی دائرہ

واپسی ایکلیفیٹر میں بنیادی ایکلیفیٹر اور واپسی دور بند دائرے کی شکل میں آپس میں جوڑے جاتے ہیں۔ شکل 9.7 الف میں اس دائرے کو واپسی دور کے خارجی نقطے پر کھلے سرے کر دیا گیا ہے جبکہ داخلی اشارے کو منقطع کر دیا گیا ہے۔ فرض کریں کہ اس نقطے کے بالائی جانب اشارہ X پایا جاتا ہے۔ اس نقطے سے دائرے میں گھٹری کے سمت چلتے ہوئے ہم دیکھتے ہیں کہ اشارہ X پہلے -1 سے ضرب ہو کر $-X$ ہوتا ہے۔ اس کے بعد ایکلیفیٹر سے گزرتے ہوئے A سے ضرب ہو کر AX ہو جاتا ہے اور آخر کار واپسی دور سے گزرتے ہوئے W سے ضرب کھا کر $-WAX$ ہو جاتا ہے۔ یہ اشارہ پورے دائرے سے گزرتے ہوئے $-WA$ سے ضرب ہوتا ہے جسے واپسی ایکلیفیٹر کا افراکشی دائرہ¹¹ کہا جائے گا۔ شکل ب میں دائرے کو ایک اور جگہ سے کھلے سرے کرتے ہوئے یہی عمل دکھایا گیا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ دائرے کو کہیں سے بھی کھلے سرے کرتے ہوئے اس نقطے سے گھٹری کی سمت پورا چکر کاٹتے ہوئے اشارہ $-WA$ سے ہی ضرب ہوتا ہے۔

2.3.7 بنیادی مفروضے

واپسی ایکلیفیٹر پر بات کرتے ہوئے مندرجہ ذیل مفروضے تصور کئے جائیں گے۔

1. واپس کار کے مستقل W کی قیمت پر بوجھ کے مزاحمت R_L اور اشارے کے مزاحمت R_s کا کوئی اثر نہیں ہوتا۔

loop gain¹¹

2. بنیادی ایکلیفائر کی افزائش A کے قیمت پر بوجھ کے مزاحمت R_L کا کوئی اثر نہیں ہوتا۔

3. داخلی اشارہ صرف بنیادی ایکلیفائر 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 ایکلیفائر میں ٹرانزیستر کا g_m یا h_{fe} صفر کرنے سے A کی قیمت صفر کی جا سکتی ہے)۔

اس مفروضے کے تحت واپس کار میں اشارہ صرف اور صرف واپسی ایکلیفائر کے خارجی جانب سے داخلی جانب گزر سکتا ہے۔ حقیقت میں واپس کار عموماً مزاحمت، کپیسٹر وغیرہ سے بنا ہوتا ہے اور اس میں اشارہ دونوں جانب گزر سکتا ہے۔ ہم دیکھیں گے کہ اس کے باوجود حقیق ایکلیفائر میں پھر بھی اس مفروضے پر چلتے ہوئے درست جوابات حاصل ہوتے ہیں۔

4. خارجی اشارہ صرف اور صرف واپس کار سے گزرتے ہوئے داخلی جانب پہنچ سکتا ہے۔ اس مفروضے کے تحت اشارہ بنیادی ایکلیفائر میں گزرتے ہوئے خارجی جانب سے داخلی جانب نہیں پہنچ سکتا۔ اس کا مطلب ہے کہ اگر واپس کار کے مستقل W کی قیمت صفر کر دی جائے تو واپسی اشارے کی قیمت بھی صفر ہو جائے گی۔

4.7 واپسی ایکلیفائر کی خوبیاں

منفی واپسی ایکلیفائر افزائش گھناتا ہے جبکہ ایکلیفائر کا بنیادی مقصد ہی اس کی افزائش ہے۔ اس کے باوجود منفی واپسی ایکلیفائر کا استعمال عام ہے۔ منفی واپسی ایکلیفائر افزائش گھناتے ہوئے ایکلیفائر کی متعدد اہم خوبیوں کو بہتر کرتا ہے۔ اس حصے میں انہیں پر غور کیا جائے گا۔

1.4.7 مخفی افزائش

درجہ حرارت میں تبدیلی، عمر رسیدگی یا ٹرانزیستر وغیرہ کی تبدیلی سے کسی بھی ایکلیفائر کی افزائش متاثر ہوتی ہے۔ آئیں ایک مثال سے دیکھیں کہ واپسی ایکلیفائر میں افزائش کے افزائش کو کس طرح گھنایا جاتا ہے۔

مثال 3.7: ایک بنیادی ایمپلینگر جس کی اصل افراش $A = 50$ ہے میں ٹرانزسٹر تبدیل کیا جاتا ہے جس کے بعد اس کی نئی افراش $A_1 = 45$ ہو جاتی ہے۔ افراش میں تبدیلی کی فی صد شرح حاصل کریں۔ اس ایمپلینگر میں واپسی اشارہ شامل کیا جاتا ہے جہاں $W = 0.1$ ہے۔ ٹرانزسٹر تبدیل کرنے سے پہلے اور ٹرانزسٹر تبدیل کرنے کے بعد واپسی ایمپلینگر کی افراش حاصل کریں اور ان میں تبدیلی کی فی صد شرح حاصل کریں۔

حل:

بنیادی ایمپلینگر میں تبدیلی کی فی صد شرح

$$\left| \frac{45 - 50}{45} \right| \times 100 = 11.11\%$$

ہے۔ واپسی ایمپلینگر میں ٹرانزسٹر تبدیل کرنے سے پہلے A_f اور ٹرانزسٹر تبدیل کرنے کے بعد A_{f1} مندرجہ ذیل ہیں

$$A_f = \frac{50}{1 + 0.1 \times 50} = 8.3333$$

$$A_{f1} = \frac{45}{1 + 0.1 \times 45} = 8.1818$$

یوں تبدیلی کی فی صد شرح

$$\left| \frac{8.1818 - 8.3333}{8.3333} \right| \times 100 = 1.818\%$$

-

آپ نے دیکھا کہ بنیادی ایمپلینگر میں 11.11 فی صد تبدیلی آئی جبکہ واپسی ایمپلینگر میں صرف 1.818 فی صد تبدیلی آئی۔ یوں ایمپلینگر میں واپسی اشارے کی شمولیت سے افراش مستحکم ہوئی۔ اس حقیقت کو یوں بیان کیا جاتا ہے کہ واپسی اشارے سے افراش

$$\frac{11.1111}{1.818} = 6.1117$$

یعنی تقریباً چھ گنا ممکن ہوئی۔

آئیں اس تمام کو حسابی شکل دیں۔ مساوات 31.7 میں A_f کا A کے ساتھ تفرق 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 31.7 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 ممکن M ہونا یوں حاصل ہوتا ہے۔

$$(32.7) \quad M = \frac{\left| \frac{dA}{A} \right|}{\left| \frac{dA_f}{A_f} \right|} = 1 + WA$$

مساوات 31.7 کو یوں بھی لکھا جا سکتا ہے

$$(33.7) \quad A_f = \frac{A}{M}$$

مندرجہ بالا دو مساوات سے آپ دیکھ سکتے ہیں کہ واپسی ایک پلینیا ر میں گل افزائش M گنا گھٹتی ہے۔ ساتھ ہی ساتھ گل افزائش M گنا ممکن ہو جاتی ہے۔ یوں ایک پلینیا ر تخلیق دیتے وقت آپ افزائش گھٹاتے ہوئے اسے زیادہ ممکن بن سکتے ہیں یا اس کے برعکس افزائش کو کم ممکن کرتے ہوئے اس کی قیمت بڑھا سکتے ہیں۔

اگر

$$(34.7) \quad |WA| \gg 1$$

ہو تب مساوات 31.7 مندرجہ ذیل سادہ صورت اختیار کر لیتا ہے۔

$$(35.7) \quad A_f = \frac{A}{1+WA} \approx \frac{A}{WA} = \frac{1}{W}$$

مساوات 35.7 انتہائی اہم مساوات ہے جس کے تحت $WA \gg 1$ کی صورت میں واپسی ایکلیفیٹر کی افزائش صرف اور صرف واپس کار کے W پر محصر ہوتی ہے۔ جیسا کہ پہلے بھی ذکر ہوا، واپس کار کو عموماً مزاحمت وغیرہ سے بنایا جاتا ہے۔ بر قیانی پروازات میں ٹرانزسٹر، ماسفیٹ اور ڈائوڈ وغیرہ کی کارکردگی درجہ حرارت یا وقت کے ساتھ تبدیل ہوتی ہے۔ ان کے بر عکس مزاحمت، کپیسٹر وغیرہ میں ایسی تبدیلیاں نہایت کم ہوتی ہیں۔ یوں درجہ حرارت یا وقت کے ساتھ واپس کار کی W کے تبدیل کو رد کیا جا سکتا ہے جس سے واپسی ایکلیفیٹر کی افزائش نہایت مستحکم ہو جاتی ہے۔

مستحکم ایکلیفیٹر تخلیق دینے کا طریقہ ایک مثال کی مدد سے سمجھتے ہیں۔

مثال 4.7: موصل نما ایکلیفیٹر تخلیق دیتے وقت درجہ حرارت کے تبدیلی سے توقع کی جاتی ہے کہ بغیر واپسی اشارے کے ایکلیفیٹر کی افزائش میں 5% تبدیلی رونما ہو گی جو کہ قابل قبول نہیں۔ زیادہ سے زیادہ 0.4% تبدیلی قابل برداشت ہے۔ ایک عدد موصل نما واپسی ایکلیفیٹر تخلیق دیں جس کی افزائش V^{45A}/V ہو اور اس میں تبدیلی 0.4% سے تجاوز نہ کرے۔

حل:

ایسی صورت میں بنیادی ایکلیفیٹر کی افزائش A کو ضرورت سے M گنا زیادہ رکھ کر اسے تخلیق دیا جاتا ہے۔ اس ایکلیفیٹر کے افزائش میں درجہ حرارت کے تبدیلی سے 5% تبدیلی پیدا ہو گی۔ اس کے بعد اس میں واپسی اشارے کی شمولیت کی جاتی ہے جس سے ایکلیفیٹر کی واپسی افزائش M گنا کم ہونے کے ساتھ ساتھ M گنا مستحکم بھی ہو جاتی ہے۔

موجودہ صورت میں تمام معلومات فی صد کی صورت میں دی گئی ہیں۔ مساوات 32.7 کو استعمال کرتے ہوئے اگر بنیادی ایکلیفیٹر کی افزائش میں تبدیلی یعنی dA کی قیمت پائچ فی

صد ہے تو A کی قیمت سو فی صد ہو گی۔ اسی طرح اگر dA_f کی قیمت آدھا فی صد ہو تو A_f کو سو فی صد تصور کیا جائے گا۔ یوں

$$\frac{dA}{A} = M \left(\frac{dA_f}{A_f} \right)$$

$$\frac{5}{100} = M \left(\frac{0.5}{100} \right)$$

$$M = 10$$

حاصل ہوتا ہے۔ یوں اس ایکلینیکر کو دس گنا مختکم کرنے کی ضرورت ہے۔

لہذا ہم ایسا ایکلینیکر تخلیق دیں گے جس کی واپسی اشارہ شامل کرنے سے پہلے افزائش درکار قیمت سے M گنا زیادہ ہو یعنی A کی قیمت $10 \times 45 = 450$ ہو گی۔ اس میں واپسی اشارے کی شمولیت سے افزائش کو دس گنا مختکم کیا جائے گا اور ساتھ ہی ساتھ $A_f = 45$ حاصل کی جائے گی جو کہ درکار موصل نہ افزائش ہے۔ مساوات 31.7 کے تحت

$$45 = \frac{450}{1 + W \times 450} \approx \frac{1}{W}$$

$$W = \frac{1}{45} = 0.02222$$

حاصل ہوتا ہے جو کہ واپس کار کے مستقل کی درکار قیمت ہے۔

مثال 5.7: $A = -1000$ اور $A_f = -100$ میں W حاصل کریں۔

حل:

$$-100 = \frac{-1000}{1 - 1000W}$$

$W = -0.009$ حاصل ہوتا ہے۔

مساوات 35.7 میں A_f سے مراد واپسی ایکلیفائر کی افراش ہے جو کہ برقی دباؤ واپسی ایکلیفائر کی صورت میں A_{vf} ، برقی رو واپسی ایکلیفائر کی صورت میں A_{if} ، موصل نما واپسی ایکلیفائر کی صورت میں A_{gf} اور مزاحمت نما واپسی ایکلیفائر کی صورت میں A_{rf} کو ظاہر کرتا ہے۔

2.4.7 تعدادی بگاڑ

مساوات 35.7 کے تحت 1 >> WA کی صورت میں واپسی ایکلیفائر کی افراش صرف اور صرف W پر مخصر ہوتی ہے۔ اگر واپس کار کی خاصیت تعدد پر مخصر نہ ہو تو واپسی ایکلیفائر کی کارکردگی بھی تعدد پر مخصر نہیں ہو گی۔ واپس کار میں صرف مزاحمت استعمال کرتے ہوئے اس کے کارکردگی کو تعدد سے پاک بنایا جا سکتا ہے۔

اگر واپس کار میں کپیسٹر اور امالہ استعمال کئے جائیں تو اس کی کارکردگی تعدد پر مخصر ہو گی۔ ایسی صورت میں واپسی ایکلیفائر کی کارکردگی بھی تعدد پر مخصر ہو گی۔ یوں اگر کسی خاص تعداد ω_0 پر W کی قیمت کم ہو جبکہ اس تعداد سے کم یا اس سے زیادہ تعدد پر W کی قیمت زیادہ ہو تو A_f کی قیمت ω_0 پر زیادہ ہو گی جبکہ ω_0 سے کم یا زیادہ تعداد پر اس کی قیمت کم ہو گی۔ یہ پہنچ گزار فلٹر¹² کی خاصیت ہے۔ اسی طرح پہنچ روکھ فلٹر¹³، پست گزار فلٹر اور بلند گزار فلٹر بھی بنائے جا سکتے ہیں۔

3.4.7 دائرہ کارکردگی کے پٹی میں وسعت

فرض کریں کہ بنیادی ایکلیفائر کے افراش میں ایک عدد قطب پایا جاتا ہے یعنی

$$A = \frac{A_0}{1 + \frac{j\omega}{\omega_H}}$$

band pass filter¹²
band stop filter¹³

اس مساوات میں A_0 سے مراد درمیانی تعداد کی افزائش اور ω_H اس کی بلند انقطائی 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 ایمپلینیٹر کی درمیانی تعداد پر افزائش

$$(36.7) \quad A_{f0} = \frac{A_0}{1 + WA_0}$$

ہے جبکہ اس کی بلند انقطائی تعداد

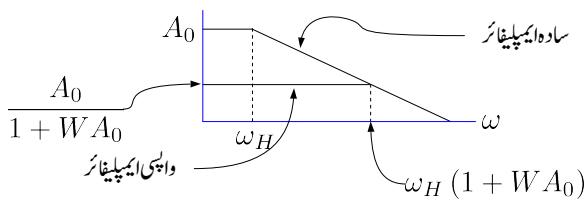
$$(37.7) \quad \omega'_H = \omega_H (1 + WA_0)$$

ہے۔ واپسی ایمپلینیٹر کے درمیانی تعداد کی افزائش اور اس کی بلند انقطائی تعداد کو ضرب کرتے ہوئے

$$(38.7) \quad \frac{A_0}{1 + WA_0} \times \omega_H (1 + WA_0) = A_0 \omega_H$$

ملتا ہے جو سادہ ایمپلینیٹر کے درمیانی تعداد کی افزائش ضرب اس کی بلند انقطائی تعداد ہے۔ یوں افزائش کو کم کرتے ہوئے بلند انقطائی تعداد کو بڑھایا جا سکتا ہے یا پھر بلند انقطائی تعداد کو کم کرتے ہوئے افزائش کو بڑھایا جا سکتا ہے۔ شکل 10.7 اس حقیقت کو دکھلاتی ہے۔

مثال 6.7: ایک سادہ ایمپلینیٹر کی درمیانی تعداد پر افزائش $\frac{V}{V} 3000$ ہے جبکہ اس کی بلند انقطائی تعداد 500 Hz ہے۔ اس میں واپسی اشارہ شامل کرتے ہوئے واپسی ایمپلینیٹر



شکل 10.7: دائرہ کارکردگی بال مقابل افزائش

حاصل کیا جاتا ہے۔ اگر واپس کار کا مستقل $W = 0.01$ ہو تو واپسی ایکپلینیٹر کی درمیانی تعدد کی افزائش اور بلند انقطای تعداد کیا ہوں گے۔

حل:

$$A_{f0} = \frac{3000}{1 + 3000 \times 0.01} = 96.77 \text{ V}$$

$$f_H = 500 \times (1 + 3000 \times 0.01) = 15.5 \text{ kHz}$$

5.7 داخلي مراجحت

ہم نے دیکھا کہ منقی واپسی اشارے کی شویت سے افزائش M گناہ کھٹن ہے۔ اس حصے میں داخلي مراجحت پر واپسی اشارے کے اثر کو دیکھا جائے گا۔

1.5.7 واپسی بر قی دبادیکپلینیٹر کا داخلي مراجحت

شکل 1.7 میں داخلي جانب منقی واپسی اشارہ V_f شامل کرتے ہوئے شکل 11.7 حاصل ہوتا ہے۔ فرق صرف اتنا ہے کہ موجودہ شکل میں R_s کو ایکپلینیٹر کا حصہ تصور کیا گیا ہے اور

$$(39.7) \quad A'_v = A_v \left(\frac{R_i}{R_i + R_s} \right)$$

رکھا گیا ہے۔ یوں اشارے کی مزاحمت R_s کو ایمپلیفیگر کا حصہ تصور کرتے ہوئے افزائش 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 3.7 اور مساوات 39.7 کے ساتھ موازنہ کرنے سے اس مساوات سے حاصل ہوتا ہے

$$(40.7) \quad \frac{V_o}{V'_i} = A'_v \left(\frac{R_L}{R_o + R_L} \right) = A_V$$

اس مساوات میں $R_L \rightarrow \infty$ کی صورت میں

$$(41.7) \quad A_V \Big|_{R_L \rightarrow \infty} = A'_v$$

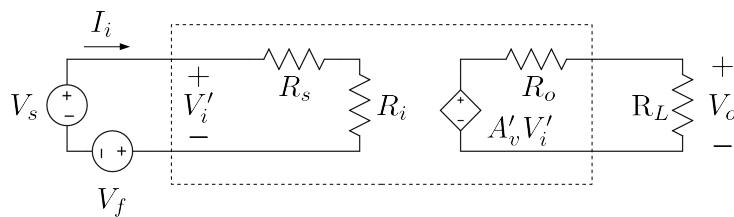
حاصل ہوتا ہے۔

واپسی اشارے کی عدم موجودگی میں

$$(42.7) \quad \begin{aligned} V_s &= V'_i = I_i (R_i + R_s) \\ R'_i &= \frac{V_s}{I_i} = R_i + R_s \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے جو کہ R_s کو شامل کرتے ہوئے برقی دباؤ ایمپلیفیگر کی کل داخلی مزاحمت R'_i ہے۔ آئیں اب واپسی اشارے کی شمولیت کے بعد $\frac{V_s}{I_i}$ حاصل کریں۔

$$\begin{aligned} V_s - V_f &= I_i (R_s + R_i) \\ V_s - WV_o &= I_i (R_s + R_i) \\ V_s - WA_V V'_i &= I_i (R_s + R_i) \\ V_s - WA_V I_i (R_s + R_i) &= I_i (R_s + R_i) \\ V_s &= (1 + WA_V) (R_s + R_i) I_i \end{aligned}$$



شکل 7.11: وابی برقی دباؤ ایپلیفارکی داخلی مزاحمت

اس مساوات میں تیرے قدم پر مساوات 40.7 اور چوتھے قدم پر مساوات 42.7 کا استعمال کیا گیا۔ اس سے حاصل ہوتا ہے

$$\begin{aligned}
 R'_{if} &= \frac{V_s}{I_i} \\
 (43.7) \quad &= (1 + WA_V) (R_s + R_i) \\
 &= (1 + WA_V) R'_i
 \end{aligned}$$

اس مساوات کے مطابق منفی وابی اشارے کی شمولیت سے داخلی مزاحمت M گنا بڑھ جاتا ہے۔

اس نتیجے کو یوں سمجھا جا سکتا ہے کہ وابی اشارے کی عدم موجودگی میں اشارہ V_s لਾگو کرنے سے داخلی جانب برقی رو گزرتی ہے۔ ان دونوں کی شرح کو داخلی مزاحمت کہتے ہیں۔ منفی وابی اشارے کے موجودگی میں داخلی جانب کل برقی دباؤ کم ہو کر $(V_s - V_f)$ رہ جاتا ہے جس سے داخلی جانب برقی رو کی قیمت بھی کم ہو جاتی ہے۔ یوں V_s اور داخلی برقی رو کی شرح بڑھ جاتی ہے، جس سے داخلی مزاحمت بھی بڑھ جاتا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ برقی دباؤ کا وابی اشارہ چاہے خارجی برقی دباؤ یا خارجی برقی رو سے حاصل کیا جائے، یہ ہر صورت داخلی مزاحمت کو بڑھانے گا۔

مساوات 43.7 میں $R_s = 0$ پُر کرتے ہوئے

$$(44.7) \quad R'_{if} = (1 + WA_V) R_i$$

حاصل ہوتا ہے جہاں داخلی مزاحمت کو R'_{if} لکھ کر اس بات کی وضاحت کی گئی ہے کہ اس میں $R_s = 0$ لیا گیا ہے۔

2.5.7 واپسی بر قی روایکلینیکر کا داخلي مزاحمت

شکل 3.7 میں دکھائے بر قی رو ایکلینیکر میں داخلی جانب منفی واپسی اشارہ I_f شامل کرتے ہوئے اسے یہاں شکل 12.7 میں دوبارہ دکھایا گیا ہے۔ فرق صرف اتنا ہے کہ یہاں R_s کو ایکلینیکر کا حصہ تصور کیا گیا ہے اور

$$(45.7) \quad A'_i = A_i \left(\frac{R_s}{R_s + R_i} \right)$$

رکھا گیا ہے۔ اس دور میں

$$(46.7) \quad I'_i = I_s - I_f$$

کے برابر ہے۔

واپسی اشارے کی عدم موجودگی (یعنی $I_f = 0$) کی صورت میں اشارہ I_s لاگو کرنے سے داخلی جانب ہم لکھ سکتے ہیں

$$(47.7) \quad \begin{aligned} I'_i &= I_s \\ V_i &= I'_i \left(\frac{R_s R_i}{R_s + R_i} \right) = I_s \left(\frac{R_s R_i}{R_s + R_i} \right) \\ R'_i &= \frac{V_i}{I_s} = \frac{R_s R_i}{R_s + R_i} \end{aligned}$$

جہاں R_s کو شامل کرتے ہوئے، R'_i بغیر واپسی ایکلینیکر کی کل داخلي مزاحمت ہے۔ اسی طرح شکل 12.7 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 جہاں دوسرے قدم پر مساوات 45.7 کا استعمال کیا گیا ہے۔ اس مساوات کے دلیل جانب کا مساوات 12.7 کے ساتھ موازنہ کرنے سے حاصل ہوتا ہے

$$(48.7) \quad A_I = \frac{I_o}{I'_i}$$

وابکی اشارے کے موجودگی میں داخلی مزاحمت یوں حاصل ہو گا

$$\begin{aligned} I'_i &= I_s - I_f \\ &= I_s - WI_0 \\ &= I_s - WA_I I'_i \\ I'_i &= \frac{I_s}{1 + WA_I} \end{aligned}$$

جبکہ آخری قدم پر مساوات 48.7 کا استعمال کیا گیا۔ اس صورت میں داخلی برقی دباؤ

$$\begin{aligned} V_i &= I'_i \left(\frac{R_s R_i}{R_s + R_i} \right) \\ &= I'_i R'_i \\ &= \left(\frac{I_s}{1 + WA_I} \right) R'_i \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے جس سے

$$(49.7) \quad R'_{if} = \frac{V_i}{I_s} = \frac{R'_i}{1 + WA_I}$$

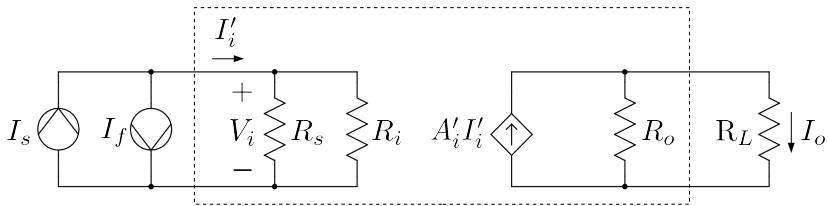
حاصل ہوتا ہے۔ اس مساوات کے تحت وابکی رو ایکلیفائر کا داخلی مزاحمت R'_{if} غیر وابکی ایکلیفائر کے داخلی مزاحمت R'_i سے M گناہم ہوتا ہے۔

اس حقیقت کو یوں سمجھا جا سکتا ہے کہ وابکی اشارے کے عدم موجودگی میں I_s داخلی مزاحمت R'_i سے گزرتے ہوئے V_i کو جنم دیتا ہے۔ اور I_s کی شرح کو داخلی مزاحمت کہتے ہیں۔ وابکی اشارے کے موجودگی میں مزاحمت R'_i سے گزرتی برقی رو کی قیمت کم ہو کر $I_s - I_f$ ہو جاتی ہے لہذا V_i کی قیمت بھی کم ہو جاتی ہے۔ یوں V_i اور I_s کی شرح بھی کم ہو جاتی ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ I_f چاہے خارجی برقی دباؤ V_0 یا خارجی برقی رو I_0 سے حاصل کیا جائے، اس کا داخلی کل مزاحمت پر ایک جیسا اثر ہوتا ہے یعنی کل داخلی مزاحمت کم ہوتا ہے۔

مساوات 49.7 میں $R_s = 0$ پڑ کرتے ہوئے

$$(50.7) \quad R_{if} = \frac{R_i}{1 + WA_I}$$

حاصل ہوتا ہے جہاں داخلی مزاحمت کو R_{if} لکھ کر اس بات کی وضاحت کی گئی ہے کہ اس میں $R_s = 0$ لیا گیا ہے۔



شکل 12.7: واپسی بر قی روا بی پلی فار کا داخلی مزاحمت

3.5.7 واپسی موصل نما بی پلی فار کا داخلی مزاحمت

شکل 4.7 میں واپسی اشارہ V_f کی شمولیت اور

$$(51.7) \quad A'_g = A_g \left(\frac{R_i}{R_s + R_i} \right)$$

تصور کرتے ہوئے یہاں شکل 13.7 میں دوبارہ دکھایا گیا ہے۔ مزید یہ کہ یہاں R_s کو ایک پلی فار کا حصہ تصور کیا گیا ہے۔ اس شکل کے لئے ہم لکھ سکتے ہیں

$$I_o = A'_g V'_i \left(\frac{R_o}{R_o + R_L} \right)$$

$$= A_g V'_i \left(\frac{R_i}{R_s + R_i} \right) \left(\frac{R_o}{R_o + R_L} \right)$$

$$\frac{I_o}{V'_i} = A_g \left(\frac{R_i}{R_s + R_i} \right) \left(\frac{R_o}{R_o + R_L} \right)$$

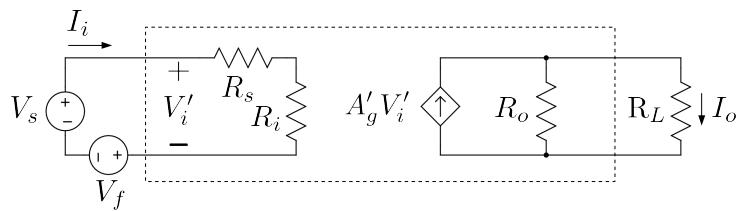
جہاں دوسرے قدم پر مساوات 51.7 کا استعمال کیا گیا۔ مساوات 17.7 کے ساتھ موازنہ سے حاصل ہوتا ہے۔

$$(52.7) \quad \frac{I_o}{V'_i} = A_G$$

واہسی اشارہ V_f کے عدم موجودگی میں ہم R_s کو شامل کرتے ہوئے کل داخلی مزاحمت R'_i حاصل کرتے ہیں۔

$$V'_i = V_s = I_i (R_s + R_i)$$

$$R'_i = \frac{V_s}{I_i} = R_s + R_i$$



شکل 7.13: واپسی موصل نماینده پلیگانر کی داخلی مزاحمت

اکنہں اب واپسی اشارے کے موجودگی میں کل داخلی مزاحمت \$R'_{if}\$ حاصل کریں۔

$$\begin{aligned}
 V'_i &= V_s - V_f \\
 &= V_s - WI_o \\
 &= V_s - WA_G V'_i \\
 V'_i &= \frac{V_s}{1 + WA_G}
 \end{aligned} \tag{53.7}$$

تیرے قدم پر مساوات 52.7 کا استعمال کیا گیا۔ اس مساوات کو

$$V'_i = I_i (R_s + R_i) \tag{54.7}$$

میں ڈالتے ہیں

$$\frac{V_s}{1 + WA_G} = I_i (R_s + R_i)$$

جس سے حاصل ہوتا ہے

$$\begin{aligned}
 R'_{if} &= \frac{V_s}{I_i} = (R_s + R_i) (1 + WA_G) \\
 &= R'_i (1 + WA_G)
 \end{aligned} \tag{55.7}$$

اس مساوات کے مطابق واپسی اشارے کے موجودگی میں کل داخلی مزاحمت \$R'_{if}\$ کی قیمت واپسی اشارے کے عدم موجودگی میں کل داخلی مزاحمت \$R_i\$ کے \$M\$ گنا ہے۔

مساوات 55.7 میں \$R_s = 0\$ پر کرتے ہوئے

$$R_{if} = R_i (1 + WA_G) \tag{56.7}$$

حاصل ہوتا ہے جہاں داخلی مزاحمت کو R_{if} لکھ کر اس بات کی وضاحت کی گئی ہے کہ اس میں $R_s = 0$ لیا گیا ہے۔

4.5.7 واپسی مزاحمت نما ایکلینیفار کا داخلی مزاحمت

شکل 5.7 میں واپسی اشارہ V_f کی شمولیت اور

$$(57.7) \quad A'_r = A_r \left(\frac{R_s}{R_s + R_i} \right)$$

تصور کرتے ہوئے یہاں شکل 14.7 میں دوبارہ دکھایا گیا ہے۔ مزید یہ کہ یہاں R_s کو ایکلینیفار کا حصہ تصور کیا گیا ہے۔ اس شکل کے لئے ہم لکھ سکتے ہیں

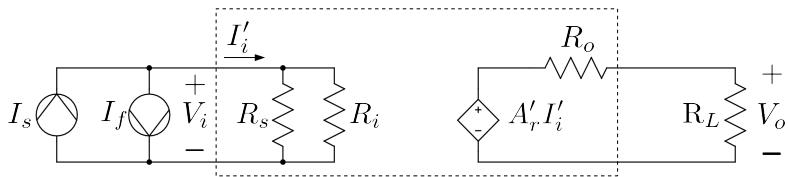
$$\begin{aligned} V_o &= A'_r I'_i \left(\frac{R_L}{R_o + R_L} \right) \\ &= A_r I'_i \left(\frac{R_s}{R_s + R_i} \right) \left(\frac{R_L}{R_o + R_L} \right) \\ \frac{V_o}{I'_i} &= A_r \left(\frac{R_s}{R_s + R_i} \right) \left(\frac{R_L}{R_o + R_L} \right) \end{aligned}$$

جہاں دوسرے قدم پر مساوات 57.7 کا استعمال کیا گیا ہے۔ مساوات 23.7 کے ساتھ موازنہ کرتے ہوئے مندرجہ بالا مساوات سے حاصل ہوتا ہے۔

$$(58.7) \quad \frac{V_o}{I'_i} = A_R$$

واپسی اشارے کے عدم موجودگی میں $I'_i = I_s$ ہوتا ہے لہذا داخلی مزاحمت R'_i یوں حاصل ہوتا ہے

$$\begin{aligned} V_i &= I'_i \left(\frac{R_s R_i}{R_s + R_i} \right) \\ &= I_s \left(\frac{R_s R_i}{R_s + R_i} \right) \\ R'_i &= \frac{V_i}{I_s} = \left(\frac{R_s R_i}{R_s + R_i} \right) \end{aligned} \quad (59.7)$$



شکل 14.7: وابقی مزاحمت نما یکپلیناگر کی داخلی مزاحمت

وابقی اشارے کے موجودگی میں

$$\begin{aligned} I'_i &= I_s - I_f \\ &= I_s - WV_o \\ &= I_s - WA_R I'_i \\ I'_i &= \frac{I_s}{1 + WA_R} \end{aligned}$$

اس مساوات کو

$$V_i = I'_i \left(\frac{R_s R_i}{R_s + R_i} \right)$$

میں استعمال کرتے حاصل ہوتا ہے

$$V_i = \left(\frac{I_s}{1 + WA_R} \right) \left(\frac{R_s R_i}{R_s + R_i} \right)$$

جس سے وابقی اشارے کے موجودگی میں کل داخلی مزاحمت R'_{if} یوں حاصل ہوتا ہے۔

$$\begin{aligned} (60.7) \quad R'_{if} &= \frac{V_i}{I_s} = \left(\frac{1}{1 + WA_R} \right) \left(\frac{R_s R_i}{R_s + R_i} \right) \\ &= \frac{R'_i}{1 + WA_R} \end{aligned}$$

اس مساوات کے تحت وابقی اشارے کے موجودگی میں کل داخلی مزاحمت R'_{if} کی قیمت وابقی اشارے کے عدم موجودگی میں کل داخلی مزاحمت R'_i سے M گنا کم ہوتا ہے۔

مساوات 60.7 میں $R_s = 0$ پر کرتے ہوئے

$$(61.7) \quad R_{if} = \frac{R_i}{1 + WA_R}$$

حاصل ہوتا ہے جہاں داخلی مزاحمت کو R_{if} لکھ کر اس بات کی وضاحت کی گئی ہے کہ اس میں $R_s = 0$ لیا گیا ہے۔

6.7 خارجی مزاحمت

اس حصے میں خارجی مزاحمت پر واپسی اشارے کے اثر کو دیکھا جائے گا۔

1.6.7 واپسی برتنی دباؤ ایکلیفائز کا خارجی مزاحمت

شکل 11.7 میں R_L کو منقطع کرتے ہوئے، $V_s = 0$ رکھ¹⁴ کر خارجی جانب برتنی دباؤ V_t لاگو کرتے ہیں۔ اور I_t کی شرح اس ایکلیفائز کا خارجی مزاحمت R_{of} ہو گا۔ شکل 15.7 میں ایسا دکھایا 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 خارجی مزاحمت یوں حاصل ہوتا ہے

$$(62.7) \quad R_{of} = \frac{V_t}{I_t} = \frac{R_o}{1 + W A'_v}$$

¹⁴ برتنی دباؤ کو صفر کرنے کی خاطر اسے قصر دور کیا جاتا ہے

اگر R_L کو بھی شامل کیا جائے تب چونکہ R_L اور R_{of} متوازی جڑے ہیں لہذا اس صورت کل خارجی مزاحمت $R_{of'}$ یوں حاصل ہو گی

$$\begin{aligned} R_{of'} &= \frac{R_{of}R_L}{R_{of} + R_L} = \frac{\left(\frac{R_o}{1+WA'_v}\right)R_L}{\left(\frac{R_o}{1+WA'_v}\right) + R_L} \\ &= \frac{\frac{R_oR_L}{1+WA'_v}}{\frac{R_o + R_L(1+WA'_v)}{1+WA'_v}} = \frac{R_oR_L}{R_o + R_L(1+WA'_v)} \\ &= \frac{R_oR_L}{R_o + R_L + WA'_vR_L} = \frac{R_oR_L}{(R_o + R_L)\left(1 + \frac{WA'_vR_L}{R_o + R_L}\right)} \\ &= \frac{\frac{R_oR_L}{R_o + R_L}}{1 + \frac{WA'_vR_L}{R_o + R_L}} \end{aligned}$$

$\frac{A'_vR_L}{R_o + R_L}$ اور R_o کا مساوی متوازی مزاحمت ہے جسے لکھتے ہوئے اور A_V کو لکھتے ہوئے مندرجہ بالا مساوات سے حاصل ہوتا ہے

$$(63.7) \quad R_{of'} = \frac{R'_o}{1 + WA_V}$$

مزید لا محدود مزاحمت بوجھ یعنی $R_L \rightarrow \infty$ پر

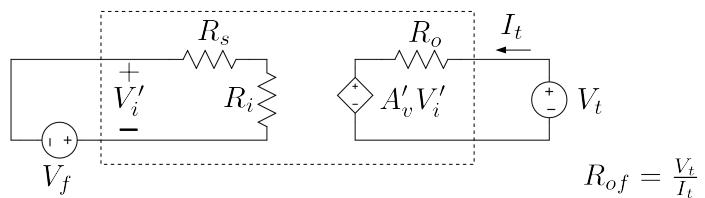
$$(64.7) \quad R'_{of} \Big|_{R_L \rightarrow \infty} = \frac{R_{of}R_L}{R_{of} + R_L} \Big|_{R_L \rightarrow \infty} = R_{of}$$

ہی حاصل ہوتا ہے

2.6.7 داہی برقی روائیپلیناٹ کا خارجی مزاحمت

شکل 12.7 میں R_L کو منقطع کرتے ہوئے، $I_s = 0$ رکھ¹⁵ کر خارجی جانب برقی دباؤ V_t لاؤ کرتے ہیں۔ I_t اور V_t کی شرح اس ایمپلیناٹ کا خارجی مزاحمت R_{of} ہو گا۔ شکل 16.7

¹⁵ برقی روائیپلیناٹ کی خاطر اسے کلے دور کیا جاتا ہے



شکل 15.7: واحدی بر قی دباد کپلینگ رکارڈی مزاحمت

میں ایسا دکھایا گیا ہے جہاں سے ہم لکھ سکتے ہیں

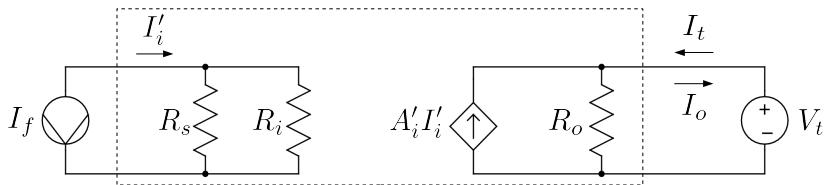
$$\begin{aligned} V_t &= \left(I_t + A'_i I'_i \right) R_o \\ &= \left(I_t - A'_i I_f \right) R_o \\ &= \left(I_t - A'_i W I_o \right) R_o \end{aligned}$$

جیسا شکل میں دکھایا گیا ہے $I_t = -I_o$ ہے لہذا مندرجہ بالا مساوات کو یوں لکھ سکتے ہیں

$$V_t = \left(I_t + A'_i W I_t \right) R_o$$

جس سے R_{of} یوں حاصل ہوتا ہے

$$(65.7) \quad R_{of} = \frac{V_t}{I_t} = R_o \left(1 + W A'_i \right)$$



شکل 16.7: وابکی برقی روایکلینیفار کا خارجی مزاحمت

مزاحمتی بوجھ R_L مزاحمت R_{of} کے متوازی جڑا ہے لہذا اس کے شمولیت سے کل خارجی مزاحمت R'_{of} یوں حاصل کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned}
 R'_{of} &= \frac{R_{of}R_L}{R_{of} + R_L} = \frac{R_o(1 + WA'_i)R_L}{R_o(1 + WA'_i) + R_L} \\
 &= \frac{(1 + WA'_i)R_oR_L}{R_o + WA'_iR_o + R_L} = \frac{(1 + WA'_i)R_oR_L}{R_o + R_L + WA'_iR_o} \\
 &= \frac{(1 + WA'_i)R_oR_L}{(R_o + R_L) + WA'_iR_o} = \frac{(1 + WA'_i)R_oR_L}{(R_o + R_L)\left(1 + \frac{WA'_iR_o}{R_o + R_L}\right)} \\
 &= \left(\frac{R_oR_L}{R_o + R_L}\right) \frac{(1 + WA'_i)}{\left(1 + W\frac{A'_iR_o}{R_o + R_L}\right)}
 \end{aligned}$$

A_I کو $\frac{A'_iR_o}{R_o + R_L}$ حاصل ہو گا اس کو R'_o اور R_L اور R_o متوازی جوڑنے سے R_o کھٹتے ہوئے حاصل ہوتا ہے

$$(66.7) \quad R'_{of} = R'_o \frac{(1 + WA'_i)}{(1 + WA_I)}$$

3.6.7 وابکی موصل نما ایکلینیفار کا خارجی مزاحمت

شکل 13.7 میں R_L کو منقطع کرتے ہوئے، $V_s = 0$ رکھ¹⁶ کر خارجی جانب برقی دباؤ V_t لائگو کرتے ہیں۔ V_t اور I_t کی شرح اس ایکلینیفار کا خارجی مزاحمت R_{of} ہو گا۔ شکل 17.7

¹⁶ برقی دباؤ کو صفر کرنے کی خاطر اسے قصر دور کیا جاتا ہے

میں ایسا دکھایا گیا ہے جہاں 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 قدم پر $V'_i = -V_f$ اور چوتھے قدم پر $I_o = -I_t$ کا استعمال کیا گیا ہے۔ یوں کل خارجی مزاحمت R_{of} کی قیمت یوں حاصل ہوتی ہے۔

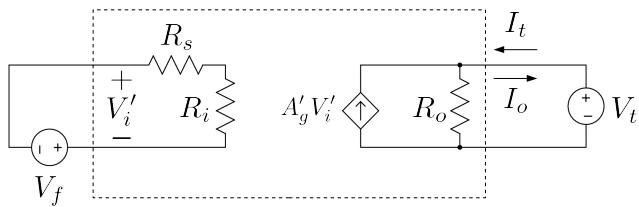
$$(67.7) \quad R_{of} = \frac{V_t}{I_t} = R_o \left(1 + WA'_g \right)$$

اگر R_L کو بھی شامل کیا جائے تب کل خارجی مزاحمت کو 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'_o کو $\frac{R_o R_L}{R_o + R_L}$ حاصل ہوتا ہے

$$(68.7) \quad R'_{of} = R'_o \left(\frac{1 + WA'_g}{1 + WA_G} \right)$$



شکل 7.17: وابی موصل نمایکپلیفائر کا خارجی مراجحت

4.6.7 وابی مراجحت نمایکپلیفائر کا خارجی مراجحت

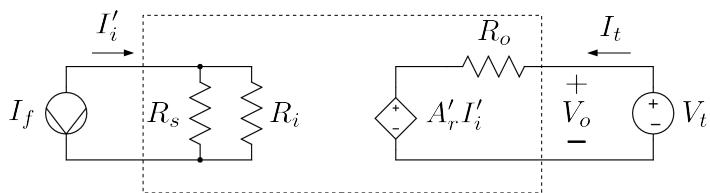
شکل 14.7 میں R_L کو منقطع کرتے ہوئے، $I_s = 0$ رکھ¹⁷ کر خارجی جانب برقی دباؤ V_t لاؤ کرتے ہیں۔ V_t اور I_t کی شرح اس ایکپلیفائر کا خارجی مراجحت R_{of} ہو گا۔ شکل 18.7 میں ایسا دکھایا گیا ہے جہاں سے ہم لکھ سکتے ہیں

$$\begin{aligned} I_t &= \frac{V_t - A'_r I'_i}{R_o} \\ &= \frac{V_t + A'_r I_f}{R_o} \\ &= \frac{V_t + A'_r W V_o}{R_o} \\ &= \frac{V_t + A'_r W V_t}{R_o} \end{aligned}$$

جہاں دوسرے قدم پر $I'_i = -I_f$ کا استعمال اور چوتھے قدم پر $V_o = V_t$ کا استعمال کیا گیا ہے۔ یوں کل خارجی مراجحت R_{of} کو یوں حاصل کیا جا سکتا ہے۔

$$(69.7) \quad R_{of} = \frac{V_t}{I_t} = \frac{R_o}{1 + WA'_r}$$

¹⁷ برقی روکو صفر کرنے کی خاطر اسے کٹلے دور کیا جاتا ہے



شکل 18.7: واپسی مزاحمت نما ایکلیفیاٹ کا خارجی مزاحمت

اگر R_L کو بھی شامل کیا جائے تب کل خارجی مزاحمت R'_{of} کو یوں حاصل کیا جائے گا۔

$$\begin{aligned}
 R'_{of} &= \frac{R_{of}R_L}{R_{of} + R_L} = \frac{\left(\frac{R_oR_L}{1+WA'_r}\right)}{\left(\frac{R_o}{1+WA'_r} + R_L\right)} \\
 &= \frac{\left(\frac{R_oR_L}{1+WA'_r}\right)}{\left(\frac{R_o + R_L(1+WA'_r)}{1+WA'_r}\right)} = \frac{R_oR_L}{R_o + R_L(1+WA'_r)} \\
 &= \frac{R_oR_L}{R_o + R_L + WA'_rR_L} = \frac{R_oR_L}{(R_o + R_L)\left(1 + \frac{WA'_rR_L}{R_o + R_L}\right)} \\
 &= \left(\frac{R_oR_L}{R_o + R_L}\right) \left(\frac{1}{1 + \frac{WA'_rR_L}{R_o + R_L}}\right)
 \end{aligned}$$

اس مساوات میں A_R کو $\frac{A'_rR_L}{R_o + R_L}$ کو لکھتے ہوئے اور R'_o کو $\frac{R_oR_L}{R_o + R_L}$ ہوتا ہے

$$(70.7) \quad R'_{of} = \frac{R'_o}{1 + WA_R}$$

جدول 2.7 میں ان نتائج کو پیش کیا گیا ہے۔

برقی دباؤ ایکلیفیاٹ کا داخلی مزاحمت زیادہ سے زیادہ جبکہ اس کا خارجی مزاحمت کم سے کم درکار ہوتا ہے۔ اس جدول سے آپ دیکھ سکتے ہیں کہ واپسی اشارے کی شمولیت سے برقی دباؤ ایکلیفیاٹ کا داخلی مزاحمت بڑھتا ہے جبکہ اس کا خارجی مزاحمت گھٹتا ہے۔ جہاں ایکلیفیاٹ

جدول 7.2: واپسی ایکلینیکر کے داخلی اور خارجی مزاحمت		
ایکلینیکر کی قسم	داخلی مزاحمت	خارجی مزاحمت
برقی دباؤ	$R'_{if} = R'_i (1 + WA_V)$	$R_{of} = \frac{R_o}{1 + WA_v}$
برقی رو	$R'_{if} = \frac{R'_i}{1 + WA_I}$	$R_{of} = R_o (1 + WA'_i)$
موصل نما	$R'_{if} = R'_i (1 + WA_G)$	$R_{of} = R_o (1 + WA'_g)$
مزاحمت نما	$R'_{if} = \frac{R'_i}{1 + WA_R}$	$R_{of} = \frac{R_o}{1 + WA'_r}$

کا داخلی اشارہ برقی دباؤ ہو وہاں زیادہ سے زیادہ داخلی مزاحمت درکار ہوتا ہے جبکہ اس کے برعکس جہاں داخلی اشارہ برقی رو ہو وہاں کم سے کم داخلی مزاحمت درکار ہوتا ہے۔ اسی طرح جہاں خارجی اشارہ برقی دباؤ کا ہو وہاں کم سے کم خارجی مزاحمت درکار ہوتا ہے جبکہ خارجی اشارہ برقی رو ہونے کی صورت میں زیادہ سے زیادہ خارجی مزاحمت درکار ہوتا ہے۔ جدول سے آپ دیکھ سکتے ہیں کہ تمام صورتوں میں واپسی اشارے کی شمولیت سے داخلی اور خارجی مزاحمت بہتر ہوتے ہیں۔ سوال 3.7 تا سوال 6.7 انہیں حقائق کو اجاگر کرتے ہیں۔ ان سوالات میں آپ یہ بھی دیکھیں گے کہ $WA \gg 1$ کی صورت میں $A_f \approx \frac{1}{W}$ لیا جا سکتا ہے۔

7.7 واپسی ایکلینیکر کے جماعت بندی کی مثالیں

کسی بھی واپسی ایکلینیکر کے جماعت بندی اس کے داخلی جانب مساوات 30.7 کے طرز کے مساوات سے کی جاتی ہے۔ ایسے مساوات میں X_s اور X_o سے جدول 1.7 کے تحت ایکلینیکر کی جماعت اخذ کی جاتی ہے اور اگر دیا گیا ایکلینیکر مساوات 34.7 پر پورا اترتا ہو تو W استعمال کرتے ہوئے مساوات 35.7 سے اس کی افزائش لکھی جا سکتی ہے۔ واپسی ایکلینیکر عموماً مساوات 34.7 پر پورا اترتے ہیں۔

اس حصے میں مساوات 30.7 کے طرز کی مساوات کا حصول دکھایا جائے گا۔ ایسا کرتے ہوئے تصور کیا جائے گا کہ ایکلینیکر مساوات 34.7 پر پورا اترتا ہے لہذا افزائش کے لئے مساوات 35.7 استعمال کیا جائے گا۔

حسابی ایکلینیکر کی افزائش نہایت زیادہ ہوتی ہے۔ یوں اس پر مبنی واپسی دور مساوات 34.7 پر پورا اترتا ہے اور اس کی داخلی مساوات ہو بہو مساوات 30.7 کی طرح ہوتا ہے۔ یوں حسابی ایکلینیکر استعمال کرتے ہوئے کامل واپسی ادوار بنائے جاتے ہیں۔

ٹرانزسٹر ایکلینیکر کی افزائش عموماً بہت زیادہ نہیں ہوتی۔ یوں ٹرانزسٹر دور مساوات 34.7 پر پوری طرح پورا نہیں اترتا۔ اس کا داخلی مساوات اگرچہ مساوات 30.7 کی طرح ہوتا ہے مگر اس میں کئی غیر ضروری جزو بھی پائے جاتے ہیں۔ ان غیر ضروری اجزاء کی قیمت جتنی کم ہو اتنا بہتر واپسی ایکلینیکر بنتا ہے۔

1.7.7 واپسی بر قی دباؤ ایکلینیکر

ثبت حسابی ایکلینیکر کو شکل 19.7 الف میں دکھایا گیا ہے۔ شکل ب میں اسی کو تدریج مختلف طرز پر دوبارہ بنایا گیا ہے جہاں اس میں واپسی اشارے کی پہچان آسانی سے ممکن ہے۔ شکل ب میں داخلی جانب کرخوف کے قانون برائے بر قی دباؤ سے

$$(71.7) \quad V_i = V_s - V_f$$

لکھا جا سکتا ہے جہاں

$$(72.7) \quad V_f = \left(\frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) V_o = W V_o$$

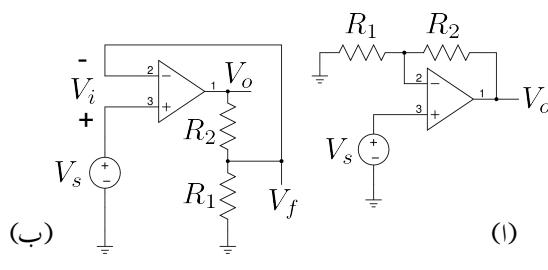
ہے۔ یوں

$$(73.7) \quad W = \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

حاصل ہوتا ہے۔

مساوات 72.7 سے صاف ظاہر ہے کہ واپسی اشارہ بر قی دباؤ کی صورت میں پایا جاتا ہے اور اس کو خارجی بر قی دباؤ سے حاصل کیا گیا ہے۔ اسی طرح مساوات 71.7 سے ظاہر

$$\begin{aligned}
 V_i &= V_s - V_f \\
 V_f &= \left(\frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) V_o \\
 &= W V_o \\
 W &= \frac{R_1}{R_1 + R_2} \\
 A_V &= \frac{1}{W} \\
 &= 1 + \frac{R_2}{R_1}
 \end{aligned}$$



نکل 7.19: ثبت حسابی ایکلپیفار ایک واپسی بر قی دباؤ ایکلپیفار ہے

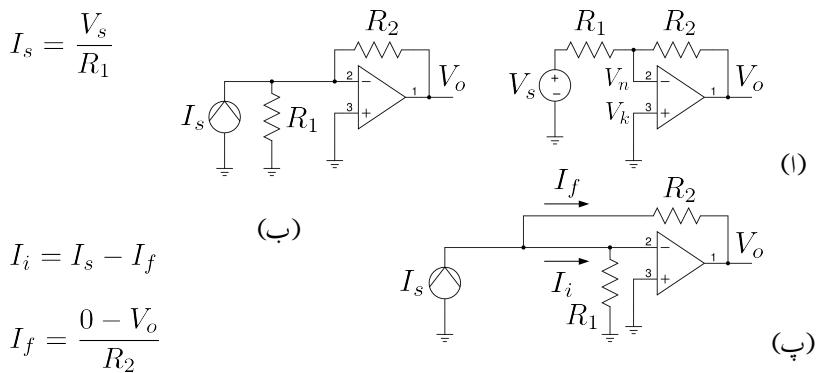
ہے کہ داخلی جانب دو بر قی دباؤ کے اشارات کو ایک دونوں سے منفی کیا جا رہے ہے۔ یوں ہم کہہ سکتے ہیں کہ ثبت حسابی ایکلپیفار واپسی بر قی دباؤ ایکلپیفار کی قسم ہے۔ مزید یہ کہ مساوات 72.7 سے صاف ظاہر ہے کہ R_2 اور R_1 مل کر واپس کار کا کردار ادا کرتے ہیں۔ اس حصے میں اپنی پوری توجہ واپس کار پچانے پر رکھیں۔

حسابی ایکلپیفار کی افزائش A_v نہایت زیادہ ہوتی ہے لہذا ثبت ایکلپیفار مساوات 34.7 پر پورا ارتتا ہے اور یوں مساوات 35.7 کے تحت

$$(74.7) \quad A_{vf} \approx \frac{1}{W} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

حاصل ہوتا ہے جو کہ ہم جانتے ہیں کہ درست جواب ہے۔

حسابی ایکلپیفار کا ایک منفی داغلہ سرا جگہ دوسرا ثبٹ داغلہ سرا ہے۔ اس حصے میں واپسی ایکلپیفار میں داخلی اشارہ V_s کو ثبت داخلی سرے پر مہیا کیا گیا جگہ واپسی اشارہ V_f کو منفی داخلی سرے پر مہیا کیا گیا۔ جب بھی داخلی اور واپسی اشارات کو دو مختلف داخلی سروں پر مہیا کیا جائے، انہیں سلسلہ وار جڑا تصور کریں۔ چونکہ صرف بر قی دباؤ کے اشارات کو ہی سلسلہ وار جوڑا جا سکتا ہے لہذا ایسی صورت میں داخلی اور واپسی اشارات کو بر قی دباؤ اشارات تصور کریں۔ مزید داخلی اشارے کو تھوین شکل دیں اور واپسی اشارے کی مساوات کو بر قی دباؤ (یعنی V_f) کی صورت میں حاصل کریں۔ V_f کے مساوات سے یہ بتانا ممکن ہو گا کہ آیا V_o یا I_o سے واپسی اشارہ حاصل کیا گیا ہے۔ ان معلومات سے ایکلپیفار کی جماعت دریافت ہوتی ہے۔



شکل 7.7.7: منفی حسابی ایمپلینفائر ایک واپی مزاحمت نما ایمپلینفائر ہے

2.7.7. واپی مزاحمت نما ایمپلینفائر

شکل 7.20 اف میں منفی حسابی ایمپلینفائر دکھایا گیا ہے۔ شکل ب میں داخلی اشارے کا نارٹن مساوی دور استعمال کیا گیا ہے۔ یوں

$$(75.7) \quad I_s = \frac{V_s}{R_1}$$

ہو گا۔ شکل پ کے داخلی جانب کرخوف کے قانون برائے برقی رو کی مدد سے مساوات 29.7 کے طرز پر

$$(76.7) \quad I_i = I_s - I_f$$

لکھا جا سکتا ہے جہاں قانون اہم کی مدد سے

$$(77.7) \quad I_f = \frac{V_n - V_o}{R_2} = \frac{0 - V_o}{R_2} = WV_o$$

حاصل ہوتا ہے۔ مندرجہ بالا مساوات لکھتے ہوئے یاد رہے کہ حسابی ایمپلینفائر کے منفی اور ثابت داخلی سروں پر برابر برقی دباؤ رہتا ہے۔ چونکہ یہاں ثابت داخلی سرا برقی زمین پر ہے

لہذا $V_k = 0$ ہو گا اور اس طرح $V_n = 0$ حاصل ہوتا ہے۔ مساوات 77.7 سے ظاہر ہے کہ واپسی اشارہ برقی رو کی صورت میں ہے اور اس کو خارجی برقی دباؤ سے حاصل کیا گیا ہے۔ مساوات 76.7 سے ظاہر ہے کہ داخلی جانب دو برقی رو کے اشارات کو ایک دونوں سے منفی کیا جا رہے ہے۔ یوں ان دو مساوات کو دیکھتے ہوئے ہم کہہ سکتے ہیں کہ منفی حسابی ایکپلینیٹر دراصل واپسی مزاحمت نما ایکپلینیٹر کی قسم ہے۔ مندرجہ بالا مساوات سے

$$(78.7) \quad W = -\frac{1}{R_2}$$

حاصل ہوتا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ R_2 ہی واپس کار ہے۔

حسابی ایکپلینیٹر کی افزائش نہایت زیادہ ہوتی ہے لہذا منفی ایکپلینیٹر مساوات 34.7 پر پورا اترتا ہے اور یوں مساوات 35.7 کے تحت

$$(79.7) \quad A_{rf} = \frac{V_o}{I_s} \approx \frac{1}{W} = -R_2$$

حاصل ہوتا ہے۔ مساوات 75.7 کی مدد سے اس مساوات کو یوں لکھا جا سکتا ہے

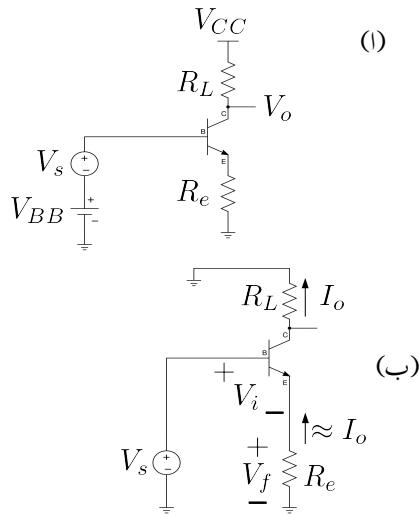
$$(80.7) \quad \frac{V_o}{\left(\frac{V_s}{R_1}\right)} = -R_2$$

$$(81.7) \quad \frac{V_o}{V_s} = -\frac{R_2}{R_1}$$

جو کہ منفی حسابی ایکپلینیٹر کی جانی پہچانی مساوات ہے۔

اس حصے میں واپسی مزاحمت نما ایکپلینیٹر میں داخلی اشارے کو منفی داخلی سرے پر مہیا کیا گیا۔ اسی طرح واپسی اشارے کو بھی منفی داخلی سرے پر ہی مہیا کیا گیا۔ جب بھی داخلی اور واپسی اشارات کو ایک ہی داخلی سرے پر مہیا کیا جائے، انہیں متوازی جڑا تصور کریں۔ چونکہ صرف برقی رو کے اشارات کو ہی متوازی جوڑا جا سکتا ہے لہذا ایسی صورت میں داخلی اور واپسی اشارات کو برقی رو اشارات تصور کریں۔ مزید داخلی اشارے کو ناراثن شکل دیں اور واپسی اشارے کی مساوات کو برقی رو (یعنی I_f) کی صورت میں حاصل کریں۔ I_f کے مساوات سے یہ بتانا ممکن ہو گا کہ آیا خارجی برقی دباؤ یا خارجی برقی رو سے واپسی اشارہ حاصل کیا گیا ہے۔ ان معلومات سے ایکپلینیٹر کی جماعت دریافت ہوتی ہے۔

$$\begin{aligned}V_i &= V_s - V_f \\V_f &= -I_o R_e \\W &= -R_e \\A_{gf} &\approx \frac{1}{W} = -\frac{1}{R_e}\end{aligned}$$



شکل 7.21: ٹرانزسٹر کا وابستہ موصل نما ایکلینیفار

3.7.7 واپسی موصل نما ایکلینیفار

شکل 7.21 الف میں ٹرانزسٹر کا دور دکھایا گیا ہے جس میں بوجہ R_L ٹرانزسٹر کے ٹکٹر پر لگایا گیا ہے۔ شکل ب میں باریک اشاراتی تحریر کی غرض سے $V_{BB} = 0$ اور $V_{CC} = 0$ لئے گئے ہیں۔ مزید ٹرانزسٹر کے V_i کو V_{be} کو لکھتے ہوئے

$$\begin{aligned}V_i &= V_s - V_f \\&= V_s - (-I_o R_e) \\&= V_s - W I_o\end{aligned}$$

لکھا جا سکتا ہے۔ اس کا ($X_i = X_s - W X_0$) کے ساتھ موازنہ کرنے سے
 (82.7) $W = -R_e$

حاصل ہوتا ہے۔ مندرجہ بالا دو مساوات کو دیکھتے ہوئے ہم کہہ سکتے ہیں کہ یہ واپسی موصل نما ایکلینیفار ہے اور یوں

$$(83.7) \quad A_{gf} = \frac{I_o}{V_s} \approx \frac{1}{W} = -\frac{1}{R_e}$$

حاصل ہوتا ہے۔

حصہ 2.3.7 میں چند بیانی مفروضے بیان کئے گئے جس کے پہلی شق کے مطابق W کے قیمت پر بوجھ R_L کا کوئی اثر نہیں ہو سکتا۔ یوں W کی قیمت یا اس کی مساوات حاصل کرتے وقت یہ خیال رہے کہ اس پر بوجھ کے مراحت R_L کا کسی قسم کا کوئی اثر نہیں ہونا چاہئے۔ اگر $I_0 = \frac{V_o}{R_L}$ لکھا جائے تو $V_f = -\frac{R_e}{R_L} V_o$ لکھا جا سکتا ہے جس سے $W = -\frac{R_e}{R_L}$ حاصل ہو گا۔ حاصل W کی قیمت R_L پر منحصر ہے جو قابل قبول نہیں۔ اسی لئے اس کو غلط جواب تصور کرتے ہوئے رد کیا جاتا ہے۔

حاصل کردہ A_{gf} کے استعمال سے $\frac{V_o}{V_s}$ یعنی A_{vf} حاصل کرتے ہیں۔ چونکہ $V_o = I_o R_L$ ہے لہذا

$$(84.7) \quad A_{vf} = \frac{V_o}{V_s} = \frac{I_o R_L}{V_s} = \left(\frac{I_o}{V_s} \right) R_L = A_{gf} R_L = -\frac{R_L}{R_e}$$

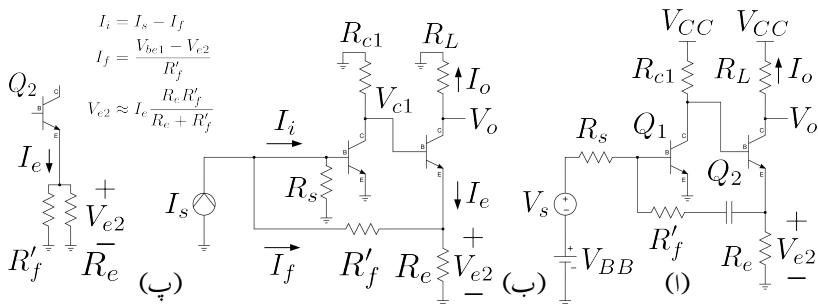
حاصل ہوتا ہے۔

اس مساوات کے مطابق $\frac{V_o}{V_s}$ کی قیمت R_L سے منسلک ہے۔ اس لئے اگرچہ اسے برتنی دباؤ کا جیطہ بڑھانے کی خاطر استعمال کیا جا سکتا ہے مگر یہ ہرگز برتنی دباؤ ایکپلیفائر نہیں ہے اور جب بھی بوجھ R_L تبدیل کی جائے اس ایکپلیفائر کی $\frac{V_o}{V_s}$ کی شرح تبدیل ہو جائے گی۔ اس کے بر عکس مساوات 83.7 کے تحت $\frac{I_o}{V_s}$ کے تھت پر R_L کا کوئی اثر نہیں لہذا اس ایکپلیفائر کو وابی موصل نہیں ایکپلیفائر تصور کیا جائے گا۔

شکل پ میں R_s بھی شامل کیا گیا ہے۔ یہاں R_s کو ایکپلیفائر کا اندرونی حصہ تصور کرتے ہوئے $V_i = V_s - V_f$ لکھا جا سکتا ہے۔ یوں مندرجہ بالا تمام تبصرہ اس شکل کے لئے بھی درست ہے۔

ٹرانزسٹر کے B اور E کو دو علیحدہ داخلی سرے تصور کیا جا سکتا ہے¹⁸۔ یوں اس حصے میں وابی موصل نہیں ایکپلیفائر میں داخلی اشارے کو B پر مہیا کیا گیا جبکہ وابی اشارے کو E پر مہیا کیا گیا۔ جب بھی داخلی اور وابی اشارات کو دو مختلف داخلی سروں پر مہیا کیا جائے، انہیں سلسلہ وار جڑا تصور کریں۔ چونکہ صرف برتنی دباؤ اشارات ہی سلسلہ وار جوڑے

¹⁸ ایسا کرتے ہوئے B کو منفی بجہ E کو مثبت داخلی سر اتصور کریں



شکل 7.22.7: ٹرانزسٹر کا واپسی برقی روایکلینیفار

جا سکتے ہیں لہذا ایسی صورت میں داخلی اور واپسی اشارات کو برقی دباؤ اشارات تصور کریں۔ مزید داخلی اشارے کو تھوڑن شکل دیں جبکہ واپسی اشارے کی مساوات کو برقی دباؤ (یعنی V_f) کی صورت میں حاصل کریں۔

واپسی اشارے کی مساوات سے یہ بتانا ممکن ہو گا کہ آیا V_o یا I_o سے واپسی اشارہ حاصل کیا گیا ہے۔ ان معلومات سے ایکلینیفار کی جماعت دریافت ہوتی ہے۔ اس صورت میں E اور B کے مابین برقی دباؤ کو V_i لکھا جائے گا۔

4.7.7 واپسی برقی روایکلینیفار

شکل 7.22.7 الف میں ٹرانزسٹر کا دور دکھایا گیا ہے جس میں بوجھ R_L ٹرانزسٹر Q_2 کے کلکٹر پر لگایا گیا ہے۔ شکل ب میں باریک اشاراتی تجزیے کی غرض سے کپیسٹر کو قصر دور اور $V_{CC} = V_{BB} = 0$ لیا گیا ہے۔ مزید داخلی اشارے کا نارٹن مساوی دور استعمال کیا گیا ہے اور R_s کو ایکلینیفار کا حصہ تصور کیا گیا ہے۔ یوں کرخوف کے قانون برائے برقی رو کی مدد سے ہم لکھ سکتے ہیں۔

$$I_i = I_s - I_f$$

جہاں

$$I_f = \frac{V_{be1} - V_{e2}}{R'_f}$$

کے برابر ہے۔ کامل واپسی ادوار میں واپسی اشارے کی مساوات $X_f = WX_0$ ہوتی ہے۔ ٹرانزسٹر واپسی ادوار کامل ادوار نہیں ہوتے۔ مندرجہ بالا مساوات میں $\frac{V_{be1}}{R'_f}$ کا واپسی اشارہ پیدا کرنے میں کوئی کردار نہیں چونکہ V_{be1} داخلی جانب کا متغیر ہے نا کہ خارجی جانب کا۔ یوں مندرجہ بالا مساوات میں $\frac{V_{be1}}{R'_f}$ غیر ضروری جزو ہے۔ یہ جزو اس لئے پایا گیا ہے کہ ٹرانزسٹر ادوار کامل واپسی ادوار نہیں ہوتے۔ اس غیر ضروری جزو کو نظر انداز کرتے ہوئے

$$I_f \approx -\frac{V_{e2}}{R'_f}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اسی طرح جیسے شکل پ میں دکھایا گیا ہے، V_{be1} کو نظر انداز کرتے ہوئے (یعنی $0 = V_{be1}$ لیتے ہوئے) اور R'_f کو متوازی تصور کیا جا سکتا 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 جہاں $I_e \approx -I_o$ کے برابر 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 جا سکتا ہے جس سے

$$W = \frac{R_e}{R_e + R'_f}$$

حاصل ہوتا ہے۔

آپ دیکھ سکتے ہیں کہ یہ واپسی برقی رو ایکپلینافر ہے اور یوں

$$(85.7) \quad A_{if} \approx \frac{1}{W} = 1 + \frac{R'_f}{R_e}$$

لکھا جا سکتا ہے۔

اس ایکلینیفار کا $\frac{V_o}{V_s}$ یوں حاصل کیا جا سکتا ہے۔

$$(86.7) \quad A_{vf} = \frac{V_o}{V_s} = \frac{I_o R_L}{I_s R_s} = \left(\frac{I_o}{I_s} \right) \left(\frac{R_L}{R_s} \right)$$

$$= A_{if} \left(\frac{R_L}{R_s} \right) = \left(1 + \frac{R'_f}{R_e} \right) \left(\frac{R_L}{R_s} \right)$$

اس حصے میں داخلی اور واپسی دونوں اشارات کو ٹرانزسٹر کے B پر مہیا کیا گیا۔ جب بھی ان دو اشارات کو ایک ہی داخلی سرے پر مہیا کیا جائے، انہیں متوازی جڑا تصور کریں۔ چونکہ صرف برقی رو اشارات ہی متوازی جوڑے جا سکتے ہیں لہذا ایسی صورت میں داخلی اور واپسی اشارات کو برقی رو اشارات تصور کریں۔ مزید داخلی اشارے کو نارٹن شکل دیں جبکہ واپسی اشارے کی مساوات کو برقی 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_o سے واپسی اشارہ حاصل کیا گیا ہے۔ ان معلومات سے ایکلینیفار کی جماعت دریافت ہوتی ہے۔

جس داخلی سرے پر داخلی اشارہ جڑا ہو اگر اسی نقطے پر مراحت (یا کپیسٹر وغیرہ) کا ایک سرا جڑا ہو جبکہ اس مراحت (یا کپیسٹر) کا دوسرا سرا ایکلینیفار کے خارجی جانب جڑا ہو تو ایسی صورت میں داخلی اور واپسی اشارات متوازی جڑے ہوتے ہیں۔

5.7.7 واپسی مراحت نما ایکلینیفار

شکل 23.7 الف میں ٹرانزسٹر کا دور دکھایا گیا ہے جس میں بوجھ R_L ٹرانزسٹر کے E پر لگایا گیا ہے۔ شکل ب میں باریک اشاراتی تجزیے کی غرض سے کپیسٹر کو قصر دور کیا گیا ہے اور $V_{CC} = V_{BB} = 0$ لیا گیا ہے۔ مزید داخلی اشارے کا نارٹن مساوی دور استعمال کیا گیا ہے اور R_s کو ایکلینیفار کا حصہ تصور کیا گیا ہے۔ یوں ہم لکھ سکتے ہیں

$$(87.7) \quad I_i = I_s - I_f$$

$$I_s = \frac{V_s}{R_s} \quad \text{اور}$$

$$\begin{aligned} I_f &= \frac{V_{be} - V_o}{R_f} \\ &= \frac{V_{be}}{R_f} - \frac{V_o}{R_f} \end{aligned}$$

کے برابر ہے۔ اس مساوات میں $\frac{V_{be}}{R_f}$ کا واپسی اشارہ پیدا کرنے میں کوئی کردار نہیں البتہ $\frac{V_o}{R_f}$ خارجی برقی دباؤ پر منحصر واپسی 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 87.7 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 کہہ سکتے ہیں کہ یہ مزاحمت نما واپسی ایکپلینیفار ہے اور یوں

$$(88.7) \quad A_{rf} \approx \frac{1}{W} = -R_f$$

ہو گا۔

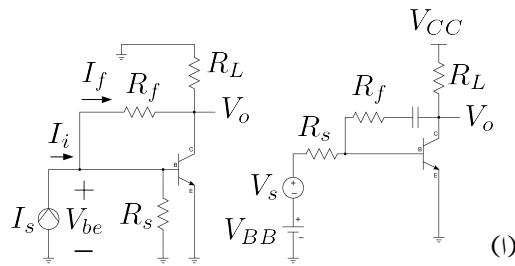
اسی ایکپلینیفار کا A_{vf} یعنی $A_{vf} = \frac{V_o}{V_s}$ یوں حاصل کیا جا سکتا ہے۔

$$(89.7) \quad A_{vf} = \frac{V_o}{V_s} = \frac{V_o}{I_s R_s} = \left(\frac{V_o}{I_s} \right) \frac{1}{R_s} = \frac{A_{rf}}{R_s} = -\frac{R_f}{R_s}$$

اسی طرح I_o یوں حاصل ہو گا

$$(90.7) \quad A_{if} = \frac{I_o}{I_s} = \frac{\frac{V_o}{R_L}}{I_s} = \left(\frac{V_o}{I_s} \right) \frac{1}{R_L} = \frac{A_{rf}}{R_L} = -\frac{R_f}{R_L}$$

$$\begin{aligned} I_i &= I_s - I_f \\ I_f &= \frac{V_{be} - V_o}{R_f} \approx -\frac{V_o}{R_f} \\ &= WV_o \\ W &= \frac{1}{R_f} \\ A_{rf} &= \frac{1}{W} = -R_f \quad (\checkmark) \end{aligned}$$



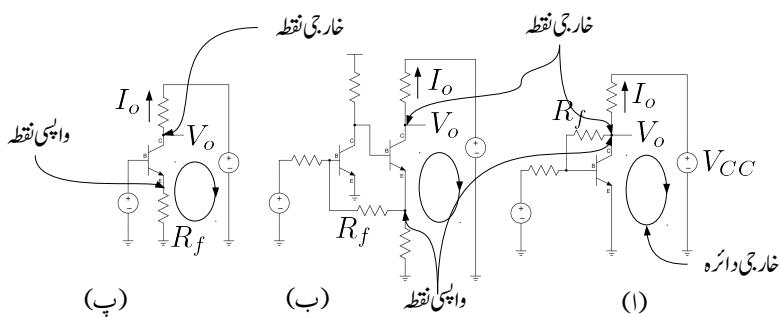
شکل 23.7: ٹرانزسٹر کا اپسی مراجحت نما یمپلیفیگر

اور $\frac{I_o}{V_s}$ کو یوں

$$(91.7) \quad A_{gf} = \frac{I_o}{V_s} = \frac{\frac{V_o}{R_L}}{I_s R_s} = \left(\frac{V_o}{I_s} \right) \frac{R_s}{R_L} = A_{rf} \frac{R_s}{R_L} = -\frac{R_f R_s}{R_L}$$

شکل 24.7 الف، ب اور پ میں شکل 23.7، شکل 22.7 اور شکل 21.7 دوبارہ دکھائے گئے ہیں۔ شکل الف پر غور کریں۔ اس میں خارجی دائرے کی نشاندہی کی گئی ہے۔ خارجی جانب بر قی دباؤ V_0 اور بر قی رو I_0 کی بھی نشاندہی کی گئی ہے۔ ٹرانزسٹر کے C جہاں سے V_0 یا (اور) I_0 حاصل کیا گیا ہے کو خارجی نقطہ قرار دیا گیا ہے۔ بوجھ RL کو خارجی نقطہ پر جوڑا جاتا ہے۔ اسی طرح واپسی نقطے کی بھی نشاندہی کی گئی ہے۔ یہ وہ نقطہ ہے جہاں سے واپس کار اشارہ حاصل کرتا ہے۔ یہاں R_f بطور واپس کار کردار ادا کر رہا ہے۔ اس شکل میں واپسی نقطہ اور خارجی نقطہ دونوں ایک ہی جوڑ پر پائے جاتے ہیں۔ ایسی صورت جہاں خارجی نقطہ اور واپسی نقطہ ایک ہی جوڑ پر پائے جائیں میں واپس کار خارجی بر قی دباؤ V_0 سے واپسی اشارہ حاصل کرتا ہے۔

شکل 24.7 ب میں خارجی نقطہ اور واپسی نقطہ دو علیحدہ جوڑ پر پائے جاتے ہیں۔ پوں واپسی اشارے کو اس جوڑ سے حاصل نہیں کیا گیا جہاں سے V_0 یا I_0 حاصل کیا گیا ہے۔ البتہ واپسی اشارے کو خارجی دائرے سے حاصل کیا گیا ہے۔ خارجی دائرة وہ دائرة ہے جس میں خارجی برقی رو I_0 کا بہاؤ ہوتا ہے۔ ایسی صورت جہاں خارجی نقطہ اور واپسی نقطہ دو علیحدہ علیحدہ جوڑ پر پائے جائیں میں واپس کار خارجی برقی رو I_0 سے واپسی اشارہ حاصل کرتا ہے۔



شکل 24.7: وابی نقطے

شکل 24.7 پ میں مزاحمت R_e کو R_f لکھا گیا ہے۔ یہاں بھی خارجی اور وابی نقطے دو علیحدہ علیحدہ جوڑ پر پائے جاتے ہیں لہذا یہاں بھی وابی اشارہ کا خارجی برقی رو I_o سے وابی اشارہ حاصل کرتا ہے۔

8.7 وابی ایکپلیفیائر کا تفصیلی تجزیہ

اب تک مساوات 34.7 پر پورا اترتے وابی ایکپلیفیائروں پر غور کیا گیا۔ اس حصے میں ان وابی ایکپلیفیائر پر غور کیا جائے گا جو اس مساوات پر پورا نہیں اترتے۔ ایسا کرتے وقت ایکپلیفیائر کو دو حصوں یعنی بنیادی ایکپلیفیائر A اور وابی کار W میں تقسیم کیا جاتا ہے۔ وابی ایکپلیفیائر میں وابی اشارے کو صفر کرتے ہوئے مگر وابی کار کے بوجھ کو شامل کرتے ہوئے بنیادی ایکپلیفیائر حاصل کیا جاتا ہے۔ مندرجہ ذیل اقسام کی مدد سے ایسا کیا جاتا ہے۔

بنیادی ایکپلیفیائر کا داخلی حصہ حاصل کرنے کی خاطر خارجی اشارہ X_0 کی قیمت کو صفر کر دیا جاتا ہے۔ یعنی

• اگر خارجی برقی دباؤ V_o سے وابی اشارہ حاصل کیا گیا ہو (یعنی $X_f = WX_0$) تو خارجی برقی دباؤ کو قصر دور کر کے $V_o = 0$ کر دیا جاتا ہے جس سے X_f بھی صفر ہو جاتا ہے۔

۰ اس کے برعکس اگر واپسی اشارے کو I_0 سے حاصل کیا گیا ہو تو خارجی دائے کو کھلے سرے کر دیا جاتا ہے۔ یوں $I_0 = 0$ ہو جاتا ہے جس سے X_f بھی صفر ہو جاتا ہے۔

بنیادی ایکلینیکر کا خارجی حصہ حاصل کرنے کی خاطر کل داخلی اشارہ X_i کی قیمت صفر کر دیا جاتا ہے۔ یعنی

۰ اگر داخلی اور واپسی اشارات متوالی چڑے ہوں تو یہ دونوں برقی رو اشارات ہوں گے۔ انہیں قصر دور کرنے سے $I_i = 0$ کیا جاتا ہے۔

۰ اس کے برعکس اگر داخلی اور واپسی اشارات سلسلہ وار چڑے ہوں تو یہ دونوں برقی دباؤ اشارات ہوں گے۔ داخلی دائے کو کھلے سرے کرنے سے $V_i = 0$ کیا جاتا ہے۔

اس ترکیب سے واپسی اشارہ کے اثرات کو ختم کر دیا جاتا ہے جبکہ بنیادی ایکلینیکر پر واپسی کار کے بوجھ کے اثرات برقرار رہنے دئے جاتے ہیں۔ اس ترکیب کو استعمال کرتے ہوئے واپسی ایکلینیکر حل کرنے کے مکمل اقدام مندرجہ ذیل ہیں۔

۰ پہلے یہ فیصلہ کریں کہ X_f برقی دباؤ یا برقی رو کا اشارہ ہے۔ اگر X_f داخلی اشارہ X_s کے ساتھ سلسلہ وار چڑا ہو تو X_f برقی دباؤ اشارہ ہو گا اور اگر یہ X_s کے ساتھ متوالی چڑا ہو تو X_f برقی رو اشارہ ہو گا۔ اسی طرح فیصلہ کریں کہ X_0 برقی دباؤ یا برقی رو اشارہ ہے۔ اگر X_f X_0 کو جوڑ سے حاصل کیا گیا ہو تو X_0 برقی دباؤ اشارہ ہو گا اور اگر X_f خارجی دائے سے حاصل کیا گیا ہو تو X_0 برقی رو اشارہ ہو گا۔

۰ واپسی ایکلینیکر کی جماعت دریافت کریں۔ اگر X_s اور X_f سلسلہ وار چڑے ہوں تو X_f برقی دباؤ اشارہ یعنی V_f ہو گا اور اگر یہ دونوں متوالی چڑے ہوں تو X_f برقی رو اشارہ یعنی I_f ہو گا۔ اسی طرح اگر واپسی اشارے کو خارجی نقطے سے حاصل کیا گیا ہو تو واپسی اشارے کو V_0 سے حاصل کیا گیا ہو گا اور خارجی اشارے کو V_0 تصور کیا جائے گا۔ اس کے برعکس اگر واپسی اشارے کو خارجی دائے سے حاصل کیا گیا ہو تو خارجی 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 قوانین کی مدد سے بنیادی ایمپلیفائر کا دور حاصل کریں۔ اگر X_f اور X_s سلسلہ وار جڑے ہوں تب داخلی اشارہ X_s کا ٹھوڑن مساوی دور استعمال کریں۔ اس کے برعکس اگر X_f اور X_s متوازی جڑے ہوں تب داخلی اشارہ X_s کا نارٹن مساوی دور استعمال کریں۔
 - بنیادی ایمپلیفائر میں ٹرانزیستر کا ریاضی نمونہ استعمال کرتے ہوئے اس کا باریک اشاراتی مساوی دور حاصل کریں اور اس میں X_f اور X_0 کی نشاندہی کریں۔
 - واپسی اشارے $X_f = WX_0$ کی مساوات حاصل کریں جس سے W کی قیمت حاصل ہو گی۔
 - کرخوف کے قوانین استعمال کرتے ہوئے بنیادی ایمپلیفائر سے افزائش A ، داخلی مراجحت R_i اور خارجی مراجحت R_o حاصل کریں۔
 - مندرجہ بالا حاصل کردہ معلومات سے A_f ، R'_{if} اور R_{of} حاصل کریں۔
- آئیں اس ترکیب کو استعمال کرتے ہوئے واپسی ایمپلیفائر حل کریں۔

9.7 واپسی بر قی دباؤ ایمپلیفائر

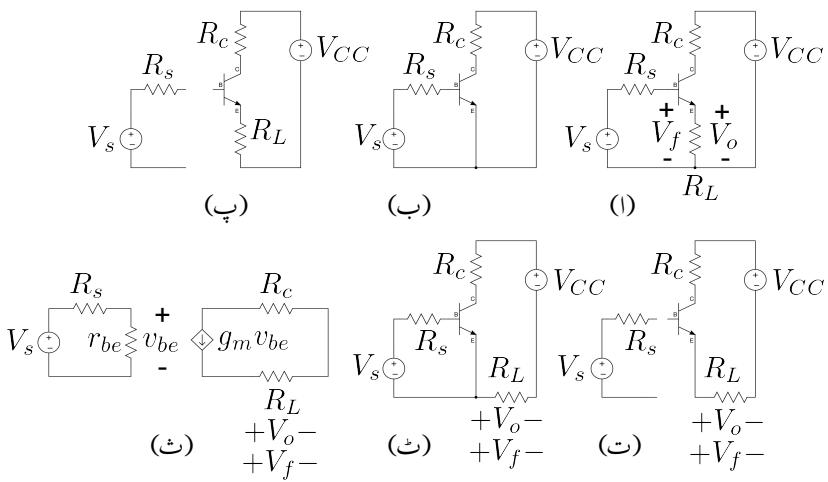
شکل 25.7 الف میں واپسی بر قی دباؤ ایمپلیفائر دکھایا گیا ہے۔ نقطہ مائل حاصل کرنے کی خاطر V_s کے ساتھ V_{BB} سلسلہ وار تصور کریں جس کو شکل میں نہیں دکھایا گیا تا کہ اصل مضمون پر توجہ رکھنی آسان ہو۔ اس دور کو قدم با قدم حل کرتے ہیں۔

پہلے قدم پر اس کی جماعت جانتا ضروری ہے۔ اس دور پر تفصیلی بحث ہو چکی ہے۔ یہ واپسی بر قی دباؤ ایمپلیفائر ہے۔

چونکہ V_o سے واپسی اشارہ حاصل کیا گیا ہے لہذا، بنیادی ایمپلیفائر کا داخلی مساوی دور حاصل کرنے کی خاطر V_o کو قصر دور کرتے ہیں۔ ایسا شکل ب میں دکھایا گیا ہے جہاں صرف داخلی دائرے پر نظر رکھتے ہوئے ہم لکھ سکتے ہیں

(92.7)

$$V_s = I_s R_s + V_{be}$$



شکل 7.25: بنیادی این پلینیا کا حصول

چونکہ داخلی جانب V_s اور V_f سلسلہ وار جڑے ہیں لہذا بنیادی این پلینیا کا خارجی مساوی دور حاصل کرنے کی خاطر داخلی دائے کو کھلے سرے کر دیا جاتا ہے۔ ایسا شکل پ میں دکھایا گیا ہے۔ اس شکل میں صرف خارجی دائے پر نظر رکھتے ہوئے ہم لکھ سکتے ہیں

$$(93.7) \quad V_{CC} = I_c R_c + V_{ce} + I_c R_L$$

شکل پ کو قدر مختلف طرز پر شکل ت میں دوبارہ دکھایا گیا ہے جہاں V_f اور V_o کی نشاندہی بھی کی گئی ہے۔ آپ تسلی کر لیں کہ اس شکل کے خارجی دائے کی مساوات بھی مندرجہ بالا مساوات ہی ہے۔ شکل ب کے داخلی مساوی دور اور شکل ت کے خارجی مساوی دور کو ملا کر شکل ث حاصل ہوتا ہے۔ شکل ث کے داخلی اور خارجی مساوات یوں حاصل ہوں گے۔

$$(94.7) \quad V_s = I_s R_s + V_{be}$$

$$(95.7) \quad V_{CC} = I_c R_c + V_{ce} + I_c R_L$$

یہ بالکل مساوات 92.7 اور مساوات 93.7 ہی ہیں۔

شکل ث میں ٹرانزسٹر کا پائے ریاضی نمو نہ استعمال کرتے ہوئے شکل ث کا باریک اشاراتی

دور حاصل کیا گیا ہے۔ اس سے

$$(96.7) \quad A_V = \frac{V_o}{V_s} = \frac{V_o}{I_c} \times \frac{I_c}{V_{be}} \times \frac{V_{be}}{V_s} = \frac{R_L g_m r_{be}}{R_s + r_{be}} = \frac{\beta R_L}{R_s + r_{be}}$$

حاصل ہوتا ہے جہاں مساوات 188.3 کے تحت $g_m r_{be} = \beta$ کے برابر ہے۔ شکل ٹ سے حاصل ہوتا ہے جہاں مساوات 188.3 کے تحت $g_m r_{be} = \beta$ کے تحت $W = 1$ لذنا $V_f = V_o$ ہے۔ اس طرح

$$(97.7) \quad M = 1 + WA_V = 1 + \frac{\beta R_L}{R_s + r_{be}} = \frac{R_s + r_{be} + \beta R_L}{R_s + r_{be}}$$

- ہے۔

بنیادی ایکپلینیفار کا داخلی مزاحمت

$$(98.7) \quad R'_i = R_s + r_{be}$$

کے برابر ہے اور یوں

$$(99.7) \quad R'_{if} = MR'_i = (R_s + r_{be}) \times \frac{R_s + r_{be} + \beta R_L}{R_s + r_{be}} = R_s + r_{be} + \beta R_L$$

حاصل ہوتا ہے۔

مساوات 41.7 کے تحت $A'_v = A_V|_{R_L \rightarrow \infty}$ ہے۔ یوں مساوات 96.7 میں ∞ میں $R_L \rightarrow \infty$ کے استعمال سے $A'_v = \infty$ حاصل ہوتا ہے۔ خارجی مزاحمت R_o حاصل کرنے وقت بوجھ R_o کو ایکپلینیفار کا حصہ تصور نہیں کیا جاتا اور یوں شکل ٹ سے $R_o = \infty$ حاصل ہوتا ہے جس سے

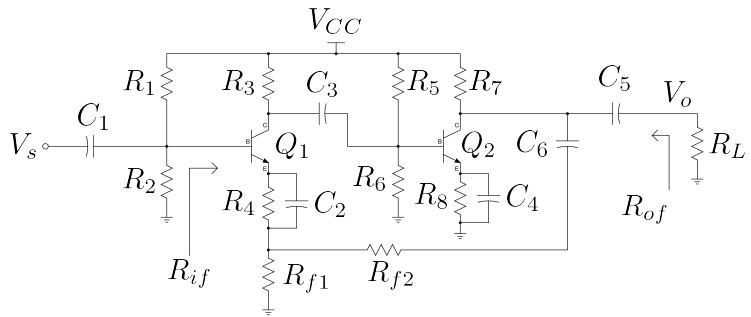
$$R_{of} = \frac{R_o}{1 + WA'_v} = \frac{\infty}{\infty}$$

حاصل ہوتا ہے جس کا کوئی مطلب نہیں۔

مساوات 100.7 سے خارجی مزاحمت حاصل کرنا ممکن نہیں۔ R_{of} حاصل کرنے کی خاطر دور سے پہلے R'_{of} حاصل کریں اور پھر مساوات 64.7 کی مدد سے R_o حاصل کریں۔

R_L کی شمویت سے R'_o کی قیمت R_L کے برابر ہے۔ اس طرح

$$(100.7) \quad R'_{of} = \frac{R'_o}{M} = \frac{R_L (R_s + r_{be})}{R_s + r_{be} + \beta R_L}$$



شکل 7.26: دو مرحلہ زنجیری واپسی برقی دباؤز نجیری ایمپلیفائر

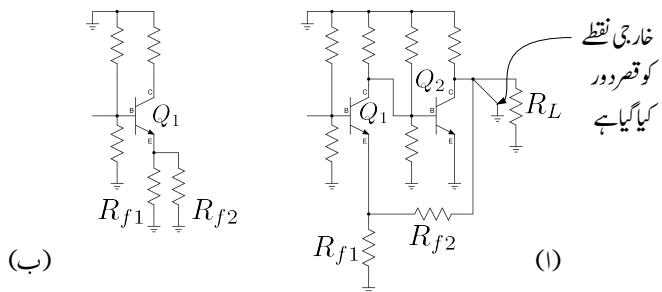
اور

$$(101.7) \quad R_{of} = R'_{of} \Big|_{R_L \rightarrow \infty} = \frac{R_s + r_{be}}{\beta}$$

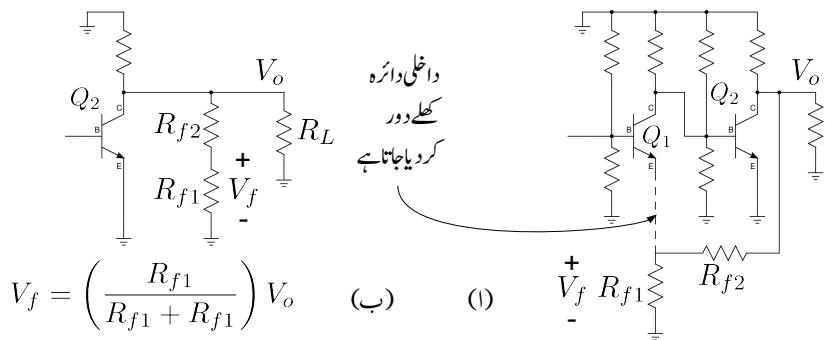
حاصل ہوتا ہے۔

10.7 واپسی برقی دباؤز نجیری ایمپلیفائر

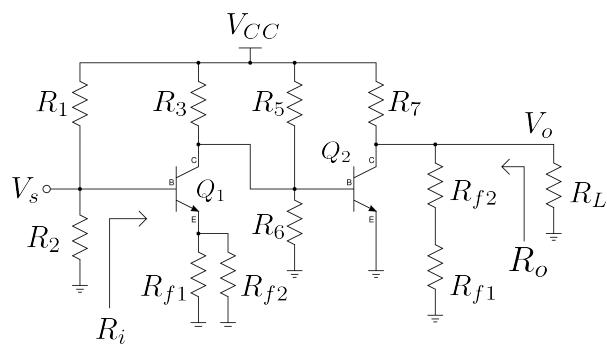
شکل 26.7 میں دو کڑی زنجیری ایمپلیفائر دکھایا گیا ہے۔ درکار تعداد پر تمام کپیسٹروں کو قصر دور تصور کریں۔ اس ایمپلیفائر میں خارجی برقی دباؤ V_o سے واپسی اشارہ V_f حاصل کیا گیا ہے لہذا بنیادی ایمپلیفائر کے داخلی جانب کا دور حاصل کرتے وقت خارجی نقطے کو قصر دور کیا جائے گا۔ چونکہ V_o کو R_L پر ناپا جاتا ہے لہذا خارجی نقطے کو قصر دور کرنے سے مراد اس نقطے کو برقی زمین کے ساتھ جوڑنا ہے۔ شکل 27.7 الف میں ایسا دکھایا گیا ہے۔ جیسا کہ شکل ب میں دکھایا گیا ہے، اس عمل سے R_{f2} اور R_{f1} متوازی جڑ جاتے ہیں۔ اس ایمپلیفائر میں V_f اور V_s سلسلہ وار جڑے ہیں لہذا بنیادی ایمپلیفائر کے خارجی جانب کا دور حاصل کرتے وقت داخلی دائرے کو کھلے دور کیا جائے گا۔ اس دائرے کو Q_1 کے بیس یا اس کے بیسٹر پر کھلے دور کیا جا سکتا ہے۔ شکل 28.7 الف میں داخلی دائرے کو Q_1 کے بیسٹر پر کھلے دور کیا گیا ہے۔ جیسا کہ شکل ب میں دکھایا گیا ہے، اس عمل سے R_{f1} اور



شکل 27.7: دو مرحلہ زنجیری واپسی بر قی دباؤ ایکپلینافار کے داخلی حصے کا حصول



شکل 28.7: دو مرحلہ زنجیری واپسی بر قی دباؤ ایکپلینافار کے خارجی حصے کا حصول



شکل 29.7: دو مرحلہ زنجیری واپسی بر قی دباؤ ایکپلینافار کا بنیادی ایکپلینافار

R_{f2} خارجی جانب سلسہ وار جڑ جاتے ہیں۔ شکل 29.7 کو زنجیری ضرب سے با آسانی حل کرتے ہوئے A_v حاصل کی جا سکتی ہے۔ اسی طرح اس بنیادی اینپلیگانر کا R_o اور R_i بھی حاصل کیا جا سکتا ہے۔ شکل سے واپس کار کا W یوں حاصل ہوتا ہے۔

$$(102.7) \quad W = \frac{R_{f1}}{R_{f1} + R_{f2}}$$

ان تمام معلومات سے R'_{if} اور A'_{vf} حاصل کیا جا سکتا ہے۔

سوالات

سوال 1.7: ایک سادہ ایمپلیفیاٹر کی افراکش میں مختلف وجوہات کی بنا پر 7% کے فرق پیدا ہوتا ہے۔ اس ایمپلیفیاٹر میں واپسی اشارہ شامل کیا جاتا ہے۔ یوں حاصل واپسی ایمپلیفیاٹر کی افراکش میں انہیں وجوہات کی بنا پر صرف 1% کا فرق پیدا ہوتا ہے۔ M کی قیمت حاصل کریں۔ اگر سادہ ایمپلیفیاٹر کی افراکش $\frac{V}{V} = 245$ تھی تب واپسی ایمپلیفیاٹر کے افراکش اور واپس کار کے مستقل W کی قیمت کیا ہو گی؟

$$\text{جوابات: } W = 0.02449 \frac{V}{V}, A_f = 35 \frac{V}{V}, M = 7 \frac{V}{V}$$

سوال 2.7: اگر سوال 1.7 میں سادہ ایمپلیفیاٹر کا بلند انقطاعی تعداد 200 kHz ہو تب واپسی ایمپلیفیاٹر کی بلند انقطاعی تعداد کیا ہو گی۔

جواب: 1.4 MHz

سوال 3.7: ایک واپسی برقی دباؤ ایمپلیفیاٹر کے $R_i = 2 \text{ k}\Omega$, $A'_v = 2000 \frac{V}{V}$ اور $R_L = 10 \text{ k}\Omega$ جبکہ برقی بوجھ $R_s = 1 \text{ k}\Omega$ ہیں۔ داخلی اشارے کی مزاحمت $R_o = 500 \Omega$ ہیں۔ اس ایمپلیفیاٹر میں واپسی اشارہ شامل کیا جاتا ہے۔ واپس کار کا مستقل $W = 0.01 \frac{V}{V}$ ہے۔ واپسی ایمپلیفیاٹر کی افراکش، داخلی مزاحمت اور خارجی مزاحمت حاصل کریں۔

$$\text{جوابات: } R_{of} = 24 \Omega, R'_{if} = 60 \text{ k}\Omega, A_{vf} = 95 \frac{V}{V}$$

سوال 4.7: ایک واپسی برقی رو ایمپلیفیاٹر کے $R_i = 500 \Omega$, $A_i = 2000 \frac{A}{A}$ اور $R_L = 1 \text{ k}\Omega$ جبکہ برقی بوجھ $R_s = 5 \text{ k}\Omega$ ہیں۔ داخلی اشارے کی مزاحمت $R_o = 5 \text{ k}\Omega$ ہیں۔ اس ایمپلیفیاٹر میں واپسی اشارہ شامل کیا جاتا ہے۔ واپس کار کا مستقل $W = 0.01 \frac{A}{A}$ ہے۔ واپسی ایمپلیفیاٹر کی افراکش، داخلی مزاحمت اور خارجی مزاحمت حاصل کریں۔

$$\text{جوابات: } R_{of} = 96 \text{ k}\Omega, R'_{if} = 28 \Omega, A_{if} = 94 \frac{A}{A}$$

سوال 5.7: ایک موصل نما ایمپلیفیاٹر کے $R_i = 5 \text{ k}\Omega$, $A_g = 2000 \frac{A}{V}$ اور $R_L = 1 \text{ k}\Omega$ جبکہ برقی بوجھ $R_s = 500 \Omega$ ہیں۔ داخلی اشارے کی مزاحمت $R_o = 500 \Omega$ ہے۔

ہیں۔ اس ایکلینیفار میں وابی اشارہ شامل کیا جاتا ہے۔ وابی کار کا مستقل $W = 0.01 \frac{V}{A}$ ہے۔ وابی ایکلینیفار کی افراش، داخلی مزاحمت اور خارجی مزاحمت حاصل کریں۔

$$\text{جوابات: } R_{of} = 9.59 \text{ k}\Omega, R'_{if} = 39 \text{ k}\Omega, A_{gf} = 86 \frac{A}{V}$$

سوال 6.7: ایک مزاحمت نما ایکلینیفار کے $R_o = 5 \text{ k}\Omega, R'_i = 500 \text{ }\Omega, A'_r = 2000 \frac{V}{A}$ اور $R_s = 5 \text{ k}\Omega, R_L = 10 \text{ k}\Omega$ ہیں۔ داخلی اشارے کی مزاحمت $W = 0.01 \frac{A}{V}$ ہے۔ وابی ایکلینیفار میں وابی اشارہ شامل کیا جاتا ہے۔ وابی کار کا مستقل $R_{of} = 238 \text{ }\Omega, R'_{if} = 32 \text{ }\Omega, A_{rf} = 93 \frac{V}{A}$ افراش، داخلی مزاحمت اور خارجی مزاحمت حاصل کریں۔

$$\text{جوابات: } R_{of} = 238 \text{ }\Omega, R'_{if} = 32 \text{ }\Omega, A_{rf} = 93 \frac{V}{A}$$

سوال 7.7: آپ کے پاس $2000 \frac{V}{A}$ کا برقی دباؤ ایکلینیفار موجود ہے جس کا داخلی مزاحمت $5 \text{ k}\Omega$ اور خارجی مزاحمت $500 \text{ }\Omega$ ہیں۔ اس کو استعمال کرتے ہوئے وابی برقی دباؤ کا ایکلینیفار تخلیق دیں جس کی افراش $12.5 \frac{V}{A}$ ہو۔ داخلی اشارے کی مزاحمت $1 \text{ k}\Omega$ اور برقی بوجھ $1.5 \text{ k}\Omega$ متوقع ہیں۔ R_{of} اور R'_{if} بھی حاصل کریں۔

جوابات: $A_{vf} = 12.5 \frac{V}{A}, A_V = 1250 \frac{V}{V}, A'_{v'} = 1667 \frac{V}{V}, R'_i = 6 \text{ k}\Omega$ ہیں لہذا $R_{of} = 4.95 \text{ }\Omega, R'_{if} = 606 \text{ k}\Omega$ اور $W = 0.08 \frac{V}{V}$ ہے۔

سوال 8.7: سوال 7.7 میں تخلیق کئے گئے وابی ایکلینیفار پر اگر $3 \text{ k}\Omega$ کا بوجھ لادا جائے تو اس کی A_{vf} کی حاصل ہو گی۔

جواب: $12.4 \frac{V}{V}$ کی مزاحمت آدمی کرنے سے وابی افراش میں صرف 0.8% کی تبدیلی آئی۔ وابی ایکلینیفار یقیناً مستحکم ہے۔

سوال 9.7: سوال 7.7 میں تخلیق کردہ وابی ایکلینیفار میں بنیادی ایکلینیفار کو تبدیل کرتے ہوئے $1500 \frac{V}{V}$ کا ایکلینیفار نسب کیا جاتا ہے۔ ایسا کرنے سے A_{vf} کی نئی قیمت کیا حاصل ہو گی؟

جواب: $\frac{V}{V}$ - بنیادی ایکلینیفار کے افراش میں 25% تبدیلی سے واپسی ایکلینیفار کے افراش میں صرف 1.36% کی تبدیلی پیدا ہوئی۔ واپسی ایکلینیفار کے مستحکم ہونے کی یہ ایک اچھی مثال ہے۔

سوال 10.7: ایک واپسی برقی دباؤ ایکلینیفار میں $V_f = 148 \text{ mV}$ ، $V_s = 150 \text{ mV}$ اور $V_o = 12 \text{ V}$ پائے جاتے ہیں۔ اس ایکلینیفار کے A_{vf} ، W اور A_V حاصل کریں۔ اگر بنیادی ایکلینیفار کا $R_i' = 2 \text{ k}\Omega$ اور $R_o = 1950 \text{ }\Omega$ ہوں تو R_{of}' اور R_{if}' کیا ہوں گے۔

جوابات: $V = 0.01233 \frac{\text{V}}{\text{V}}$ اور $R_{if}' = 150 \text{ k}\Omega$ ، $A_V = 6000 \frac{\text{V}}{\text{V}}$ ، $A_{vf} = 80 \frac{\text{V}}{\text{V}}$ ، $R_{of}' = 26 \Omega$ ہیں۔

سوال 11.7: بنیادی برقی رو ایکلینیفار کی افراش $3000 \frac{\text{A}}{\text{A}}$ اسی سے حاصل واپسی ایکلینیفار کی افراش $15 \frac{\text{A}}{\text{A}}$ ہے۔ $R_i' = 20 \text{ k}\Omega$ اور $R_o = 15 \text{ k}\Omega$ کی صورت میں R_{if}' اور R_{of} حاصل کریں۔

جوابات: $R_{of} = 3 \text{ M}\Omega$ اور $R_{if}' = 100 \Omega$

سوال 12.7: شکل 25.7 الف میں $R_s = 2 \text{ k}\Omega$ ، $R_L = 1 \text{ k}\Omega$ ، $\beta = 100$ اور $r_{be} = 2.5 \text{ k}\Omega$ اور A_{vf} اور R_{if}' حاصل کریں۔

جوابات: $R_{if}' = 103.5 \text{ k}\Omega$ ، $A_{vf} = 0.957 \frac{\text{V}}{\text{V}}$ ، $A_V = 22.22 \frac{\text{V}}{\text{V}}$ ، $I_{CQ} = 1 \text{ mA}$ اور $R_{of} = 35 \Omega$ ہیں۔

سوال 13.7: سوال 12.7 میں β کی قیمت 200 جکہ $I_{CQ} = 1 \text{ mA}$ ہی رکھتے ہوئے اسے دوبارہ حل کریں۔ A_{vf} میں کتنے فی صد تبدیلی رو نما ہوئی۔

جوابات: $R_{of} = 22.5 \Omega$ ، $R_{if}' = 204.5 \text{ k}\Omega$ ، $A_{vf} = 0.978 \frac{\text{V}}{\text{V}}$ اور تبدیلی تقریباً 2% ہے۔

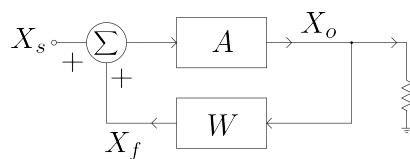
سوال 14.7: شکل 26.7 میں زنجیری ایکلینیفار دکھایا گیا ہے جکہ مساوات 102.7 میں اس کے واپس کار کا مستقل W حاصل کیا گیا ہے۔ A_{vf} حاصل کریں۔

جواب: $A_{vf} = 1 + \frac{R_{f2}}{R_{f1}}$

باب 8

مرتعش

گزشتہ باب میں منفی واپسی ادوار پر غور کیا گیا۔ اس باب میں مرتعش¹ پر غور کیا جائے گا جو شبکت و ایمپور دور کی ایک قسم ہے۔ مرتعش ایک ایسے دور کو کہتے ہیں جسے کوئی داخلی اشارہ دے بغیر اس سے ارتعاش کرتا خارجی اشارہ حاصل کیا جاتا ہے۔ آئین مرتعش کی بنیادی کارکردگی شکل 1.8 کی مدد سے سمجھیں۔ تصور کریں کہ ایک لمحے کے لئے اس دور کو ارتعاش کرتا داخلی اشارہ X_s فراہم کرنے کے بعد $X_o = 0$ کر دیا جاتا ہے۔ اس طرح ایک لمحے کے لئے اس دور میں ارتعاش کرتا خارجی اشارہ X_o نمودار ہو گا۔ واپسی دور X_o سے $X_f = WX_o$ پیدا کرے گا جو کہ بنیادی ایکلیفائر کو بطور داخلی اشارہ مہیا کیا گیا ہے۔ بنیادی ایکلیفائر X_f سے خارجی اشارہ $X_o = WAX_o$ پیدا کرے گا۔ یوں واپسی



شکل 1.8: شبکت و ایمپور دور

oscillator¹

دور اور بنیادی ایکلینیفار میں ایک چکر کے بعد پہلی مرتبہ نمودار ہونے والے اشارے X_0 کی قیمت اب WA_0 ہو گی۔ یہ اشارہ بھی جب واپسی دور اور بنیادی ایکلینیفار میں ایک چکر کاٹے تو اس کی تینی قیمت $(WA)^2 X_0$ ہو جائے گی۔ اسی طرح n چکر کے بعد بنیادی ایکلینیفار کا خارجی اشارہ $(WA)^n X_0$ ہو گا۔ اب اگر $WA = 1$ ہو تو n چکر کے بعد بنیادی ایکلینیفار کا خارجی اشارہ $1^n X_0 = X_0$ ہی ہو گا۔ اس طرح اگرچہ اس دور کو کوئی داخلی اشارہ نہیں دیا جا رہا یہ پھر بھی ارتقاش کرتا اشارہ X_0 خارج کرتا رہے گا۔ ایسی خوبی رکھنے والے دور کو مرتعش کہتے ہیں۔

اس کے برعکس اگر WA کی قیمت ایک (1) سے کم ہو، مثلاً $WA = 0.9$ ہو، تب پہلی مرتبہ نمودار ہونے والا اشارہ X_0 ایک چکر کے بعد کم ہو کر $0.9X_0$ رہ جائے گا۔ دو چکر کے بعد اس کی قیمت مزید کم ہو کر $0.81X_0 = 0.81X_0$ رہ جائے گی اور یوں ہر چکر کے بعد بنیادی ایکلینیفار کا خارجی اشارہ کم ہوتے ہوتے آخر کار صفر قیمت اختیار کر لے گا۔

اسی طرح اگر WA کی قیمت ایک (1) سے زیادہ ہو، مثلاً $WA = 1.1$ ہو، تب پہلی مرتبہ نمودار ہونے والا اشارہ X_0 ایک چکر کے بعد بڑھ کر $1.1X_0$ ہو جائے گا۔ دو چکر کے بعد اس کی قیمت مزید بڑھ کر $1.21X_0 = (1.1)^2 X_0$ ہو جائے گی اور یوں ہر چکر کے بعد بنیادی ایکلینیفار کا خارجی اشارہ بڑھتا رہے گا۔ خارجی اشارہ بڑھتے بڑھتے اس مقام تک پہنچ جائے گا جہاں بنیادی ایکلینیفار غیر خطی خطے میں داخل ہونا شروع ہو جائے گا۔ غیر خطی خطے میں داخل ہوتے ہوئے بنیادی ایکلینیفار کے افزائش کی قیمت گھٹانا شروع ہو جائے گی اور یوں خارجی اشارے کے حیطے کا بڑھنا پہلے کم اور آخر کار اس کا بڑھنا مکمل طور رک جائے گا۔ جہاں ٹرانزسٹر کی افزائش سے اشارے کا حیطہ بڑھنا اور اشارے کا حیطہ بڑھنے سے ٹرانزسٹر کی افزائش کم ہونے کے اعمال توازن اختیار کر لیں، وہیں ارتقاشی اشارے کا حیطہ برقرار رہتا ہے۔ یہ اعمال غیر خطی نوعیت کے ہوتے ہیں جنہیں قلم و کاغذ سے حل کرتے ہوئے مرتعش کے خارجی اشارے کے حیطے کا حساب لگانا نہایت مشکل ہوتا ہے۔

کسی بھی مرتعش میں زیادہ دیر $WA = 1$ رکھنا ممکن نہیں ہوتا۔ درجہ حرارت میں تبدیلی، وقت کے ساتھ برقراری پر زہ جات میں تبدیلی اور ایسے دیگر وجوہات کی بنا پر مرتعش چالو کرتے ہی $WA \neq 1$ ہو جائے گا۔ اگر $1 < WA$ ہو جائے تو ایسی صورت میں مرتعش رکھ

جائے گا۔ اس کے برعکس اگر WA کی قیمت 1 سے قدر زیادہ ہو جائے تو ایسی صورت میں مرتعش برقرار ارتقاشی اشارہ خارج کرتا ہے۔

مرتعش کے اس بنیادی اصول ہے مساوت 1.8 میں دوبارہ دکھایا گیا ہے کو بہمانہ کا اصول² کہتے ہیں۔³

$$(1.8) \quad WA = 1$$

اس مساوات کے دو پہلو ہیں۔ اس مساوات کے تحت $|WA| = 1$ اور ساتھ ہی ساتھ $\angle WA = 2m\pi$ ہونا ضروری ہے جہاں $m = 0, 1, 2, \dots$ ہے۔ یوں اسے یوں لکھنا زیادہ بہتر ہے۔

$$(2.8) \quad |WA| = 1$$

$$(3.8) \quad \angle WA = 2m\pi$$

آپ دیکھ سکتے ہیں کہ حقیقت میں کسی بھی مرتعش کو برقرار کام کرتے رکھنے کے لئے یہ ضروری ہے کہ $|WA| > 1$ رکھا جائے۔ حقیقت میں $|WA| > 1.05$ رکھا جاتا ہے۔

مندرجہ بالا تذکرے میں تصور کیا گیا کہ مرتعش کو چالو کرنے کی خاطر ایک لمحے کے لئے X_s فراہم کیا گیا۔ حقیقت میں مرتعش کو چالو کرتے وقت اسے عموماً کسی قسم کا ارتقاش کرتا اشارہ نہیں مہیا کیا جاتا۔ کسی بھی دور جسے برقی طاقت مہیا نہیں کیا گیا ہو غیر چالو رہتا ہے اور ایسی صورت میں اس کے تمام اشارات صفر وولٹ (صفر ایمپیسر) ہوتے ہیں۔ اس طرح جب مرتعش کو برقی طاقت مہیا کر کے غیر چالو حالت سے چالو کیا جائے تو اس کے مختلف حصے چند ہی لمحوں میں غیر چالو صورت سے یک سنتی مائل کردہ صورت اختیار کر لیتے ہیں۔ یوں ان لمحات کے دوران مرتعش پر پائے جانے والے تمام اشارات تغیر پذیر ہوتے ہیں جنہیں ہم چالو کرتے وقت کی برقی شور تصور کر سکتے ہیں۔ مرتعش عموماً اسی برقی شور سے چالو ہو کر ارتقاش پذیر ہوتا ہے۔ البتہ اگر کہیں ایسی صورت پائی جائے کہ مرتعش چالو ہوتے وقت ازخود ارتقاش پذیر نہیں ہو پاتا ہو یا اگر برقی شور کا سہارا لیتے ہوئے مرتعش کو چالو کرنا قبل قبول نہ ہو تب مرتعش کو چالو کرنے کی خاطر بیرونی اشارہ چند لمحات کے لئے مہیا کیا جاتا ہے۔⁴

Barkhausen criteria²

³ جرمی کے عالم طبیعتاں ہائزج ہر کہان نے اس اصول کو پیش کیا

⁴ مجھے گزشتہ پہلے سالوں میں صرف ایک مرتبہ مرتعش کو چالو کرنے کی خاطر اشارہ مہیا کرنا پڑا ہے۔

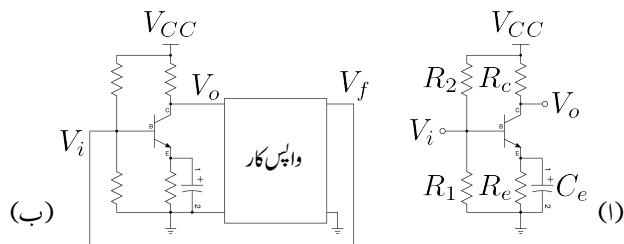
اب تک کی گنتگو میں خارجی اشارے کی شکل پر کسی قسم کی بحث نہیں کی گئی۔ حقیقت میں مرتعش کے خارجی اشارے کی شکل کچھ بھی ہو سکتی ہے البتہ اس باب میں صرف سائنس نما خارجی اشارہ پیدا کرنے والے مرتعش پر غور کیا جائے گا جن میں ٹرانزیستر ایکلیفیاٹ استعمال کرتے ہوئے واپسی اشارے کو مزاحمت، کپیسٹر، امالہ، ٹرانسفارمر وغیرہ کی مدد سے حاصل کیا جاتا ہے۔

واپسی دور میں کپیسٹر اور امالہ (یعنی برتنی رکاوٹ) کے استعمال سے واپس کار کے مستقل کی قیمت از خود تعدد ω پر منحصر ہوتی ہے۔ یوں اس کو $W(\omega)$ لکھنا زیادہ درست ہو گا۔ ایسی صورت میں برکمانٹ کا اصل $|W(\omega)A| = 1$ کی مدد پر پورا اترے گا آپ جانتے ہیں کہ کسی بھی غیر سائنس نما لہر کو فوریہ تسلسل⁵ کی مدد سے لکھا جا سکتا ہے۔ فوریہ تسلسل میں $\omega_0, 2\omega_0, 3\omega_0, \dots$ تعداد پر لامحدود اجزاء پائے جاتے ہیں۔ چالو کرتے وقت کے برتنی شور کی بھی فوریہ تسلسل لکھی جا سکتی ہے جہاں سے صاف ظاہر ہے کہ اس میں بھی تمام تعداد پائے جاتے ہیں۔ مرتعش ان میں سے صرف اس تعداد پر ارجاع کرے گا جو برکمانٹ کے اصل پر پورا اترتا ہو۔

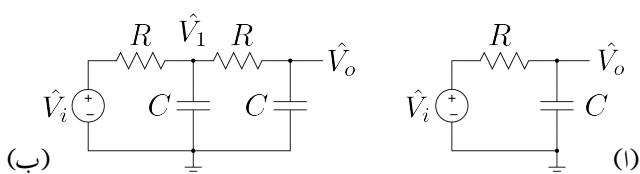
1.8 مرتعش کی تخلیق

شکل 2.8 الف میں بنیادی ایکلیفیاٹ دکھایا گیا ہے۔ اس کے خارجی اشارے V_0 اور داخلی اشارے V_i کے مابین 180 کا زاویہ ہے۔ اگر اسے استعمال کرتے ہوئے مرتعش تخلیق دینا ہو تو واپس کار کو مزید 180 کا زاویہ پیدا کرنا ہو گا۔ شکل ب میں واپس کار کو ڈبے کی شکل میں دکھایا گیا ہے۔ یوں V_f اور V_0 کے درمیان 180 کا زاویہ درکار ہے۔ ٹرانزیستر کو V_f بطور داخلی اشارہ مہیا کرنے سے مرتعش حاصل ہوتا ہے۔ مندرجہ ذیل مثال میں اشارات کے مابین زاویہ پیدا کرنے کا ایک طریقہ دکھایا گیا ہے۔

مثال 1.8: شکل 3.8 الف میں V_0 اور V_i کے درمیان زاویہ کی مساوات حاصل کریں۔



شکل 2.8: مربع کی تجھیں



شکل 3.8: مراجعت - پیشکی مدد سے اشارات کے زاویہ میں تبدیلی

- لیتے ہوئے اس زاویہ کی قیمت حاصل کریں۔
- مراجعت R کی وہ قیمت حاصل کریں جس پر یہ زاویہ 60° ہو گا۔

حل: $\hat{V}_i = V_0 / \hat{I}$ لیتے ہوئے، دائے میں برقی رو م لکھتے ہوئے کرخوف کے قانون برائے برقی دباؤ سے حاصل ہوتا ہے

$$\hat{I} = \frac{V_0}{R + \frac{1}{j\omega C}}$$

اور یوں

$$\begin{aligned}\hat{V}_0 &= \hat{I} \times \left(\frac{1}{j\omega C} \right) = \frac{V_0}{1 + j\omega RC} \\ &= \frac{V}{\sqrt{1 + R^2 \omega^2 C^2}} \angle -\tan^{-1}(\omega RC)\end{aligned}$$

جس سے داخی اور خارجی اشارات کے مابین زاویہ

$$\angle\theta = -\tan^{-1}(\omega RC)$$

حاصل ہوتا ہے۔ یوں

$$\angle\theta = -\tan^{-1} \left(-2 \times \pi \times 10000 \times 1000 \times 0.1 \times 10^{-6} \right) = -81^\circ$$

•

$$-\tan^{-1} \left(2 \times \pi \times 10000 \times R \times 0.1 \times 10^{-6} \right) = -60^\circ$$

$$R = 276 \Omega$$

حاصل ہوتے ہیں۔

مندرجہ بالا مثال کو دیکھتے ہوئے ایسا معلوم ہوتا ہے کہ مزاحمت-کپیسٹر کے دو کڑیاں استعمال کرتے ہوئے دگنا زاویہ حاصل کیا جا سکتا ہے۔ یہ بات درست ثابت ہوتی ہے، البتہ جیسے آپ سوال 1.8 میں دیکھیں گے، دو کڑی RC کا زاویہ حاصل کرتے وقت نسبتاً لمبی مساوات حل کرنی ہو گی۔

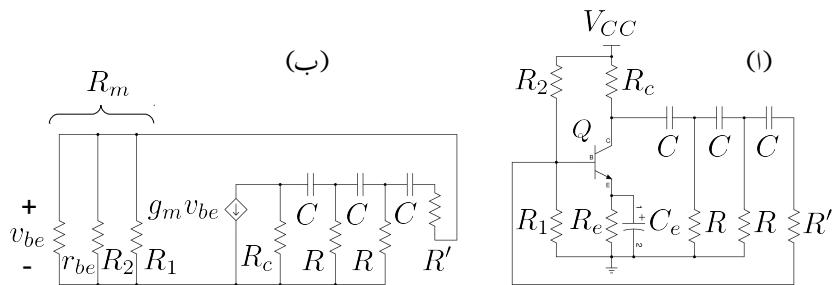
R اور C کے ضرب RC کو بڑھا کر زیادہ زاویہ حاصل کیا جاتا ہے۔ لامحدود $RC = \infty$ پر 90 حاصل ہوتا ہے۔ حقیقت میں لامحدود RC استعمال کرنا ممکن نہیں ہوتا لہذا ایک عدد مزاحمت اور ایک عدد کپیسٹر استعمال کرتے ہوئے 90 حاصل کرنا ممکن نہیں ہوتا۔ یوں RC کے دو کڑیوں سے 180 حاصل نہیں کیا جا سکتا۔ حقیقت میں کم از کم تین RC کڑیاں استعمال کرتے ہوئے 180 حاصل کیا جاتا ہے۔ مندرجہ ذیل حصے میں مزاحمت-کپیسٹر مرتعش میں ایسا ہی کیا گیا ہے۔

2.8 مزاحمت-کپیسٹر RC مرتعش

شکل 4.8 الف میں ٹرانزٹر ایمپلیفیائر پر مبینی مرتعش دکھایا گیا ہے جس میں گلکٹر پر پائے جانے والے اشارے X_0 سے واپس کار X_f پیدا کرتا ہے۔ ٹرانزٹر اپنے بیس پر پائے جانے والے اشارے کے حیطے کو بڑھا کر جبکہ اس کے زاویہ میں 180 کے تبدیلی کے ساتھ اسے گلکٹر پر خارج کرتا ہے۔ یوں بنیادی ایمپلیفیائر اور واپس کار کے دائرے میں ایک چکر کے بعد کل زاویہ میں تبدیلی کو 0 رکھنے کی خاطر واپس کار کو بھی 180 کی تبدیلی پیدا کرنا ہو گی۔ جیسا اور مثال میں دکھایا گیا، مزاحمت-کپیسٹر RC کے کٹریاں استعمال کرتے ہوئے ایسا کرنا ممکن ہے۔ شکل 4.8 الف میں مزاحمت اور کپیسٹر کو شکل 3.8 الف سے قدر مختلف طرز پر جوڑا گیا ہے۔

بنیادی ایمپلیفیائر Q ، R_1 ، R_2 ، R_e اور C_e پر مشتمل ہے۔ مرتعش کے خارجی تعداد پر کپیسٹر C_e بطور قصر دور کام کرتا ہے۔ بنیادی ایمپلیفیائر میں واپس کار شامل کرنے سے مرتعش حاصل ہوتا ہے۔ واپس کار تین عدد کپیسٹر اور تین عدد مزاحمت سے حاصل کیا گیا ہے۔ شکل ب میں ٹرانزٹر کا پائے π ریاضی نمونہ استعمال کرتے ہوئے اس مرتعش کا مساوی دور دکھایا گیا ہے جس میں R_e کو قصر دور کیا گیا ہے۔ جیسے آپ دیکھ سکتے ہیں R_1 اور R_2 متوازی ہیں۔ ان متوازی ہیں مزاحمت کی کل قیمت کو R_m لکھا گیا ہے۔ یوں R_m اور R' سلسلہ وار ہیں۔ حقیقت میں r_{be} کی قیمت r_{be} اور R_1 اور R_2 کے قیتوں سے نہایت 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 $R' + R_m = R$ ہو تو ہم دیکھتے ہیں کہ واپسی دور تین یکساں RC حصوں پر مشتمل ہوتا ہے۔ اگرچہ واپسی دور کے تین کپیسٹروں کی قیمت آپس میں برابر یا تین مزاحمتوں کی قیمت آپس میں برابر رکھنا لازم نہیں، البتہ ایسا رکھنے سے مرتعش پر ترسیل غور نسبتاً آسان ہو جاتا ہے۔ ہم ایسا ہی کرتے ہیں۔ شکل 5.8 پر نظر رکھیں جہاں $R_m \approx r_{be}$ یا گیا ہے اور $R' + r_{be}$ کو R کے برابر رکھا گیا ہے۔ یوں

$$V_1 = I_0 \left(R + \frac{1}{j\omega C} \right)$$



کھل 4.8: مراجعت - کپیٹر مرتعش RC یا

ہو گا جسے 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

$$I_2 = I_1 + I_0 = I_0 \left(2 + \frac{1}{j\omega CR} \right)$$

کے لئے $V_2 - V_1 = \frac{I_2}{j\omega C}$ چونکہ گاہو

$$\begin{aligned} V_2 &= V_1 + \frac{I_2}{j\omega C} \\ &= I_0 \left(R + \frac{1}{j\omega C} \right) + \frac{I_0}{j\omega C} \left(2 + \frac{1}{j\omega CR} \right) \\ &= I_0 \left[R + \frac{3}{j\omega C} + \frac{1}{(j\omega C)^2 R} \right] \end{aligned}$$

یوں

$$I_3 = \frac{V_2}{R} = I_0 \left[1 + \frac{3}{j\omega CR} + \frac{1}{(j\omega CR)^2} \right]$$

اور

$$\begin{aligned}
 I_4 &= I_3 + I_2 \\
 &= I_0 \left[1 + \frac{3}{j\omega CR} + \frac{1}{(j\omega CR)^2} \right] + I_0 \left[2 + \frac{1}{j\omega CR} \right] \\
 &= I_0 \left[3 + \frac{4}{j\omega CR} + \frac{1}{(j\omega CR)^2} \right]
 \end{aligned}$$

ہوں گے۔ اسی طرح

$$\begin{aligned}
 V_3 &= V_2 + \frac{I_4}{j\omega C} \\
 (4.8) \quad &= I_0 \left[R + \frac{3}{j\omega C} + \frac{1}{(j\omega C)^2 R} \right] + \frac{I_0}{j\omega C} \left[3 + \frac{4}{j\omega CR} + \frac{1}{(j\omega CR)^2} \right] \\
 &= I_0 \left[R + \frac{6}{j\omega C} + \frac{5}{(j\omega C)^2 R} + \frac{1}{(j\omega C)^3 R^2} \right]
 \end{aligned}$$

اگر ہو

$$(5.8) \quad R_c = kR$$

لیا جائے تو

$$\begin{aligned}
 I_5 &= \frac{V_3}{R_c} = \frac{V_3}{kR} \\
 &= I_0 \left[\frac{1}{k} + \frac{6}{j\omega CR k} + \frac{5}{(j\omega CR)^2 k} + \frac{1}{(j\omega CR)^3 k} \right]
 \end{aligned}$$

اور

$$\begin{aligned}
 I_6 &= I_5 + I_4 \\
 &= I_0 \left[\frac{1}{k} + \frac{6}{j\omega CR k} + \frac{5}{(j\omega CR)^2 k} + \frac{1}{(j\omega CR)^3 k} \right] \\
 &\quad + I_0 \left[3 + \frac{4}{j\omega CR} + \frac{1}{(j\omega CR)^2} \right]
 \end{aligned}$$

ہوں گے۔ چونکہ خیالی عدد $j = \sqrt{-1}$ ہوتا ہے لہذا $j^2 = -1$ اور $j^3 = -j$ ہو گا۔ اسی طرح $\frac{1}{j} = -j$ ہو گا۔ یوں

$$(6.8) \quad I_6 = I_0 \left[\frac{1}{k} + 3 - \frac{\left(\frac{5}{k} + 1\right)}{(\omega CR)^2} + j \left[\frac{1}{(\omega CR)^3 k} - \frac{\left(\frac{6}{k} + 4\right)}{\omega CR} \right] \right]$$

شکل کو دیکھتے ہوئے معلوم ہوتا ہے کہ $v_{be} = I_0 r_{be}$ اور $I_6 = -g_m v_{be}$ لہذا $I_6 = -g_m r_{be} I_0$ ہے۔ یوں $g_m r_{be} = \beta$ باب 3 میں مساوات 188.3 کے تحت ہے۔ $I_6 = -\beta I_0$ ہو گا جسے مندرجہ بالا مساوات کے استعمال سے حاصل ہے۔

$$(7.8) \quad I_0 \left[\frac{1}{k} + 3 - \frac{\left(\frac{5}{k} + 1\right)}{(\omega CR)^2} + j \left[\frac{1}{(\omega CR)^3 k} - \frac{\left(\frac{6}{k} + 4\right)}{\omega CR} \right] \right] = -\beta I_0$$

لکھا جا سکتا ہے۔

مساوات 7.8 میں مساوی نشان کے دونوں جانب کے حقیقی مقداریں آپس میں برابر ہوں گے اور اسی طرح مساوی نشان کے دونوں جانب خیالی مقداریں آپس میں برابر ہوں گے۔ یوں اس مساوات کو دو مساوات کی شکل میں لکھا جا سکتا ہے۔ خیالی مقداروں 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

$$(8.8) \quad \begin{aligned} (\omega_0 CR)^2 &= \frac{1}{6 + 4k} \\ \omega_0 &= \frac{1}{CR\sqrt{6 + 4k}} \\ f_0 &= \frac{1}{2\pi CR\sqrt{6 + 4k}} \end{aligned}$$

مراجعت - کپیٹر مرتعش مساوات 8.8 میں حاصل کردہ تعداد f_0 پر کام کرے گا۔ f_0 لکھتے وقت 0 کو زیر نوشت لکھ کر اس بات کی یاد دہانی کرائی گئی ہے کہ یہ مرتعش کی قدرتی تعداد ہے۔

مساوات 7.8 کے حقیقی مقداروں 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 8.8 کی مدد سے یوں لکھا جا سکتا ہے۔

$$(9.8) \quad \begin{aligned} -\beta &= \frac{1}{k} + 3 - \left(\frac{5}{k} + 1 \right) (6 + 4k) \\ \beta &= \frac{29}{k} + 23 + 4k \end{aligned}$$

مرتعش کو برقرار رکھنے کی خاطر حقیقت میں β کو مندرجہ بالا حاصل کئے گئے قیمت سے زیادہ رکھنا پڑتا ہے لہذا اس مساوات کو یوں لکھنا چاہئے

$$(10.8) \quad \beta > \frac{29}{k} + 23 + 4k$$

مختلف k کے لئے ٹرانزسٹر کی کم سے کم β کی قیمت اس مساوات سے حاصل کی جا سکتی ہے۔ اگر بنیادی ایمپلیفیاٹر میں استعمال ٹرانزسٹر کا β مندرجہ بالا مساوات پر پورا نہ اترے، تو اس سے بنایا گیا مراجعت - کپیٹر مرتعش کام نہیں کرے گا۔ آئیں ایسے مرتعش میں درکار ٹرانزسٹر کی کم سے کم β حاصل کریں۔ ایسا $0 = \frac{d\beta}{dk}$ لیتے ہوئے حاصل کیا جائے گا۔

$$\frac{d\beta}{dk} = -\frac{29}{k^2} + 0 + 4 = 0$$

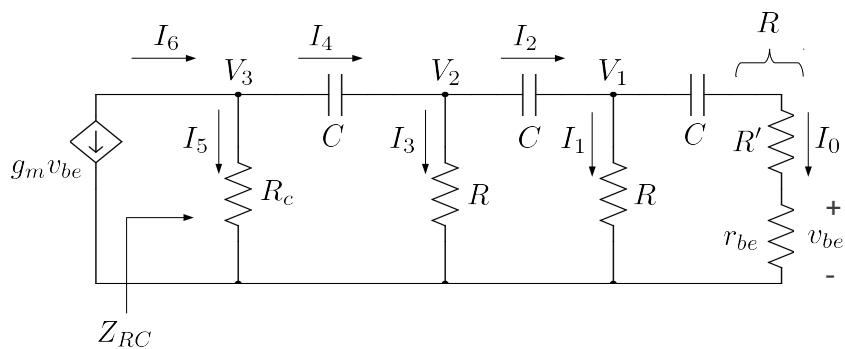
$$k = \frac{\sqrt{29}}{2} = 2.69$$

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 مراجعت - کپیٹر مرتعش ایسے ٹرانزسٹر سے بنایا جا سکتا ہے جس کے β کی قیمت 44.5 سے زیادہ ہو۔ مرتعش ہر وقت اپنی قدرتی تعداد پر

natural frequency⁶

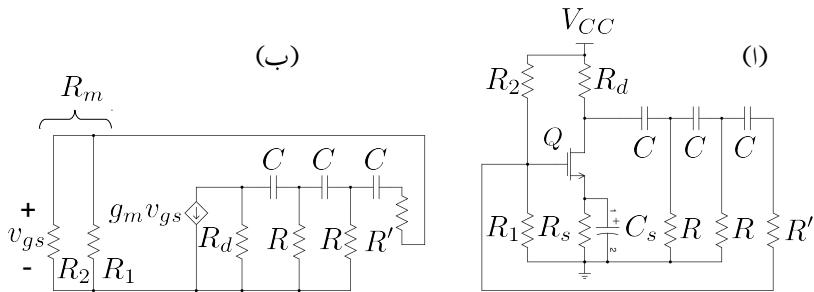


شکل 5.8: مزاحمت-کپیسٹر مرتعش کی مساوات کا حصول

ارتعاش کرتا ہے۔ یوں واپس کار کے کپیسٹر کی برقی رکاوٹ $\frac{j}{\omega_0 C}$ کو مساوات 8.8 کی مدد سے $-jR\sqrt{6+4k}$ لکھا جا سکتا ہے۔ اس نتیجے کے مطابق اس برقی رکاوٹ کی قیمت C کے بجائے مزاحمت R پر منحصر ہے۔ شکل 5.8 میں برقی رکاوٹ Z_{RC} کی نشاندہی کی گئی ہے جو ٹرانزیستر پر بطور برقی بوجھ لدا ہے۔ یوں Z_{RC} کی قیمت بھی C پر منحصر نہیں ہو گی۔ اگرچہ واپس کار کے کسی بھی مزاحمت یا کپیسٹر کو تبدیل کرتے ہوئے اس مرتعش کی قدرتی تعدد تبدیل کی جاسکتی ہے، حقیقت میں عموماً وتح حدود کے درمیان تعدد تبدیل کرنے کی خاطر ٹینیوں کپیسٹروں کو ایک ساتھ برابر تبدیل کیا جاتا ہے۔ ٹینیوں کپیسٹر یوں تبدیل کرنے سے Z_{RC} ، جو کہ بنیادی ایکپلینائر کا بوجھ ہے، تبدیل نہیں ہوتا اور یوں ارتعاشی لہر کا جیٹے بھی تبدیل نہیں ہوتا۔ یہ مرتعش چند ہرٹز Hz سے کئی سو کلو ہرٹز kHz تک کے ارتعاش پیدا کرنے کے لئے استعمال کیا جاتا ہے۔ میگا ہرٹز MHz کے حدود میں اسے دیگر اقسام کے امالہ-کپیسٹر LC مرتعشوں پر فوقیت حاصل نہیں۔

آئیں اب Z_{RC} کی اصل قیمت حاصل کریں۔ شکل سے ظاہر ہے کہ

$$Z_{RC} = \frac{V_3}{I_6}$$



کل 6.8: مراجعت - پیٹر اسٹر مر توش

کے برابر ہے۔ مساوات 4.8 اور مساوات 6.8 کی مدد سے

$$Z_{RC} = \frac{I_0 \left(R + \frac{6}{j\omega C} + \frac{5}{(j\omega C)^2 R} + \frac{1}{(j\omega C)^3 R^2} \right)}{I_0 \left(\frac{1}{k} + 3 - \frac{\left(\frac{5}{k}+1\right)}{(\omega CR)^2} + j \left[\frac{1}{(\omega CR)^3 k} - \frac{\left(\frac{6}{k}+4\right)}{\omega CR} \right] \right)}$$

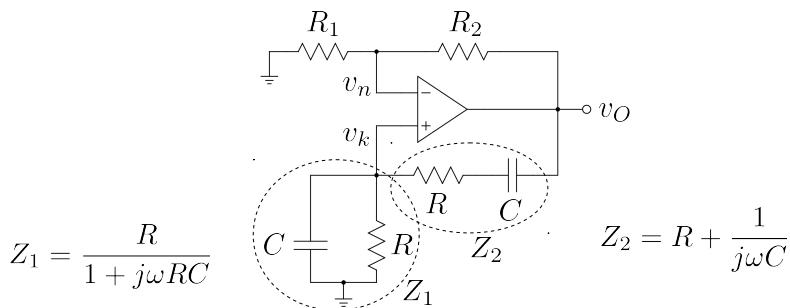
مساوات 8.8 میں دئے ω کی قیمت اس مساوات میں استعمال کرتے ہوئے

$$Z_{RC} = \frac{R + \frac{6CR\sqrt{6+4k}}{jC} + \frac{5(CR\sqrt{6+4k})^2}{(jC)^2 R} + \frac{(CR\sqrt{6+4k})^3}{(jC)^3 R^2}}{\frac{1}{k} + 3 - \frac{\left(\frac{5}{k}+1\right)(CR\sqrt{6+4k})^2}{(CR)^2} + j \left[\frac{(CR\sqrt{6+4k})^3}{(CR)^3 k} - \frac{\left(\frac{6}{k}+4\right)(CR\sqrt{6+4k})}{CR} \right]} \\ = \frac{-R \left[1 + \frac{6\sqrt{6+4k}}{j} + \frac{5(\sqrt{6+4k})^2}{(j)^2} + \frac{(\sqrt{6+4k})^3}{(j)^3} \right]}{\frac{29}{k} + 23 + 4k}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اگر β مساوات 9.8 کے مطابق ہو تو

$$(11.8) \quad Z_{RC} = \frac{R}{\beta} \left[29 + 20k - j4k\sqrt{6+4k} \right]$$

حاصل ہوتا ہے۔



شكل 7.8: وائے مرتعش

شكل 6.8 الف میں ماسفیٹ سے RC مرتعش کا حصول دکھایا گیا ہے۔ شکل ب میں اسی کا مساوی دور دکھایا گیا ہے۔ جیسے آپ دیکھ سکتے ہیں یہ بالکل دو جوڑ ٹرانزسٹر کے دور کے طرح کا ہی ہے۔ حقیق دور میں R' کے استعمال کی ضرورت نہیں ہوتی چونکہ R_1 اور R_2 کو یوں رکھنا ممکن ہو گا کہ یہ ماسفیٹ کو یک سمتی مائل کرنے کے ساتھ ساتھ $R = R_m$ کے شرط کو بھی پورا کرے جہاں $R_m = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$ کے برابر ہے۔

3.8 وائے مرتعش

شكل 7.8 میں وائے مرتعش⁷ دکھایا گیا ہے۔ وائے مرتعش⁸ پر پہلے بغیر حل کئے غور کرتے ہیں۔

آپ جانتے ہیں کہ یک سمتی رو پر کپیسٹر کھلے سرے کردار ادا کرتا ہے۔ یوں اگر v_O برقرار کسی ثابت برقی رو پر رہے تب Z_2 کھلے سرے کردار ادا کرے گا جبکہ Z_1 مراحت 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 حسابی ایکلیفیٹر کے ثابت خارجی برقی دباؤ v_O سے $v_n = \frac{R_1 v_O}{R_1 + R_2}$ پیدا کریں گے جو کہ ثابت برقی دباؤ ہو گا۔ ایسی صورت میں $v_n > v_k$ ہے اور حسابی ایکلیفیٹر

Wien bridge oscillator⁷

⁸ اس مرتعش کو میکس وائے نے دریافت کیا۔

کا خارجی اشارہ v_O برقرار ثبت نہیں رہ سکتا اور یہ جلد از جلد منفی ہونے کی کوشش کرے گا۔ آئین اب تصور کریں کہ v_O برقرار کسی منفی برقی دباؤ پر رہتا ہے۔ اس مرتبہ بھی $v_k = 0$ ہی حاصل ہوتا ہے البتہ v_O کی صورت میں $v_n = \frac{R_1 v_O}{R_1 + R_2}$ بھی منفی برقی دباؤ ہو گا اور یوں $v_k > v_n$ ہو گا۔ ایسی صورت میں حسالی ایمپلیفیگر کا خارجی اشارہ برقرار منفی نہیں رہ سکتا اور یہ جلد ثبت ہونے کی کوشش کرے گا۔ مندرجہ بالا تصریح سے یہ حقیقت اجاگر ہوئی کہ v_O برقرار نہ ثبت اور نا ہی منفی برقی دباؤ پر ٹھر سکتا ہے بلکہ یہ ارتعاش پذیر رہتا ہے۔

اگر $v_O = 0$ تصور کیا جائے تب $v_k = v_n = 0$ ہی حاصل ہوتے ہیں اور v_O برقرار برقی زمین پر ہی رہے گا۔ یہ صورت حال نا پائیدار ہے۔ برقی ادوار میں مسلسل برقی شور پایا جاتا ہے جس کی وجہ سے کسی بھی مقام پر پائے جانے والے برقی دباؤ میں لمحہ با لمحہ باریک تبدیلیاں پیدا ہوتی ہیں۔ یوں v_k اور v_n زیادہ دیر مکمل طور پر برابر برقی دباؤ پر نہیں رہ سکتے اور جلد ہی لحاظی طور پر $v_k > v_n$ اور یا $v_k < v_n$ ہو جائے گا۔ ایسا ہوتے ہی v_O حرکت میں آئے گا اور دور ارتعاش پذیر ہو جائے گا۔ آئین اب وائے مرتعش کا تخلیقی تجزیہ کریں

وائے مرتعش کو دیکھتے ہوئے ہم لکھ سکتے ہیں۔

$$(12.8) \quad v_n = \left(\frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) v_O$$

$$v_k = \left(\frac{Z_1}{Z_1 + Z_2} \right) v_O$$

جہاں

$$(13.8) \quad Z_1 = \frac{R}{1 + j\omega RC}$$

$$Z_2 = R + \frac{1}{j\omega C}$$

$$= \frac{1 + j\omega RC}{j\omega C}$$

کے برابر ہیں۔ مساوات 13.8 کو مساوات 12.8 میں پُر کرتے ہوئے اور $v_k = v_n$ 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

$$\begin{aligned} \frac{R_1}{R_1 + R_2} &= \frac{j\omega RC}{j\omega RC + (1 + j\omega RC)^2} \\ &= \frac{j\omega RC}{j3\omega RC + 1 - \omega^2 R^2 C^2} \end{aligned}$$

یعنی

$$(14.8) \quad R_1 \left[j3\omega RC + 1 - \omega^2 R^2 C^2 \right] = j\omega RC (R_1 + R_2)$$

ملتا ہے۔ اس مساوات کے حقیقی اور خیالی اجزاء علیحدہ کرتے ہوئے

$$\begin{aligned} R_1 \left(1 - \omega^2 R^2 C^2 \right) &= 0 \\ j3\omega RCR_1 &= j\omega RC (R_1 + R_2) \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے جس سے

$$(15.8) \quad \begin{aligned} \omega &= \omega_0 = \frac{1}{RC} \\ R_2 &= 2R_1 \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے۔ مساوات 15.8 وائے مرتعش کے شرائط بیان کرتے ہیں۔ ان شرائط کے مطابق وائے مرتعش کی قدرتی تعداد $\frac{1}{RC}$ کے برابر ہے اور یہ اس وقت ارتعاش کرے گا جب R_2 کی قیمت R_1 کے دو گناہ ہو۔

وائے مرتعش کو ثابت حابی ایمپلیکیٹر تصور کیا جا سکتا ہے جہاں v_k اس کا داخلي اشارہ جبکہ $A_v = \frac{R_1+R_2}{R_1}$ اس کی افراش $A_v = 2R_1$ ہے اور $R_2 = 3\frac{V}{V}$ کی صورت میں $A_v = 3\frac{V}{V}$ کے برابر ہو گا۔ اس قیمت سے کم افراش پر مرتعش ارتعاش پذیر نہ ہو پائے گا۔ مستعمل مرتعش کے لئے ضروری ہے کہ افراش اس قیمت سے قدر زیادہ ہو۔ یوں حقیقت میں $R_2 > 2R_1$ ہونا

ضروری ہے۔ اگر R_2 کی قیمت $2R_1$ سے ذرہ سی زیادہ ہو تو مرتعش سائی نما لہر خارج کرتا ہے البتہ $R_2 \gg 2R_1$ کی صورت میں A_v کی قیمت بہت بڑھ جاتی ہے اور مرتعش مستطیل لہر خارج کرتا ہے۔

4.8 nJFET پر بنی امالہ - کپیٹر LC ہمسُر مربع

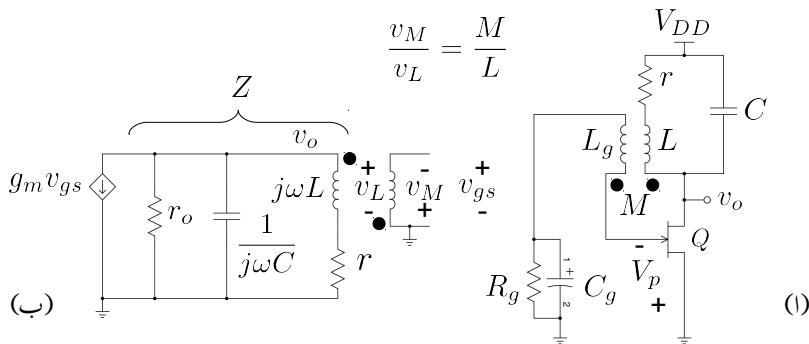
مزاحمت-کپیٹر مرتعش میں RC کی کٹیاں جوڑ کر لہر کے زاویے میں 180 کی تبدیلی پیدا کی گئی۔ اس حصے میں مشترکہ امالہ (یعنی ٹرانسفارمر) کے استعمال سے 180 کی تبدیلی حاصل کی جائے گی۔ شکل 8.8 میں L اور L_g کو قریب قریب رکھ کر مشترکہ امالہ M حاصل کیا گیا ہے۔ اس مرتعش کی کارکردگی سمجھنے کی خاطر تصور کریں کہ ماسفیٹ میں ω_0 تعدد کی برقی روپاً جاتی ہے جس کی وجہ سے اس پر نسب LC پر اسی تعدد کی برقی دباؤ پیدا ہو گی۔ مشترکہ امالہ کی وجہ سے اس برقی دباؤ کا کچھ حصہ L_g پر نمودار ہوتے ہوئے ماسفیٹ کو چلائے گا۔ یوں گیٹ پر برقی دباؤ سے LC پر برقی دباؤ پیدا ہوتا ہے اور LC پر برقی دباؤ کی وجہ سے گیٹ پر برقی دباؤ پیدا ہوتا ہے۔ یہ ناختم ہونے والا سلسلہ یوں برقرار رہے گا۔ آئیں اب اس مرتعش پر تحلیلی بحث کریں۔

گا۔ اس صورت میں اگر L پر برقی دباؤ v_L پایا جائے تو L_g پر مشترکہ امالہ M کی وجہ سے v_M پیدا ہو گا جہاں

$$(16.8) \quad \frac{v_M}{v_L} = \frac{M}{L}$$

کے برابر ہو گا۔ مشترکہ امالہ میں برقی طاقت کے ضیاء کو مزاحمت r سے ظاہر کیا گیا ہے۔ مشترکہ امالہ میں نقطوں سے ہم زاویہ سرے دکھائے جاتے ہیں۔ یوں اگر L پر برقی دباؤ کا مشت سرا نقطے کی جانب ہو تو L_g پر بھی برقی دباؤ کا مشت سرا نقطے کی جانب ہو گا۔ شکل سے واضح ہے کہ $v_M = -v_{gs}$ کے برابر ہے۔ یوں

$$(17.8) \quad v_{gs} = -\left(\frac{M}{L}\right)v_L$$



شکل 8.8: امالہ۔ کمیٹر مر توش

وہ گا۔

شکل ب میں لکھا جا سکتا ہے $g_m v_{gs} = -\frac{v_o}{Z}$ اور اب $v_o = -g_m v_{gs} Z$ جہاں

$$\frac{1}{Z} = \frac{1}{r_o} + j\omega C + \frac{1}{r + j\omega L}$$

کے برابر ہے۔ یوں

$$(18.8) \quad g_m v_{gs} = - \left(\frac{1}{r_o} + j\omega C + \frac{1}{r + j\omega L} \right) v_o$$

اوہ L سلسلہ وار چڑے ہیں اور یوں ہو گا۔

$$(19.8) \quad v_L = \left(\frac{j\omega L}{r + j\omega L} \right) v_o$$

کے برابر ہے۔ یوں مساوات 17.8 کو

$$(20.8) \quad v_{gs} = - \left(\frac{M}{L} \right) \left(\frac{j\omega L}{r + j\omega L} \right) v_o$$

اوہ مساوات 18.8 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 $(r + j\omega L)$ سے ضرب دیتے ہیں۔

$$(21.8) \quad j\omega Mg_m = \frac{r + j\omega L}{r_o} + j\omega C(r + j\omega L) + 1 \\ = \frac{r}{r_o} + \frac{j\omega L}{r_o} + j\omega Cr - \omega^2 LC + 1$$

اس مساوات میں حقیقی اور خیالی جزو علیحدہ کے جا سکتے ہیں۔ حقیقی جزو حل کرتے قدرتی تعدد ω_0 کی قیمت حاصل ہوتی ہے

$$(22.8) \quad \frac{r}{r_o} - \omega_0^2 LC + 1 = 0 \\ \omega_0 = \sqrt{\frac{1}{LC} \left(\frac{r}{r_o} + 1 \right)}$$

حقیقت میں مشترکہ امالہ کی مزاحمت r کی قیمت ماسفیٹ کے مزاحمت r_o سے نہایت کم ہوتی ہے یعنی $r \ll r_o$ ہوتا ہے۔ یوں مندرجہ بالا مساوات کے مطابق قدرتی تعدد کی قیمت تقریباً LC کی قدرتی تعدد کے برابر ہوتی ہے یعنی

$$(23.8) \quad \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

جہاں تقریباً کی گگہ برابر کا نشان استعمال کیا گیا ہے۔ اس اتفاقی اور دلچسپ نتیجے کے مطابق یہ مرتعش متوازی جڑے LC کی قدرتی گلکھ تعداد پر ارتعاش کرتا ہے۔ اسی نتیجے کی بنا پر اس مرتعش کو LC ہمسُر مرتعش¹⁰ کہا جاتا ہے۔ اس مرتعش کی تعداد کپیٹر C کی قیمت تبدیل کرتے ہوئے تبدیل کی جا سکتی ہے۔

مساوات 21.8 میں خیالی جزو حل کرتے ہوئے کم سے کم g_m کی قیمت حاصل ہوتی ہے یعنی

$$(24.8) \quad \omega Mg_m = \frac{\omega L}{r_o} + \omega Cr \\ g_m = \frac{1}{M} \left(\frac{L}{r_o} + Cr \right)$$

resonant frequency⁹
LC tuned oscillator¹⁰

r کو نظر انداز کرتے ہوئے ہم دیکھتے ہیں کہ مرتعش ω_0 پر ارتعاش کرے گا۔ ω_0 پر متوازی جڑے LC کی برقی رکاوٹ لامددوں ہو گی اور بنیادی ایمپلینیٹر کے لئے ہم

$$v_0 = -g_m v_{gs} r_0$$

لکھ سکتے ہیں۔ یوں

$$A_v = \frac{v_0}{v_{gs}} = -g_m r_0$$

ہو گا۔ لامددوں بوجھ پر افزائش کی حتیٰ قیمت کو μ لکھتے ہوئے یعنی $\mu = g_m r_0$ لیتے ہوئے مساوات 24.8 میں r_0 کی جگہ $\frac{\mu}{g_m}$ لکھتے ہوئے حل کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned} g_m M &= \frac{L}{r_0} + Cr \\ g_m M &= \frac{L g_m}{\mu} + Cr \\ g_m &= \frac{\mu Cr}{\mu M - L} \end{aligned}$$

حقیقی مرتعش کی g_m اس سے زیادہ ہو گی۔

1.4.8 خود-مائکل دور

شکل 8.8 میں $nJFET$ کے مائل ہونے پر غور کرتے ہیں۔ تصور کریں کہ مرتعش ارتعاش پذیر ہے۔ یوں مشترکہ امالہ کی وجہ سے گیٹ پر سائن نما برقی دباؤ $V_p \sin \omega t$ پایا جائے گا۔ $nJFET$ کے گیٹ پر جب بھی ثبت برقی دباؤ لاگو کی جائے یہ کسی بھی ڈائیوڈ کی طرح سیدھا مائل ہو جاتا ہے۔ گیٹ کا ڈائیوڈ، کپیسٹر C_g اور مزاحمت R_g بطور چوٹی حاصل کار کردار ادا کرتے ہیں جس پر حصہ 4.2 میں تفصیلاً غور کیا گیا ہے۔ یوں کپیسٹر C_g پر برقی دباؤ، گیٹ پر پائے جانے والے سائن نما لہر کے چوٹی برابر ہو جائے گا یعنی اس پر V_p برقی دباؤ پایا جائے گا۔ جیسا شکل میں دکھایا گیا ہے، کپیسٹر پر برقی دباؤ کا ثبت سرا برقی زمین کے ساتھ جڑا ہے۔ یوں گیٹ پر $-V_p$ برقی دباؤ پایا 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

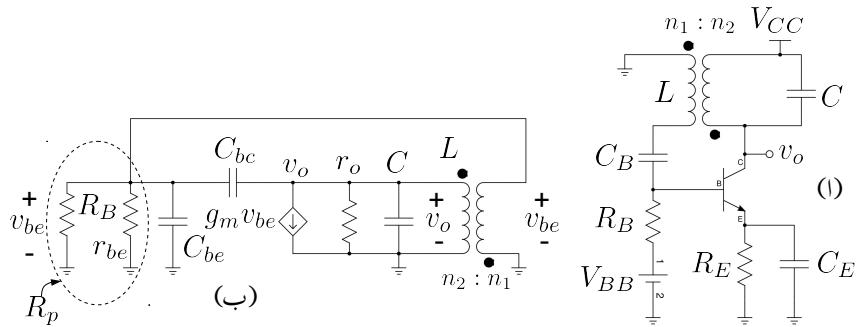
پر برتنی دباؤ برقرار رہے۔ ایسا کرنے کی خاطر $\frac{1}{f} \gg R_g C_g$ رکھا جاتا ہے جہاں f لہر کی تعداد ہے۔ اس مرتعش کی تعدد حاصل کرتے وقت تصور کیا گیا تھا کہ گیٹ پر برتنی رو کا گزر ممکن نہیں۔ یہاں ہم دیکھتے ہیں کہ $nJFET$ کو مائل کرنے کی خاطر گیٹ کے ڈائیوڈ کا سیدھا مائل ہونا لازم ہے۔ چونکہ لہر کی چوٹی پر نہایت کم دورانیہ کے لئے گیٹ سیدھا مائل ہوتا ہے جبکہ بقیا تمام وقت یہ الٹ مائل رہتا ہے لہذا گیٹ کو کھلے سرے تصور کیا جا سکتا ہے۔

جس لمحہ مرتعش کو برتنی طاقت V_{DD} مہیا کیا جائے اس لمحہ C_g پر صفر برتنی دباؤ پایا جاتا ہے۔ یوں $nJFET$ میں i_{DS} زیادہ گزرنے دیتا ہے جس سے اس کی g_m کی قیمت بھی زیادہ ہوتی ہے۔ زیادہ g_m کی وجہ سے دور کا ارتقاش پذیر ہونا ممکن ہوتا ہے۔ تصور کریں کہ ایسا ہی ہوتا ہے۔ g_m کی زیادہ قیمت کی وجہ سے ارتعاشی لہر کا جیط بڑھتا جاتا ہے جس سے C_g پر برتنی دباؤ V_p بھی بڑھتا جاتا ہے جو کہ گیٹ کو زیادہ سے زیادہ منفی کرتے ہوئے i_{DS} کی قیمت کو کم کرتا ہے۔ کم i_{DS} کی وجہ سے g_m کی قیمت بھی کم ہوتی ہے۔ آخر کار دور ایسی توازن اختیار کر لیتا ہے جہاں ارتعاشی لہر کا جیط برقرار رہتا ہے۔

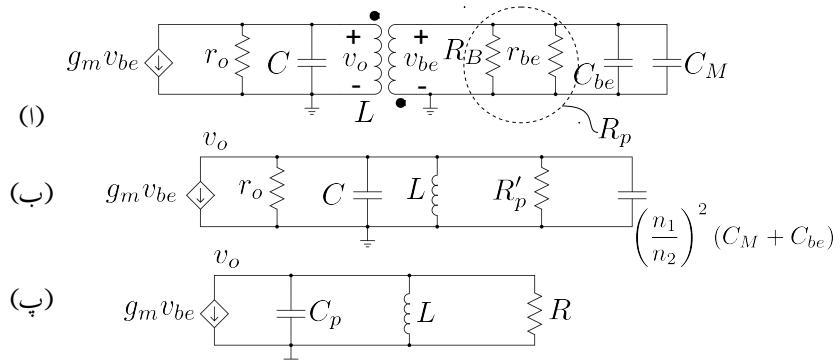
5.8 ٹرانزسٹر ہمسر مرتعش

حصہ 4.8 میں $nJFET$ کا کم تعددی ریاضی نمونہ استعمال کرتے ہوئے مرتعش کو حل کرنا دکھایا گیا جس میں ٹرانسفارمر کو بطورِ مشترکہ الالہ تصور کیا گیا۔ اس حصے میں دو جوڑ ٹرانزسٹر کا بلند تعددی ریاضی نمونہ اور ٹرانسفارمر کے مساوات استعمال کرتے ہوئے ہمسر مرتعش¹¹ کا حل دکھایا جائے گا۔ ظاہر ہے کہ فیٹ پر بنی مرتعش کو کبھی اسی طرح حل کیا جا سکتا ہے۔ بلند تعدد پر ٹرانزسٹر (یا فیٹ) کے بلند تعدد ریاضی نمونہ ہی سے درست جوابات حاصل ہوتے ہیں لہذا بلند تعدد پر چلنے والے مرتعش کو حل کرتے ہوئے ٹرانزسٹر (یا فیٹ) کا بلند تعدد ریاضی نمونہ استعمال کرنا ضروری ہے۔ شکل 9.8 الف میں ٹرانزسٹر ہمسر مرتعش دکھایا گیا ہے۔ ٹرانزسٹر کا بلند تعددی ریاضی نمونہ استعمال کرتے ہوئے شکل ب میں اسی کا مساوی دور دکھایا گیا ہے جس میں C_E اور C_B کو لامحدود تصور کیا گیا ہے۔ مسئلہ ملر¹² کی مدد

tuned oscillator¹¹
Miller theorem¹²



شکل ۸.۸: تراز سر هم‌مرتعش



شکل ۱۰.۸: تراز سر هم‌مرتعش کا باریک اشاراتی مساوی دور

سے C_{bc} کا مساوی مل کپیسٹر C_M استعمال کرتے ہیں۔ یوں C_{be} اور C_M متوازی جڑ جاتے ہیں۔ شکل 10.8 الف میں ایسا دکھایا گیا ہے جہاں شکل کو قدر بہتر طرز پر بنایا گیا ہے۔ ٹرانسفارمر کے n_1 جانب برقی رکاوٹ کا n_2 جانب عکس لیتے ہیں۔ ایسا کرتے وقت برقی رکاوٹ کو $\left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2$ سے ضرب دیا جاتا ہے۔ یوں متوازی جڑے مزاحمت r_{be} اور R_B کو R_p کو لکھتے ہوئے ٹرانسفارمر کی دوسری جانب منتقل کرتے R'_p حاصل ہوتا ہے جہاں

$$R'_p = \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 R_p$$

کے برابر ہے۔ اور $C_{be} + C_M$ اور C_M کا مجموعہ ان کا مجموعہ ہے۔ اس کا عکس رکاوٹ کے برابر ہے۔ اس کا عکس

$$\left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 \times \frac{1}{j\omega(C_{be} + C_M)}$$

ہو گا جس کو

$$\frac{1}{j\omega \left[\frac{n_1^2}{n_2^2} (C_{be} + C_M) \right]}$$

لکھا جا سکتا ہے۔ یوں $C_{be} + C_M$ کا عکس

$$\left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 (C_{be} + C_M)$$

حاصل ہوتا ہے ہے جو C کے متوازی پایا جاتا ہے۔ ان تمام متوازی جڑے کپیسٹروں کو C_p کھلا گیا ہے جہاں

$$C_p = C + \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 (C_{be} + C_M)$$

کے برابر ہے۔ اسی طرح متوازی جڑے r_o اور R'_p کے مجموعے کو R لکھا جا سکتا ہے۔ ایسا کرتے ہوئے شکل ب سے شکل پ پ حاصل ہوتا ہے۔

شکل پ کو حل کرتے ہیں جس میں

$$\frac{1}{Z} = j\omega C_p + \frac{1}{j\omega L} + \frac{1}{R}$$

لکھا جا سکتا ہے - یوں $-g_m v_{be} = \frac{v_o}{Z}$ کے برابر ہو گا یعنی

$$(25.8) \quad -g_m v_{be} = \left(j\omega C_p + \frac{1}{j\omega L} + \frac{1}{R} \right) v_o$$

ٹرانسفارمر کے دو جانب برقی دباؤ کی شرح ان دو جانب پچھوں کے چکر کی شرح کے برابر ہوتا ہے۔ مزید اگر ایک جانب برقی دباؤ کا ثابت سرا ٹرانسفارمر کی علامت پر دکھائے نقطے کی طرف ہو تو دوسری جانب بھی برقی دباؤ کا ثابت سرا 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 مخفی کی علامت اس بات کو دکھلاتا ہے کہ ہم نے ٹرانسفارمر کے ایک جانب v_o کا ثابت سرا نقطے کی جانب جبکہ دوسری جانب v_{be} کا ثابت سرا بغیر نقطے کی طرف رکھا ہے۔ ایسا کرنے سے اشارے میں 180 کی تبدیلی پیدا کی جاتی ہے جو کہ RC مرتعش میں تین کڑی RC سے حاصل کی گئی تھی۔

یوں مساوات 25.8 سے حاصل ہوتا ہے

$$\begin{aligned} g_m \left(\frac{n_1}{n_2} \right) v_o &= \left(j\omega C_p + \frac{1}{j\omega L} + \frac{1}{R} \right) v_o \\ g_m \left(\frac{n_1}{n_2} \right) &= \left(j\omega C_p + \frac{1}{j\omega L} + \frac{1}{R} \right) \end{aligned}$$

اس مساوات کے خیالی اور حقیقی جزو علیحدہ کرتے ہیں۔ خیالی جزو سے حاصل ہوتا ہے

$$(26.8) \quad \omega_o = \frac{1}{\sqrt{LC_p}} = \frac{1}{\sqrt{L \left[C + \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^2 (C_{be} + C_M) \right]}}$$

جبکہ حقیقی جزو سے

$$g_m \left(\frac{n_1}{n_2} \right) = \frac{1}{R} = \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^2 \times \frac{1}{R_p} + \frac{1}{r_o}$$

لکھا جا سکتا ہے۔ r_o کی قیمت نسبتاً بہت زیادہ ہوتی ہے لہذا $\frac{1}{r_o}$ کو نظر انداز کرتے ہوئے

$$g_m R_p = \frac{n_1}{n_2}$$

حاصل ہوتا ہے۔ چونکہ R_B کی قیمت r_{be} کے مقابلے سے کئی 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 $\beta = g_m r_{be}$ کے استعمال سے

$$(27.8) \quad \beta = \frac{n_1}{n_2}$$

حاصل ہوتا ہے۔

قدرتی تعداد ω_0 پر متوازی جڑے L اور C_p کی برقی رکاوٹ لا محدود ہوتی ہے لہذا
شکل 10.8 پ میں

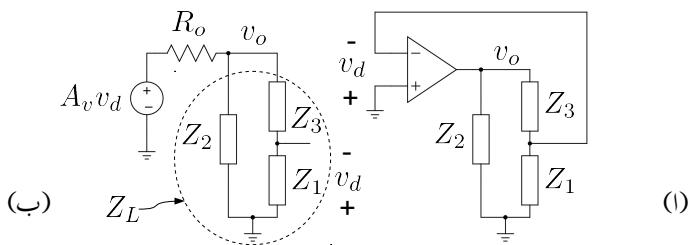
$$(28.8) \quad A_v = \frac{v_o}{v_{be}} = -g_m R$$

کے برابر ہو گا۔ یوں ملر کپیسٹر

$$C_M = C_{bc} (1 + g_m R)$$

کے برابر ہو گا۔

چونکہ $1 \gg \beta$ ہوتا ہے لہذا $1 \gg \frac{n_1}{n_2}$ ہو گا۔ اگر β کی قیمت $\frac{n_1}{n_2}$ سے معمولی زیادہ ہو
تب مرتعش سائنس نما لہر خارج کرتا ہے۔ $\gg \frac{n_1}{n_2}$ کی صورت میں ٹرانزسٹر غیر خطی خطي
میں داخلی ہو گا اور یہ مستطیل برقی رو پیدا کرے گا البتہ L اور C_p اپنی قدرتی گنجی
تعداد ω_0 پر ارتقاش کرتے ہیں لہذا مرتعش سائنس نما برقی دباؤ v_0 ہی خارج کرے گا۔



شکل 11.8: عمومی مرتعش

6.8 عمومی مرتعش

شکل 11.8 الف میں عمومی مرتعش دکھایا گیا ہے۔ کسی قسم کے مرتعش اس عمومی طرز پر بنائے جاتے ہیں جہاں بنیادی ایمپلیفیاٹر کسی بھی قسم کا ہو سکتا ہے مسئللاً حسابی ایمپلیفیاٹر، دو جوڑ ٹرانزسٹر یا فیٹ پر بنی ایمپلیفیاٹر وغیرہ۔ اس حصے میں بنیادی ایمپلیفیاٹر کے داخلی مزاحمت کو لامحدود تصور کیا گیا ہے۔ ایسا فیٹ پر بنی ایمپلیفیاٹر یا حسابی ایمپلیفیاٹر کے استعمال سے ممکن ہے۔ شکل ب میں ایمپلیفیاٹر کا تھوونن مساوی دور استعمال کیا گیا ہے جہاں ایمپلیفیاٹر کے خارجی مزاحمت کو R_o لکھا گیا ہے۔ شکل ب 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

$$(29.8) \quad v_o = A_v v_d \left(\frac{Z_L}{R_o + Z_L} \right)$$

کے برابر ہو گا۔ مزید یہ کہ Z_1 اور Z_3 تصور کرتے ہوئے

$$(30.8) \quad v_d = - \left(\frac{Z_1}{Z_1 + Z_3} \right) v_o$$

حاصل ہوتا ہے۔ اس طرح مساوات 29.8 سے

$$(31.8) \quad v_o = A_v \left(\frac{-Z_1}{Z_1 + Z_3} \right) v_o \left(\frac{\frac{Z_2(Z_1+Z_3)}{Z_1+Z_2+Z_3}}{R_o + \frac{Z_2(Z_1+Z_3)}{Z_1+Z_2+Z_3}} \right)$$

$$1 = \frac{-A_v Z_1 Z_2}{R_o (Z_1 + Z_2 + Z_3) + Z_2 (Z_1 + Z_3)}$$

حاصل ہوتا ہے۔

اس مرتعش میں $Z = j\omega L$ برقی رکاوٹ کو ظاہر کرتا ہے یوں امالة کی صورت میں L ہو گا جبکہ کپیسٹر کی صورت میں $Z = -\frac{j}{\omega C}$ ہو گا۔ تم ωL کو X_L جبکہ $\frac{1}{\omega C}$ کو X_C لکھتے ہوئے $Z = jX$ لکھ سکتے ہیں جہاں ثبت X امالة کو ظاہر کرے گا جبکہ منفی X کپیسٹر کو ظاہر کرے گا۔ اس طرح مساوات 31.8 کو یوں لکھا جا سکتا ہے۔

$$(32.8) \quad 1 = \frac{-A_v j X_1 j X_2}{R_o (j X_1 + j X_2 + j X_3) + j X_2 (j X_1 + j X_3)}$$

$$1 = \frac{A_v X_1 X_2}{j R_o (X_1 + X_2 + X_3) - X_2 (X_1 + X_3)}$$

اس مساوات کے باہمیں ہاتھ صرف حقیقی مقداریں جبکہ اس کے دایکنیں 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 باہمیں ہاتھ خیالی مقداریں نہیں پائے جاتے لہذا دایکنیں جانب خیالی مقداروں کی قیمت صفر ہو گی یعنی

$$(33.8) \quad X_1 + X_2 + X_3 = 0$$

اور یوں مساوات 32.8 مندرجہ 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 33.8 سے $X_1 + X_3 = -X_2$ حاصل ہوتا ہے جسے مندرجہ بالا مساوات میں استعمال کرتے ہوئے

$$1 = \frac{A_v X_1}{X_2}$$

یعنی

$$(34.8) \quad A_v = \frac{X_2}{X_1}$$

دیتا ہے۔ مساوات 34.8 مرتعش کی درکار A_v دیتا ہے۔ حقیقت میں A_v اس قیمت سے زیادہ رکھا جائے گا۔ اس مساوات میں A_v ثابت قیمت رکھتا ہے لہذا مساوی نشان کے دونوں جانب ثابت قیمتیں تب ممکن ہیں جب X_1 اور X_2 کی قیمتیں بھی یا تو دونوں ثابت ہوں اور یا پھر دونوں مخفی ہوں۔ یعنی یا یہ دونوں الالہ ہوں یا پھر دونوں کپیسٹر۔ چونکہ مساوات 33.8 کے تحت $X_1 + X_2 = -X_3$ ہو گا لہذا اگر X_2 دونوں الالہ ہوں تب X_3 کپیسٹر ہو گا اور ایسی صورت میں مرتعش کو ہارٹلے مرتعش¹³ پکارتے ہیں اور اگر X_1 اور X_2 دونوں کپیسٹر ہوں تب X_3 الالہ ہو گا اور ایسی صورت میں اسے کالپٹھ مرتعش¹⁴ پکارا جاتا ہے۔¹⁵

اگر X_1 اور X_2 دونوں الالہ ہوں تب مساوات 33.8 کو

$$j\omega L_1 + j\omega L_2 - \frac{j}{\omega C_3} = 0$$

لکھا جا سکتا ہے جس سے

$$(35.8) \quad \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{(L_1 + L_2)C}}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اسی طرح اگر X_1 اور X_2 کپیسٹر ہوں تب مساوات 33.8 کو

$$-\frac{j}{\omega C_1} - \frac{1}{\omega C_2} + j\omega L_3 = 0$$

لکھا جا سکتا ہے جس سے

$$(36.8) \quad \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

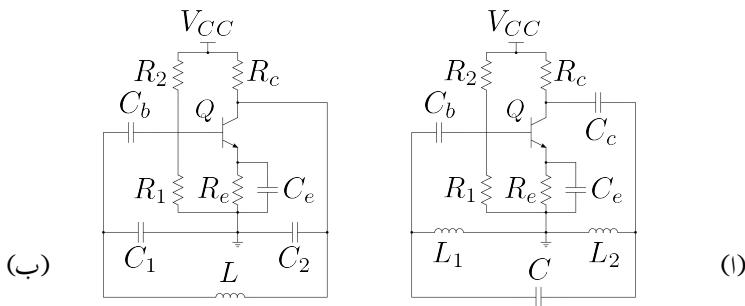
حاصل ہوتا ہے جہاں

$$(37.8) \quad C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$$

یعنی C_1 اور C_2 کی سلسلہ وار جڑی کل کپیسٹر ہے۔

Hartley oscillator¹³
Colpitts oscillator¹⁴

¹⁵ رائف ہارٹلے نے ہارٹلے مرتعش بجھہ ایڈن ہنزی کا لیش نے کالپٹھ مرتعش کا دور دریافت کیا۔



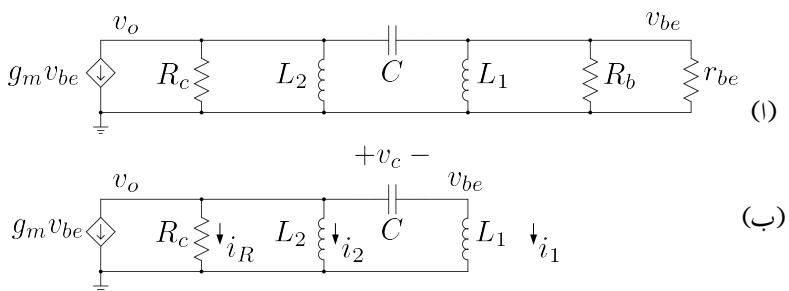
شکل 12.8: ٹرانزسٹر پر مبنی ہارٹلے اور کالپیٹس مرتعش

7.8 ہارٹلے اور کالپیٹس مرتعش

شکل 12.8 میں ٹرانزسٹر ایمپلیفیائر استعمال کرتے ہوئے ہارٹلے اور کالپیٹس مرتعش بنائے گئے ہیں۔ شکل الف میں واپس کار یعنی L_1 اور L_2 اور C کی شمولیت سے بنیادی ایمپلیفیائر مرتعش میں تبدیل ہو جاتا ہے۔ شکل 11.8 کے ساتھ موازنہ کرنے سے آپ دیکھ سکتے ہیں کہ L_1 دراصل X_1 ہے، L_2 دراصل X_2 ہے جبکہ C دراصل X_3 ہے۔ C_b - C_e اور C_c اس بات کو یقینی بناتے ہیں کہ واپس کار کی شمولیت سے بنیادی ایمپلیفیائر کے نقطہ مائل پر کوئی اثر نہیں ہو گا۔ شکل ب میں C_c کی ضرورت نہیں چونکہ C_1 ، C_2 اور C_b کی موجودگی میں اس راستے یک سمتی رو کا گزر ممکن نہیں۔ C_e - C_c قصیر کپسیٹ¹⁶ ہے جبکہ C_b اور C_c جفت کپسیٹ¹⁷ ہیں۔ چالو تعداد پر C_c اور C_b کو لامحدود تصور کیا جاتا ہے۔

بلند تعداد پر ان اشکال کو حل کرتے ہوئے ٹرانزسٹر کے بلند تعدادی ریاضی نمونہ استعمال ہو گا۔ ایسا کرتے وقت ریاضی نمونے کے مختلف جزو کو بھی واپس کار کا حصہ تصور کیا جا سکتا ہے۔ مثلاً نہایت بلند تعداد کالپیٹس مرتعش تخلیق دیتے وقت ٹرانزسٹر کے بلند تعداد ریاضی نمونے کے جزو C_{be} اور C_{bc} کا مساوی مل کپسیٹ¹⁸ C_M کے مجموعے کو بطور C_1 استعمال کیا جاتا ہے (یعنی $C_1 = C_{be} + C_M$)۔

bypass capacitor¹⁶
coupling capacitors¹⁷
Miller capacitance¹⁸



شکل 13.8: ٹرانزسٹر پر مبنی ہار ملے مرتعش کا پست تعددی مساوی دور

شکل 11.8 کے عمومی مرتعش میں بنیادی ایمپلیفیائر کا داخلی مزاحمت لا محدود ہے جبکہ شکل 12.8 کے دونوں مرتعش میں ایسا نہیں ہے۔

مثال 2.8: ٹرانزسٹر کا پست تعددی ریاضی نمونہ استعمال کرتے ہوئے شکل 12.8 اف کو حل کریں۔ حل کرتے وقت بنیادی ایمپلیفیائر کے داخلی مزاحمت کو لا محدود تصور کرتے ہوئے نظر انداز کریں۔

حل: شکل 13.8 الف میں اس کا باریک اشاراتی مساوی دور دکھایا گیا ہے جس میں $R_1 \parallel R_2$ کو $R_b \parallel r_{be}$ لکھا گیا ہے۔ بنیادی ایمپلیفیائر کا داخلی مزاحمت $R_b \parallel r_{be}$ کے برابر ہے جو $j\omega L_1$ کے متوالی جڑا ہے۔ اگرچہ ہم مزاحمت $R_b \parallel r_{be}$ کو شامل کرتے ہوئے آگے بڑھ سکتے ہیں، میں چاہوں گا کہ $|j\omega L_1| \ll R_b \parallel r_{be}$ تصور کرتے ہوئے آگے بڑھیں تا کہ عمومی مرتعش کی طرح نتائج حاصل ہوں جہاں ایمپلیفیائر کا داخلی مزاحمت لا متناہی ہے۔ یوں شکل ب حاصل ہوتا ہے۔

شکل ب میں اگر ٹرانزسٹر کا داخلی برقی دباؤ v_{be} ہو تو 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

$$\begin{aligned} v_o &= v_{be} + v_c \\ &= v_{be} - \frac{v_{be}}{\omega^2 L_1 C} \end{aligned}$$

ہو گا۔ L₂- میں

$$i_2 = \frac{v_o}{j\omega L_2} = \frac{v_{be} - \frac{v_{be}}{\omega^2 L_1 C}}{j\omega L_2}$$

اور R_c میں

$$i_R = \frac{v_o}{R_c} = \frac{v_{be} - \frac{v_{be}}{\omega^2 L_1 C}}{R_c}$$

پایا جائے گا۔ یوں کرخوف کے قانون برائے برقی روکی مدد سے ہم لکھ سکتے ہیں

$$\begin{aligned} -g_m v_{be} &= \frac{v_{be} - \frac{v_{be}}{\omega^2 L_1 C}}{R_c} + \frac{v_{be} - \frac{v_{be}}{\omega^2 L_1 C}}{j\omega L_2} + \frac{v_{be}}{j\omega L_1} \\ &= v_{be} \left[\frac{1}{R_c} - \frac{1}{\omega^2 R_c L_1 C} + \frac{1}{j\omega L_2} - \frac{1}{j\omega^3 L_1 L_2 C} + \frac{1}{j\omega L_1} \right] \end{aligned}$$

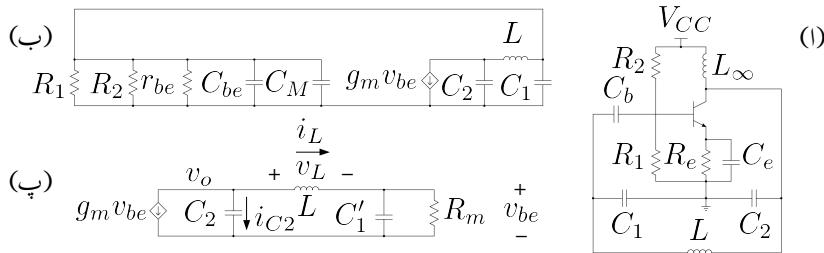
اس مساوات کے خیالی اور حقیقی اور اجزاء علیحدہ کرتے ملتا ہے

$$0 = \frac{1}{j\omega L_2} - \frac{1}{j\omega^3 L_1 L_2 C} + \frac{1}{j\omega L_1} \quad \text{خیالی}$$

$$-g_m = \frac{1}{R_c} - \frac{1}{\omega^2 R_c L_1 C} \quad \text{حقیقی}$$

خیالی جزو سے

$$(38.8) \quad \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{(L_1 + L_2) C}}$$



شکل 14.8: ٹرانزسٹر پر بنی کالپس مرتعش

اور حقیقی جزو سے

$$(39.8) \quad g_m R_c = |A_v| = \frac{L_2}{L_1}$$

حاصل ہوتا ہے۔ ان دو مساوات کا مساوات 35.8 اور مساوات 34.8 سے موازنہ کریں۔

مثال 3.8: شکل 14.8 الف میں ٹرانزسٹر پر بنی کالپس مرتعش دکھایا گیا ہے جس میں ٹرانزسٹر کے کلکٹر پر امالة L_∞ نسب کیا گیا ہے۔ اس امالة کی قیمت مرتعش کے تعدد پر لامحدود تصور کی جاتی ہے۔ مرتعش کو حل کریں۔

حل: شکل ب میں ٹرانزسٹر کا بلند تعداد ریاضی نمونہ استعمال کرتے ہوئے مرتعش کا مساوی دور دکھایا گیا ہے جہاں مسئلہ ملر کی مدد سے C_{bc} کا مساوی C_M دکھایا گیا ہے۔ متوالی جڑے مراحت R_1 ، R_2 اور r_{be} کو R_m جبکہ متوالی جڑے کپیٹر C_{be} ، C_M اور C_1 کو C'_1 لکھتے ہوئے شکل پ حاصل کی گئی ہے۔ حقیقت میں r_{be} کی قیمت R_1 اور R_2 سے بہت کم ہوتی ہے اور $R_m \approx r_{be}$ لیا جا سکتا ہے۔ اور C'_1 متوالی جڑے ہیں اور ان پر

برقی دباؤ v_{be} پایا جاتا ہے۔ یوں ان میں برقی رو

$$i_{R_m} = \frac{v_{be}}{R_m}$$

$$i_{C'_1} = j\omega C'_1 v_{be}$$

ہو گی۔ یوں کرخوف کے قانون برائے برقی رو کے تحت

$$i_L = i_{R_m} + i_{C'_1} = \frac{v_{be}}{R_m} + j\omega C'_1 v_{be}$$

ہو گا۔ اس 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۔ کرخوف کے قانون برائے برقی رو کے تحت تجھی

$$-g_m v_{be} = j\omega C_2 \left[1 + j\omega L \left(\frac{1}{R_m} + j\omega C'_1 \right) \right] v_{be} + \left(\frac{1}{R_m} + j\omega C'_1 \right) v_{be}$$

$$-g_m = j\omega C_2 \left[1 + j\omega L \left(\frac{1}{R_m} + j\omega C'_1 \right) \right] + \left(\frac{1}{R_m} + j\omega C'_1 \right)$$

$$-g_m = j\omega C_2 - \omega^2 L C_2 \left(\frac{1}{R_m} + j\omega C'_1 \right) + \frac{1}{R_m} + j\omega C'_1$$

$$-g_m = j\omega C_2 - \frac{\omega^2 L C_2}{R_m} - j\omega^3 C'_1 L C_2 + \frac{1}{R_m} + j\omega C'_1$$

(40.8)

اس مساوات کے خیالی جزو سے حاصل ہوتا ہے

$$\omega C_2 - \omega^3 C'_1 L C_2 + \omega C'_1 = 0$$

$$\omega \left(C_2 - \omega^2 C'_1 L C_2 + C'_1 \right) = 0$$

چونکہ چالو مرتعش 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

$$(41.8) \quad \omega = \omega_o = \sqrt{\frac{C'_1 + C_2}{L C'_1 C_2}} = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

جہاں

$$(42.8) \quad \frac{1}{C} = \frac{1}{C'_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{C'_1 + C_2}{C'_1 C_2}$$

کے برابر ہے۔ ω_o مرتعش کی قدرتی تعداد ہے۔

مساوات 40.8 کے حقیقی جزو سے حاصل ہوتا ہے۔

$$-g_m = -\frac{\omega^2 L C_2}{R_m} + \frac{1}{R_m}$$

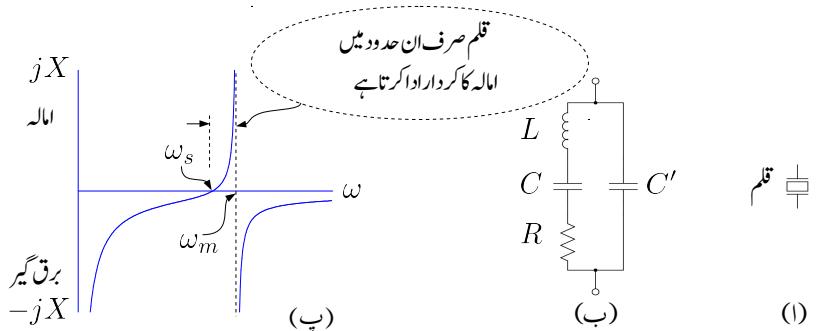
اس میں ω_o کی قیمت استعمال کرتے حاصل ہوتا ہے

$$\begin{aligned} -g_m &= -\left(\frac{C'_1 + C_2}{L C'_1 C_2}\right) \frac{L C_2}{R_m} + \frac{1}{R_m} \\ g_m R_m &= \frac{C_2}{C'_1} \end{aligned}$$

$g_m r_{be} = \beta$ کے برابر ہو گا اور یوں مندرجہ بالا مساوات سے حاصل ہو گا

$$(43.8) \quad \beta \approx \frac{C_2}{C'_1}$$

حقیقت میں β کی قیمت اس مساوات میں دیے گئے قیمت سے زیادہ رکھی جائے گی۔



شکل 15.8: داب برتنی قلم

1.7.8 قلمی مرتعش

ایسا قلم¹⁹ ہے جسے دبانے سے اس کے دو اطراف کے مابین برقی دباؤ پیدا ہوتا ہے کو دابے برتنی قلم²⁰ کہتے ہیں۔ دابے برتنی قلم پر برتنی دباؤ لائے کرنے سے یہ پھیلتا (یا سکڑتا) ہے۔ ایسے دابے برتنی قلم کے قدرتی میکانی تعداد پر برتنی دباؤ فراہم کرتے ہوئے اسے ارتعاش پذیر بنایا جا سکتا ہے۔ قلموں کی طبیعتی خوبیاں انتہائی مختتم ہوتی ہیں جو وقت یا حرارت سے بہت کم متاثر ہوتی ہیں۔ اسی لئے ایسے قلم کی قدرتی گنجی تعداد کی قیمت بھی مختتم رہتے ہوئے تبدیل نہیں ہوتی۔ اسی خوبی کی بنا پر انہیں عموماً وقت نانپنے کے لئے استعمال کیا جاتا ہے۔ کوارٹر²¹ گھنٹی کا صحیح وقت دکھانا مثالی ہے۔ دھاتی ڈبے میں بند، چند کلو ہرٹز kHz سے کئی میگا ہرٹز MHz تک کے قدرتی گنجی تعداد والے کوارٹر کے قلم، منڈی میں عام دستیاب ہیں۔ ڈبے پر قلم کی قدرتی گنجی تعداد کی قیمت لکھی گئی ہوتی ہے۔

شکل 15.8 اف میں قلم کی علامت دکھائی گئی ہے جبکہ شکل ب میں اس کا مساوی دور دکھایا گیا ہے۔ مساوی دور میں قلم کے میکانی خوبی ماس m کو امالہ L ، اسپرنگ کے

crystal¹⁹
piezoelectric crystal²⁰
quartz²¹

مستقل K کے معکوس کو کپیسٹر C' اور میکانی مزاحمت کو برقی مزاحمت R سے ظاہر کیا جاتا ہے جبکہ C' قلم کے دونوں سروں پر دھاتی جوڑوں کے مابین کپیسٹر ہے۔

شکل ب میں مزاحمت R کو نظر انداز کرتے ہوئے قلم کی برقی رکاوٹ حاصل کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned}
 \frac{1}{Z} &= j\omega C' + \frac{1}{j\omega L + \frac{1}{j\omega C}} \\
 &= \frac{j\omega C' \left(j\omega L + \frac{1}{j\omega C} \right) + 1}{j\omega L + \frac{1}{j\omega C}} \\
 (44.8) \quad &= \frac{j\omega C' \left(j\omega L + \frac{1}{j\omega C} + \frac{1}{j\omega C'} \right)}{j\omega L + \frac{1}{j\omega C}} \\
 &= \frac{j\omega C' \left(j\omega L + \frac{1}{j\omega} \left(\frac{1}{C} + \frac{1}{C'} \right) \right)}{j\omega L + \frac{1}{j\omega C}}
 \end{aligned}$$

شکل ب میں C اور C' کو سلسلہ وار جڑے تصور کرتے ہوئے ہم دیکھتے ہیں کہ یہ دونوں L کے متوازی جڑے ہیں۔ یوں L کے متوازی جڑے کپیسٹر C_m کھلا جا سکتا ہے جہاں

$$\frac{1}{C_m} = \frac{1}{C} + \frac{1}{C'}$$

کے برابر ہے۔ اس طرح مساوات 44.8 کو یوں لکھا جا سکتا ہے

$$\begin{aligned}
 \frac{1}{Z} &= \frac{j\omega C' \left(j\omega L + \frac{1}{j\omega C_m} \right)}{j\omega L + \frac{1}{j\omega C}} \\
 &= \frac{j\omega C' \left(j\omega L - \frac{j}{\omega C_m} \right)}{j\omega L - \frac{j}{\omega C}} \\
 &= \frac{j\omega C' \left(\frac{jL}{\omega} \right) \left(\omega^2 - \frac{1}{LC_m} \right)}{\left(\frac{jL}{\omega} \right) \left(\omega^2 - \frac{1}{LC} \right)} \\
 &= \frac{j\omega C' \left(\omega^2 - \frac{1}{LC_m} \right)}{\left(\omega^2 - \frac{1}{LC} \right)}
 \end{aligned}$$

جہاں $j = -\frac{1}{j}$ کا استعمال کیا گیا ہے۔

قلم کے دو سروں سے دیکھتے ہوئے L کے ساتھ C سلسلہ وار جڑا معلوم ہوتا ہے جبکہ L کے دو سروں سے دیکھتے ہوئے L کے ساتھ C_m متوازی جڑا معلوم ہوتا ہے۔ $\omega_s^2 = \frac{1}{LC}$ کو L اور اس کے ساتھ سلسلہ وار جڑے کپیٹس C کی سلسلہ وار قدرتی گنجی تعدد جبکہ $\omega_m^2 = \frac{1}{LC_m}$ کو L اور اس کے ساتھ متوازی جڑے کپیٹس C_m کی متوازی قدرتی گنجی تعدد تصور کرتے ہوئے مندرجہ بالا مساوات 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

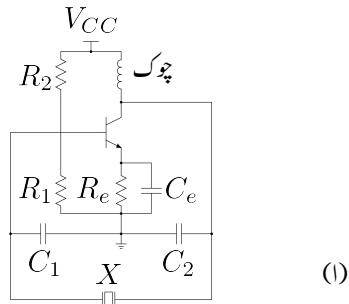
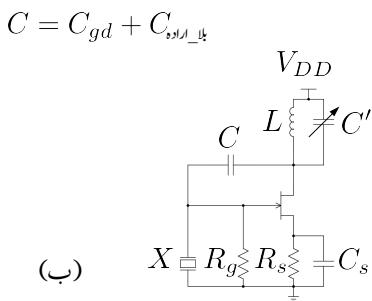
$$(45.8) \quad Z = \frac{-j (\omega^2 - \omega_s^2)}{\omega C' (\omega^2 - \omega_m^2)}$$

اس مساوات کو شکل 15.8 پ میں گراف کیا گیا ہے۔ حقیقت میں C' کی قیمت C کے قیمت سے کئی درجہ زیادہ ہوتی ہے (یعنی $C' \gg C$)۔ یوں C_m کی قیمت C سے قدر کم ہوتا ہے جس سے ω_s کی قیمت ω_m کے قیمت سے قدر کم ہوتا ہے۔ ان دو قدرتی گنجی تعداد کی قیتوں میں 1% سے بھی کم فرق ہوتا ہے۔ مساوات 45.8 میں دیا برقرار رکاوٹ $\omega_m < \omega < \omega_s$ کے حدود میں بطور امالة جبکہ $\omega_s < \omega < \omega_m$ یا $\omega > \omega_m$ کے حدود میں بطور ادا کرتا ہے۔ کپیٹس کردار ادا کرتا ہے۔

مندرجہ بالا تذکرے کو مد نظر رکھتے ہوئے ہم دیکھتے ہیں کہ کاپیٹس مرتعش میں امالة کی جگہ قلم استعمال کیا جا سکتا ہے۔ شکل 14.8 میں ایسا کرتے ہوئے شکل 16.8 الف کا کاپیٹس قلم مرتعش حاصل ہوتا ہے۔ چونکہ قلم صرف $\omega_s < \omega < \omega_m$ حدود میں بطور امالة کردار ادا کرتا ہے لہذا ایسا مرتعش صرف اور صرف انہیں حدود کے درمیان ارتعاش پذیر رہ سکتا ہے اور اس کی تعداد انہیں حدود کے درمیان رہے گی۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ قلم مرتعش²² کی تعداد صرف قلم کی قدرتی گنجی تعداد پر منحصر ہے۔ اب چونکہ $\omega_s \approx \omega_m$

ہوتا ہے لہذا حقیقت میں ایسے مرتعش کی $\omega \approx \omega_s \approx \omega_m$ رہے گی۔ چونکہ مساوات 41.8 بھی اس مرتعش کی تعداد دیتا ہے لہذا قلمی مرتعش اپنی تعداد ω_s اور ω_m کے درمیان اس جگہ برقرار رکھے گا جہاں مساوات 45.8 سے حاصل قلم کی برقی رکاوٹ (یعنی L) کو استعمال کرتے ہوئے مساوات 41.8 سے بھی یہی تعداد حاصل ہو۔ قلمی مرتعش کے استعمال کا مقصد ایک حصی تعداد حاصل کرنا ہے جو قلم کو $\omega_s \approx \omega_m$ حدود میں استعمال کرتے حاصل ہوتا ہے۔

شکل 16.8 ب میں قلمی ہارٹلے مرتعش دکھایا گیا ہے۔ C' کو نظر انداز کرتے اور قلم کو امالہ تصور کرتے ہوئے L، C اور قلم ہارٹلے مرتعش کی جانی پچھانی شکل میں جڑے ہیں۔ C' کی قیمت اتنی رکھی جاتی ہے کہ درکار تعداد پر متوازی جڑے L اور C' (جنہیں عام فہم میں LC ٹینک²³ کہا جاتا ہے) کا مجموعہ امالہ کا کردار ادا کرے۔ عموماً C' قابل تبدیل کپیسٹر ہوتا ہے جس کی قیمت تبدیل کرتے ہوئے مرتعش کی تعداد باریکی سے قابو کی جاتی ہے۔ چونکہ متوازی جڑے LC کی برقی رکاوٹ ان کے قدرتی متوازی تعداد پر لامحدود ہوتی ہے لہذا LC ٹینک کی قدرتی متوازی تعداد کو مرتعش کے تعداد کے قریب رکھتے ہوئے nJFET کے ڈرین پر بہت زیادہ برقی رکاوٹ حاصل کیا جاتا ہے جس سے بنیادی ایکلیفیٹر کی افزائش زیادہ حاصل ہوتی ہے اور ارتعاشی اشارے کا جیٹے زیادہ سے زیادہ حاصل کرنا ممکن ہوتا ہے۔ اس مرتعش میں پیروں کی پیسٹر C کا استعمال ضروری نہیں۔ نہایت بلند تعداد حاصل کرتے وقت اس کپیسٹر کو نسب نہیں کیا جاتا اور nJFET کی اندر ورنی کپیسٹر C_{gd} اور nJFET کے ڈرین اور گیٹ کے مابین تاروں کے مابین بلا ارادہ پائے جانے والے کپیسٹر کو زیر استعمال لایا جاتا ہے۔



کل 16.8: قائم کالپن اور بارٹلے مرتعش

سوالات

سوال 1.8: شکل 3.8 ب میں RC کے دو حصے ترتیب وار جوڑے گئے ہیں۔ اس میں $\frac{\hat{V}_o}{\hat{V}_i}$ کی مساوات حاصل کریں۔ اگر $f = 10 \text{ kHz}$ اور $C = 0.01 \mu\text{F}$ ہوں تو \hat{V}_o اور \hat{V}_i میں کل 120° کا زاویہ حاصل کرنے کی خاطر درکار مزاحمت 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 2.8: شکل 4.8 میں کم سے کم ممکنہ β کا ٹرانزیستر استعمال کیا جاتا ہے۔ Z_{RC} کی صورت میں $R = 200 \Omega$ کی قیمت حاصل کریں۔

جواب: $Z_{RC} = 372 - j198$

سوال 3.8: شکل 4.8 میں RC مرتعش دکھایا گیا ہے جس میں

$$V_{CC} = 9 \text{ V}, \quad R_c = 3 \text{ k}\Omega, \quad R_e = 1 \text{ k}\Omega$$

$$R_1 = 12.5 \text{ k}\Omega, \quad R_2 = 50 \text{ k}\Omega, \quad \beta = 99$$

بیل-10 kHz پر چلنے کی خاطر درکار C اور ' R ' حاصل کریں۔

جوابات: جو بات $k = 2.69$ اور $I_{CQ} = 1 \text{ mA}$ اور $r_{be} = 2.54 \text{ k}\Omega$ حاصل ہوتا ہے جس سے جس سے $R = 1115 \Omega$ حاصل ہوتا ہے۔ $C = 3.5 \text{ nF}$ حاصل ہوتا ہے۔ $R_m = 2 \text{ k}\Omega$ حاصل ہوتا ہے۔ چونکہ $R' > R_m$ ہے لہذا تمام R برابر رکھنا ممکن نہ ہو گا اور یوں $R' = 0 \Omega$ رکھا جائے گا۔ قدرتی تعداد 10 kHz سے قدر مختلف ہو گی۔

سوال 4.8: شکل 4.8 کے RC مرتعش میں

$$V_{CC} = 9 \text{ V}, \quad R_c = 3.36 \text{ k}\Omega, \quad R_e = 1 \text{ k}\Omega \\ R_1 = 6.25 \text{ k}\Omega, \quad R_2 = 25 \text{ k}\Omega, \quad \beta = 49$$

بیل-10 kHz پر چلنے کی خاطر درکار C اور ' R ' حاصل کریں۔

جوابات: $R = 1250 \Omega$ اور $I_{CQ} = 1 \text{ mA}$ کی صورت میں $k = 2.69$ ہے۔ $r_{be} = 1.25 \text{ k}\Omega$ حاصل ہوتا ہے جس سے جس سے $C = 3.1 \text{ nF}$ حاصل ہوتا ہے۔ $R_m = 1 \text{ k}\Omega$ حاصل ہوتا ہے یوں $R' = 250 \Omega$ رکھا جائے گا۔

سوال 5.8: صفحہ 884 پر شکل 7.8 میں وائے مرتعش دکھایا گیا ہے۔ $R = 15.9 \text{ k}\Omega$ ، $R_2 = 25 \text{ k}\Omega$ اور $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$ ، $C = 0.1 \mu\text{F}$ حاصل کریں۔

$$\text{جواب: } f_0 = 100 \text{ Hz}$$

سوال 6.8: شکل 9.8 میں ٹرانزسٹر کا $V_A = 200 \text{ V}$ اور $\beta = 39$ اور $C_{be} = 10 \text{ pF}$ اور $I_{CQ} = 1 \text{ mA}$ اور $R_B = 5 \text{ k}\Omega$ ہے۔ $\frac{n_1}{n_2}$ ٹرانسفارمر کی حاصل کریں۔ اگر f_0 کیا ہو گا۔

جوابات: $R'_p = 0.51 \Omega$ ، $r_o = 200 \text{ k}\Omega$ ، $r_{be} = 925 \Omega$ ، $g_m = 0.04 \text{ S}$ ، $\frac{n_2}{n_1} = 0.02564$ اور یوں $C_p = 39.166 \text{ nF}$ ، $C_M \approx 4 \text{ pF}$ ، $R \approx 0.51 \Omega$ ہے۔

سوال 7.8: شکل 12.8 ب میں R_c کی جگہ لامحدود L نسب کیا جاتا ہے۔ R_B کو نظر انداز کرتے اور ٹرانزسٹر کا پست تعدادی مساوی پائے ریاضی نمونہ استعمال کرتے ہوئے اسے حل کریں۔

جوابات: $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ جہاں $C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$ کے برابر ہے جبکہ $\beta = \frac{C_2}{C_1}$ حاصل ہوتا ہے۔

سوال 8.8: سوال 7.8 کے کالپٹس مرتعش میں ٹرانزیستر کا $\beta = 50$ ہے۔ اگر اس میں $C_1 = 0.01 \mu F$ رکھا جائے تب 200 kHz پر ارتقاش کرتے مرتعش کے مقابیا اجزاء کے قیمتیں کیا ہوں گی؟

جوابات: $L = 65 \mu F$, $C_2 = 0.5 \mu F$

سوال 9.8: شکل 12.8 کے کالپٹس مرتعش میں ٹرانزیستر کا پست تعدادی ریاضی نمونہ استعمال کرتے ہوئے حل کریں۔ ایسا کرتے ہوئے بنیادی ایمپلیفیائر کی داخلی مزاحمت لامحدود تصور کریں۔

جوابات: $g_m R_c = \frac{C_1}{C_2}$ جہاں $C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$ کے برابر ہے، ان مساوات کا مساوات 34.8 اور مساوات 36.8 کے ساتھ موازنہ کریں۔

فرہنگ

Butterworth circle, 746
bypass capacitor, 286, 646

capacitor, 168
carrier frequency, 111
carrier wave, 111
cascaded amplifier, 390
cascode amplifier, 616, 729
CE amplifier, 574
Celsius, 93
channel, 437
charge, 216, 421, 435
clamping circuit, 116
class
 A, 414
 AB, 414
 B, 414
 C, 415
 D, 415
clipper, 118
CMOS, 462
CMRR, 577
collector, 213
Colpitts oscillator, 847
common base, 400
common collector, 400
common emitter, 400
common mode voltage, 6, 556
common mode voltage gain, 576
comparator, 77
complex plane, 744
conductance, 148

AC load line, 141
active component, 213
active region, 277
adder, 42, 44
ageing, 585
AM demodulator, 110
AM modulator, 111
AM signal, 112
amplifier
 difference, 3
 instrumentation, 52
 inverting, 16, 19
 non-inverting, 31, 34
anti-log, 122
atomic model, 148
atomic number, 148
avalanche, 170
avalanche breakdown, 171

band, 646, 703
band pass filter, 785
band stop filter, 785
Barkhausen criteria, 824
base, 213
bit, 66
blocking voltage, 165
Bode plot, 653, 665
Boltzmann constant, 92
break down voltage, 170
breakdown region, 98
buffer, 35
Butterworth, 743

- high frequency model, 184
- square law, 200
- distortion, 486
- divider, 123
- doping, 148
- drift, 156, 159
- drift current, 159
- drift speed, 159
- drift velocity, 159

- Early voltage, 277, 488
- ecg, 53
- electric field intensity, 159
- electrical noise, 176
- electron gas, 153
- electron mobility, 160, 449
- emission coefficient, 92
- emitter, 213
- emitter coupled logic, 566
- emitter follower, 403
- enhancement nMOSFET, 440

- feedback circuit
 - negative, 28
 - positive, 28
- feedback signal, 26, 766
- feedback system, 765
- field effect transistor, 213
- filter
 - band pass, 742
 - band stop, 742
 - Butterworth, 746
- forward biased, 95, 98, 102
- free electron, 149
- free hole, 149, 154
- full wave rectifier, 108

- gain, 18, 220
- gain bandwidth product, 705
- gate
 - AND, 127
 - OR, 127

- conductivity, 161
- constant current source, 519, 583
- coupling capacitor, 295, 646
- covalent bond, 148, 175
- crystal, 148
- crystal oscillator, 857
- current gain, 219, 220
- current mirror, 520, 585
- current sink, 583
- current source, 583, 636
- cut-in voltage, 95
- cut-off frequency
 - high, 645
 - low, 645

- DAC, 65
- damping constant, 743
- darlington pair, 255
- dB, 665
- DC bias point, 128
- DC load line, 129
- depended voltage source, 8
- dependent current source, 299
- depletion nMOSFET, 459
- depletion region, 164
- difference pair, 555
- differential input resistance, 572
- differential mode voltage, 6
- differential voltage gain, 3
- differentiator, 38
- diffusion, 156
- diffusion capacitance, 173
- diffusion constant
 - electrons, 158
 - holes, 158
- diffusion current, 156
- diffusion current density, 158
- digital circuits, 503
- diode, 91
 - cut off, 167
 - germanium, 95

- Miller capacitor, 729
- Miller theorem, 694, 842
- Miller's capacitor, 697
- minority
 - electrons, 149
 - hole, 149
- mirror, 481
- mobile
 - charges, 153
 - electron, 149
 - hole, 149
- model, 8, 11, 177
- models, 488
- modulating frequency, 111
- modulating wave, 111
- multiplier, 123
- n-type semiconductor, 152
- natural frequency
 - undamped, 743
- NOT gate, 316, 503
- number density, 150
- ohmic contact, 175
- OPAMP, 51
- optical cable, 177
- optical communication, 177
- optocoupler, 176
- oscillator
 - LC tuned, 840
- output offset voltage, 578
- p-type semiconductor, 154
- parasitic resistor, 699
- passive component, 213
- peak detector, 109
- photo diode, 175
- photon, 175
- piece wise linear model, 179
- piezoelectric crystal, 854
- pinch off, 443
- pole, 660
- generation rate, 149
- gradient, 129
- half wave rectifier
 - negative, 105
 - positive, 104
- Hartley oscillator, 847
- heat sink, 543
- holding current, 425
- hole gas, 155
- hole mobility, 449
- ideal diode, 181
- immobile
 - charges, 153
- injected electrons, 216
- injected holes, 216
- input bias current, 72, 581
- input offset current, 581
- input offset voltage, 68, 578
- integrator, 39, 41
- inversion, 439
- inversion layer, 439
- inverter, 423, 542
- iteration method, 131
- Kelvin, 92
- Laplace transform, 647
- latching current, 424
- LED, 176
- level shifter, 598
- load line, 477
 - AC, 288
 - DC, 286
- log amplifier, 121, 420
- loop gain, 779
- Maclaurin's series, 183
- majority
 - electrons, 152, 153
 - holes, 155

- hole, 149
 - resistance, 100, 204
 - voltage, 92
 - thermometer, 99
 - threshold voltage, 439
 - thyristor, 424
 - transconductance, 321, 325
 - transconductance gain, 25, 321
 - transducer, 35
 - transistor, 213
 - transportation, 156
 - tuned oscillator, 841
 - valency, 148
 - varactor diode, 175
 - voltage gain, 17, 33
 - voltage source, 115, 418
 - Widlar current source, 607
 - Wien bridge oscillator, 835
 - zener
 - diode, 171
 - knee, 185
 - voltage, 171
 - zero, 660, 744
- power
 - mosfet, 542
 - transistor, 423
 - power loss, 185
 - power series, 199
 - power supply, 105
 - quartz, 854
 - recombination, 150
 - recombination rate, 150
 - resonant frequency, 840
 - reverse biased, 97, 102
 - reverse breakdown voltage, 98
 - reverse leakage current, 97
 - ripple, 105, 114, 115
 - saturation
 - current, 92
 - OPAMP, 4, 61
 - region, 277
 - schottky
 - diode, 174
 - transistor, 421
 - scr, 424
 - semiconductor, 147
 - slew rate, 62
 - small signal, 140
 - π model, 332
 - resistance, 146
 - solar panel, 175
 - spice, 201
 - stability factors, 266
 - subtracter, 46
 - switch ON, 101
 - T model, 493
 - tank, 857
 - thermal
 - electron, 149
 - generation, 149
 - generation rate, 149

- لئکھر مشترک، 400
 بار، 435, 92
 برقی، 421, 216
 باریک اشاراتی
 مراجحت، 146
 باریک اشاراتی پائے ریاضی نمونہ، 332
 باریک اشارہ، 140
 پاٹر من کا مستقل، 92
 ہٹ، 66
 بڑوست تسلی، 743
 بڑوست دائرہ، 746
 بدلت افراکش برقی رو، 222
 بدلتی رو، خیل بوچھ، 288, 141
 بدبن، 437
 برقی
 بار، 435, 421, 92
 رکاوٹ، 656
 زمین، 17
 قلب لگار، 53
 برقی دباؤ
 چالو، 95
 دلپیز، 439
 رکاوٹی، 165
 غیر افراکندہ کردہ، 223
 برقی دباؤ شمع، 113, 105
 برقی رو
 اٹی رتتا، 97
 برقی رو چالو رکھنے کی حد، 424
 برقی رو منقطع کرنے کی حد، 425
 برقی زمین، 559
 برقی شدت، 159
 برکہان کا اصول، 824
 مل، 115, 114, 112, 105
 بلند انتظائی تعداد، 691, 645
 بلند تعداد، 653, 646
 بوڈا خط، 665, 653
 بہار، 159, 156
 بہاوبرقی، 159
 میں، 214, 213
 میں مشترک، 400
- آزاد
 ایکٹران، 149
 خول، 154, 149
 آلاتی ایکٹرانی، 52
 آئینہ، 481
 ولسن، 611
 آئینہ برقی رو، 585, 520
 اخراجی جزو، 92
 ارلی برقی دباؤ، 488
 افراکش، 220
 برقی دباؤ، 33, 17
 برقی رو، 220, 219
 موصل-نما، 321
 افراکش ضرب دائرہ کار کردگی، 705
 افراکش دائرہ، 779
 افراکندہ، 222
 خط، 277
 اقیانی
 ایکٹران، 149
 خول، 149
 اکثریت
 ایکٹران، 153, 152
 خول، 155
 الٹا
 خط، 439
 کرنا، 439
 مائل، 102
 الٹ لوگار خی، 122
 الٹی رستا برقی رو، 97
 ایکٹران یہیں، 153
 انحرافی برقی دباؤ، 578
 انحرافی برقی رو، 581
 اندر ٹوپی دا ظلی انحرافی برقی دباؤ، 68
 انورث، 542, 423
 اٹی عدد، 148
 ایکٹرانی
 زنجیری، 390
 واپسی، 774
 لئکھر جزا مشتق، 214, 213
 لئکھر جزا مشترک، 566

- توی، 423
ٹی ریاضی نمونہ، 493
ٹینک، 857
- پاکے ریاضی نمونہ، 332
پی روک فلٹر، 785
پی نیز اسٹار فلٹر، 785
- پت القاطعی تعداد، 654, 645
پت تعداد، 653, 646
- پکاری گئی قیمت، 23
پورے طاقت پر دائرہ کارکردگی، 63
- پیڈکار، 403
پیڈیشی آلم، 35
- تار
هم محوری، 82
تائج مشع دباؤ، 8
تائج مشع رو، 299
تراش، 118
تعدد
- سوار، 111
سواری، 111
قدرتی، 832
قصہ دوبلند انخطائی، 703
تعدادی سُلُفَت، 216, 150
- تفرقی
افراش، 571
افراش برقی دباؤ، 8, 3
اسپلیٹنگر، 3
برقی اشارہ، 3
برقی دباؤ، 6
جوڑ، 555
تفرقی اشارہ، 88
تفرقی کار، 38
تفقیم کار، 123
تفصیری مستقل، 743
ٹکل کار، 41, 39
- تودہ، 170
تحرسانیسٹر، 99
تحون دور، 35
- ٹرانزسٹر، 213
- چالو، 95
چالو برقی دباؤ، 95
چھٹی حاصل کار، 109
چھٹی
- چپی روک، 742
چپی گزار، 742
- حرارتی
ایکٹران، 149
برقی دباؤ، 92
پیدائش، 149
پیدائش کی شرح، 149
خول، 149
مراحت، 204, 100
حرکت پذیری
ایکٹران، 449, 160
خول، 449
حابی اسپلیٹنگر، 51, 1
جیٹ
اتار کار، 110
سوار اشارہ، 112
سوار کار، 111
- خارج کار مشع دباؤ، 583
خارجی اخراجی برقی دباؤ، 578
خارجی مراحت، 8
خط بوجھ، 477

- پلی رو، 288
یکمیتی، 286
کب سمتی رو، 129
خط مماس، 146
خطی، 3
خم دار، 135
خول گیس، 155
داب بر قلم، 854
داخلی، 665
آخر فنی بر قلم دباؤ، 578, 628
تفزقی مراجحت، 572
داخلی کار میچ رکاوٹ، 53
داخلی مراجحت، 791, 788, 8
داخلی میلان بر قلم رو، 72
داڑھ کار کر گی، 703, 646
دبوچ، 443
درجہ، 165
الف، 414
الف-ب، 414
ب، 414
پ، 415
ت، 415
در میانی تعدد، 646
دوبارہ، 150
جنے کی شرح، 150
دورانیہ، 87
اڑائی، 87
چڑائی، 87
دولی عرصہ، 87
دہرانے کا طریقہ، 131
دہر کی نظام اصول، 66
دلیز بر قلم دباؤ، 439
ڈار لکھن جوڑی، 255
ڈایوڈ، 91
بلند تعدادی باریک اشاراتی ریاضی مونے،
جر میں، 95
سکن بار، 153
سپاٹ، 298, 201
سرد کار، 543, 249
سطح تبدیل کار، 598
سلسلہ
طااقت، 199
مکاران، 567, 183
- زیبر، 390
زنجیری ایکلیفائزر، 390
زیبر، 170
بر قلم دباؤ، 171
ڈایوڈ، 171
گھٹنا، 185
ساکن بار، 153
سپاٹ، 298, 201
سرد کار، 543, 249
سطح تبدیل کار، 598
سلسلہ
طااقت، 199
مکاران، 567, 183
- زیبر، 171
شائکی، 174
شمسی، 175
فوٹو، 175
قانون مرلح، 200
مقطوع، 166
نوری، 176
ورکیٹر، 175
ڈایوڈ قانون مرلح شناسنده، 201
ڈھلوان، 129
ڈیسی میل، 665
ذرائع ابلاغ، 199
رخ
سیدھا، 91
راہ، 437
رفقاڑ بھاو، 159
رفقاڑ چال، 62
رکاوٹی بر قلم دباؤ، 165
ریاضی
نموده، 177
ریاضی نمونہ، 8, 488, 11
پائے، 332
لی، 493
سیدھے خطوط، 179
زنجیری ایکلیفائزر، 390
زیبر، 170
بر قلم دباؤ، 171
ڈایوڈ، 171
گھٹنا، 185
ساکن بار، 153
سپاٹ، 298, 201
سرد کار، 543, 249
سطح تبدیل کار، 598
سلسلہ
طااقت، 199
مکاران، 567, 183

- عددی سے مماثل کار، 65
عکس، 272
عمر سیدگی، 585
غیر افرا کندہ، 223
برقی دباد، 223
خط، 284, 277
غیر عال، 213
غیر مطلوب مراجحت، 699
- فلز
بڑروت، 746
پٹی روک، 742
پٹی گزار، 742
فوٹو ڈائیڈ، 175
فیٹ، 435
قابل بر کیمپیناٹ، 424
قانون مرلح، 200
قدر تی تعدد، 832
غیر تفصیلی، 743
قصرو بند انقطاعی تعدد، 703
قصری کسیٹ، 286
قطب، 660
قلم، 148
قلمی مرتعش، 857
توی
ٹرانزیستر، 423
ما سفیٹ، 542
توی بر قیات، 176
- کالپیٹس مرتعش، 847
کامل حسابی ایکسپلیغاٹر، 11
کامل ڈائیڈ، 181
کسیٹ، 168
جھنی، 646, 295
قصری، 646, 286
کشافت نفوذی، 158
کر خوف کے قوانین، 16
کلکٹر، 214, 213
کوارٹر، 854
- سلسلہ طاقت، 199
سلسلہ مکلارن، 183
سمت کا کسک مکمل پر، 108
نصف ابر، 104
سمتی رفتار بہا، 159
سوار
تعدد، 111
مونج، 111
سواری
تعدد، 111
مونج، 111
سید حارث، 91
سید حلاماک، 102, 98, 95
سید ہے خطوط کاریاضی نمونہ، 179
سیلیسیس، 93
سیماں، 462
شاگی ٹرانزیستر، 421
شاگی ڈائیڈ، 174
شرکی گرفت بند، 148, 175
شکل بگاننا، 486
شکنج، 116
شکس چادر، 175
شکس ڈائیڈ، 175
شور، 176
- صفر، 744, 660
ضرب کار، 123
ضیائی
تار، 177
ذرا لح ابلاغ، 177
ذرے، 175
والبٹ کار، 176
- طاقت کا ضیاع، 185
طاقت کی شمع، 2
- عامل، 213
عددی ادوار، 503, 316

- کلیساکوڈ، 729
 کلیساکوڈ ایسپلیناٹر، 616
 کلیون پیائش حرارت، 92
 کیمیائی دوری جدول، 148
 کیمیائی گرفت، 148
- مراحت
 ترقی داغلی، 572
 مراحت میں غلطی، 23
 مراحت نما افزائش، 25
 مراحتی جوڑ، 175
 میکھام کار، 35
 مستطیلی پلا اشارہ، 87، 63
 مستقل
 نفوذ ایکٹران، 158
 نفوذ خول، 158
 منہل مل، 694
 منہل ملر، 842
 مشترک-خارج، 574
 مشترکہ اشارہ، 88
 مشترکہ اشارہ در کرنے کے صلاحیت، 88
 مشترکہ افزائش، 576
 مشترکہ برقی دباؤ، 556، 6
 مکاران تسلسل، 567
 مکمل اہر سمت کار، 108
 ملاؤٹ، 148
 ملر کپیسٹر، 729، 697
 منج برقی دباؤ، 113
 منج برقی رو
 وائندلر، 607
 منج دباؤ، 418، 115
 منج رو، 636
 منج مستقل برقی رو، 519
 منقی ایسپلیناٹر، 19، 16
 منقی داغلی سر، 7
 منقی کار، 46
 منقی یہم موصل، 152
 منقی واپسی برقی دباؤ ایسپلیناٹر، 774
 منقی واپسی برقی رو ایسپلیناٹر، 775
 منقی واپسی دور، 28
 منقٹھ ڈالوڈ، 166، 167
- گھنی تعدد، 840
 گیٹ
 بج، 127
 ضرب، 127
- لائلس بد، 647
 لمبرین، 68، 61، 4، 1
 لمبرینی برقی رو، 92
 لوڈ میل، 83
 لوگار تھی ایسپلیناٹر، 420، 121، 120
 لمبرین، 82
- ماسٹیٹ، 435
 بڑھتا، 440
 قوی، 542
 گھٹاتا، 459
 مال برداری، 156
 مائکن
 الٹا، 97
 سیدھا، 98، 95
 مبدل تو انائی، 35
 متحرک ایکٹران، 149
 متحرک بار، 153
 متحرک خول، 149
 متحرک منقی بار، 152
 شبٹ ایسپلیناٹر، 34، 31
 شبٹ داغلی سر، 7
 شبٹ یہم موصل، 154
 شبٹ واپسی ادوار، 28
 مخلوط ادوار، 1
 مخلوط سٹل، 744
 مد اخلن ایکٹران، 216
 مد اخلن خول، 216
 مرتعش
 شیک، 857

وائکلر منج رو، 607	موج
وائی مر ٹوش، 835	سوار، 111
وریکٹر ڈایوڈ، 175	سواری، 111
ولس آئین، 611	موازنہ کار، 77
ویٹ سٹون چکور، 83	موش، 206
ویران خط، 164	مولصلیت، 148
ہارٹلے مر ٹوش، 847	متقل، 161
ہمسر ٹوش، 841، 840	مولصلیت-نماء، 325، 321
ہم محوری تار، 82	میدانی ٹرانسٹر، 435، 213
کیسان، 555	میلان بر قی رو، 581
یک سمتی	ناقابل برداشت برقی دباؤ، 98
افراکش بر قی رو، 222	ناقابل برداشت برقی دباؤ، 170
خط بو جھ، 286	نصف بہر
نقط کار کردگی، 128	شبست سمت کار، 104
نقط مائن، 128	منقی سمت کار، 105
یک سمتی رو	نفوذ، 156
خط بو جھ، 129	نفوذ کا متقل
یک سمتی منج رو، 583	اکیٹر ان، 158
	خوب، 158
	نفوذی برقی رو، 156
	نفوذی پیشنس، 173
	نمی کار، 503، 316
	نقط کار کردگی سوارنے کے اساب، 266
	نمونہ
ریاضی، 488، 177، 11، 8	ریاضی، 492
ریاضی بلند تعدادی،	ریاضی پائے، 332
نوری ڈایوڈ، 176	نوری ڈایوڈ، 147
نیم موصل، 148، 147	نیم
شبست، 154	شبست، 154
منقی، 152	منقی، 152
	واپسی
اشارة، 766	اشارة
بر قی دباؤ ایکلیفائزر، 774	بر قی دباؤ ایکلیفائزر
نظام، 765	نظام
واپس کار، 774	واپس کار
واپس کار کا متقل، 777	واپس کار کا متقل
واپسی ادوار، 26	واپسی ادوار
واپسی اشارات، 26	واپسی اشارات