

مماٹل برقيات

خالد خان یوسفزئی
کامسیٹ انسٹیوٹ آف انفارمیشن ٹکنالوجی، اسلام آباد
khalidyousafzai@comsats.edu.pk

عنوان

دیباچہ

xvii

میری پہلی کتاب کا دیباچہ

xix

1	1	حسابی ایمپلیفائر
2	1.1	حسابی ایمپلیفائر کے سرے یا پسند
3	1.2	حسابی ایمپلیفائر کی بنیادی کارکردگی
7	1.3	حسابی ایمپلیفائر کا مساوی دور یا ریاضی نمونہ
8	1.3.1	داخلی سروں پر برابر برقی دباؤ رہتا ہے
9	1.3.2	داخلی سروں پر برقی رو صفر ہوتی ہے
9	1.3.3	داخلی مزاحمت کو لامحدود تصور کیا جاتا ہے
10	1.3.4	تفرقی افراش کو لامحدود تصور کیا جاتا ہے
10	1.3.5	خارجی مزاحمت کو صفر اور بیم تصور کیا جا سکتا ہے
10	1.4	کامل حسابی ایمپلیفائر
15	1.5	حسابی ایمپلیفائر کے ادوار

16	منفی ایمپلیفائر	1.5.1
31	مشیت ایمپلیفائر	1.5.2
34	مستحکم کار	1.5.3
38	تفرق کار	1.5.4
39	تکمل کار	1.5.5
42	جمع کار	1.5.6
45	منفی کار	1.5.7
51	جمع و منفی کار	1.5.8
53	آلٹی ایمپلیفائر	1.5.9
61	حسابی ایمپلیفائر کا ناقص بن	1.6
61	حسابی ایمپلیفائر کا لبریز بونا	1.6.1
62	حسابی ایمپلیفائر کی رفتار چال	1.6.2
65	عددی اشارے سے مماثلی اشارے کا حصول	1.7
67	یک سمعتی اندرولنی داخلی انحرافی برقی دباؤ کا مسئلہ	1.7.1
71	داخلی برقی رو کا مسئلہ	1.7.2
77	موازنہ کار	1.8

91	ڈائیوڈ	2
100	کامل ڈائیوڈ	2.1
101	ڈائیوڈ کے چند ادوار	2.2
104	بدلتی دباؤ سے یک سمٹی دباؤ کا حصول (سمٹ کاری)	2.3
104	نصف لہر سمٹ کاری	2.3.1
107	مکمل لہر سمٹ کاری	2.3.2
108	چوٹی حاصل کار	2.4
110	حیطہ اتار کار	2.5
113	منبع برقی دباؤ	2.6
117	برقیاتی شکنجه	2.6.1
118	برقیاتی تراش	2.7
119	حسابی ایمپلیفائر کی مدد سے ڈائیوڈ کے کامل ادوار	2.8
119	کامل نصف لہر سمٹ کار	2.8.1
120	کامل چوٹی حاصل کار	2.8.2
121	کامل حیطہ اتار کار	2.8.3
121	ڈائیوڈ لاگ ایمپلیفائر	2.8.4
123	ضرب کار	2.8.5
124	کامل مکمل لہر سمٹ کار	2.8.6
126	ڈائیوڈ کے منتفی ادوار	2.9
128	یک سمٹی رو خط پوجہ	2.10

129	گراف کا طریقہ	2.10.1
131	دبرانے کا طریقہ	2.10.2
133	کارٹیسی محدد اور ترسیم	2.11
133	محدد کی منتقلی	2.11.1
133	خط کا چھوٹا حصہ سیدھا تصور کیا جا سکتا ہے	2.11.2
134	گراف سے قیمت حاصل کرنے کا عمل	2.11.3
139	باریک اشاراتی تجزیہ	2.12
140	بدلی رو، خط بوجہ	2.12.1
145	باریک اشاراتی مزاحمت	2.12.2
146	خط مماس سے باریک اشاراتی مزاحمت کا حصول	2.12.3
148	طبیعتیں نیم موصل اشیاء	2.13
151	منفی قسم کا نیم موصل	2.14
154	مثبت قسم کا نیم موصل	2.15
156	مال برداری	2.16
156	نفوذ	2.16.1
159	بہاو	2.16.2
162	مثبت اور منفی اقسام کے نیم موصل مواد کا ملاب	2.17
167	الٹا مائل ڈائیوڈ	2.18
169	الٹا مائل ڈائیوڈ پٹرور کپیسٹر	2.18.1
171	بے قابو صورت	2.19

172	2.19.1 زینر برقی دباؤ بالمقابل درجه حرارت
172	2.20 سیدها مائل ڈایوڈ
174	2.20.1 سیدھے مائل ڈایوڈ کی نفوذی کیسٹس
174	2.21 ڈایوڈ کے دیگر اقسام
175	2.21.1 شانکی ڈایوڈ
176	2.21.2 وریکٹر ڈایوڈ
176	2.21.3 فوٹو ڈایوڈ یا شمسی ڈایوڈ
177	2.21.4 نوری ڈایوڈ
177	2.21.5 ضیائی وابستہ کار
178	2.21.6 ضیائی ذراائع ابلاغ
178	2.22 ڈایوڈ کے ریاضی نمونے
179	2.22.1 سیدھے خطوط کا ریاضی نمونہ
182	2.22.2 کامل ڈایوڈ ریاضی نمونہ
183	2.22.3 ڈایوڈ کا پست تعداد باریک اشاراتی ریاضی نمونہ
185	2.22.4 ڈایوڈ کا بلند تعداد باریک اشاراتی ریاضی نمونہ
186	2.23 زینر ڈایوڈ اور اس کا ریاضی نمونہ
197	2.24 یک سمتی اور بدلنے متغیرات کے حساب کی علیحدگی
200	2.25 قانون مریع حیطہ اتار کار
202	2.26 سپائٹ ریاضی نمونہ

213	3	ٹرانزسٹر (دو جوڑ ٹرانزسٹر)
213	3.1	ٹرانزسٹر کی ساخت اور اس کی بنیادی کارکردگی
215	3.2	افرائندہ حال منفی-جمع-منفی npn ٹرانزسٹر کی کارکردگی
222	3.3	غیر افرائندہ کردہ برقی دباؤ
224	3.4	افرائندہ حال جمع-منفی-جمع pnp ٹرانزسٹر کی کارکردگی
225	3.4.1	V_{EC} اور V_{EB} کے pnp
225	3.5	نقطہ کارکردگی اور یک سمتی ادوار کا تحلیلی تجزیہ
225	3.5.1	افرائندہ ٹرانزسٹر کے یک سمتی ادوار کا حل
249	3.5.2	غیر افرائندہ ٹرانزسٹر کے دور کا حل
252	3.5.3	منقطع ٹرانزسٹر کے دور کا حل
254	3.6	ڈارلینگن جوڑی
256	3.7	تعین نقطے سے نقطہ کارکردگی کا انحراف
256	3.7.1	تبديلی β سے لاحق مسائل استوارنے کا شرط
263	3.7.2	تبديلی V_{BE} سے نقطہ کارکردگی کا سرک جانا
264	3.7.3	نقطہ کارکردگی سوارنے کے اسباب
266	3.8	مزاحمت کا عکس
272	3.9	ٹرانزسٹر کے خط
272	3.9.1	$i_C - v_{BE}$ خط
274	3.9.2	$i_C - v_{CE}$ خط
277	3.10	یک سمتی ادوار کا ترسیمی تجزیہ

278	یک سمتی خط بوجہ	3.10.1
279	باریک اشارات	3.10.2
281	برقی دباؤ V_{CC} اور مزاحمت R_C کے نقطہ کارکردگی پر اثرات	3.10.3
282	داخلی برقی رو کے نقطہ کارکردگی پر اثرات	3.10.4
283	خارجی اشارہ کے حدود	3.10.5
284	بدلی رو، خط بوجہ	3.10.6
295	ٹرانزسٹر ریاضی نمونہ برائے وسیع اشارات	3.11
296	ایپرز-مال ریاضی نمونہ	3.11.1
305	ٹرانزسٹر کا ایپرز-مال ماذل pnp	3.11.2
306	مال برداری ریاضی نمونہ	3.11.3
312	نفي کار	3.12
317	باریک اشاراتی تجزیہ	3.13
317	ترسیمی تجزیہ	3.13.1
319	باریک اشاراتی داخلی مزاحمت r_e اور r_{be}	3.13.2
320	تحلیلی تجزیہ	3.13.3
329	پست تعددی ٹرانزسٹر ریاضی نمونہ برائے باریک اشارات	3.14
333	ٹی ریاضی نمونہ T	3.14.1
336	پائے ریاضی نمونہ بمع خارجی مزاحمت r_0	3.14.2
336	یک سمتی اور بدلنے متغیرات کی علیحدگی	3.15
341	باریک اشاراتی ادوار کا پائے ریاضی نمونے کی مدد سے حل	3.16

363	3.16.1	زنجیری ضرب کا طریقہ
385	3.17	برقی بار، داخلی مراحمت اور ایمپلیفائر کی افزائش
388	3.18	زنجیری ایمپلیفائر
397	3.19	ایمٹر مشترک، کلکٹر مشترک اور بیس مشترک ایمپلیفائر
411	3.20	خطی لحاظ سے ایمپلیفائر کی درجہ بندی
413	3.21	ٹرانزسٹر سے ڈائوڈ کا حصول
414	3.22	منبع برقی دباؤ
417	3.23	ٹرانزسٹر لاگ ایمپلیفائر
418	3.24	شاتکھی ٹرانزسٹر
421	3.25	قوی ٹرانزسٹر
421	3.26	قاپو ریکٹیفائر
433	4	میدانی ٹرانزسٹر
434	4.1	n ماسفیٹ کی ساخت (پڑھاتا n ماسفیٹ)
436	4.2	n ماسفیٹ کی بنیادی کارکردگی
436	4.2.1	گیٹ پر برقی دباؤ کی عدم موجودگی
437	4.2.2	گیٹ کے ذریعہ برقی روکے لئے راہ کی تیاری
445	4.3	n ماسفیٹ کی مساوات
453	4.3.1	قابل برداشت برقی دباؤ
453	4.3.2	درجہ حرارت کے اثرات
454	4.4	pMOSFET ماسفیٹ پڑھاتا

456	غیر افراشده	4.4.1
457	گهتانا n ماسفیٹ	4.5
458	منقطع صورت	4.5.1
458	غیر افراشده	4.5.2
459	دبوج	4.5.3
459	افراشده	4.5.4
459	گهتانا p ماسفیٹ	4.6
460	CMOS جزو ماسفیٹ	4.7
460	ماسفیٹ کے یک سمتی ادوار کا حل	4.8
481	ماسفیٹ ایمپلیفائر کا ترسیمی تجزیہ	4.9
482	ماسفیٹ ایمپلیفائر کا تحلیلی تجزیہ	4.10
482	یک سمتی تجزیہ	4.10.1
483	بدلتی رو تجزیہ	4.10.2
486	ماسفیٹ ریاضی نمونہ	4.11
486	r_o خارجی مزاحمت	4.11.1
488	وسيع اشاراتي ماسفیٹ ریاضی نمونہ	4.11.2
488	باریک اشاراتي ماسفیٹ π ریاضی نمونہ	4.11.3
491	باریک اشاراتي ماسفیٹ ٹي ریاضی نمونہ	4.11.4
492	یک سمتی اور بدلتے متغيرات کی علیحدگی	4.11.5
501	سیماں نفی کار	4.12

506	4.13 جوڑدار فیٹ (<i>JFET</i>)
508	برقی رو بالمقابل برقی دباؤ	4.13.1
510	pJFET 4.13.2
510	باریک اشاراتی ریاضی نمونہ	4.13.3
517	مخلوط ادوار میں ماسفیٹ کا نقلہ کارکردگی تعین کرنے کے ادوار	4.14
517	منع مستقل برقی رو	4.14.1
524	4.15 مزاحمت کے عکس
526	تابع سورس (ڈرین مشترک ایمپلیفائر)	4.16
533	4.17 گیٹ مشترک ایمپلیفائر
535	4.18 زنجیری ایمپلیفائر
540	قوی ماسفیٹ	4.19
555	5 تفرقی ایمپلیفائر
555	دو جوڑ ٹرانزسٹر کا تفرقی جوڑا	5.1
555	تفرقی اشارہ کی عدم موجودگی	5.1.1
559	تفرقی اشارہ موجود	5.1.2
561	باریک داخلی تفرقی اشارہ پر تفرقی جوڑے کی بنیادی کارکردگی	5.2
562	وسيع داخلی اشارہ پر تفرقی جوڑے کی کارکردگی	5.3
567	باریک اشارہ پر تفرقی جوڑے کے کارکردگی پر تفصیلی غور	5.4
567	باریک اشاراتی مساوات	5.4.1
569	برقی رو کا حصول بذریعہ ٹرانزسٹر ریاضی نمونہ	5.4.2

572	داخلی تفرقی مزاحمت	5.4.3
575	داخلی مشترک مزاحمت اور مشترک افائش	5.4.4
578	غیر کامل تفرقی جوڑے کا ناقص بن	5.5
578	داخلی انحرافی برقی دباؤ	5.5.1
581	داخلی میلان برقی رو اور انحرافی داخلی میلان برقی رو	5.5.2
583	مخلوط ادوار میں دو جوڑ ٹرانزسٹر کے مائل کرنے کے طریقے	5.6
583	یک سمتی منبع برقی رو	5.7
585	آئینہ برقی رو	5.8
591	متعدد یک سمتی منبع رو	5.8.1
593	ٹرانزسٹر بوجہ سے لدا دو جوڑ ٹرانزسٹر کا تفرقی ایمپلیفائر	5.9
607	وائڈلر منبع برقی رو	5.10
611	ولسن آئینہ	5.11
616	کیسکوڈ ایمپلیفائر	5.12
619	ماسفیٹ کے تفرقی جوڑے	5.13
628	داخلی انحرافی برقی دباؤ	5.14
632	ماسفیٹ آئینہ برقی رو	5.15
636	منبع دباؤ کے اثرات سے آزاد منبع رو	5.15.1
638	ماسفیٹ کیسکوڈ تفرقی ایمپلیفائر	5.16

645	ایمپلیفائر کا تعددی رد عمل اور فلٹر	6
645	پست تعددی رد عمل	6.1
647	بیس سرے پر کپیسٹر C_B	6.2
656	ایمٹر سرے پر کپیسٹر C_E	6.3
662	کلکٹر سرے پر کپیسٹر C_C	6.4
665	بوڈا خطوط	6.5
672	بیس اور کلکٹر بیرونی کپیسٹر	6.6
678	بیس اور ایمٹر بیرونی کپیسٹروں کا مجموعی اثر	6.7
684	بیس، ایمٹر اور کلکٹر بیرونی کپیسٹروں کا مجموعی اثر	6.8
687	پست انقطعی تعدد پذیریع سورس کپیسٹر	6.9
694	مسئله ملر	6.10
697	بلند تعددی رد عمل	6.11
698	بلند تعددی پائی π ریاضی نمونہ	6.11.1
700	مشترکہ ایمٹر بلند انقطعی تعدد	6.11.2
705	مشترکہ بیس بلند انقطعی تعدد	6.11.3
707	f_T کا تجربیاتی تخمینہ	6.11.4
708	برقی بوجہ کے موجودگی میں بلند تعددی رد عمل	6.11.5
717	مشترکہ سورس ماسفیٹ ایمپلیفائر کا بلند تعددی رد عمل	6.11.6
720	مشترکہ کلکٹر ایمپلیفائر کا بلند تعددی رد عمل	6.12
725	مشترک بیس ایمپلیفائر کا بلند انقطعی تعدد	6.13
730	کیسکوڈ ایمپلیفائر	6.14
743	فلٹر یا چھلنی	6.15
743	بڑ ورت فلٹر (چھلنی)	6.16
751	بڑ ورت فلٹر کا دور	6.16.1

765	7	واپسی ادوار
766	7.1	ایمپلیفائر کی جماعت بندی
767	7.1.1	برقی دباو ایمپلیفائر
769	7.1.2	برقی رو ایمپلیفائر
770	7.1.3	موصل نما ایمپلیفائر
772	7.1.4	مزاحمت نما ایمپلیفائر
774	7.2	واپسی اشارہ
776	7.3	بنیادی کارکردگی
779	7.3.1	افرائشی دائرة
779	7.3.2	بنیادی مفروضے
780	7.4	واپسی ایمپلیفائر کی خوبیاں
780	7.4.1	مستحکم افزائش
785	7.4.2	تعددی بگاڑ
785	7.4.3	دائره کارکردگی کے پڑی میں وسعت
787	7.5	داخلی مزاحمت
787	7.5.1	واپسی برقی دباو ایمپلیفائر کا داخلی مزاحمت
789	7.5.2	واپسی برقی رو ایمپلیفائر کا داخلی مزاحمت
791	7.5.3	واپسی موصل نما ایمپلیفائر کا داخلی مزاحمت
793	7.5.4	واپسی مزاحمت نما ایمپلیفائر کا داخلی مزاحمت
795	7.6	خارجی مزاحمت

796	واپسی برقی دباؤ ایمپلیفائز کا خارجی مزاحمت	7.6.1
797	واپسی برقی رو ایمپلیفائز کا خارجی مزاحمت	7.6.2
799	واپسی موصل نما ایمپلیفائز کا خارجی مزاحمت	7.6.3
800	واپسی مزاحمت نما ایمپلیفائز کا خارجی مزاحمت	7.6.4
802	واپسی ایمپلیفائز کے جماعت بندی کی مثالیں	7.7
803	واپسی برقی دباؤ ایمپلیفائز	7.7.1
804	واپسی مزاحمت نما ایمپلیفائز	7.7.2
806	واپسی موصل نما ایمپلیفائز	7.7.3
808	واپسی برقی رو ایمپلیفائز	7.7.4
810	واپسی مزاحمت نما ایمپلیفائز	7.7.5
813	واپسی ایمپلیفائز کا تفصیلی تجزیہ	7.8
815	واپسی برقی دباؤ ایمپلیفائز	7.9
817	واپسی برقی دباؤ زنجیری ایمپلیفائز	7.10
823	مرتعش	8
826	مرتعش کی تخلیق	8.1
828	مزاحمت-کپیسٹر RC مرتعش	8.2
835	وائیں مرتعش	8.3
837	$nJFET$ پر مبنی امالہ-کپیسٹر LC بمیسر مرتعش	8.4
840	خود-مائل دور	8.4.1
841	ٹرانزسٹر بمیسر مرتعش	8.5
845	عومومی مرتعش	8.6
848	بارٹلے اور کالپلس مرتعش	8.7
854	قلحی مرتعش	8.7.1
861	فرینگ	

دیباچہ

برقی آلات اور عدوی ادوار کے بعد مماثل برقيات میری تیسری کتاب ہے۔ یہ کتاب بھی اس اميد کے ساتھ لکھی گئی ہے کہ یہ ایک دن برقی انجنئرنگ کی نصابی کتاب کے طور پر پڑھائی جائے گی۔ اميد کی جاتی ہے کہ اب بھی طلبہ و طالبات اس سے استفادہ حاصل کر سکیں گے۔

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

یہ کتاب Ubuntu استعمال کرتے ہوئے XeLatex میں تشكیل دی گئی۔ پر زہ جات کے خط Octave 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 ترجمہ علاقائی زبانوں میں کریں۔

اس کتاب کو پہلی مرتبہ بطور نصابی کتاب جن طلباء و طالبات نے پڑھا ان کے نام طلحہ ذاہد، عبد العذر رضا، عائشہ رباب، سمیا الرحمن، صحیح صادق اور فیصل پرویز ہیں۔ انہوں نے کتاب کو درست کرنے میں میری مدد کی جس کا میں شکر گزار ہوں۔

آپ سے التماس ہے کہ اس کتاب کو زیادہ سے زیادہ طلبہ و طالبات تک پہنچائیں اور اس میں غلطیوں کی نشاندہی میرے ای میل پتہ پر کریں۔

خالد خان یوسفی

9 نومبر 2014

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 راجح ہے۔ دنیا میں تحقیقی کام کا بیشتر حصہ انگریزی زبان میں ہی چھپتا ہے۔ انگریزی زبان میں ہر موضوع پر لاتعدد کتابیں پائی جاتی ہیں جن سے طلبہ و طالبات استفادہ حاصل کر سکتے ہیں۔

ہمارے ملک میں طلبہ و طالبات کی ایک بہت تعداد بینیادی تعلیم اردو زبان میں حاصل کرتی ہے۔ ان کے لئے انگریزی زبان میں موجود مواد سے استفادہ حاصل 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 بھرپور خدمت کرنے کے قابل نہیں رہتے۔ ایسے طلبہ و طالبات کو اردو زبان میں نصاب کی اچھی کتابیں درکار ہیں۔ ہم نے قومی 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 اسکوں کی سطح پر نصاب میں استعمال تکمیلی الفاظ ہی استعمال کئے جائیں۔ جہاں ایسے الفاظ

موجود نہ تھے وہاں روز مرہ میں استعمال ہونے والے الفاظ پڑنے لگئے۔ تینیکی الفاظ کی چنانی کے وقت اس بات کا خیال رکھا گیا کہ ان کا استعمال دیگر مضامین میں بھی ممکن ہو۔

کتاب میں یہن الاقوامی نظام اکائی استعمال کی گئی ہے۔ اہم متغیرات کی علامتیں 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 خاصتاً اردو زبان میں انجینئرنگ کی نصابی کتاب کے طور پر استعمال کی جائے گی۔ اردو زبان میں الیکٹریکل 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 ڈلی ہیں البتہ اسے درست بنانے 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 ہائِر ایجوکیشن کمیشن کا شکریہ ادا کرنا چاہتا ہوں جن کی وجہ سے ایسی سرگرمیاں ممکن ہو سکیں۔

خالد خان یوسفی

28 اکتوبر 2011

علامات

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

برقی دباؤ، برقی رو اور ان کی مخصوص خصیتیں اجاگر کرنے کی خاطر مختلف علمیں استعمال کی جاتی ہیں۔ ان علمتوں کو، جن سے بخوبی واقف 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

نقٹہ کارکردگی پر یک سمی برقی دباؤ اور برقی رو (اشارہ عدم موجود) V_{CEQ}, I_{CQ}

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

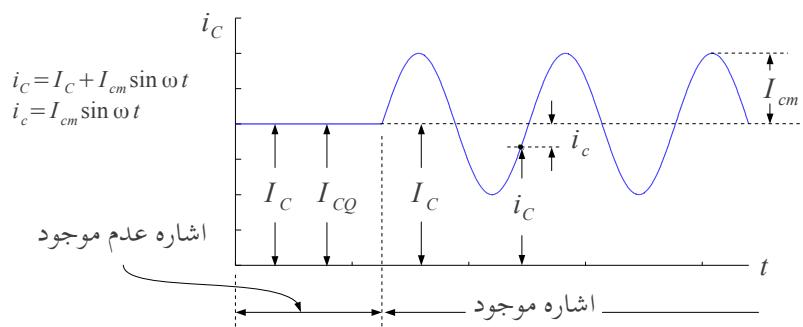
I_d, I_c, I_e, I_b سائن نما برقی رو کی موثر تیہت (rms)

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

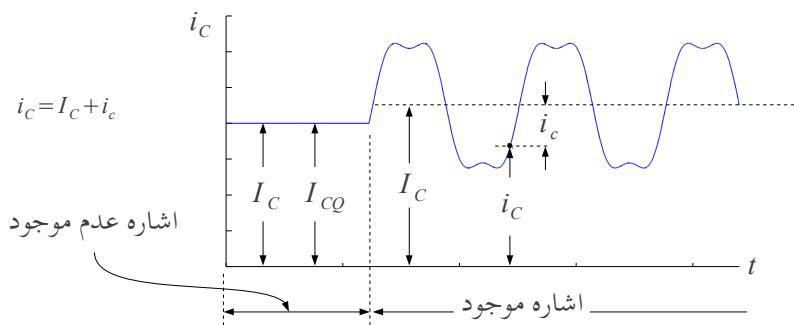
$v_D, v_{BE}, v_{CE}, v_{BC}$ لمحاتی برقی دباؤ

i_D, i_C, i_E, i_B لمحاتی برقی رو

ان کی مزید وضاحت شکل 0.1 اور شکل 0.2 میں کی گئی ہے۔



شکل 0.1: سائن نما اشاره



شکل 0.2: غیر سائن نما اشاره

اصطلاحات	
voltage	برقی دباد
current	برقی رو
resistance	برقی مزاجمت
capacitor	برق گیر (کپیسٹر)
inductor	ماله گیر
impedance	برقی رکاوٹ
voltage source	منبع برقی دباد
current source	منبع برقی رو
dependent voltage source	تالع منبع برقی دباد
independent voltage source	غیر تالع منبع برقی دباد
OPAMP	حسابی ایکلیپیفار
difference pair	تفرقی جوڑا
signal	اشارہ
signal generator	منبع اشارہ
frequency	تعدد
BJT transistor	دو جوڑ ٹرانزیستر
diode	ڈائیوڈ
mosfet	ماسفیٹ
AM signal	جیٹھ سوار اشارہ

الباب 3

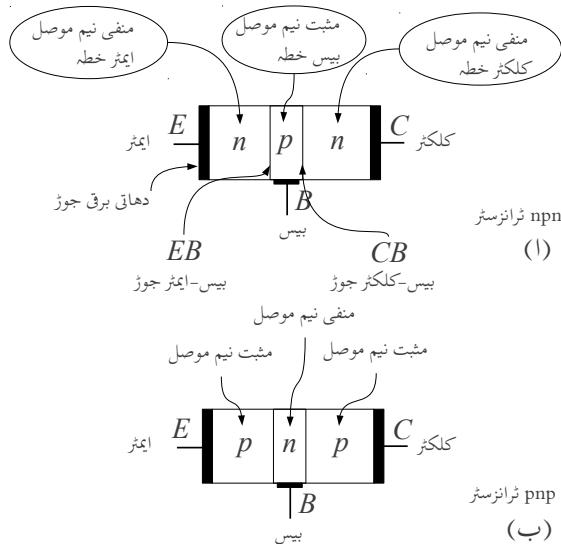
ٹرانزسٹر (دو جوڑ ٹرانزسٹر)

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۔

3.1 ٹرانزسٹر کی ساخت اور اس کی بنیادی کارکردگی

شکل 3.1 میں دو اقسام کے ٹرانزسٹروں کی بناؤث دکھائی گئی ہے۔ شکل الف میں دو منفی نیم موصل خطوطوں کے مابین ایک ثابت نیم موصل خط سمیاگیا ہے۔ اس قسم کے ٹرانزسٹر کو منفی-جمع-منفی ٹرانزسٹر یا *npn* ٹرانزسٹر کہتے ہیں۔ ان تین نیم موصل خطوں کو ایکثر خطہ⁵، بیس خطہ⁶ اور کلکٹر خطہ⁷ کہتے ہیں۔ شکل میں ان کی وضاحت کی گئی۔

passive¹
transistor²
active³
field effect transistor⁴
emitter⁵
base⁶
collector⁷

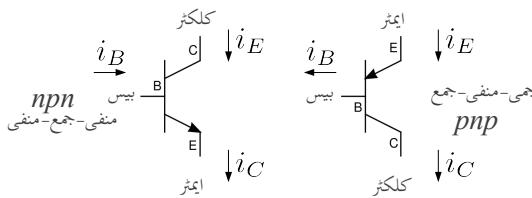


شکل 3.1: منفی-جمع-منفی ٹرانزسٹر اور جمع-منفی-جمع ٹرانزسٹر کی بناءت

ہے۔ اس کے برعکس شکل ب میں دو ثابت نیم موصل خطوں کے مابین ایک منفی نیم موصل خطہ سمیتا گیا ہے۔ اس قسم کے ٹرانزسٹر کو جمع-منفی- جمع ٹرانزسٹر یا pnp ٹرانزسٹر کہتے ہیں۔ منفی- جمع- منفی ٹرانزسٹر کے تین برقی سرے ہیں جنہیں ایمٹر⁸, E , کلکٹر⁹, C اور بیس¹⁰, B کہتے ہیں۔ اس ٹرانزسٹر میں منفی نیم موصل n اور ثابت نیم موصل p خطوں کے درمیان دو $-n$ - p جوڑ ہیں جنہیں بیس-ایمٹر BE جوڑ اور بیس-کلکٹر BC جوڑ کہتے ہیں۔

شکل 3.2 میں دو جوڑ ٹرانزسٹر کے دو اقسام کے علامات دکھائے گئے ہیں۔ بیس-ایمٹر جوڑ پر تیر کا نشان ٹرانزسٹر میں اس جوڑ سے گزرتی برقی روکی صحیح سمت دکھلاتا ہے۔ یوں pnp ٹرانزسٹر میں ایمٹر سرے سے برقی روکی i_E بہر کی جانب کو جبکہ باقی دو سروں پر برقی رو ٹرانزسٹر کے اندر جانب کو ہوگی۔ pnp ٹرانزسٹر میں ایمٹر سرے پر برقی رو اندر جانب جبکہ باقی دو سروں پر برقی رو کی سمت ٹرانزسٹر کے باہر جانب کو ہوگی۔ ٹرانزسٹر کے بیس-ایمٹر جوڑ اور بیس-کلکٹر جوڑ کو سیدھا مائل یا الٹا مائل کر کے ٹرانزسٹر کو تین مختلف طریقوں پر چلایا جا سکتا ہے۔ جدول

emitter⁸
collector⁹
base¹⁰



شکل 3.2: ٹرانزسٹر کے علامات

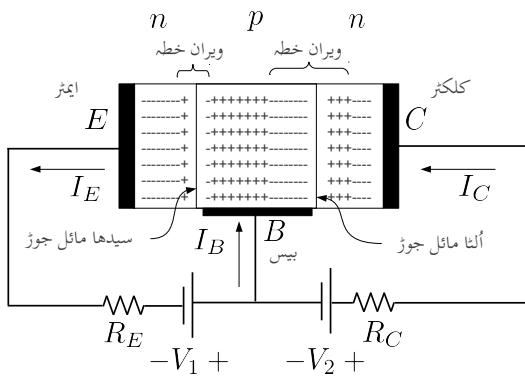
جدول 3.1: ٹرانزسٹر کے تین مختلف انداز کارکردگی

انداز کارکردگی	بیس-ایمپر جوڑ	بیس-کلکٹر جوڑ
افزائندہ حال	سیدھا مائل	غیر چالو یا الٹا مائل
غیر افزائندہ حال	سیدھا مائل	چالو
منقطع حال	الٹا مائل	الٹا مائل

3.1 میں ٹرانزسٹر مائل کرنے کے تین ممکنہ طریقے دکھائے گئے ہیں۔ ٹرانزسٹر کو بطور ایک پلیناٹر استعمال کرنے کی خاطر اسے افزائندہ حال میں رکھا جاتا ہے۔ عددی ادوار¹¹ میں ٹرانزسٹر کے غیر افزائندہ حال اور منقطع حال دونوں استعمال ہوتے ہیں۔

3.2 افزائندہ حال منفی-جمع-منفی $n-p-n$ ٹرانزسٹر کی کارکردگی

شکل 3.3 میں منفی-جمع-منفی $n-p-n$ ٹرانزسٹر کو اس طرح بر قی دباؤ مہیا کئے گئے ہیں کہ اس کا بیس-ایمپر BE جوڑ سیدھا مائل جبکہ اس کا بیس-کلکٹر BC جوڑ الٹا مائل ہو۔ یوں بیس-ایمپر BE جوڑ پر پیدا ویران خطے کی لمبائی کم ہو جائے گی جبکہ بیس-کلکٹر BC جوڑ پر پیدا ویران خطے کی لمبائی بڑھ جائے گی۔ شکل میں منفی-جمع-منفی $n-p-n$ ٹرانزسٹر کے بر قی سروں پر بر قی رو کی سمتیں دکھائی گئی ہیں۔ شکل میں بیس خطے کے لمبائی کو بڑھا چڑھا کر دکھایا گیا ہے۔ $n-p-n$ ٹرانزسٹر کی کارکردگی کا دارو مدار دو n خطوں کا انتہائی قریب ہونے پر ہے۔ یوں حقیقت میں بیس خطے کی لمبائی چند مائیکرو میٹر μm ہوتی ہے۔ شکل 3.4 میں اس ٹرانزسٹر میں باروں کے حرکت کی وضاحت کی گئی ہے۔ بیس-ایمپر جوڑ بالکل ڈایوڈ کی مانند عمل کرتا ہے۔ بیروفی بر قی دباؤ کی وجہ سے آزاد ایکٹران ایمپر خطے سے



شكل 3.3: بیس-ایمپٹ جوڑ سیدھا مائل جبکہ بیس-کلکٹر جوڑ اُنکا مائل کیا گیا ہے

بیس خطے میں داخل ہوتے ہیں۔ ان الکٹرانوں کو شکل میں مداخل الیکٹران¹² کہا گیا ہے۔ اسی طرح بیس خطے سے آزاد خول ایمپٹ خطے میں داخل ہوتے ہیں۔ ان خولوں کو شکل میں مداخل خول¹³ کہا گیا ہے۔ منفی-جمع-منفی ٹرانزسٹر کی کارکردگی مداخل ایکٹرانوں پر منحصر ہوتی ہے جبکہ مداخل خول اس میں کوئی کردار ادا نہیں کرتے۔ چونکہ مداخل ایکٹرانوں کی تعداد ایمپٹ خطے میں ملاوی ایٹموں کی تعدادی کثافت¹⁴ N_D پر منحصر ہے جبکہ مداخل خولوں کی تعداد بیس خطے میں ملاوی ایٹموں کی تعدادی کثافت N_A پر منحصر ہے لہذا ٹرانزسٹر کے ایمپٹ خطے میں N_D کی قیمت بیس خطے میں N_A کی قیمت سے کئی درجہ زیادہ رکھی جاتی ہے۔ شکل 3.5 میں منفی-جمع-منفی $n-p-n$ ٹرانزسٹر میں باروں کی حرکت دکھائی گئی ہے۔ چونکہ روایتی برقی رو اور الکٹران کے بہاؤ کی سمتیں آپس میں الٹ ہوتی ہیں لہذا اس ٹرانزسٹر کے ایمپٹ سرے پر الکٹران کا بہاؤ اور کی جانب ہو گا۔ فرض کریں کہ ایمپٹ سرے پر ہر سینٹ¹⁵ x الکٹران ٹرانزسٹر میں داخل ہوتے ہیں۔ الکٹران کا برق بار¹⁶ $-q$ ۔ لکھتے ہوئے یوں ایمپٹ سرے پر برقی رو I_E کی قیمت

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

ہو گی۔ یہ دونی برقی بہاؤ میں۔ ایمپٹ جوڑ کو سیدھا مائل کرنے ہوئے ہے۔ یوں اس جوڑ میں بالکل سیدھے ماکل ڈایوڈ کی طرح برقی رو کا گزر ہو گا اور تمام کے تمام x الکٹران میں خطے میں پہنچ جائیں گے۔¹⁶ میں خطے میں مداخل ایکٹران ہر جانب نفوذ پذیر ہوں گے۔ جیسا پہلے ذکر ہوا میں خطے کا پیشتر حصہ ویران خطہ بن چکا ہے۔ میں خطے میں مداخل

injected electrons¹²

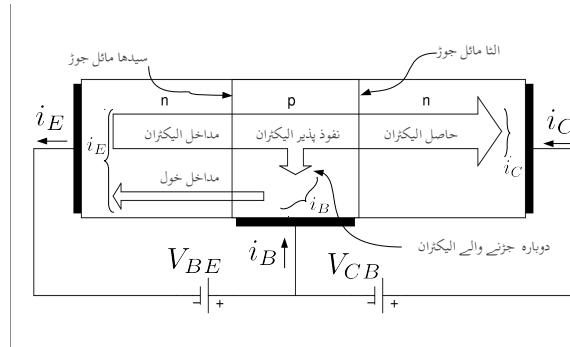
injected holes¹³

number density¹⁴

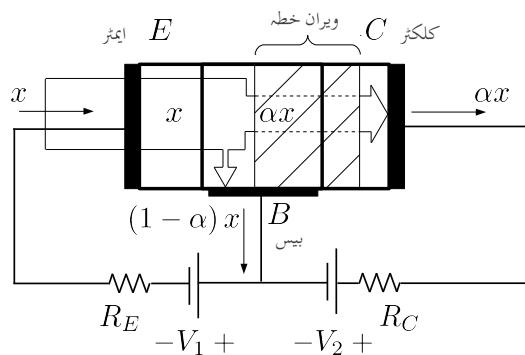
charge¹⁵

¹⁶ بہاؤ خول کے بہاؤ کو نظر انداز کیا گیا ہے۔ اس کی بات آگئے جا کر ہو گئی

3.2. افراطیه حال منفی-جمع-منفی $n-p-n$ ٹرانزسٹر کی کارکردگی



شکل 4: npn ٹرانزسٹر میں باروں کی حرکت



شکل 5: npn ٹرانزسٹر میں الیکٹرون کا بھاول

ایکٹران اس پاریک لمبائی والے بیس خطے سے ٹرانزسٹر کے بیرونی سرے B تک پہنچنے کی کوشش کریں گے۔ ایسے ایکٹران حرارتی توانائی کی بدولت بیس خطے میں ہر جانب نفوذ پذیر ہوں گے تاہم بیرونی برقی دباؤ V_I کی وجہ سے ان کی اوسط رفتار برقی سرے B کی جانب ہوتی ہے۔ ان ایکٹرانوں میں سے متعدد ایکٹران اس سفر کے دوران میں۔ کلکٹر جوڑ کے ویران خطے میں داخل ہو جاتے ہیں۔ جیسا کہ آپ جانتے ہیں کہ اس ویران خطے سے منفی بار نیزی سے دامی جانب یعنی کلکٹر خطے میں منتقل ہو جاتے ہیں۔ یوں α ایکٹرانوں کا پیشتر حصہ کلکٹر خطے میں پہنچ جاتا ہے اور یہاں سے ٹرانزسٹر کے بیرونی کلکٹر سرے پر پہنچ کر برقی رو I_C پیدا کرتا ہے۔ کلکٹر خطے پہنچنے والے ایکٹرانوں کی تعداد کو α لکھا جاسکتا ہے جہاں α کی قیمت عموماً 0.9 تا 0.99 ہوتی ہے۔ یوں کلکٹر سرے پر برقی رو I_C کی قیمت

$$(3.2) \quad I_C = \alpha x q$$

ہو گی۔ بقايا ایکٹران یعنی $x(\alpha - 1)$ ایکٹران ٹرانزسٹر کے بیرونی بیس 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

$$(3.4) \quad \begin{aligned} I_E &= x q \\ I_C &= \alpha x q = \alpha I_E \\ I_B &= (1 - \alpha)x q = (1 - \alpha)I_E \\ I_E &= I_B + I_C \end{aligned}$$

ان سے مزید حاصل ہوتا ہے

$$(3.5) \quad \begin{aligned} I_C &= \alpha I_E = \frac{\alpha}{1 - \alpha} I_B = \beta I_B \\ I_E &= I_C + I_B = (\beta + 1) I_B \end{aligned}$$

جہاں

$$(3.6) \quad \beta = \frac{\alpha}{1 - \alpha}$$

لکھا گیا ہے۔ مساوات 3.5 کو کلکٹروں میں دوبارہ لکھتے ہیں۔

$$(3.7) \quad I_C = \alpha I_E$$

$$(3.8) \quad \beta = \frac{I_C}{I_B}$$

$$(3.9) \quad I_E = (\beta + 1) I_B$$

3.2. افراطیہ حال منفی-جمع-منفی $n-p-n$ ٹرانزسٹر کی کارکردگی

چونکہ $1 \approx \alpha$ ہوتا ہے لہذا مساوات 3.7 سے ظاہر ہے کہ I_C کی قیمت تقریباً I_E کے برابر ہو گی۔ مساوات 3.8 سے ظاہر ہے کہ β ٹرانزسٹر کی افزائش برق رو¹⁷ ہے۔

مساوات 3.6 کو یوں بھی لکھ سکتے ہیں

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

مثال 3.1: مندرجہ ذیل کے لئے β حاصل کریں۔

$$\alpha = 0.9 .1$$

$$\alpha = 0.99 .2$$

$$\alpha = 0.999 .3$$

حل:

$$\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha} = \frac{0.9}{1-0.9} = 9 .1$$

$$\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha} = \frac{0.99}{1-0.99} = 99 .2$$

$$\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha} = \frac{0.999}{1-0.999} = 999 .3$$

مثال 3.2: $\alpha = 74$ کے لئے β حاصل کریں۔

current gain¹⁷

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

مثال 3.3: ایک ٹرانزسٹر میں ہر سینڈ $10^{15} \times 6$ الکٹرون بیس-ایمپٹر جوڑ سے گزرتے ہیں۔ اگر $\alpha = 0.993$ ہوتا ہے تو اس کے برقی سروں پر برقی رو حاصل کریں۔

حل: الکٹرون کا بار $-1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ لیتے ہوئے

$$(3.11) \quad \begin{aligned} I_E &= -nq = 6 \times 10^{15} \times 1.6 \times 10^{-19} = 9.6 \times 10^{-4} = 0.96 \text{ mA} \\ I_C &= \alpha I_E = 0.993 \times 0.96 \times 10^{-3} = 0.95328 \text{ mA} \\ I_B &= I_E - I_C = 6.78 \mu\text{A} \end{aligned}$$

ٹرانزسٹر کی اہمیت β سے منسک ہے۔ مساوات 3.8 کہتا ہے کہ $I_C = \beta I_B$ ہے۔ یعنی کلکٹر سرے کا برقی رو بیس سرے کے برقی رو کے β گناہ ہے۔ یوں اگر β کی قیمت 35 ہوتی ہے 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 تجوڑی مقدار میں برقی رو کلکٹر سرے پر زیادہ مقدار کے برقی رو کو قابو کرتی ہے۔ اس عمل کو افزائش¹⁸ کہتے ہیں۔ یوں β کو ٹرانزسٹر کی افزائش برقی رو¹⁹ کہیں گے۔ ٹرانزسٹر کے افزائش کی صلاحیت ہی کی وجہ سے برقيات کے میدان کا وجود ہے۔

ٹرانزسٹر کا BE جوڑ بالکل سادہ ڈائوڈ کی طرح کردار ادا کرتا ہے۔ یوں اس جوڑ کے برقی رو کو

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

gain¹⁸
current gain¹⁹

لکھتے ہوئے

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

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

لکھا جا سکتا ہے۔ اگر ہم I'_S کو لکھیں تب ان مساوات کو

$$(3.12) \quad I_E = \frac{I_C}{\alpha} \left(e^{\frac{V_{BE}}{V_T} - 1} \right)$$

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

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

لکھا جا سکتا ہے۔ اس کتاب میں مساوات 3.12 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۔ میں ایسٹر جوڑ پر برقی دباؤ V_{BE} کم یا زیادہ کرنے سے I_E مساوات 3.12 کے تحت کم یا زیادہ ہو گی اور I_B بھی کم یا زیادہ ہو گی۔ اور I_B کی شرح β رہے گا۔

اب تک کی گنتگو سے ظاہر ہے کہ $n-p-n$ ٹرانزسٹر میں مداخل خلوں کا I_C کے پیدا کرنے میں کوئی کردار نہیں۔ اسی لئے جیسا شروع میں ذکر ہوا مداخل خلوں کی تعداد کم سے کم رکھی جاتی ہے۔

مندرجہ بالا گنتگو میں میں۔ ٹرانزسٹر جوڑ کو الٹ مائل رکھا گیا۔ ائے مائل ڈائیوڈ کی طرح اس جوڑ میں الٹی جانب برقی رو I_S گزرے گی۔ ڈائیوڈ کی طرح حقیقت میں الٹی 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 مختص ہوتی ہے۔ ٹرانزسٹر میں اس برقی رو کو I_{CB0} لکھا جاتا ہے۔ I_{CB0} سے مراد ایسٹر سرے کو کھل سرے رکھتے ہوئے میں۔ ٹرانزسٹر جوڑ پر الٹی برقی رو ہے۔ اور مساوات حاصل کرتے وقت I_{CB0} کو نظر انداز کیا گیا ہے۔ یوں حقیقت میں

$$(3.13) \quad I_C = \alpha I_E + I_{CB0}$$

کے برابر ہے۔ I_{CB0} کی قیمت درج حرارت 10°C بڑھانے سے تقریباً دو گنی ہوتی ہے۔ جدید ٹرانزسٹروں میں I_{CB0} قبل نظر انداز ہوتا ہے لہذا اس کتاب میں ہم I_{CB0} کو نظر انداز کریں گے۔

n-p-n ٹرانزسٹر اسی صورت افزاں نہ رہتا ہے جب اس کے بیس-ایمپٹر جوڑ کو سیدھا مائل جکہ اس کے بیس-کلکٹر جوڑ کو غیر چالو رکھا جائے۔ یوں ٹرانزسٹر کو افزاں نہ حال رکھنے کی خاطر اس کے بیس-کلکٹر جوڑ پر برقی دباؤ V_{BE} ثابت رکھی جاتی ہے جکہ اس کے بیس-کلکٹر جوڑ پر برقی دباؤ V_{BC} کو یا تو منقی رکھا جاتا ہے اور یا اسے چالو کرده برقی دباؤ یعنی 0.5V سے کم رکھا جاتا ہے۔ سیدھے مائل بیس-ایمپٹر جوڑ پر کسی بھی سیدھے مائل جمع-منقی 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 مخصر ہوتی ہے۔ شکل 3.6 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 روکے 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 اوسط β کے قیمت کو ٹرانزسٹر کا β تصور کیا جاتا ہے۔ اس کتاب میں i_C کے تبدیلی سے β کے تبدیلی کو نظر انداز کیا جائے گا۔

دو یک سمجھی برقی رو یعنی I_C اور I_B کی شرح ہے جسے عموماً h_{FE} بھی لکھا جاتا ہے یعنی β

$$(3.14) \quad \beta = h_{FE} = \frac{I_C}{I_B}$$

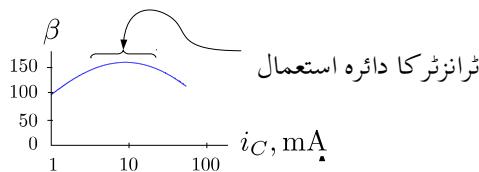
ٹرانزسٹر کو اشارے کی افزائش کے لئے استعمال کیا جاتا ہے جو کہ یک سمجھی نہیں بلکہ بدلتا برقی دباؤ یا بدلتی برقی رو ہوتا ہے۔ یوں ٹرانزسٹر استعمال کرتے ہوئے ہمیں اس کے $\frac{\Delta i_C}{\Delta i_B}$ یعنی h_{fe} سے زیادہ دلچسپی ہے۔ اس شرح کو کہتے ہیں یعنی

$$(3.15) \quad h_{fe} = \frac{\Delta i_C}{\Delta i_B} = \frac{i_c}{i_b}$$

یوں h_{FE} کو ٹرانزسٹر کا یک سمجھی افزائش برقی رو جکہ 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 افزاں نہ کرده برقی دباؤ

شکل 3.7 میں ٹرانزسٹر کے سیدھے مائل بیس-ایمپٹر جوڑ پر $V_{BE} = 0.7V$ جکہ اس کے بیس-کلکٹر جوڑ پر $V_{BC} = 0.5V$ دکھائے گئے ہیں۔ جیسا شکل میں دکھایا گیا ہے اس صورت میں برقی دباؤ V_{CE} کی قیمت



شکل 3.6: افراش بالمقابل برقی رو

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

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

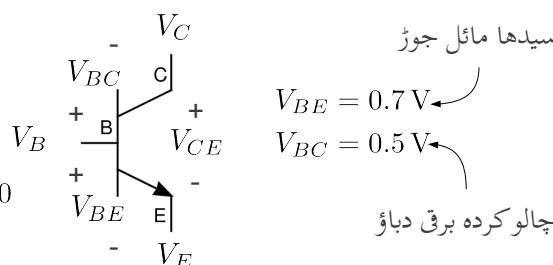
$$V_{CE} = V_C - V_E$$

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

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

$$= 0.7 - 0.5$$

$$= 0.2 \text{ V}$$

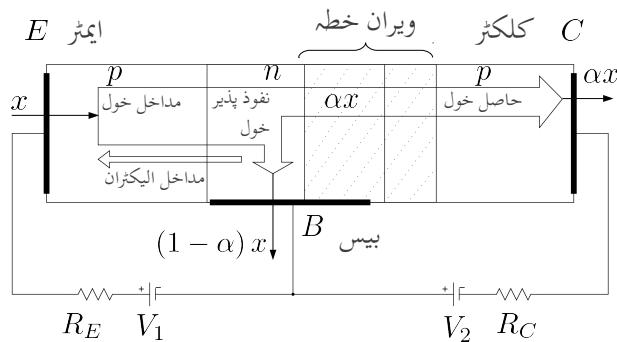


شکل 3.7: ٹرانزسٹر کی غیر افزائندہ کردہ برقی دباؤ

0.2 V ہوتی ہے۔ اگر میں۔ لکھر 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

$$(3.16) \quad V_{CEsat}^{\text{غیر افزائندہ}} = 0.2 \text{ V}$$

$$V_{CEsat}^{20}$$

شکل 3.8: pnp ٹرانزسٹر میں خول کا بہاو

3.4 افزائندہ حال جمع-منفی-جمع pnp ٹرانزسٹر کی کارکردگی

شکل 3.8 میں pnp ٹرانزسٹر کے پیس-ایمیٹر جوڑ کو سیدھا مائل جبکہ نہیں۔ ٹکلٹر جوڑ کو االتا 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 روکا وجود ٹرانزسٹر میں الیکٹرانوں کی حرکت سے ہوتا ہے جبکہ pnp ٹرانزسٹر میں برقی روکا وجود ٹرانزسٹر میں خولوں کی حرکت سے ہوتا ہے۔

جیسا شکل میں دکھایا گیا ہے، یہ ونی لاؤ گو برقی دباؤ V_1 ایمیٹر-پیس جوڑ کو سیدھا مائل کرتا ہے جس سے ایمیٹر سے بیس خطے میں خول داخل ہوتے ہیں اور بیس خطے سے ایمیٹر خطے میں الیکٹران داخل ہوتے ہیں۔ چونکہ بیس خطے میں الیکٹران کی تعدادی کثافت ایمیٹر میں خول کی تعدادی کثافت سے کمی درجے کم رکھی جاتی ہے لہذا ایمیٹر سے بیس خطے میں داخل ہونے والے خولوں کی تعداد بیس سے ایمیٹر داخل ہونے والے الیکٹرانوں کی تعداد سے کمی درجے زیادہ ہوتی ہے۔ بیس خطے کی لمبائی نہایت کم ہوتی ہے اور یوں بیس خطے میں داخل ہونے والے خولوں کا بیشتر حصہ بیس۔ ٹکلٹر 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 ٹکلٹر میں دھکیل دئے جاتے ہیں۔ یوں ایمیٹر سے بیس میں خارج کئے جانے والے خولوں کا بیشتر حصہ ٹکلٹر پہنچ کر I_C پیدا کرتا ہے۔ ٹکلٹر کے دھاتی جوڑ پر پہنچنے والا ہر خول، ٹرانزسٹر میں باہر سے آنے والے الیکٹران کے ساتھ مل کر ختم ہوتا ہے۔ یوں یہ ونی دور میں برقی روکا الیکٹران کے حرکت سے جبکہ pnp کے اندر برقی روکا خول کے حرکت سے پیدا ہوتا ہے۔

V_{EC} اور V_{EB} کے pnp 3.4.1

npn ٹرانزسٹر کے سیدھے مائل بیس-ایمپٹر جوڑ پر $V_{BE} = 0.7\text{V}$ پایا جاتا ہے اور $V_{EC} = 0.2\text{V}$ ^{غیر افرائندہ} پر ٹرانزسٹر غیر افراستنہ ہو جاتا ہے۔ npn ٹرانزسٹر میں بھی ایسا ہی ہوتا ہے پس جوڑ کے نام الٹے لکھتے ہیں لیکن pnp کے سیدھے مائل ایمپٹر-بیس جوڑ پر $V_{EB} = 0.7\text{V}$ پایا جاتا ہے اور $V_{EC} = 0.2\text{V}$ ^{غیر افرائندہ} پر ٹرانزسٹر غیر افراستنہ ہو جاتا ہے۔

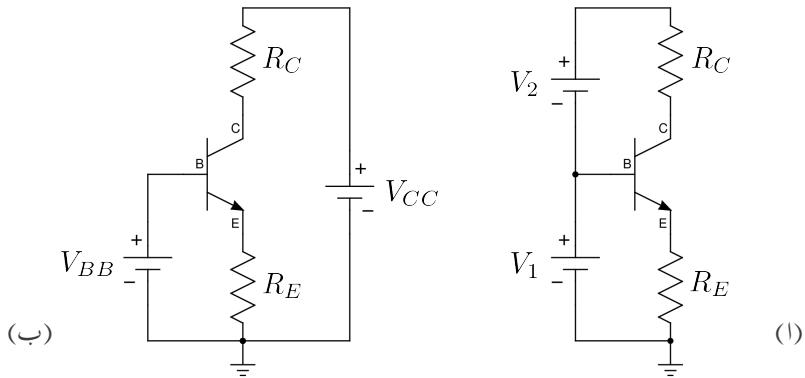
3.5 نقطہ کارکردگی اور یک سمتی ادوار کا تحلیلی تجزیہ

ٹرانزسٹر کے ساتھ مزاحمت (مراجمتیں) اور یک سمتی منبع برقی دباؤ (برقی رو) مسلک کر کے اسے تین مختلف طرز پر چلایا جاسکتا ہے۔ ان تین طریقوں کو جدول میں بیان کیا گیا ہے۔ ٹرانزسٹر کے نقطہ کارکردگی (نقطہ مائل) پر اس کے یک سمتی برقی رو کو I_E , I_C , I_B اور یک سمتی برقی دباؤ کو V_{CE} , V_{BE} , V_{BC} لکھتے ہیں۔ ڈائیوڈ کے نقطہ مائل کی طرز پر ان قیتوں کے لکھنے کا درست انداز I_{BQ} , I_{EQ} , I_{CQ} , V_{CEQ} , I_{EQ} وغیرہ ہے۔ اس کتاب میں جہاں علمی 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 سمتی ادوار حل کرنے پر غور کیا جائے گا جہاں ٹرانزسٹر کے مختلف حال یعنی افرائندہ حال، غیر افرائندہ حال اور منقطع حال باری باری دیکھے جائیں گے۔

3.5.1 افرائندہ ٹرانزسٹر کے یک سمتی ادوار کا حل

ٹرانزسٹر کی علامت استعمال کرتے ہوئے شکل 3.5 کو شکل 3.9 میں دوبارہ دکھایا گیا ہے۔ شکل 3.9 اف کو شکل 3.9 ب کے طرز پر بھی بنایا جاسکتا 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۔



شکل 3.9: ٹرانزسٹر کو افزائندہ حال مائل کرنے کے طریقے

مثال 3.4: شکل 3.9 الف میں V_1 کی قیمت تین ولٹ اور V_2 کی قیمت آٹھ ولٹ ہونے کی صورت میں اس کے مساوی دور شکل 3.9 ب میں V_{CC} اور V_{BB} کی قیمتیں حاصل کریں۔

حل:

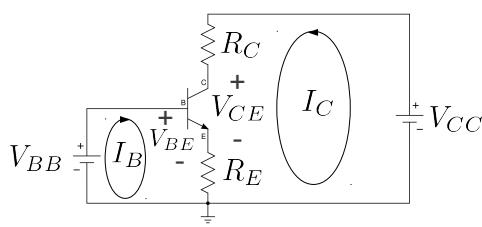
$$(3.17) \quad V_{BB} = V_1 = 3 \text{ V}$$

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

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

شکل 3.10 میں ٹرانزسٹر کا دور دکھایا گیا ہے۔ داخلی جانب کرچاف کے قانون برائے برقی دباؤ کی مدد سے ہم ٹرانزسٹر میں برقی رو I_C یوں حاصل کر سکتے ہیں۔

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



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

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

شکل 3.10: ٹرانزسٹر کا بیانی دوڑ

جہاں دوسرے قدم پر $I_E = I_B + I_C$ لکھا گیا ہے۔ ٹرانزسٹر کے ادوار حل کرتے ہوئے عموماً I_C کو کے برابر ہی تصور کیا جاتا ہے۔ ٹرانزسٹر کے سیدھے مائل میں۔ ایمیٹر جوڑ پر برقی دباؤ کو V_{BE} لکھا جاتا ہے جس کی عمومی قیمت کسی بھی سیدھے مائل ڈائیوڈ کی طرح 0.7V ہے۔ یعنی

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

اسی طرح خارجی جانب کرچاف کے قانون برائے برقی دباؤ کی مدد سے ٹرانزسٹر کے ٹکلٹر-ایمیٹر سروں کے مابین برقی دباؤ V_{CE} یوں حاصل کی جاتی ہے۔

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

جہاں آخری قدم پر $I_E \approx I_C$ لیا گیا۔ حاصل کردہ برقی دباؤ V_{CE} کی قیمت _{غیر افوندہ} 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 3.5 میں شکل 3.10 میں

$$\begin{aligned}V_{CC} &= 12\text{V} \\V_{BB} &= 1.2\text{V} \\R_C &= 10\text{k}\Omega \\R_E &= 1\text{k}\Omega\end{aligned}$$

ہونے کی صورت میں برقی رو I_C اور برقی دباؤ V_{CE} حاصل کریں۔

حل: مساوات 3.19 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 3.21 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 V_{CE} سے زیادہ ہے لہذا ٹرانزسٹر افراہنڈہ حال ہے اور یوں تمام حاصل کردہ جوابات درست ہیں۔

مثال 3.6: مثال 3.5 میں ٹرانزسٹر کی افراہش 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 3.10 سے مساوات 3.21 سے

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

یوں جبکہ مساوات 3.21 سے

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C - I_E R_E$$

$$= 12 - (0.495 \times 10^{-3} \times 10000) - (0.5 \times 10^{-3} \times 1000)$$

$$= 6.55 \text{ V}$$

چونکہ حاصل کردہ V_{CE} کی قیمت V_{CE} سے زیادہ ہے لہذا ٹرانزسٹر افراہنڈہ حال ہے اور 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 0.5 mA حاصل ہوتی ہے۔ دونوں جوابات میں صرف 1.01% فرق ہے یعنی

$$\left| \frac{0.495 \times 10^{-3} - 0.5 \times 10^{-3}}{0.495 \times 10^{-3}} \right| \times 100 = 1.01\%$$

اسی طرح دونوں مثالوں میں حاصل کئے گئے 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 جاتی ہے۔ ٹرانزسٹر کے ادوار قلم و کاغذ کی مدد سے حل کرتے ہوئے عموماً ایسا ہی کیا جاتا ہے اور تینجاً I_E کی جگہ I_C ہی کی قیمت استعمال کی جاتی ہے۔ $I_E \approx I_B$ لینے کا مطلب I_B کو نظر انداز کرنا ہے۔

مثال 3.11 شکل 3.7 میں $V_C = 2.584 \text{ V}$ اور $V_B = 1.884 \text{ V}$ ہیں۔ ٹرانزسٹر کا β حاصل کریں۔ مزید کا بھی تخمینہ لگائیں۔

حل: شکل کو دیکھ کر

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

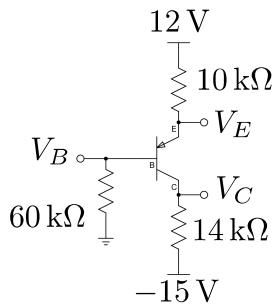
$$I_E = \frac{12 - 2.584}{10000} = 0.942 \text{ mA}$$

لکھے جا سکتے ہیں جن سے

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

یعنی $\beta = 29$ حاصل ہوتا ہے۔ اس طرح

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



شکل 3.11: ٹرانزسٹر کے β کا حصول۔

اور

$$V_C = 0.91 \times 10^{-3} \times 14000 - 15 = -2.26 \text{ V}$$

حاصل ہوتے ہیں۔

مثال 3.8: شکل 3.12 میں

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

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

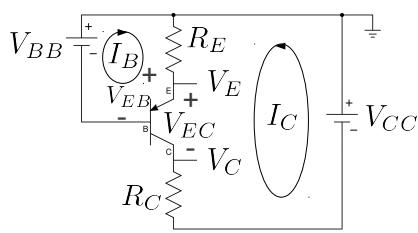
$$R_C = 10 \text{ k}\Omega$$

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

ہیں۔ V_{EC} اور I_C حاصل کریں۔

حل: ہیں جانب کرجاف کے قانون برائے برقی دباؤ کی مدد سے

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



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

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

شکل 12.12: جمع منفی جمع ٹرانزسٹر کا سادہ دور

لکھا جا سکتا ہے جہاں دوسرے قدم پر $I_E = I_B + I_C$ کو لکھا گیا ہے۔ یوں

$$\begin{aligned}I_E &= \frac{V_{BB} - V_{EB}}{R_E} = \frac{1.2 - 0.7}{1000} = 0.5 \text{ mA} \\I_C &\approx I_E = 0.5 \text{ mA}\end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اسی طرح کرچاف کے قانون برائے برقی دباؤ کی مدد سے

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

لکھا جا سکتا ہے۔ اگر $I_E \approx I_C$ لیا جائے تو

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

حاصل ہوتا ہے۔ اس مثال کا مثال 3.5 کے ساتھ موازنہ کریں۔

مثال 3.9: شکل 3.13 میں دکھائے گئے ٹرانزسٹر دور میں

$$V_{CC} = 15 \text{ V}$$

$$V_{BB} = 1.1 \text{ V}$$

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

$$R_E = 900 \Omega$$

$$\beta = 36$$

ہیں۔ اس دور میں ٹرانزسٹر کے تینوں سروں پر بر قی دباؤ اور بر قی رو حاصل کریں۔

حل: ٹرانزسٹر کے داخلی جانب کرچاف کے قانون برابعے بر قی دباؤ کی مدد سے I_E حاصل کرتے ہیں۔

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

$$I_E = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_E}$$

$$= \frac{1.1 - 0.7}{900}$$

$$= 0.44 \text{ mA}$$

عموماً I_C کو I_E کے برابر ہی تصور کیا جاتا ہے لیکن چونکہ بیہاں خصوصی طور پر تمام بر قی رو مانگی گئی ہیں لذا ہم ان کی اصل قیمتیں حاصل کرتے ہیں۔

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

$$= \frac{36}{36 + 1}$$

$$= 0.97297$$

$$I_C = \alpha I_E$$

$$= 0.97297 \times 0.4444 \times 10^{-3}$$

$$= 0.432 \text{ mA}$$

$$I_B = \frac{I_E}{\beta + 1}$$

$$= \frac{0.4444 \times 10^{-3}}{36 + 1}$$

$$= 12.01 \mu\text{A}$$

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

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

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

$$\begin{aligned}V_B &= V_E + V_{BE} \\&= 0.4 + 0.7 \\&= 1.1 \text{ V}\end{aligned}$$

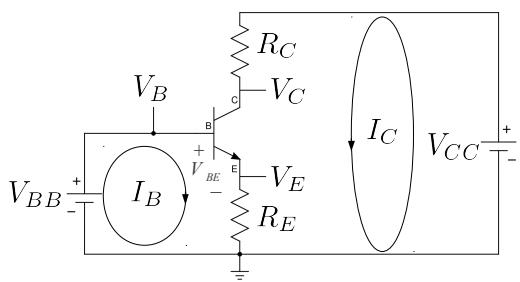
$$\begin{aligned}V_{CE} &= V_C - V_E \\&= 12.581 - 0.4 \\&= 12.181 \text{ V}\end{aligned}$$

چونکہ ٹرانزسٹر کے بیس پر 1.1 V لاگو کیا گیا ہے لہذا میکٹر پر برقی دباؤ کو یوں بھی حاصل کیا جاسکتا ہے

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

مثال 3.10: شکل 3.12 میں دکھائے گئے ٹرانزسٹر دور میں

$$\begin{aligned}V_{CC} &= 15 \text{ V} \\V_{BB} &= 1.1 \text{ V} \\R_C &= 5.6 \text{ k}\Omega \\R_E &= 900 \Omega \\\beta &= 36\end{aligned}$$



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

شکل 3.13: ٹرانزسٹر دور کی مثال

ہیں۔ اس دور میں ٹرانزسٹر کے تینوں سروں پر برقی دباؤ اور برقی رو حاصل کریں۔

حل: ٹرانزسٹر کے داخلی جانب کرچاف کے قانون برائے برقی دباؤ کی مدد سے I_E حاصل کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned}
 V_{BB} &= I_E R_E + V_{EB} \\
 I_E &= \frac{V_{BB} - V_{EB}}{R_E} \\
 &= \frac{1.1 - 0.7}{900} \\
 &= 0.44 \text{ mA}
 \end{aligned}$$

عوماً I_C اور I_E کے ٹھیک ٹھیک قیمتیں حاصل کرتے ہیں۔

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

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

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

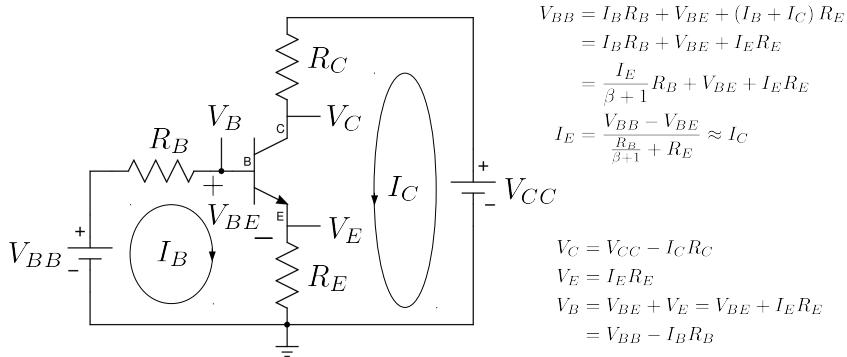
ٹرانزسٹر کے سروں پر برقی دباؤ حاصل کرتے ہیں۔

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

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

$$\begin{aligned}V_B &= V_E - V_{EB} \\ &= -0.4 - 0.7 \\ &= -1.1 \text{ V}\end{aligned}$$

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



شکل 3.14: ٹرانزسٹر دور جہاں تینوں سروں کے ساتھ مراحمت مسلک بیں

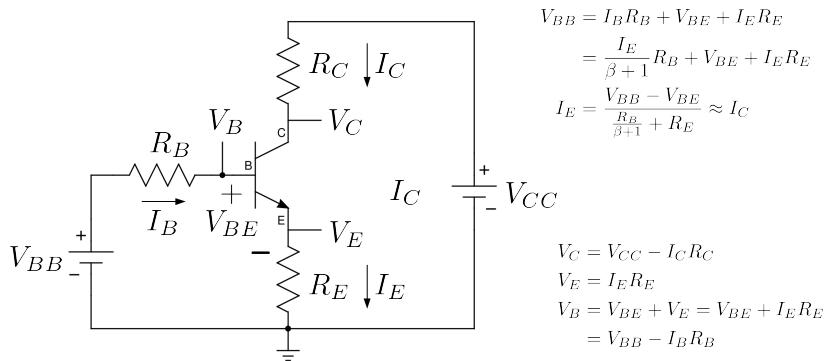
چونکہ بیس پر برقی دہاو $V_E = V_B + V_{EB} = -1.1 + 0.7 = -0.4 \text{ V}$ لگ کر بھی حاصل کیا جاسکتا ہے لیکن

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

شکل 3.14 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 کرچاف کے قانون برپا کی مدد سے

$$\begin{aligned}
 V_{BB} &= I_B R_B + V_{BE} + (I_B + I_C) R_E \\
 V_{BB} &= \frac{I_E}{\beta + 1} R_B + V_{BE} + I_E R_E \\
 I_E &= \frac{V_{BB} - V_{BE}}{\frac{R_B}{\beta + 1} + R_E} \approx I_C
 \end{aligned} \tag{3.22}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اسی طرح دور کے خارجی جانب ہم لکھ سکتے ہیں



شکل 3.15

(3.23) $V_{CC} = I_C R_C + V_{CE} + (I_B + I_C) R_E$

(3.24) $V_{CC} = I_C R_C + V_{CE} + I_E R_E$

(3.25) $V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C - I_E R_E$

(3.26) $V_{CE} \approx V_{CC} - I_C (R_C + R_E)$

مثال 3.11: شکل 3.15 میں

$V_{CC} = 15 \text{ V}$

$V_{BB} = 1.1 \text{ V}$

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

$R_E = 900 \Omega$

$R_B = 3.3 \text{ k}\Omega$

$\beta = 36$

ہونے کی صورت میں I_C اور V_{CE} حاصل کریں۔

حل: شکل میں ٹرانزسٹر کے تینوں سروں پر ٹرانزسٹر کے بر قی روکھے گئے ہیں۔ یوں میں 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

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

سے

$$V_{CE} = 15 - 4.04 \times 10^{-4} \times (5600 + 900) = 12.374 \text{ V}$$

حاصل ہوتا ہے۔ پونکہ V_{CE} غیر افراہندہ $< V_{CE}$ کا یہی درست جواب ہے۔

مثال 3.12: شکل 3.16 میں

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

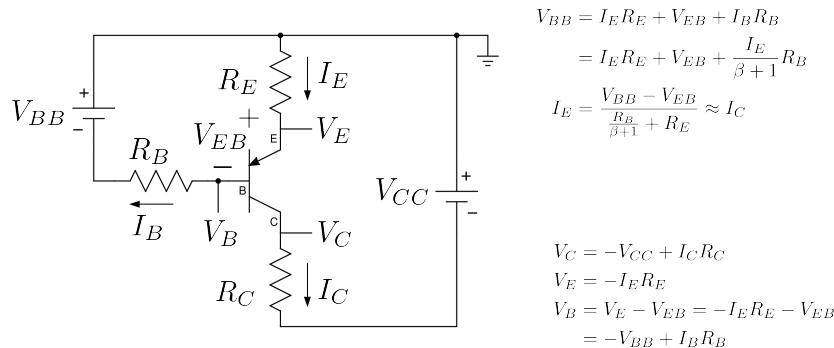
$$V_{BB} = 1.2 \text{ V}$$

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

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

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

$$\beta = 27$$



شکل 3.16

ہونے کی صورت میں V_{EC} اور I_C حاصل کریں۔

حل: بیں جانب

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

۔

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

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۔ چونکہ حاصل V_{EC} کی قیمت 0.2 V سے زیادہ ہے لہذا ٹرانزسٹر افراستنڈہ ہی ہے اور یہی درست جوابات ہیں۔

ٹرانزسٹر کو افراستنڈہ حال رکھنے کی خاطر اس کے بیس۔ ایمپر جوڑ کو سیدھا مائل جبکہ اس کے بیس۔ گلکٹر جوڑ کو غیر چالو رکھا جاتا ہے۔ اب تک دکھائے گئے ادوار میں ایسا کرنے کی خاطر دو عدد منبع برقی دباؤ یعنی V_{BB} اور V_{CC} استعمال کئے گئے۔ ٹرانزسٹر کے دونوں جوڑوں کو صرف ایک عدد منبع برقی دباؤ کی مدد سے بھی درست مائل کیا جاسکتا ہے۔ اس عمل کو دیکھتے ہیں۔

شکل 3.17 الف میں داخلی جانب R_1 اور R_2 نصب کئے گئے ہیں۔ شکل 3.17 ب میں اسی دور کو تدریج مختلف طرز پر بنایا گیا ہے جہاں داخلی جانب کے حصے کو نقطہ دار لکیر سے گھیرا گیا ہے۔

مسئلہ تھونن کے مطابق کسی بھی خطی دور کا مساوی تھونن دور حاصل کیا جاسکتا ہے جو ایک عدد تھونن مزاحمت 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 بیباں کا برقی دباؤ حاصل کیا جاتا ہے۔ یہی تھونن برقی دباؤ V_{th} کہلاتا ہے۔ یہ عمل شکل 3.17 پ میں دکھایا گیا ہے۔ اسی طرح تھونن مزاحمت R_{th} حاصل کرنے کی خاطر دور کے اندر وہی منبع برقی دباؤ کو قصر دور²¹ کر کے انہیں دو سروں پر برقی مزاحمت حاصل کی جاتی ہے۔ یہی تھونن مزاحمت ہوتی ہے۔ یہ عمل شکل 3.17 ت میں دکھایا گیا ہے۔ یوں

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

²¹ اندر وہی منبع برقی رو کو کھلے سرے کیا جاتا ہے

یوں نقطے دار لکیر میں گھیرے حصے کا مساوی تھونن دور شکل 3.17 میں دکھایا گیا ہے۔ شکل 3.17 الف میں داخلی جانب اس مساوی تھونن دور کے استعمال سے شکل 3.17 ث حاصل ہوتا ہے جو کہ ہو بہو شکل 3.14 میں دکھایا گیا ہے۔ فرق صرف اتنا ہے کہ V_{th} کو R_B اور R_{th} کو دکھایا گیا ہے۔

شکل ث میں دکھائے دور کو بالکل شکل 3.14 میں دکھائے دور کی طرح حل کیا جاتا ہے۔ آئیں اس کی ایک مثال دیکھیں۔

مثال 3.13: شکل 3.17 الف میں

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

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

$$R_E = 820 \Omega$$

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

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

$$\beta = 100$$

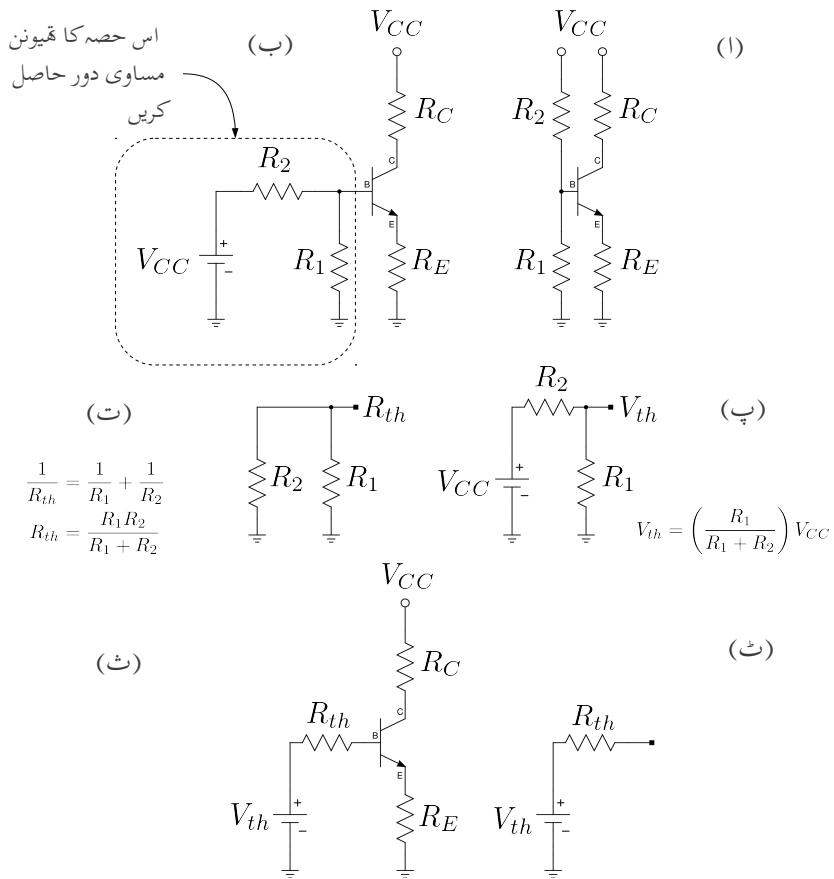
ہیں۔ ٹرانزسٹر کی برقی رو I_C اور اس پر برقی دباؤ V_{CE} حاصل کریں۔

حل: اس طرح کے ادوار حل کرنے کا طریقہ شکل 3.17 میں قدم بقدم دکھایا گیا ہے۔ مساوات 3.27 کی مدد سے

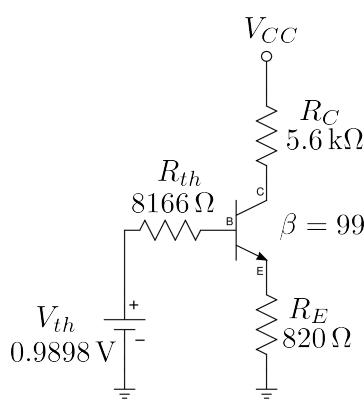
$$V_{th} = \frac{12 \times 8900}{8900 + 99000} = 0.9898 \text{ V}$$

$$R_{th} = \frac{8900 \times 99000}{8900 + 99000} = 8166 \Omega$$

ان مساوی تھونن مقداروں کو استعمال کرتے ہوئے شکل 3.18 میں مساوی دور دکھایا گیا ہے جسے حل کر کے $I_C = 0.3214 \text{ mA}$ اور $V_{CE} = 9.9366 \text{ V}$ حاصل ہوتے ہیں۔ چونکہ حاصل کردہ V_{CE} کی قیمت غیر افاضہ سے زیاد ہے لہذا ٹرانزٹر افزائندہ حال ہے اور یوں حاصل کردہ جوابات درست ہیں۔



شکل 3.17: ایک عدد منبع برقی دیا کی مدد سے ٹرانزسٹر کا مائل کرنا



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

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

شکل 3.18: مسئلہ تھون کی مدد سے دور حل کرنے کا عمل

مثال 3.14: شکل 3.19 اف میں

$$\begin{aligned}V_{CC} &= 20 \text{ V}, \quad R_C = 10 \text{ kΩ}, \quad R_B = 200 \text{ kΩ} \\R_E &= 100 \text{ Ω}, \quad \beta = 99\end{aligned}$$

ہیں۔ نقطہ کارکردگی حاصل کریں۔

حل: ٹرانزسٹر کے کلکٹر پر کرچاف کے قانون برائے برقی روکی مدد سے

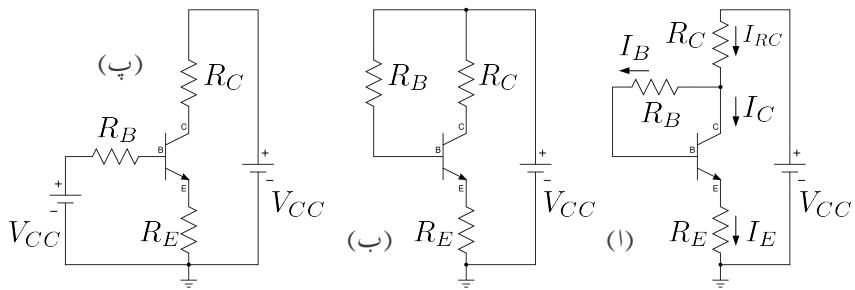
$$I_{RC} = I_B + I_C$$

لکھا جاسکتا ہے۔ چونکہ $I_{RC} = I_E$ ہوتا ہے لہذا $I_B + I_C = I_E$ ہو گا۔ یوں کرچاف کے قانون برائے برقی دباؤ کے استعمال سے

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

$$لکھ کر i_B = \frac{I_E}{\beta+1} پر کرتے حاصل ہوتا ہے$$

$$I_E = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_C + \frac{R_B}{\beta+1} + R_E}$$



شکل 3.19: ایک عدد منع برقی دباؤ کے استعمال سے نقطہ کارکردگی کے دیگر اشکال

دئے گئے قیمتیں پر کرتے ہوئے

$$I_E = \frac{20 - 0.7}{10000 + \frac{200000}{99+1} + 100} = 641 \mu\text{A}$$

حاصل ہوتا ہے۔ کچاف کے قانون برائے برقی دباؤ کو خارجی جانب یوں لکھا جاسکتا ہے

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

جس سے

$$\begin{aligned} V_{CE} &= V_{CC} - I_E (R_C + R_E) \\ &= 20 - 641 \times 10^{-6} \times (10000 + 100) \\ &= 13.5 \text{ V} \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے۔

مثال 3.15: شکل 3.19 ب میں

$$\begin{aligned} V_{CC} &= 20 \text{ V}, \quad R_C = 1 \text{ k}\Omega, \quad R_B = 600 \text{ k}\Omega \\ R_E &= 1 \text{ k}\Omega, \quad \beta = 99 \end{aligned}$$

ہیں۔ نقطہ کارکردگی حاصل کریں۔

حل: شکل پ میں اسی کو دو بارہ بنایا گیا ہے جہاں داخلی اور خارجی جانب بالکل علیحدہ واضح نظر آتے ہیں۔ داخلی جانب کرچاف کے قانون برائے بر قی 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 قسمیں 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

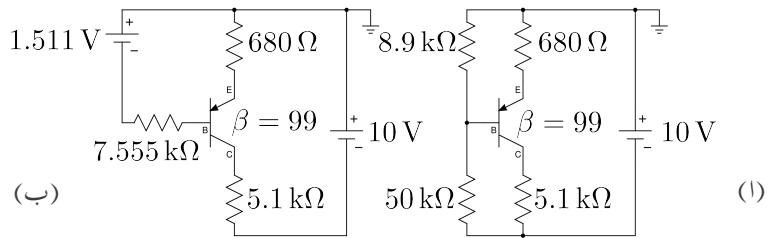
$$V_{CC} = I_C R_C + V_{CE} + I_E R_E$$

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 3.16: شکل 3.20 میں V_{EC} اور I_C حاصل کریں۔



شکل 3.20:

حل: مسئلہ تھونن کی مدد سے شکل 3.20 ب حاصل ہوتا ہے جس میں

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

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

ہیں۔ یوں شکل ب سے

$$1.511 = 680 \times I_E + 0.7 + 7555 \times I_B$$

$$= 680 \times I_E + 0.7 + 7555 \times \frac{I_E}{99 + 1}$$

لکھتے ہوئے

$$I_C \approx I_E = 1.07 \text{ mA}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اسی طرح شکل ب سے ہی

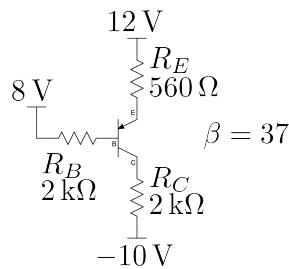
$$10 \approx I_C (680 + 5100) + V_{EC}$$

$$= 1.07 \times 10^{-3} \times (680 + 5100) + V_{EC}$$

یعنی

$$V_{EC} = 3.81 \text{ V}$$

حاصل ہوتا ہے۔ چونکہ حاصل V_{EC} کی قیمت 0.2 V سے زیادہ ہے لہذا ٹرانزسٹر افراستنڈہ ہی ہے اور یہی درست جوابات ہیں۔



شکل 3.21

مثال 3.17: شکل 3.21 میں ٹرانزسٹر کے تینوں سروں پر برتنی دباؤ حاصل کریں۔

حل: بیس جانب کرچاف کے قانون برائے برتنی دباؤ سے

$$12 - 8 = I_B R_B + V_{EB} + I_E R_E$$

$$\text{لکھا جاسکتا ہے جس میں } I_B = \frac{I_E}{\beta+1} \text{ پُر کرنے ہیں۔}$$

$$4 = \frac{I_E}{37+1} \times 2000 + 0.7 + I_E \times 560$$

$$I_E = 5.39 \text{ mA}$$

حاصل ہوتا ہے۔ یوں

$$V_E = 12 - I_E R_E = 12 - 5.39 \times 10^{-3} \times 560 = 8.98 \text{ V}$$

$$V_B = V_E - V_{EB} = 8.98 - 0.7 = 8.28 \text{ V}$$

$$V_C = -10 + I_C R_C \approx -10 + 5.39 \times 10^{-3} \times 2000 = 0.78 \text{ V}$$

حاصل ہوتے ہیں۔

مثال 3.13 کے تمام مزاحمت میں برقی طاقت کا ضایع حاصل کریں۔ ٹرانزسٹر کے دونوں جوڑ پر بھی طاقت کا ضایع حاصل کریں۔

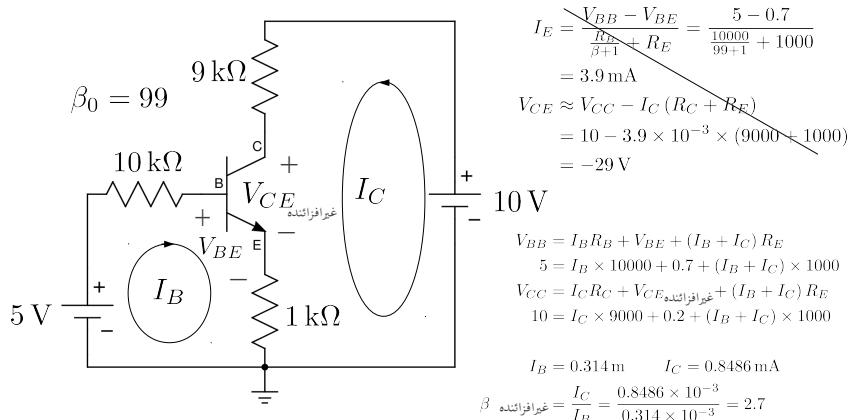
حل: مزاحمت R_E میں 0.3214 mA برقی رو سے اس میں برقی طاقت کا ضایع $P_{RE} = I_E^2 R_E$ یعنی $84.7 \mu\text{W}$ ہے۔ اسی طرح $I_C = I_E$ لیتے ہوئے R_C میں $578 \mu\text{W}$ حاصل ہوتا ہے۔

ٹرانزسٹر کے ایمپر سرے پر برقی دباؤ V_E کی قیمت $I_E R_E = 0.26 \text{ V}$ اور یوں اس کے بیس سرے پر $0.26 + 0.7 = 0.96 \text{ V}$ میں طاقت کا ضایع $\frac{0.96 \times 0.96}{8900} \text{ mW}$ یعنی $104 \mu\text{W}$ جبکہ R_2 میں $\frac{(12 - 0.96)^2}{99000} \text{ mW}$ یعنی 1.23 mW ہو گا۔

ٹرانزسٹر کے کلکٹر پر کلکٹر جوڑ $V_C = 12 - 0.3214 \times 5.6 = 10.2 \text{ V}$ ہے لہذا اس کا بیس۔ کلکٹر جوڑ $V_B = 10.2 - 0.96 = 9.26 \text{ V}$ اتنا مائل ہے۔ اس جوڑ پر طاقت کا ضایع $9.26 \times 0.3214 = 2.98 \text{ mW}$ ہو گا۔ بیس۔ کلکٹر جوڑ سے I_E کے برابر ہی لیا گیا ہے۔ بیس۔ ایمپر جوڑ پر برقی دباؤ 0.7 V لیتے ہوئے اس جوڑ پر طاقت کا ضایع $0.7 \times 0.3214 = 0.22 \text{ mW}$ ہو گا۔

مندرجہ بالا مثال سے یہ حقیقت سامنے آتی ہے کہ عمومی استعمال میں طاقت کے ضایع کا بیشتر حصہ بیس۔ کلکٹر جوڑ پر پایا جاتا ہے۔ کم طاقت کے ٹرانزسٹر عموماً پلاسٹک ڈبیا میں بند مہیا کئے جاتے ہیں۔ پلاسٹک ڈبیا 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۔ کلکٹر جوڑ کو ٹھنڈا رکھنے کی خاطر کلکٹر 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 اپنے خود 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 ضایع حاصل کیا جاتا ہے۔ اگر کسی پر زے میں طاقت کا ضایع 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۔



شکل 3.22: غیر افزائندہ مائل ٹرانزسٹر کا حل

3.5.2 غیر افزائندہ ٹرانزسٹر کے دور کا حل

شکل 3.22 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 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 ترجیح لکھ لگا کہ 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 V_{CE} سے زیادہ 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 دباد V_{CE} کی قیمت 0.2 V یعنی 0.2 V ہوتی ہے۔ مزید یہ کہ مساوات 3.7 اور مساوات 3.8 وغیرہ صرف افزائندہ حال ٹرانزسٹر کے لئے بیان کئے گئے۔ ان حقائق کو مدد 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 $V_{BE} = 0.7 \text{ V}$ اور $V_{CE} = 0.2 \text{ V}$ اور $I_B = 0.314 \text{ mA}$ اور $I_C = 0.8486 \text{ mA}$ اس کے دلے گئے افراکش $\beta_0 = 99$ سے نہایت کم ہے۔

اگر دور حل کرنے سے پہلے ہی غیر افراستہ معلوم ہوتا اسے بالکل افراستہ حال کی طرح حل کیا جا سکتا ہے۔ قوی برقيات کے میدان میں ٹرانزسٹر بطور برقياتی سوچ استعمال کیا جاتا ہے جہاں اسے فی سینڈ کئی مرتبہ غیر افراستہ اور منقطع کیا جاتا ہے۔ افراستہ صورت میں یہ چالو سوچ اور منقطع صورت میں منقطع سوچ کا کردار ادا کرتا ہے۔ تحقیق کار قبل از تحقیق فیصلہ کرتا ہے کہ ٹرانزسٹر کو کس حد تک غیر افراستہ کیا جائے گا۔

مثال 3.19: شکل 3.22 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 افراستہ حال سے نکل کر غیر افراستہ صورت اختیار کر لیتا ہے۔

حل: جس لمحہ ٹرانزسٹر افراستہ سے غیر افراستہ صورت حال اختیار کرتا ہے اس وقت دور حل کرنے کی خاطر اس کی عمومی افراش β_0 قابل استعمال ہوتی ہے لیعنی مساوات 3.8 اور مساوات 3.9 قابل استعمال ہیں۔ مزید یہ کہ اس لمحہ پر $V_{CE} = 0.2 \text{ V}$ ہی ہو گا لہذا ہم لکھ سکتے ہیں کہ

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

$$V_{BB} = I_B R_B + V_{BE} + (I_B + I_C) R_E$$

$$= V_{BE} + I_E \left(\frac{R_B}{\beta_0 + 1} + R_E \right)$$

$$= 0.7 + I_E \times 1100$$

$$V_{CC} = I_C R_C + V_{CE} + (I_B + I_C) R_E$$

$$= V_{CE} + I_E (\alpha R_C + R_E)$$

$$= 0.2 + I_E \times 99100$$

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

مثال 3.20 میں شکل 3.22:

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

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

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

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

$$\beta_0 = 90$$

رکھتے ہوئے R_B کی وہ قیمت دریافت کریں جس سے ٹرانزسٹر اس حد تک غیر افزائندہ صورت اختیار کر لے گا کہ اس کی $\beta = 30$ ہو۔ اس کو یوں بھی بیان کیا جاتا ہے کہ ٹرانزسٹر کو تین گنا غیر افزائندہ کریں یعنی غیر افزائندہ β کی قیمت β_0 سے تین گنا کم ہو۔

حل: یہاں غیر افزائندہ β کی قیمت دی گئی ہے جسے استعمال کیا جا سکتا ہے۔ یوں

$$\alpha = \frac{30}{31} = 0.9677$$

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

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

$$10 = 0.2 + 9709 \times I_E$$

$$I_E = 1.009\text{ mA}$$

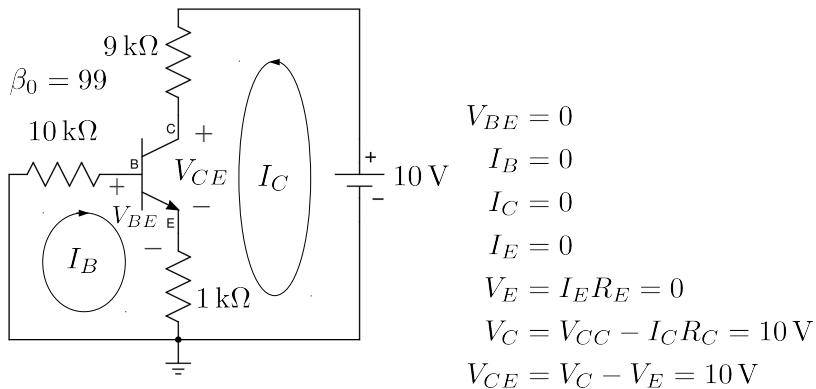
اسے استعمال کرتے ہوئے

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

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

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

$$R_B = 101.111\text{ k}\Omega$$



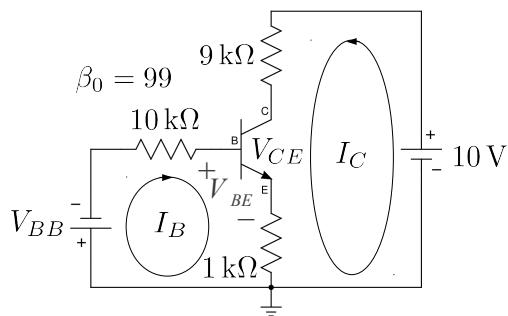
شکل 3.23: منقطع حال ٹرانزسٹر۔ بیس-ایمپٹر جوڑ سیدھا مائل نہیں ہے

حاصل ہوتا ہے۔

3.5.3 منقطع ٹرانزسٹر کے دور کا حل

جدول کے تحت بیس-ایمپٹر جوڑ کو غیر-چالو کرنے سے ٹرانزسٹر منقطع صورت اختیار کر لیتا ہے۔ حقیقت میں ٹرانزسٹر کو منقطع کرنے کی خاطر اس کے بیس-ایمپٹر جوڑ کو عموماً الٹامائیں 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 3.23 میں ہے۔ اس شکل میں داخلی جانب کوئی برقی دباؤ مہیا نہیں کیا گیا۔ یوں ٹرانزسٹر کا بیس-ایمپٹر جوڑ غیر چالو ہو گا۔ لہذا داخلی جانب برقی رو I_B کی قیمت صفر ہو گی۔ 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۔



داخلی جانب مہیا کر دے برقی دباؤ
قابل۔ خارج جوڑ کو الٹا مائل کرتا ہے۔
لہذا اس جوڑ سے برقی رو نہیں
گزرے گا۔ یوں داخلی برقی رو صفر
بوگی جس کی وجہ سے خارجی
برقی رو بھی صفر ہو گئی۔

شکل 3.24: الٹا مائل داخلی جوڑ

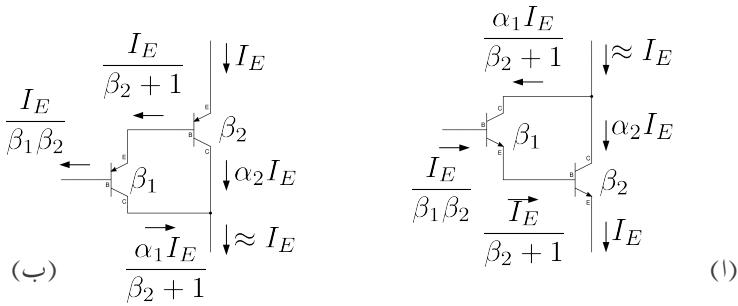
مثال 3.21: شکل 3.24 میں داخلی جوڑ الٹا مائل ہے اور یوں ٹرانزسٹر منقطع ہو گا۔ اگرچہ اس دور کو دیکھتے ہی آپ کہہ سکتے ہیں کہ یہ منقطع ہے، ہم پھر بھی اسے حل کر کے دیکھتے ہیں۔ ایسا کرتے ہوئے تصور کریں کہ ٹرانزسٹر افراستنڈہ حال ہے۔ یوں آپ $V_{BE} = 0.7\text{V}$ لیں گے۔

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

$$\begin{aligned} I_E &= \frac{V_{BB} - V_{BE}}{\frac{R_B}{\beta+1} + R_E} \\ &= \frac{-3 - 0.7}{\frac{10000}{100} + 1000} \\ &= -3.36\text{ mA} \end{aligned}$$

اس نا ممکن جواب کو رد کیا جاتا ہے

یہاں دھیان رہے کہ $V_{BB} = -3\text{V}$ ہے۔ حاصل جواب منفی ہونے کا مطلب ہے کہ برقی رو کی سمت عموی سمت کے الٹ ہے۔ جب بھی ٹرانزسٹر میں الٹی جانب یک سمتی برقی 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 رو کی قیمت صفر تصور کی جائے گی۔ یوں $V_{CE} = 10\text{V}$ ہو گا۔



شكل 3.25: ڈارلنگٹن جوڑیاں

3.6 ڈارلنگٹن جوڑی

شكل 3.25 اف میں دو عدد npn ٹرانزسٹر کو مخصوص طرز پر جوڑا گیا ہے ہے npn ڈارلنگٹن جوڑی²³ یا ڈارلنگٹن ٹرانزسٹر²⁴ کہتے ہیں۔ شکل ب میں pnp ڈارلنگٹن جوڑی دکھائی گئی ہے۔

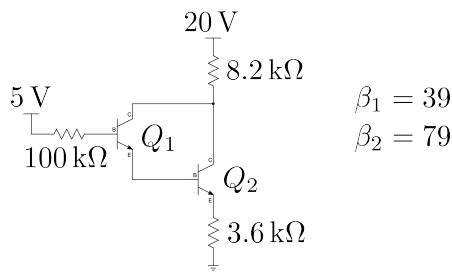
شكل اف میں اگر Q_2 کے ایکٹر پر I_E بر قی رو پایا جائے تو اس کے کلکٹر پر $\alpha_2 I_E$ اور اس کے بیس پر $\frac{I_E}{\beta_2+1}$ بر قی رو پایا جائے گا۔ Q_2 کے بیس پر بر قی رو Q_1 کے ایکٹر پر بر قی رو ہی ہے لہذا Q_1 کے ایکٹر پر $\frac{I_E}{\beta_2+1}$ ہی پایا جائے گا۔ یوں Q_1 کے کلکٹر پر $\alpha_1 \frac{I_E}{\beta_2+1}$ اور اس کے بیس پر $\frac{I_E}{(\beta_1+1)(\beta_2+1)}$ پایا جائے گا جو تقریباً $\frac{I_E}{\beta_1 \beta_2}$ کے برابر ہے۔ یہ تمام شکل پر بھی دکھائے گئے ہیں۔ یوں اس جوڑی کو اخود ٹرانزسٹر تصور کیا جاسکتا ہے جس کی افزائش $\beta_1 \beta_2$ کے برابر ہے۔ اسی طرز پر تین ٹرانزسٹر جوڑ کر $\beta_1 \beta_2 \beta_3$ حاصل ہو گا۔ یقیناً زیادہ ٹرانزسٹر جوڑ کر زیادہ β حاصل کرنا ممکن ہے۔

مثال 3.22: شکل 3.26 کو حل کریں۔

حل: میں جانب کرچاف کے قانون برائے بر قی دباؤ سے

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

²³ جناب سُنْتی ڈارلنگٹن نے اس شکل کو دریافت کیا۔
²⁴ npn darlington pair



شکل 3.26: ڈارلکٹن جوڑی کا دور

لکھا جاسکتا ہے۔ اس میں $I_{B1} \approx \frac{I_{E2}}{\beta_1 \beta_2}$ لیتے ہوئے

$$5 = \frac{I_{E2}}{39 \times 79} \times 100000 + 0.7 + 0.7 + I_{E2} \times 3600$$

$$I_{E2} = 0.917 \text{ mA}$$

حاصل ہوتا ہے۔ یوں

$$V_{E2} = I_{E2} R_{E2} = 0.917 \times 10^{-3} \times 3600 = 3.3 \text{ V}$$

$$V_{B2} = V_{E2} + V_{BE2} = 3.3 + 0.7 = 4 \text{ V}$$

$$V_{B1} = V_{E1} + V_{BE1} = V_{B2} + V_{BE1} = 4.7 \text{ V}$$

$$V_{C2} \approx 20 - 0.917 \times 10^{-3} \times 8200 = 12.48 \text{ V}$$

اور

$$I_{B2} = I_{E1} = \frac{I_{E2}}{\beta_2 + 1} = \frac{0.917 \times 10^{-3}}{79 + 1} = 11.5 \mu\text{A}$$

$$I_{B1} = \frac{I_{E1}}{\beta_1 + 1} = \frac{11.5 \times 10^{-6}}{39 + 1} = 288 \text{ nA}$$

حاصل ہوتے ہیں۔

3.7 تعین نقطے سے نقطہ کارکردگی کا انحراف

3.7.1 تبدیلی β سے لاحق مسائل استوارنے کا شرط

مثال 3.1 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

$$(3.28) \quad \beta_{\text{بلندتر}} \approx 3 \times \beta_{\text{کمتر}}$$

مزید یہ کہ $\beta_{\text{بلندتر}}$ کی قیمت $\beta_{\text{کمتر}}$ کے تقریباً تین گناہ ہوتی ہے یعنی

$$(3.29) \quad \beta_{\text{کمتر}} = 3 \times \beta_{\text{بلندتر}}$$

اسیں ایک مثال کی مدد سے دیکھیں کہ اس سے کس قسم کا مسئلہ پیدا ہو سکتا ہے۔

مثال 3.23: تصور کریں کہ شکل 3.14 میں

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

$$V_{BB} = 2.7 \text{ V}$$

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

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

$$R_B = 100 \text{ k}\Omega$$

ہیں۔ مزید یہ کہ اس دور میں استعمال کئے جانے والے ٹرانزسٹر کے عمومی انداز برتی رو β_0 کی قیمت ایک سو ہے (یعنی $\beta_0 = 100$)۔

1. اس صورت میں عمومی نقطہ کارکردگی پر برقی رو I_{CQ} اور برقی دباؤ V_{CQ} حاصل کریں۔

2. کمتر β اور بلندتر β پر بھی I_C اور V_{CE} کی قیمتیں حاصل کریں۔

حل:

1. مساوات 3.22 اور مساوات 3.23 کی مدد سے عمومی برقی رو اور عمومی برقی دباؤ حاصل کرتے ہیں

$$\begin{aligned} I_{EQ} \approx I_{CQ} &= \frac{V_{BB} - V_{BE}}{\frac{R_B}{\beta_0 + 1} + R_E} \\ &= \frac{2.7 - 0.7}{\frac{100000}{100 + 1} + 1000} \\ &= 1.004975 \text{ mA} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{CEQ} &\approx V_{CC} - I_{CQ} (R_C + R_E) \\ &= 12 - 1.004975 \times 10^{-3} \times (9000 + 1000) \\ &= 1.95 \text{ V} \end{aligned}$$

چونکہ حاصل کردہ V_{CE} کی قیمت غیر افزایشی سے زیادہ ہے لہذا اڑانزٹر افراکنڈہ حال ہے اور یوں حاصل کردہ جوابات درست ہیں۔

2. آپ دیکھ سکتے ہیں کہ $\beta = 50$ اور $\beta = 150$ کے برابر ہیں چونکہ ان دو حدود کے مابین عمومی قیمت 100 ہے یعنی

$$\beta_0 = \frac{\beta_{کمتر} + \beta_{بلندتر}}{2} = \frac{150 + 50}{2} = 100$$

اور آپ دیکھ سکتے ہیں کہ $\beta_{کمتر} \approx \beta_{بلندتر}$ بھی ہے۔

β کی قیمت استعمال کرتے ہوئے حاصل ہوتا ہے

$$\begin{aligned} I_{EQ} \approx I_{CQ} &= \frac{V_{BB} - V_{BE}}{\frac{R_B}{\beta_0 + 1} + R_E} \\ &= \frac{2.7 - 0.7}{\frac{100000}{50 + 1} + 1000} \\ &= 0.6755 \text{ mA} \end{aligned}$$

یہ قیمت عمومی قیمت سے 32.78% کم ہے یعنی

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

اور

$$\begin{aligned} V_{CEQ} &\approx V_{CC} - I_{CQ} (R_C + R_E) \\ &= 12 - 0.6755 \times 10^{-3} \times (9000 + 1000) \\ &= 5.245 \text{ V} \end{aligned}$$

آپ دیکھ سکتے ہیں کہ β استعمال کرتے ہوئے جوابات تبدیل ہو گئے ہیں۔ حاصل کردہ V_{CE} کی قیمت V_{CE} سے زیادہ ہے لہذا ٹرانزسٹر اب بھی افزائندہ حال ہو گا۔

β کی قیمت استعمال کرتے ہوئے حاصل ہوتا ہے۔

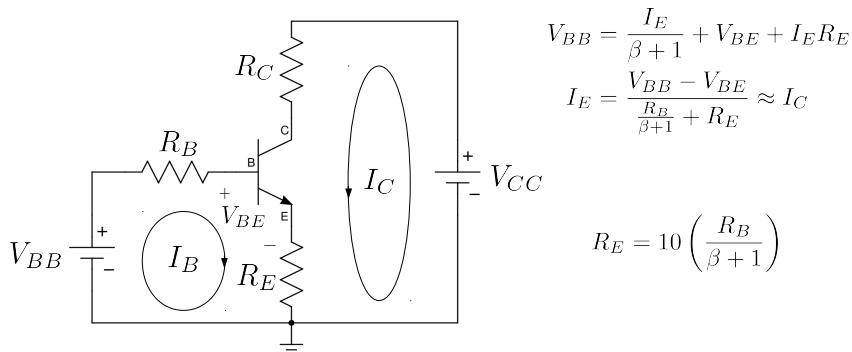
$$\begin{aligned} I_{EQ} \approx I_{CQ} &= \frac{V_{BB} - V_{BE}}{\frac{R_B}{\beta + 1} + R_E} \\ &= \frac{2.7 - 0.7}{\frac{100000}{150+1} + 1000} \\ &= 1.2032 \text{ mA} \end{aligned}$$

اور

$$\begin{aligned} V_{CE} &\approx V_{CC} - I_{CQ} (R_C + R_E) \\ &= 12 - 1.203 \times 10^{-3} \times (9000 + 1000) \\ &= 0.032 \text{ V} \quad \text{اس ناممکن جواب کو رد کیا جاتا ہے} \\ &= 0.2 \text{ V} \quad \text{لہذا درست جواب ہے} \end{aligned}$$

چونکہ حاصل کردہ V_{CE} کی قیمت V_{CE} سے کم ہے لہذا ٹرانزسٹر غیر افزائندہ حال ہو گا اور یہ بطور ایسپلیناگر کام نہیں کرے گا۔

مثال 3.23 سے ایک اہم حقیقت سامنے آتی ہے۔ چونکہ ایک ہی قسم کے دو عدد ٹرانزسٹر کے β کی تینیں اس کے عمومی قیمت β_0 سے انحراف کر سکتے ہیں لہذا دو بالکل ایک ہی طرح بنائے گئے ادوار میں ٹرانزسٹروں کے

شکل 3.27: تبدیلی β سے لاحق مسئلہ استوارنے کا شرط

نقاط کارکردگی اپنی تعین جگہ سے سرک سکتی ہے۔ جیسا اس مثال میں دکھایا گیا، یعنی ممکن ہے کہ کسی ایک دور میں ٹرانزسٹر افراکنڈہ حال اور دوسرے میں غیر افراکنڈہ حال ہو۔

آج کل لاتعداد بر قیانی آلات مثلاً موبائل فون وغیرہ بنائے جاتے ہیں اور ایسے ہر ایک عدد آہ 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 جاسکتا ہے۔

شکل 3.27 میں مزاجتوں اور منع بر قی دباؤ کی مدد سے ٹرانزسٹر مائل کیا گیا ہے۔ یاد دہانی کی خاطر مساوات 3.22 اور مساوات 3.23 کو یہاں دوبارہ پیش کرتے ہیں۔

$$(3.30) \quad \begin{aligned} V_{BB} &= I_B R_B + V_{BE} + (I_B + I_C) R_E \\ &= \frac{I_E}{\beta + 1} R_B + V_{BE} + I_E R_E \\ I_E &= \frac{V_{BB} - V_{BE}}{\frac{R_B}{\beta + 1} + R_E} \approx I_C \end{aligned}$$

$$(3.31) \quad \begin{aligned} V_{CC} &= I_C R_C + V_{CE} + (I_B + I_C) R_E \\ &= I_C R_C + V_{CE} + I_E R_E \\ V_{CE} &= V_{CC} - I_C R_C - I_E R_E \\ &\approx V_{CC} - I_C (R_C + R_E) \end{aligned}$$

مساوات 3.30 کے مطابق اگرچہ I_C پر β کے اثر کو ختم نہیں کیا جا سکتا مگر R_E کی قیمت کو $\frac{R_B}{\beta+1}$ کے قیمت سے بڑھا کر اس اثر کو کم سے کم کرنا ممکن ہے یعنی

$$(3.32) \quad R_E \gg \frac{R_B}{\beta + 1}$$

عموماً شکل 3.27 کے طرز پر بنائے گئے ادوار میں β کے اثرات کو کم کرنے کی خاطر R_E کی قیمت کو سے دس گناہ کھا جاتا ہے یعنی

$$(3.33) \quad R_E = \frac{10R_B}{\beta_0 + 1}$$

R_E کے قیمت کو $\frac{R_B}{\beta+1}$ کے دس گناہ قیمت سے مزید بڑھانے سے دیگر معاملات متاثر ہوتے ہیں۔ مساوات 3.33 ٹرانزسٹر ادوار تخلیق دینے میں اہم کردار ادا کرتا ہے۔ مساوات 3.33 کو تبدیلی β سے لاحق مسائل استوارانے کا شرط کہتے ہیں۔ آئیں مساوات 3.33 کے تحت بنائے گئے دور کی مثال دیکھیں۔

مثال 3.24: شکل 3.27 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 بر قی رو I_C اور V_{CE} کی ممکنہ حدود حاصل کریں۔

حل: اس مثال میں دئے گئے R_E اور R_B کے قیتیں مساوات 3.33 کے عین مطابق ہیں۔ جیسا مثال 3.23 میں دیکھا گیا کہ $\beta = 50$ اور $\beta = 150$ بلندتر ہیں۔

. 1. پر برقی رو اور برقی دباؤ حاصل کرتے ہیں۔ $\beta_0 = 100$

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

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

2. کمتر افراش $\beta = 50$ پر ان کی قیمتیں

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

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

ہوں گی۔ برقی رو اپنی عمومی قیمت سے 8.2% کم ہو گئی ہے یعنی

$$\frac{1 \times 10^{-3} - 0.918 \times 10^{-3}}{1 \times 10^{-3}} \times 100 = 8.2\%$$

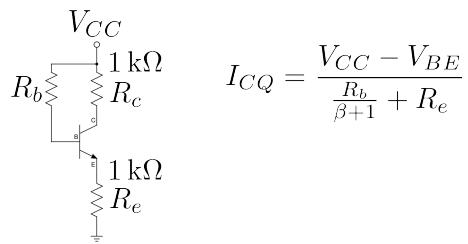
3. بلند تر افراش $\beta = 150$ پر ان کی قیمتیں

$$I_{EQ} \approx I_{CQ} = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{\frac{R_B}{\beta + 1} + R_E} = \frac{1.8 - 0.7}{\frac{10100}{150+1} + 1000} = 1.031 \text{ mA}$$

$$\begin{aligned} V_{CE} &\approx V_{CC} - I_{CQ} (R_C + R_E) \\ &= 12 - 1.031 \times 10^{-3} \times (9000 + 1000) \\ &= 1.69 \text{ V} \end{aligned}$$

ہوں گی۔ برقی رو اپنی عمومی قیمت سے 3.1% بڑھ گئی ہے یعنی

$$\frac{1.031 \times 10^{-3} - 1 \times 10^{-3}}{1 \times 10^{-3}} \times 100 = 3.1\%$$



شکل 3.28

مثال 3.24 میں آپ نے دیکھا کہ مساوات 3.33 پر پورے اترتے دور میں برقی رو کی قیمت اس کی عمومی قیمت سے دس فی صد سے کم انحراف کرتی ہے۔ اس مثال میں زیادہ سے زیادہ انحراف 8.2 فی صد رہا ہے۔ منج برقی دباؤ اور مزاحقوں کے استعمال سے ٹرانزسٹر مائل کرتے ہوئے تخلیق کار مساوات 3.33 کو بروئے کار لا کر اس بات کو یقینی بناتا ہے کہ ٹرانزسٹر تخلیق کردہ نقطہ کار کردار 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 3.33 کے تحت دور تخلیق دینا لازم نہیں ہوتا۔ آئیں ایسی مثال دیکھیں جس میں مساوات 3.33 کو استعمال نہیں کیا گیا۔

مثال 3.25: شکل 3.28 میں $V_{CC} = 12 \text{ V}$ ، $R_b = 150 \text{ k}\Omega$ ، $I_{CQ} = 50 \text{ mA}$ کی قیمت ٹھیک 50 فیصد حاصل کریں۔

حل: داخلی جانب کرچاف کے قانون برائے برقی دباؤ کے مطابق

$$\begin{aligned} V_{CC} &= I_B R_b + V_{BE} + I_E R_e \\ &= V_{BE} + I_E \left(\frac{R_b}{\beta+1} + R_e \right) \end{aligned}$$

ہے جہاں دوسرے قدم پر $I_{CQ} \approx I_{EQ}$ کا استعمال کیا گیا۔ یوں $I_E = (\beta + 1) I_B$ لکھتے ہوئے

$$\begin{aligned} I_E \approx I_C &= \frac{V_{CC} - V_{BE}}{\frac{R_b}{\beta+1} + R_e} \\ &= \frac{12 - 0.7}{\frac{150000}{49+1} + 1000} \\ &= 2.825 \text{ mA} \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے۔ 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۔

3.7.2 V_{BE} سے نقطہ کارکردگی کا سرک جانا

ڈائیوڈ کے باب میں صفحہ 99 پر شکل 2.4 میں درج حرارت کے تبدیلی سے سیدھے مائل ڈائیوڈ کی برقی دباؤ V_D کا تبدیل ہونا دکھایا گیا۔ اس باب کے حصہ 3.9 میں آپ دیکھیں گے کہ ٹرانزسٹر کا V_{BE} بھی بالکل اسی طرح درج حرارت کے ساتھ تبدیل ہوتا ہے۔ مساوات 3.30 پر دوبارہ غور کرنے سے معلوم ہوتا ہے کہ V_{BE} کے تبدیل ہونے سے I_C تبدیل ہو گا اور یوں نقطہ کارکردگی اپنے معین جگہ سے سرک جائے گا۔ آئیں نقطہ کارکردگی کے سرک کا تخمینہ لگائیں اور اس سے نجات حاصل کرنے کے طریقے تجھیں۔

دو مختلف درجہ حرارت T_1 اور T_2 پر V_{BE1} اور V_{BE2} لکھتے ہوئے مساوات 3.30 کے تحت دو مختلف برقی رو I_{C1} اور I_{C2} حاصل ہوں گے جہاں

$$(3.34) \quad I_{C1} = \frac{V_{BB} - V_{BE1}}{\frac{R_B}{\beta+1} + R_E}$$

$$(3.35) \quad I_{C2} = \frac{V_{BB} - V_{BE2}}{\frac{R_B}{\beta+1} + R_E}$$

برقی رو کی تبدیلی حاصل کرتے ہیں۔

$$(3.36) \quad \Delta I_C = I_{C2} - I_{C1} = \frac{V_{BE1} - V_{BE2}}{\frac{R_B}{\beta+1} + R_E} = - \left(\frac{\Delta V_{BE}}{\frac{R_B}{\beta+1} + R_E} \right)$$

جہاں $(V_{BE2} - V_{BE1})$ کو ΔV_{BE} لکھا گیا ہے۔ اگر ٹرانزسٹر کا یہ دور مساوات 3.33 پر پورا اترتا ہو تو ب مندرجہ بالا مساوات میں R_E کی قیمت سے بہت زیادہ ہو گی اور اس صورت میں اسے یوں لکھا جاسکے گا۔

$$(3.37) \quad \Delta I_C = - \left(\frac{\Delta V_{BE}}{\frac{R_B}{\beta+1} + R_E} \right) \approx - \left(\frac{\Delta V_{BE}}{R_E} \right)$$

مساوات 3.37 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 سوانح کے اسباب

حصہ 3.7.1 اور حصہ 3.7.2 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 مخصر ہو گی۔ یوں اگر ان آزاد متغیرات میں $\Delta\beta$ ، ΔV_{BE} ، ... کی باریک تبدیلی پیدا ہو تو تابع تفاضل کی قیمت میں کل باریک تبدیلی یوں حاصل کی جائے گی۔

$$(3.38) \quad \Delta I_C = \frac{\partial I_C}{\partial \beta} \Delta \beta + \frac{\partial I_C}{\partial V_{BE}} \Delta V_{BE} + \dots$$

اس مساوات میں

$$(3.39) \quad S_\beta = \frac{\partial I_C}{\partial V_{BE}}$$

$$(3.40) \quad S_{V_{BE}} = \frac{\partial I_C}{\partial V_{BE}}$$

⋮

لکھتے ہوئے اسے یوں لکھا جا سکتا ہے۔

$$(3.41) \quad \Delta I_C = S_\beta \Delta \beta + S_{V_{BE}} \Delta V_{BE} + \dots$$

جہاں S_β ، $S_{V_{BE}}$ وغیرہ کو نقطہ کارکردگی کے سوارنے کے اسباب²⁵ کہا جائے گا۔ آئیں ان اسباب کا تخمینہ لگائیں۔

مساوات 3.37 سے

$$(3.42) \quad S_{V_{BE}} = - \left(\frac{1}{\frac{R_B}{\beta+1} + R_E} \right) \approx - \frac{1}{R_E}$$

حاصل ہوتا ہے۔

مساوات 3.39 میں نقطہ کارکردگی سوارنے کے اسباب کو تفرق کے ذریعہ سمجھایا گیا ہے۔ جہاں متغیرات میں کم تبدیلی پائی جائے وہاں تفرق 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 برقی رو میں کل تبدیلی ΔI_C حاصل کی جاتی ہے جسے β میں کل تبدیلی $\Delta \beta$ سے تقسیم کرتے ہوئے S_β کیا جاتا ہے۔ آئیں اس عمل کو دیکھیں۔

S_β حاصل کرنے کی خاطر مساوات 3.30 کو دوبارہ دیکھتے ہیں۔ β_1 اور β_2 پر ہم برقی رو یوں لکھ سکتے ہیں۔

$$(3.43) \quad I_{C1} = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{\frac{R_B}{\beta_1+1} + R_E} \approx \frac{\beta_1 (V_{BB} - V_{BE})}{R_B + (\beta_1 + 1) R_E}$$

$$(3.44) \quad I_{C2} = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{\frac{R_B}{\beta_2+1} + R_E} \approx \frac{\beta_2 (V_{BB} - V_{BE})}{R_B + (\beta_2 + 1) R_E}$$

مندرجہ بالا مساوات میں دوسری مساوات سے پہلی مساوات منقی کرنے سے ΔI_C حاصل ہوتا ہے۔ البتہ اس مساوات کی بہتر شکل بھی حاصل کی جاسکتی ہے۔ ایسا کرنے کی خاطر دوسری مساوات کو پہلی مساوات سے تقسیم کرتے

stability factors²⁵

ہوئے حاصل مساوات کے دونوں جانب سے ایک (1) منفی کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned} \frac{I_{C2}}{I_{C1}} &= \left(\frac{\beta_2(V_{BB} - V_{BE})}{R_B + (\beta_2 + 1)R_E} \right) \times \left(\frac{R_B + (\beta_1 + 1)R_E}{\beta_1(V_{BB} - V_{BE})} \right) \\ &= \frac{\beta_2[R_B + (\beta_1 + 1)R_E]}{\beta_1[R_B + (\beta_2 + 1)R_E]} \\ \frac{I_{C2}}{I_{C1}} - 1 &= \frac{\beta_2[R_B + (\beta_1 + 1)R_E] - \beta_1[R_B + (\beta_2 + 1)R_E]}{\beta_1[R_B + (\beta_2 + 1)R_E]} \\ \frac{I_{C2} - I_{C1}}{I_{C1}} &= \frac{\Delta I_C}{I_{C1}} = \frac{\beta_2 R_B + \beta_2 \beta_1 R_E + \beta_2 R_E - \beta_1 R_B - \beta_1 \beta_2 R_E - \beta_1 R_E}{\beta_1 [R_B + (\beta_2 + 1)R_E]} \\ \frac{\Delta I_C}{I_{C1}} &= \frac{(\beta_2 - \beta_1)(R_B + R_E)}{\beta_1 [R_B + (\beta_2 + 1)R_E]} \\ &= \frac{(R_B + R_E)}{\beta_1 [R_B + (\beta_2 + 1)R_E]} \Delta \beta \end{aligned}$$

جہاں آخری قدم پر $\Delta \beta$ کھاگلیا ہے۔ اس سے S_β حاصل کرتے ہیں۔

$$(3.45) \quad S_\beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta \beta} = \frac{I_{C1}}{\beta_1} \left[\frac{R_B + R_E}{R_B + (\beta_2 + 1)R_E} \right]$$

اسی طرز پر آپ V_{BB} میں تبدیلی سے پیدا $S_{V_{BB}}$ حاصل کر سکتے ہیں وغیرہ وغیرہ۔

مساوات 3.41 میں مساوات 3.42 اور مساوات 3.45 استعمال کرتے ہوئے اسے یوں لکھا جاسکتا ہے۔

$$(3.46) \quad \Delta I_C = \frac{I_{C1}}{\beta_1} \left[\frac{R_B + R_E}{R_B + (\beta_2 + 1)R_E} \right] \Delta \beta - \frac{1}{R_E} \Delta V_{BE} + \dots$$

تمام نقطہ کار کردگی سوارنے کے اسباب کی مدد سے برقی رو I_C کے کل تبدیلی کو مندرجہ بالا مساوات کے طرز پر لکھا جاسکتا ہے۔ نقطہ کار کردگی سوارنے کے اسباب کی قیمتیں قابو کرتے ہوئے اس تبدیلی کو قابل قبول حد کے اندر رکھا جاتا ہے۔

3.8 مزاحمت کا عکس

ٹکل 3.29 میں برقی رو کو I_{Ca} لکھتے ہوئے اس کی قیمت حاصل کرتے ہیں۔

$$(3.47) \quad I_{Ca} = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{\frac{R_B}{\beta+1} + R_E}$$

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 ایک ہی مزاحمت R''_E نسب ہو جس کی قیمت $(R'_B + R_E)$ ہے۔ شکل 3.30 میں یہ تصور دکھایا گیا ہے۔ یوں

$$(3.48) \quad I_{Cb} = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R''_E} = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R'_B + R_E}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اگر اس مساوات میں $R'_B \frac{R_B}{\beta+1}$ کی قیمت مساوات 3.47 کے برابر ہوتا ہے۔ اور I_{Cb} کے برابر ہوں گے یعنی اگر

$$(3.49) \quad R'_B = \frac{R_B}{\beta + 1}$$

ہوتا ہے۔

$$(3.50) \quad I_{Ca} = I_{Cb}$$

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 برقی رو کو I_{Cc} لکھتے ہوئے اسے حاصل کرتے ہیں۔ یہاں R'_E اور R_B سلسلہ وار جڑے ہیں اور ان کا کردار بالکل ایک ایسے مزاحمت R''_B کی طرح ہے جس کی قیمت $(R_B + R'_E)$ کے برابر ہو۔ شکل 3.30 ب میں یہ تصور دکھایا گیا ہے۔ یوں

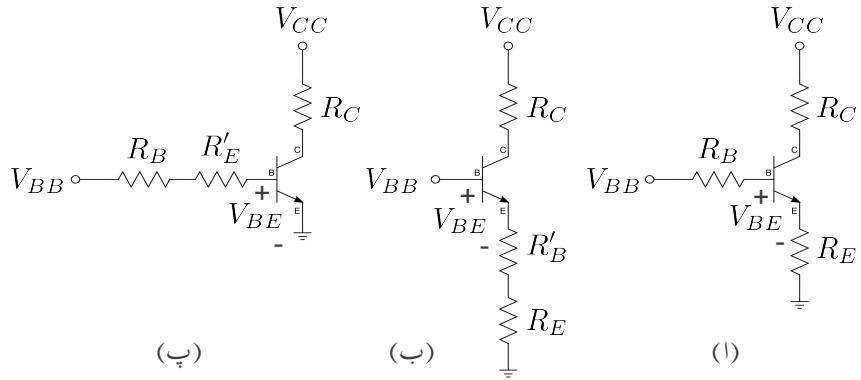
$$(3.51) \quad I_{Cc} = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{\left(\frac{R''_B}{\beta+1} \right)} = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{\left(\frac{R_B}{\beta+1} + \frac{R'_E}{\beta+1} \right)}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اس مساوات میں اگر $\frac{R'_E}{\beta+1}$ کی قیمت مساوات 3.47 کے R_E کے برابر ہو یعنی اگر

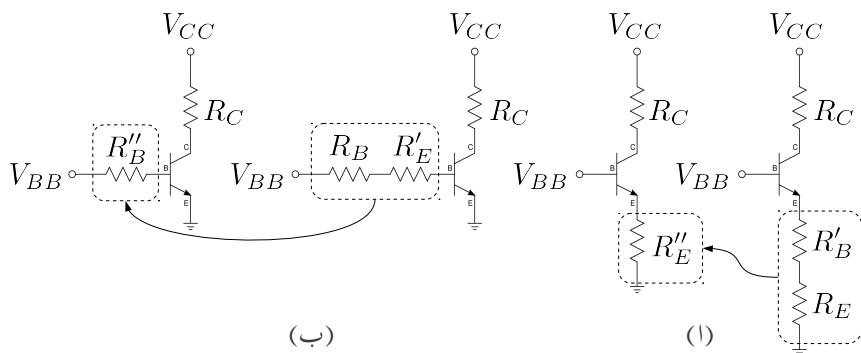
$$(3.52) \quad \frac{R'_E}{\beta + 1} = R_E$$

ہوتا ہے۔

$$(3.53) \quad I_{Cc} = I_{Ca}$$



شکل 3.29: مزاحمت کے عکس



شکل 3.30: مزاحمت کے عکس

ہوں گے، اگرچہ مساوات 3.52 کو یوں بھی لکھا جا سکتا ہے۔

$$(3.54) \quad R'_E = (\beta + 1) R_E$$

مثال 3.26: شکل 3.29 الف میں

$$\beta = 99$$

$$V_{CC} = 15 \text{ V}$$

$$V_{BB} = 6.2 \text{ V}$$

$$R_C = 5 \text{ k}\Omega$$

$$R_E = 5 \text{ k}\Omega$$

$$R_B = 50 \text{ k}\Omega$$

ہے۔

1. شکل 3.29 الف 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 3.30 اف میں R''_E کی قیمت

$$R'_B + R_E = 500 + 5000 = 5500 \Omega$$

ہو گی اور اس میں برقی روکی 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 3.30 ب میں

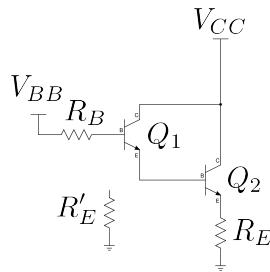
$$R''_B = R_B + R'_E = 50 \text{ k}\Omega + 500 \text{ k}\Omega = 550 \text{ k}\Omega$$

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 3.49 اور مساوات 3.54 اہم نتائج ہیں۔ ٹرانزسٹر کے بیس سرے پر دیکھتے ہوئے R_E کا کردار بالکل ایسا ہوتا ہے جیسے بیس سرے کے ساتھ مزاحمت R'_E جلا ہو۔ اس تمام کو یوں بھی کہا جاسکتا ہے کہ ایمپر پر جڑے مزاحمت R_E ، ٹرانزسٹر کے بیس سرے سے بالکل R'_E معلوم ہوتا ہے۔ اسی لئے R_E کو R'_E کا عکس کہا جاتا ہے۔



شکل 3.31: ڈارلنگٹن میں مزاحمت کا عکس

اسی طرح ٹرانزیستر کے بین سرے کے ساتھ جڑے مزاحمت R_B کو اگر ٹرانزیستر کے ایمپٹ سرے سے دیکھا جائے تو یہ بالکل ایسا معلوم ہوتا ہے جیسے ایمپٹ سرے کے ساتھ مزاحمت R'_B جڑا ہے۔ اسی لئے R_B کو R'_B کا عکس کہا جاتا ہے۔

مندرجہ بالا کا نچوڑ یہ ہے کہ ٹرانزیستر ادوار میں برقی رو I_C حاصل کرتے وقت، ایمپٹ پر موجود مزاحمت کا عکس لیتے ہوئے اسے بین جانب منتقل کیا جا سکتا ہے۔ اسی طرح ٹرانزیستر کے بین جانب مزاحمت کا عکس لیتے ہوئے ایمپٹ جانب منتقل کیا جا سکتا ہے۔ یاد رہے کہ یہ صرف اور صرف حساب کتاب آسان بنانے کا ایک گرہ ہے۔ اصل ٹرانزیستر دور کی جگہ کبھی بھی عکس استعمال کرتے حاصل دور کام نہیں کرے گا۔

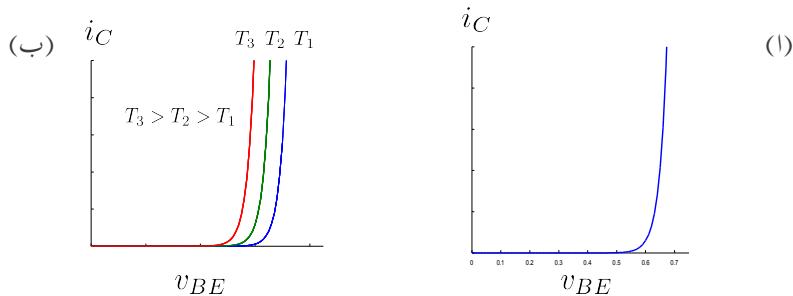
مثال 3.31 میں بین جانب R_E کا عکس حاصل کریں۔

حل: بین جانب کرچاف کے قانون برائے برقی دباؤ سے

$$V_{BB} = I_{B1}R_B + V_{BE1} + V_{BE2} + I_{E2}R_E$$

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

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



شکل 3.32: ٹرانزسٹر کے خط اور اس پر درجہ حرارت کے اثرات

ماتا ہے جہاں $R'_E \approx \frac{R_E}{\beta_1 \beta_2}$ لکھا گیا ہے۔ اس مساوات کے تحت بیس جانب برقی رو I_{B1} دو مزاحمت سے گزرتی ہے۔ پہلا مزاحمت R'_B اور دوسرا R'_E ہے۔ یوں ٹرانزسٹر کے بیس جانب مزاحمت R'_E نظر آتا ہے اور یہی کا بیس جانب لکھس ہے۔

3.9 ٹرانزسٹر کے خط

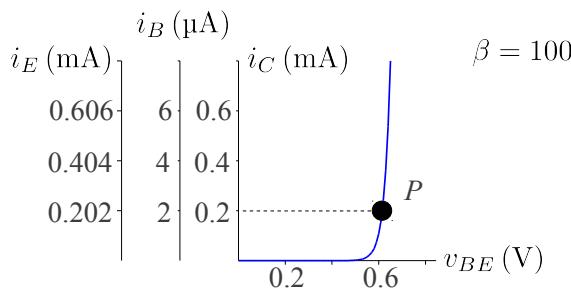
ٹرانزسٹر کے تین سرے ہونے کی بدولت اس کے تین برقی رو اور تین برقی دباؤ ممکن ہیں۔ ان میں کسی دو کو آپس میں گراف کیا جاسکتا ہے۔

$$i_C - v_{BE} \quad 3.9.1$$

شکل 3.32 اف میں $n-p-n$ ٹرانزسٹر کا $i_C - v_{BE}$ خط دکھایا گیا ہے جو بالکل ڈائیوڈ کے خط کی طرح کا ہے۔ $p-n-p$ کے $i_C - v_{EB}$ خط کے مساوات مندرجہ ذیل ہیں۔

$$(3.55) \quad i_C = I_S \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T} - 1} \right) \quad n-p-n$$

$$(3.56) \quad i_C = I_S \left(e^{\frac{v_{EB}}{V_T} - 1} \right) \quad p-n-p$$



شکل 3.33: برقی رو بال مقابل برقی دباؤ

جنہیں 1 کی صورت میں عموماً $e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} \gg 1$

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

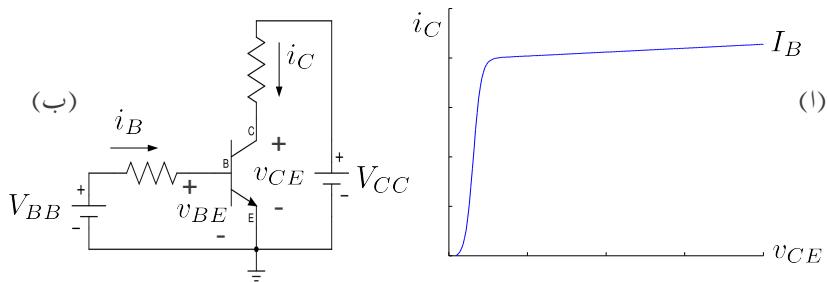
$$(3.58) \quad i_C \approx I_S e^{\frac{v_{EB}}{V_T}}$$

لکھا جاتا ہے۔ چونکہ $i_C = \alpha i_E$ اور $i_E - v_{BE}$ ہوتے ہیں لہذا $i_E = \beta i_B$ اور $i_B - v_{BE}$ خطوں کی شکلیں ایک جیسے ہوں گی۔ ان کے مساوات مندرجہ ذیل ہیں۔

$$(3.59) \quad i_E = \frac{I_S}{\alpha} e^{\frac{v_{BE}}{V_T}}$$

$$(3.60) \quad i_B = \frac{I_S}{\beta} e^{\frac{v_{BE}}{V_T}}$$

شکل 3.33 میں ایک ہی گراف پر تینوں خطوں کے گراف کی مثال دی گئی ہے جہاں حزبِ معمول ایک ہی افقی محدود ہے جو v_{BE} کو ظاہر کرتا ہے جبکہ عمودی محدودوں کی تعداد تین ہے جو i_E ، i_C اور i_B کی تعداد میں دی گئی ہے۔ v_{BE} کی پیمائش ولٹ V میں دی گئی ہے جبکہ i_E اور i_C کی i_E اور i_C کی i_E میں دی گئی ہے۔ $i_B = 2 \mu A$ ، $i_C = 0.2 mA$ ، $v_{BE} = 0.61 V$ پر جبکہ $\beta = 100$ تصور کرتے ہوئے نقطہ P پر جبکہ $i_E = 0.202 mA$ اور $i_B = 0.202 \mu A$ ہیں۔ بالکل ڈایوڈ کی طرح، جہاں اشد درستگی درکار نہ ہو وہاں، ٹرانزسٹر کے ادوار کے یک سمتی حل حاصل کرتے وقت سیدھے مائل ہیں۔ ایک جوڑ پر برقی دباؤ v_{BE} کو 0.7 V ہی لیا جاتا ہے۔ اسی طرح یہاں بھی $v_{BE} = 0.5 V$ سے کم برقی دباؤ پر برقی رو i_C کی قیمت قبل 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۔

شکل 3.34: $i_C - v_{CE}$ کا خط

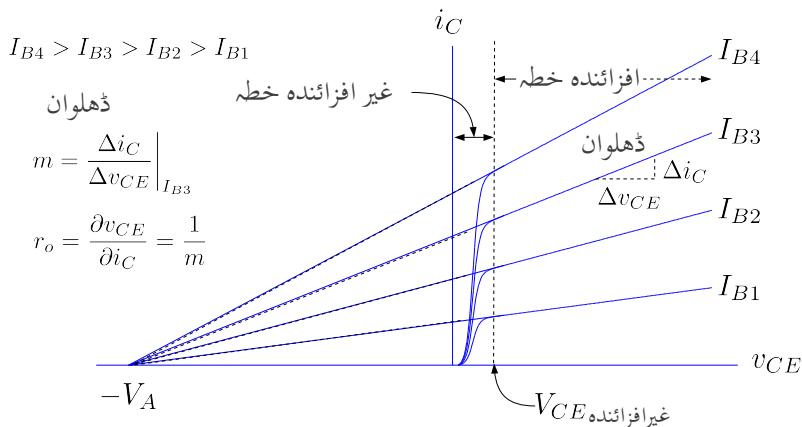
بلاک ڈائیوڈ کی طرح i_C برقرار رکھتے ہوئے، ایک ڈگری سمنی گرید درجہ حرارت بڑھانے سے v_{BE} کی قیمت 2 mV کھٹتی ہے یعنی

$$(3.61) \quad \frac{\Delta v_{BE}}{\Delta T} = -2 \text{ mV/}^{\circ}\text{C}$$

شکل 3.35 میں pnp ٹرانزسٹر کا v_{EB} بھی اسی شرح سے حرارت کے ساتھ گھٹتا ہے۔

شکل 3.35: $i_C - v_{CE}$ خط

شکل 3.34 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 3.34 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 وولٹ 0V سے بڑھایا جاتا ہے اور ہر قدم پر ٹرانزسٹر کی برتنی رو i_C اور برتنی دباؤ v_{CE} ناپے جاتے ہیں۔ یوں ناپ شدہ i_C اور v_{CE} کا گراف شکل 3.34 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 جاسکتے ہیں۔ اس طرح کے خطوط شکل 3.35 میں دکھائے گئے ہیں۔ ان گراف کو دیکھتے ہوئے یہ حقیقت سامنے آتی ہے کہ v_{CE} کی قیمت



شکل 3.35: npn کے خطوط اور ارلی برقی دباؤ

بذریع کم کرتے ہوئے ایک مقام آتا ہے جہاں i_C کی قیمت نہایت تیزی سے گھنٹے شروع ہوتی ہے۔ اس مقام سے کم v_{CE} کے نقطے کو غیر افزائندہ خط²⁶ جبکہ اس سے زیادہ v_{CE} کے نقطے کو افزائندہ خط²⁷ کہتے ہیں۔ اس حصہ میں ہم افزائندہ خط پر غور کریں گے۔

افزائندہ خط میں $i_C - v_{CE}$ کے خط سیدھی شکل اختیار کر لیتے ہیں۔ ہر خط ایک خاص ڈھلوان رکھتا ہے۔ اگر ان تمام خطوط کو منفی v_{CE} کے جانب فرضی طور نقش کیا جائے تو یہ ایک ہی نقطہ پر جامٹے ہیں جہاں $v_{CE} = V_A$ ہوتا ہے۔ اس فرضی 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 ارلی برقی دباؤ²⁸ کہتے ہیں۔²⁹ دو جوڑ والے ٹرانزسٹروں کا ارلی برقی دباؤ پچاس وولٹ تا سو وولٹ ہوتا ہے۔ یہ معلومات ٹرانزسٹر بنانے والے صنعت کار میریا کرتے ہیں۔

شکل 3.35 میں کسی ایک نقطہ پر خط کی ڈھلوان m دکھائی ہے یعنی

$$m = \left. \frac{\Delta i_C}{\Delta v_{CE}} \right|_{I_B3}$$

²⁶ saturation region²⁷ active region²⁸ Early voltage²⁹

ٹرانزسٹر کے خارجی جانب خارجی مزاحمت r_o کو یوں لکھا جاسکتا ہے

$$\begin{aligned} r_o &= \left. \frac{\partial v_{CE}}{\partial i_C} \right|_{I_B} \\ &= \frac{1}{m} \\ &= \left. \frac{\partial i_C}{\partial v_{CE}} \right|_{I_B}^{-1} \end{aligned}$$

چونکہ $i_C - v_{CE}$ کے خط اور فرضی نقش کے گئے نقطہ دار لکیر کی ڈھلوان برابر ہیں لہذا ہم خارجی مزاحمت کو یوں بھی حاصل کر سکتے ہیں

$$(3.62) \quad r_o = \frac{V_A + V_{CE}}{I_C}$$

حقیقت میں افزائندہ نقطے کے نپلے حد پر (یعنی غیر افزائندہ نقطے کے بالکل قریب) کی قیمت استعمال کرتے ہوئے اس مساوات کو یوں لکھا جاسکتا ہے

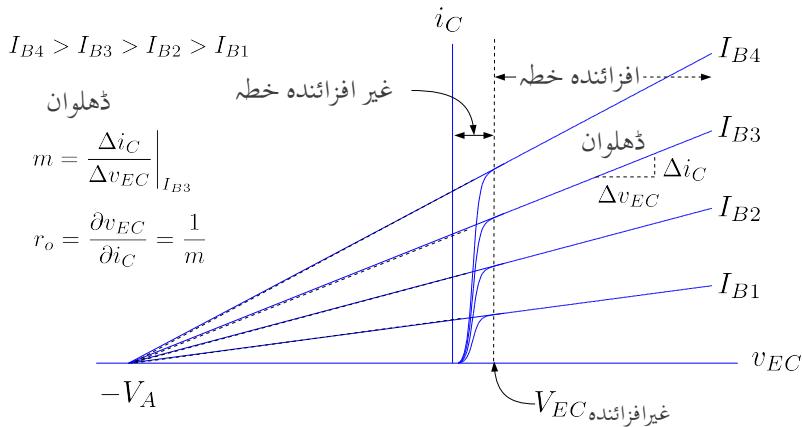
$$(3.63) \quad r_o \approx \frac{V_A}{I_C}$$

اگرچہ افزائندہ نقطے 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 3.36 میں pnp ٹرانزسٹر کے $i_C - v_{EC}$ خطوط دکھائے گئے ہیں۔ $V_{EC,0}$ یہ ہے۔ اس سے کم v_{EC} پر ٹرانزسٹر غیر افزائندہ جبکہ اس سے زیادہ پر افزائندہ ہوتا ہے۔

مثال 3.28: ایک ایسے npn ٹرانزسٹر جس کی ارلی برقی دباؤ کی قیمت پچاس وولٹ $V_A = 50V$ ہے کی خارجی مزاحمت $10mA$ ، $1mA$ اور $100\mu A$

: حل

شکل 3.36 خطوط $i_C - v_{EC}$ کے pnp : 3.36

.1

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

.2

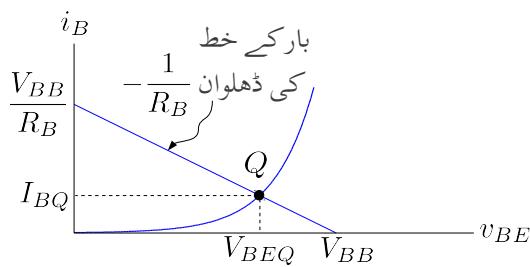
$$r_o = \frac{50}{10^{-3}} = 50 \text{ k}\Omega$$

.3

$$r_o = \frac{50}{10 \times 10^{-3}} = 5 \text{ k}\Omega$$

3.10 یک سمتی ادوار کا ترسیمی تجزیہ

اگرچہ ٹرانزسٹر ادوار کو عموماً الجبری 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 3.38 میں دئے دو رکاوے کو گراف کی مدد سے حل کرتے ہیں۔



شکل 3.37: داخلی جانب کے نقطہ مائل کا حصول

3.10.1 یک سمتی خط بوجہ

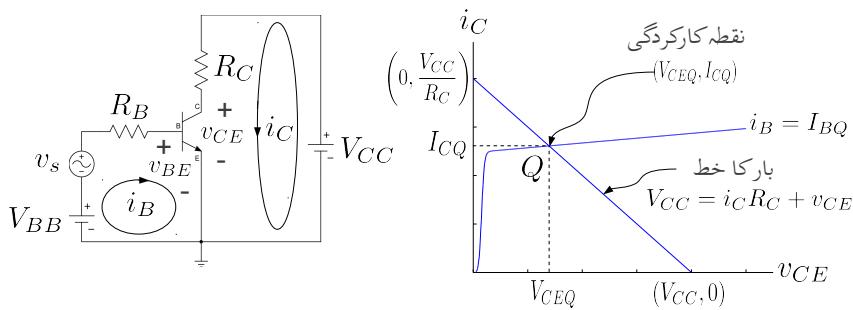
شکل 3.38 میں، بدلتے اشارہ v_s کو نظر انداز کرتے ہوئے، ٹرانزسٹر دور کے داخلی جانب ہم لکھ سکتے ہیں۔

$$(3.64) \quad V_{BB} = i_B R_B + v_{BE}$$

چونکہ ٹرانزسٹر کا بیس-اینڈج ڈائوڈ کی مانند ہوتا ہے لہذا مندرجہ بالا مساوات کو داخلی جانب کا یک سمتی بوجہ کا خط کہا جاسکتا ہے۔ ٹرانزسٹر کے $v_{BE} - i_B$ خط پر اس کو مساوات کو کھینچنے سے نقطہ مائل حاصل ہوتا ہے جس سے V_{BEQ} حاصل ہوتے ہیں۔ یہ عمل شکل 3.37 میں دکھایا گیا ہے۔ اسی طرح، بدلتے اشارات کو نظر انداز کرتے ہوئے، شکل 3.38 میں ٹرانزسٹر دور کے خارجی جانب ہم لکھ سکتے ہیں۔

$$(3.65) \quad V_{CC} = i_C R_C + v_{CE}$$

اس مساوات کو ٹرانزسٹر کے $i_C - v_{CE}$ خط پر گراف کیا گیا ہے۔ بوجہ کا خط بر قی دباؤ کے محور کو ($V_{CC}, 0$) پر اور بر قی رو کے محور کو $(0, \frac{V_{CC}}{R_C})$ پر لکھتا ہے اور اس کی ڈھلوان $\frac{1}{R_C}$ ہے۔ یہاں اس بات کو مر 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 شکل 3.38 میں حاصل کی گئی۔ خط بوجہ کی مساوات میں i_C اور v_{CE} دو آزاد متغیرات ہیں۔ دو آزاد متغیرات کو حاصل کرنے کی خاطر دو مساوات درکار ہوتے ہیں۔ خط بوجہ کی مساوات پہلی مساوات ہے جبکہ ٹرانزسٹر کا $i_C - v_{CE}$ خط دوسرے مساوات کا گراف ہے۔ جہاں دو مساوات کے گراف ملتے ہیں یہی ان کا حل ہوتا ہے۔ شکل میں اسے نقطہ کار کردگی Q کہا گیا ہے اور اس نقطے پر متغیرات کی قیمت (V_{CEQ}, I_{CQ}) ہے۔ یہاں اس دور میں ٹرانزسٹر کے خارجی جانب بر قی رو کی قیمت جبکہ اس کے بیس۔ ٹکٹر سروں کے مابین بر قی دباؤ کی قیمت V_{CEQ} ہو گی۔



شکل 3.38: یک سمتی خط بوجہ۔

3.10.2 باریک اشارات

اکیں اب شکل 3.38 میں باریک اشارات پر غور کریں۔ باریک اشارہ v_s کے موجودگی میں ٹرانزسٹر کے دخلی جانب کل برتنی دباؤ ($V_{BB} + v_s$) ہو گا اور ہم اس جانب خط بوجہ کی مساوات یوں لکھ سکتے ہیں۔

$$(3.66) \quad V_{BB} + v_s = i_B R_B + v_{BE}$$

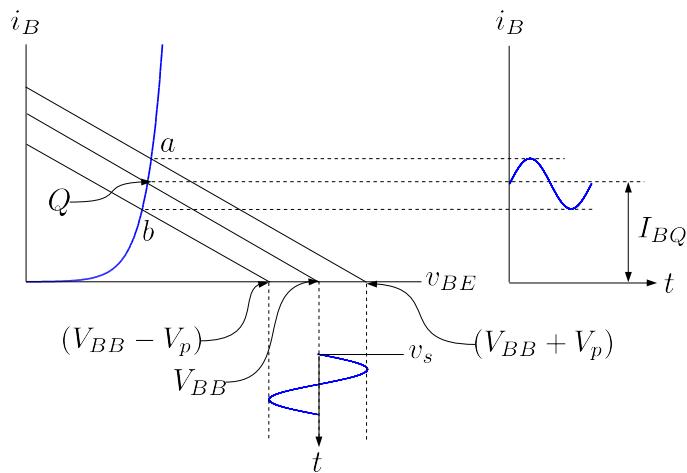
خط بوجہ کی یہ مساوات $i_B - v_{BE}$ کے گراف پر کھینچی گئی شکل 3.39 میں دکھائی گئی ہے جہاں

$$(3.67) \quad v_s = V_p \sin \omega t$$

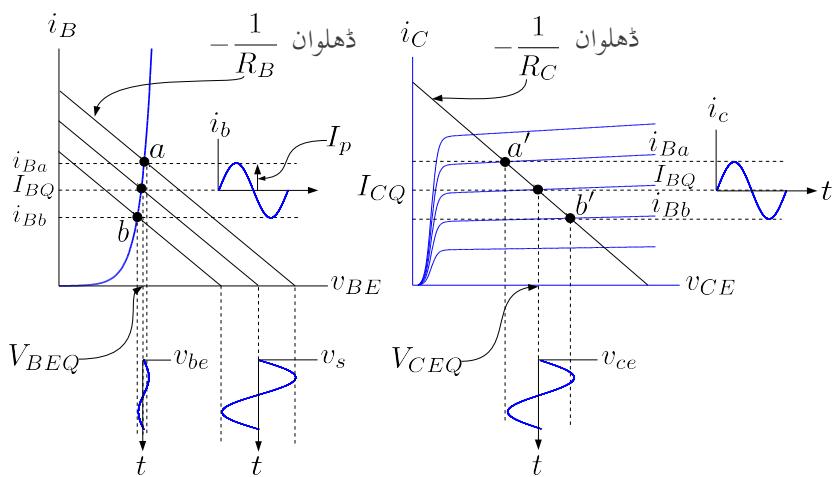
تصور کیا گیا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ خط بوجہ اپنی جگہ سے ہلتا ہے جس کی وجہ سے نقطہ کارکردگی خط پر Q کے قریب رہتے ہوئے a اور b کے درمیان چال قدی کرتا ہے جس سے i_B کی قیمت بھی I_{BQ} سے انحراف کرتی ہے۔ i_B کو یوں لکھا جا سکتا ہے۔

$$(3.68) \quad i_B = I_{BQ} + I_p \sin \omega t$$

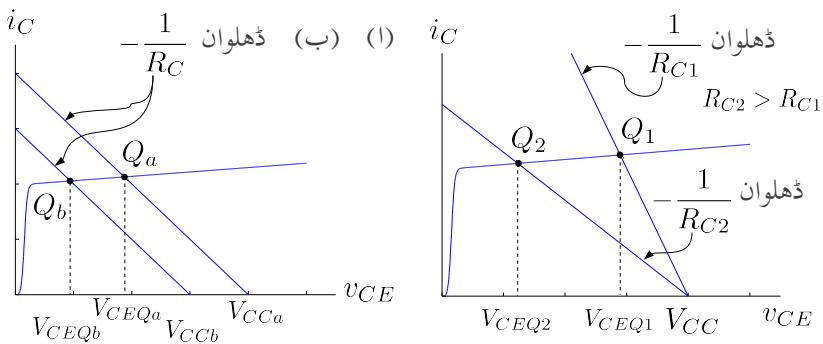
جہاں نقطہ کارکردگی کے قریب $i_B - v_{BE}$ خط کو سیدھا تصویر کیا گیا ہے۔ شکل 3.40 میں باریک اشارہ v_s اور اس کے پیدا کردہ i_b ، v_{be} ، i_c ، v_{ce} اور i_b ، v_s ، i_b ، v_{be} اور i_c اور v_{ce} ہم زاویہ ہیں جبکہ v_{ce} ان سب سے 180° کے زاویہ پر ہے۔ یاد رہے کہ تمام اشارات کا دوری عرصہ یکساں ہے چونکہ ایکلیفائر اشارے کے تعداد کو تبدیل نہیں کرتا۔



شکل 3.39: باریک اشارات پذیریع گراف



شکل 3.40: باریک اشارات

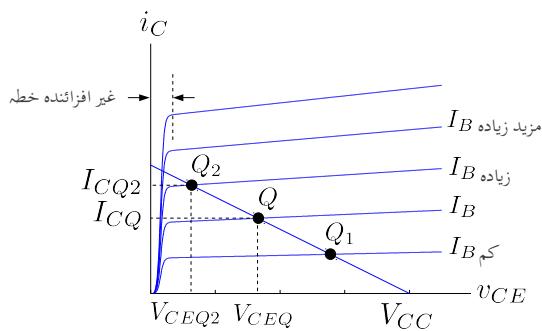


شکل 3.41: نقطہ کارکردگی پر منبع برقی دباؤ اور مزاحمت کے اثرات

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

شکل 3.38 میں ایک مرتبہ R_{C1} کی قیمت R_{C1} رکھی گئی اور دوسری مرتبہ اسے R_{C2} رکھا گیا جبکہ بقا یادور میں کوئی تبدیلی نہیں کی گئی۔ R_{C1} کی قیمت R_{C1} سے زیادہ ہے۔ ان دونوں صورتوں کو شکل 3.41 الف میں دکھایا گیا ہے۔ R_{C1} کی صورت میں خطِ بوجھ ٹرانزسٹر کے $i_C - v_{CE}$ خط کو Q_1 پر ٹکراتا ہے اور یوں ٹرانزسٹر کے اس نقطہ کارکردگی پر برقی دباؤ v_{CE} کی قیمت V_{CEQ1} ہو گی۔ R_{C2} کی صورت میں خطِ بوجھ کی ڈھلوان کم ہو گئی ہے اور یہ $i_C - v_{CE}$ خط کو Q_2 پر ٹکراتا ہے جہاں v_{CE} کی قیمت V_{CEQ2} ہے۔ یوں آپ دیکھ سکتے ہیں کہ خطِ بوجھ کے مساوات (یعنی مساوات 3.65) میں صرف مزاحمت تبدیل کرنے سے خطِ بوجھ کی ڈھلوان تبدیل ہوتی ہے جس سے ٹرانزسٹر کا نقطہ کارکردگی تبدیل ہوتا ہے۔ ان دونوں صورتوں میں خطِ بوجھ برقی دباؤ کے محور کو V_{CC} پر ہی ٹکراتے ہیں۔

شکل 3.41 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_{CCb} سے بڑھا کر V_{CCA} کرنے سے نقطہ کارکردگی Q_b سے منتقل ہو جاتا ہے جبکہ خطِ بوجھ کی ڈھلوان تبدیل نہیں ہوتی۔



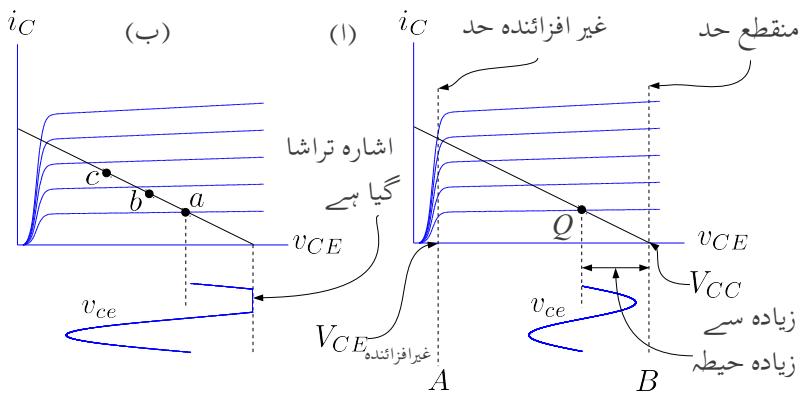
شکل 3.42: نقطہ کارکردگی بالمقابل داخلی برقی رو

3.10.4 داخلی برقی رو کے نقطہ کارکردگی پر اثرات

شکل 3.42 میں خط بوجھ مختلف داخلی برقی رو $i_C - v_{CE}$ پر خطاوں 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۔ یہاں برقی رو I_{CQ} سے بڑھ کر I_{CQ2} کیا جائے گی جبکہ برقی دباؤ V_{CEQ2} سے کم ہو کر V_{CEQ2} ہو جائے گا۔ اگر I_B کو مزید بڑھا کر $I_{B, \text{مزیدزیادہ}}$ کیا جائے تو نقطہ کارکردگی غیر افزائندہ خطے میں داخل ہو جاتا ہے جہاں v_{CE} کی قیمت $V_{CE, \text{غیر افزائندہ}} = 0.2\text{ V}$ ہے۔ I_B کو مزید بڑھانے سے نہ تو i_C اور نہ v_{CE} کی قیمت میں خاطر خواہ تبدیلی رونما 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 مکمل طور چالو ہوتا ہے اور یہ چالو برقی سوچ کا کردار ادا کرتا ہے۔ یہ صورت حال شکل 3.42 میں دکھایا گیا ہے۔

اس کے بر عکس اگر I_B کی قیمت بتدریج کم کی جائے تو نقطہ کارکردگی اس جانب حرکت کرتا ہے جس جانب I_{CQ} کی قیمت کم ہوتی ہے۔ اگر I_B کو نہیں کم یا اسے بالکل روک کر صفر کر دیا جائے تو نقطہ کارکردگی افقی محور سے نکلا جائے گا جہاں $V_{CEQ} = V_{CC}$ اور $I_{CQ} = 0\text{ A}$ ۔ اس نقطے پر ٹرانزسٹر مکمل منقطع صورت اختیار کئے ہوتے ہے اور یہ ایک منقطع برقی سوچ کا کردار ادا کرتا ہے۔



شکل 3.43: خارجی اشارہ کے حدود

3.10.5 خارجی اشارہ کے حدود

مندرجہ بالا حصے میں ہم نے دیکھا کہ I_B کو بڑھا کر ٹرانزسٹر کو غیر افزائندہ کیا جا سکتا ہے جبکہ اسے گھٹا کر ٹرانزسٹر کو منقطع کیا جا سکتا ہے۔ ٹرانزسٹر کو بطور ایکپلیفار استعمال کرتے ہوئے اس بات کو یقین رکھنا ضروری ہے کہ ٹرانزسٹر افزائندہ نظرے میں ہی رہے۔ نظرے کار کردگی تعین کرنے کے پیچھے کئی وجوہات ہو سکتے ہیں۔ شکل 3.43 میں نقطہ کار کردگی 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 تاکہ اس کی بیٹری زیادہ وقت بغیر بھرے کے کام کر سکے۔ شکل الف میں اس ایکپلیفار کا خارجی اشارہ v_{ce} دکھایا گیا ہے۔ اگر ایکپلیفار 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 تراشنا گیا ہے۔ اگر نقطہ کار کردگی 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 دیکھ سکتے ہیں کہ اگر نقطہ کار کردگی کو مزید بائیں، نقطہ c پر منتقل کر دیا جائے جائے تو v_{ce} لہر کا دوسرا جانب تراشنا شروع ہو جائے گا۔ جیسے شکل 3.43 الف میں دکھایا گیا ہے کہ افزائندہ ٹرانزسٹر کے v_{CE} کی کم سے کم ممکنہ قیمت $V_{CE\text{ غیر افزائندہ}}$ ہے جبکہ اس کی زیادہ سے زیادہ ممکنہ قیمت V_{CC} ہے۔ ان حدود کو A اور B نقطہ دار لکیروں سے دکھایا گیا ہے۔ v_{ce} ان حدود سے تجاوز نہیں کر سکتا لہذا نظرے کار کردگی 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 سائیں۔ نما خارجی اشارہ v_{ce} کی زیادہ سے زیادہ چوٹی کی حد کا تعین اس شکل سے

کر سکتے ہیں۔

3.10.6 بدلنی رو، خطِ بوجہ

ٹرانزسٹر ادوار میں β اور V_{BE} کے تبدیلی سے نقطہ کارکردگی کے تبدیلی کو روکنے کی خاطر R_E استعمال کیا جاتا ہے۔ البتہ جیسے آپ صفحہ 352 پر مساوات 3.217 میں دیکھیں گے، R_E کے استعمال سے ٹرانزسٹر ایمپلیفیئر کی افراش کم ہو جاتی ہے۔ نقطہ کارکردگی یک سمتی رو سے تعین کیا جاتا ہے جبکہ افراش کا تعلق بدلتے اشارات کے ساتھ ہے۔ یوں اگر کسی طرح یک سمتی 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 3.44 الف میں R_E کے متوازی لامدد قیمت کا کمیٹر نسب کیا گیا ہے۔ یک سمتی رو کمیٹر سے نہیں گرتی، لہذا نقطہ کارکردگی حاصل کرتے وقت کمیٹر کو نظر انداز کیا جائے گا۔ لامدد کمیٹر کی برقی رکاوٹ صفواؤہم ہے جو R_E کے متوازی جڑا ہے۔ یوں بدلتا اشارہ R_E سے ہر گز نہیں گزرے گا بلکہ یہ کمیٹر کے راستے گزرے گا۔ بدلنی رو کو مزاحمت کے مقابل راستہ فراہم کرنے والا کمیٹر قصری کمیٹر³⁰ پکارا جاتا ہے۔ مددود کمیٹر کے کارکردگی پر باب 6 میں غور کیا جائے گا۔ اس حصے میں لامدد کمیٹر نسب کرنے کے اثرات پر غور کیا جائے گا۔ اس کتاب کے حصہ 2.12.1 میں ڈائیڈ ادوار کے بدلنی رو، خطِ بوجہ پر غور کیا گیا۔ آئیں ٹرانزسٹر کے بدلنی رو، خطِ بوجہ پر غور کریں۔

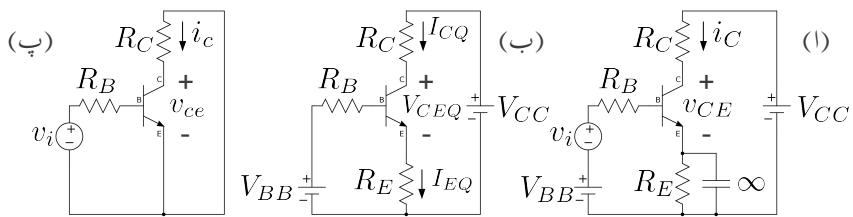
شکل 3.44 الف کے خارجی جانب

$$(3.69) \quad V_{CC} = i_C R_C + v_{CE} + i_E R_E \\ \approx v_{CE} + i_C (R_C + R_E) \quad \text{یک سمتی رو، خطِ بوجہ}$$

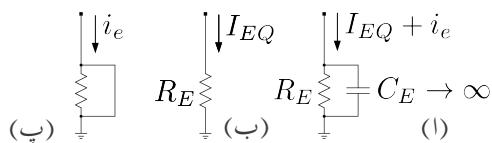
ہے جہاں $i_C \approx i_E$ لیا گیا ہے۔ ڈائیڈ کی طرح یہاں مندرجہ بالا مساوات کو یک سمتی رو، خطِ بوجہ پکارا جاتا ہے جسے عموماً چھوٹا کر کے صرف یک سمتی خطِ بوجہ³¹ کہتے ہیں۔ شکل 3.45 الف میں i_E کو یک سمتی i_{EQ} اور بدلتے i_e حصوں میں لکھا گیا ہے۔ یک سمتی اشارے کے لئے کمیٹر کھلے سرے کردار ادا کرتا ہے لہذا، جیسے شکل 3.45 ب میں دکھایا گیا ہے، i_{EQ} صرف مزاحمت R_E سے گزرے گا۔ یوں ٹرانزسٹر کے ایمپلیٹر پر $V_{EQ} = I_{EQ} R_E$ ہو گا۔ کمیٹر پر بھی یہی یک سمتی برقی دباو پایا جائے گا۔

جیسے شکل 3.45 پ میں دکھایا گیا ہے، بدلتے اشارے کے لئے لامدد کمیٹر کی برقی رکاوٹ $0 = \frac{1}{j\omega C_E}$ ہو گی اور یوں i_e کمیٹر کے راستے گزرے گا۔ اس طرح ٹرانزسٹر کے ایمپلیٹر پر برقی دباو پیدا کرنے میں i_e کوئی

bypass capacitor³⁰
DC load line³¹



شکل 3.44: کپیسٹر اور بدلی رو، خطِ بوجہ۔



شکل 3.45: یک سمتی اور بدلی رو کی علیحدگی

کروار ادا نہیں کرے گا۔ صرف I_E کے بدولت ایکٹر پر برقی دباد $V_{EQ} = I_{EQ}R_E$ پیدا ہو گا۔ ان حقائق کو استعمال کرتے ہوئے مندرجہ بالا مساوات میں متغیرات کو یک سمتی اور بدلیے حصوں میں لکھتے ہیں

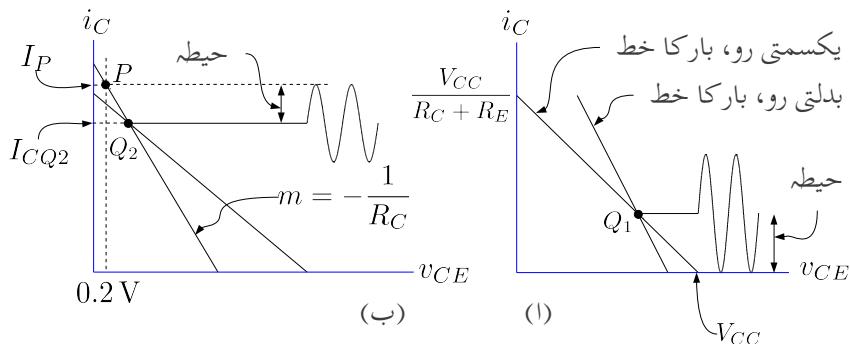
$$(3.70) \quad V_{CC} = (I_{CQ} + i_c) R_C + (V_{CEQ} + v_{ce}) + I_{EQ}R_E$$

بدلے اشارات کے عدم موجودگی میں مساوت 3.70 کو یوں لکھا جا سکتا ہے

$$(3.71) \quad V_{CC} \approx V_{CEQ} + I_{CQ} (R_C + R_E) \quad \text{یک سمتی رو، خطِ بوجہ}$$

جہاں $I_{EQ} \approx I_{CQ}$ لیا گیا ہے۔ آپ تسلی کر لیں کہ بدلے اشارے کے عدم موجودگی میں مندرجہ بالا مساوات اور مساوت 3.69 ایک ہی خط کو ظاہر کرتے ہیں لہذا مساوات 3.71 بھی یک سمتی رو، خطِ بوجہ کی مساوات ہے۔

شکل 3.44 ب سے بھی مساوات 3.71 حاصل ہوتا ہے لہذا شکل 3.44 ب درحقیقت شکل 3.44 کا مساوی یک سمتی دور ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ یک سمتی دور حاصل کرنے کی خاطر کپیسٹر کو کھلے سرے اور بدلے اشارہ v_i کو صفر کرنے ہوئے بقايا دور لیا جاتا ہے۔



شکل 3.46: بدلنی رو، خط بوجہ پر چہل قدمی

بدلنے اشارے کے موجودگی میں مساوات 3.70 کے یک سمتی اجزاء کو مساوات کے ایک جانب جکہ بدلنے اجزاء کو دوسرے جانب لکھتے ہیں۔

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

مساوات 3.71 کو $V_{CC} - I_{CQ} R_C - V_{CEQ} - I_{EQ} R_E = 0$ لکھتے ہوئے ہم دیکھتے ہیں کہ مندرجہ بالا مساوات میں مساوی نشان کے دائیں جانب صفر لکھا جاسکتا ہے لہذا اس سے

$$(3.73) \quad i_c R_C + v_{ce} = 0 \quad \text{بدلنی رو، خط بوجہ}$$

حاصل ہوتا ہے جو بدلنی رو، خط بوجہ ہے جسے عموماً بدلنی رو خط بوجہ³² پکارا جاتا ہے۔ شکل 3.44 پ سے بھی یہی مساوات حاصل ہوتا ہے۔ بدلنی رو، مساوی شکل حاصل کرتے وقت تمام یک سمتی بر قی دباؤ کی منبع اور تمام کپیسٹروں کو قصر دور کرتے ہوئے دور کا باقیا حصہ لیا جاتا ہے۔

مساوات 3.71 سے یک سمتی خط بوجہ کی مزاجمت $R = R_C + R_E$ جکہ مساوات 3.73 سے بدلنی رو خط بوجہ کی مزاجمت $R = R_{\text{بدلنی}} + R_E$ حاصل ہوتے ہیں۔ یہ ایک ولپسپ صورت ہے۔ بدلنے اشارے کے عدم موجودگی میں دور کا نقطہ کارکردگی یک سمتی رو خط بوجہ پر پایا جائے گا جکہ بدلنے اشارے کے موجودگی میں دور بدلنی رو خط بوجہ پر چہل قدمی کرے گا۔

AC load line³²

شکل 3.46 الف میں یک سمعتی رو خطِ بوجہ پر Q_1 نقطہ کارکردگی ہے۔ بدلتے اشارے کے عدم موجودگی میں ٹرانزسٹر اسی نقطے پر رہے گا۔ بدلتی رو، خطِ بوجہ اسی نقطے پر کھینچا جاتا ہے۔ یک سمعتی رو، خطِ بوجہ کی ڈھلوان $m = -\frac{1}{R_c}$ ہے۔ اسی طرح بدلتی رو، خطِ بوجہ کی ڈھلوان $m = -\frac{1}{R_c}$ ہے۔

بدلتے اشارے کے موجودگی میں ٹرانزسٹر بدلتی رو، خطِ بوجہ پر چیل قدمی کرے گا۔ سائن نما بدلتے اشارے کے موجودگی میں i_C دکھایا گیا ہے۔ شکل میں زیادہ سے زیادہ مکنہ منقی حیطے کا i_C دکھایا گیا ہے۔ اگر داخلی اشارے کو مزید بڑھایا جائے تو i_C کا نچلا یعنی منقی حصہ تراشا جائے گا۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ نقطہ کارکردگی کو (V_{CEQ}, I_{CQ}) پر رکھتے ہوئے زیادہ سے زیادہ مکنہ منقی حیطے I_{CQ} حاصل ہوتا ہے۔

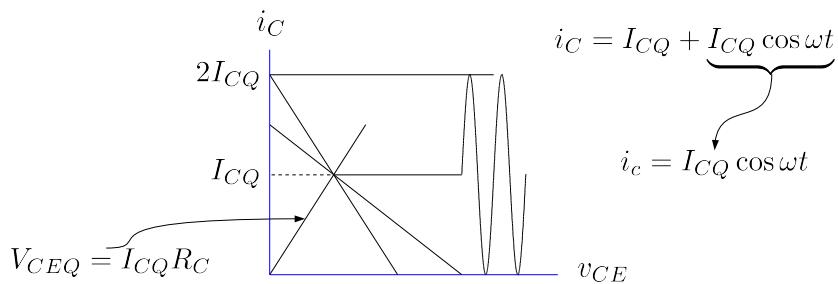
شکل 3.46 ب میں یک سمعتی رو خطِ بوجہ پر Q_2 نقطہ کارکردگی ہے۔ سائن نما بدلتے اشارے کے موجودگی میں i_C دکھایا گیا ہے۔ V_{CE} یعنی 0.2 V پر نقطے دار عمودی لکیر لگائی گئی ہے جسے بدلتی رو، خطِ بوجہ P پر مکراتا ہے۔ چونکہ ٹرانزسٹر V_{CE} سے کم برتنی دباؤ پر قوت افزائش کھو دیتا ہے لہذا i_C کی ثابت چھوٹی شکل میں دکھائے گی۔ اس طرح i_C کا زیادہ سے زیادہ مکنہ منقی حیطے $I_P - I_{CQ2}$ کے برابر ہو گا۔

اُسکی بدلتی رو خطِ بوجہ کے خط کی مساوات حاصل کریں۔ $y - x - i_C = m(x - x')$ مدد پر $m = \frac{1}{R_c}$ ڈھلوان اور نقطے $(x' - y')$ سے گزرتے خط کی مساوات $y - y' = m(x - x')$ ہوتی ہے۔ موجودہ مسئلہ میں $v_{CE} - v_{CEQ}$ مدد پر نقطے (V_{CEQ}, I_{CQ}) پر بدلتی رو خطِ بوجہ کی مساوات درکار ہے۔ بدلتی رو خطِ بوجہ کے خط کی ڈھلوان $i_C = 2I_{CQ}$ ہے لہذا اس کی مساوات

$$(3.74) \quad i_C - I_{CQ} = -\frac{1}{R_c} (v_{CE} - V_{CEQ})$$

شکل 3.46 میں نقطہ کارکردگی کو Q_1 اور Q_2 کے درمیان یوں رکھا جاسکتا ہے کہ i_C کا جیٹہ دونوں جانب برابر تراشا جائے۔ اس طرح زیادہ سے زیادہ مکنہ حیطے کا i_C حاصل کیا جا سکتا ہے۔ مساوات 3.74 کو استعمال کرتے ہوئے اس نقطے کو حاصل کرتے ہیں۔ شکل 3.47 میں یک سمعتی رو، خطِ بوجہ اور بدلتی رو، خطِ بوجہ دکھائے گئے ہیں۔ V_{CE} کو نظر انداز کرتے ہوئے ہم دیکھتے ہیں کہ اگر بدلتی رو، خطِ بوجہ عمودی مدد کو $2I_{CQ}$ پر چھوئے $i_C = 2I_{CQ}$ کے دونوں جانب نا تراشا حیطے I_{CQ} ہو گا۔ مساوات 3.74 میں یوں $v_{CE} = 0$ پر رکھتے ہوئے

$$2I_{CQ} - I_{CQ} = -\frac{1}{R_c} (0 - V_{CEQ})$$



شکل 3.47: زیادہ سے زیادہ ممکنہ حیطہ حاصل کرنے کے لئے درکار نقطہ کارکردگی

یعنی

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

حاصل ہوتا ہے۔ اس مساوات کو بھی شکل میں دکھایا گیا ہے۔ جہاں یہ مساوات اور یک سمتی روخت بوجھ آپس میں ملتے ہیں وہ درکار نقطہ کارکردگی ہے۔ مساوات 3.71 میں $I_{CQ} \approx I_{EQ}$ لکھتے ہوئے اس میں مساوات 3.75 پر کرتے ہوئے دونوں جانب زیادہ سے زیادہ جیتھے حاصل کرنے کے لئے درکار نقطہ کارکردگی پر بر قی رو

$$I_{CQ} = \frac{V_{CC}}{2R_C + R_E}$$

حاصل ہوتی ہے۔ اس مساوات میں $R = R_C + R_E$ اور R بدلنی پر $I_{CQ} = R_C + R_E$ لکھتے ہوئے ایسا مساوات حاصل ہوتا ہے جو یاد رکھنے کے لئے زیادہ آسان ثابت ہوتا ہے یعنی

$$(3.76) \quad I_{CQ} = \frac{V_{CC}}{R + R_E}$$

اس مساوات کو مساوات 3.75 کے ساتھ ملاتے ہوئے

$$(3.77) \quad V_{CEQ} = \frac{R}{R + R_E} V_{CC}$$

حاصل ہوتا ہے۔ مساوات 3.76 اور مساوات 3.77 زیادہ سے زیادہ تکنہ حیطے کا خارجی بدلتا اشارہ حاصل کرنے کے لئے درکار نقطہ کارکردگی دیتے ہیں۔

مثال 3.29: شکل 3.44 الف میں $R_C = 1\text{ k}\Omega$ ، $R_E = 200\Omega$ اور $V_{CC} = 12\text{ V}$ ہیں۔ کپیٹر کی قیمت کو لاحدہ تصور کرتے ہوئے بدلتے اشارے کا زیادہ سے زیادہ ممکنہ حیطہ حاصل کرنے کے لئے درکار نقطہ کارکردگی حاصل کریں۔

حل: مساوات 3.76 اور مساوات 3.77 میں $R_{BQ} = 1000 + 200 = 1200$ اور $R_E = 1000$ پہلی بخشی استعمال کرتے ہوئے

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

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

نقطہ کارکردگی حاصل ہوتا ہے۔ یوں خارجی برتنی روکا زیادہ سے زیادہ ممکنہ حیطہ 5.45 mA ہے۔

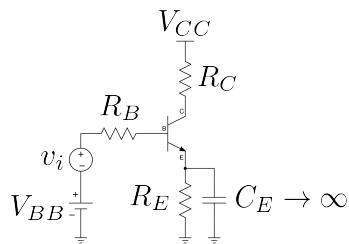
مثال 3.30: مندرجہ بالا مثال میں $R_B = 760\Omega$ اور $V_{BB} = 12\text{ V}$ حاصل کریں۔

حل: $R_E = \frac{10R_B}{\beta+1}$ کے استعمال سے $R_E = \frac{10 \times 760}{37+1} = 1900\Omega$ حاصل ہوتا ہے۔ کرچاف کے قانون برائے برتنی دباؤ کے استعمال سے

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

$$= 0.7 + 8.57 \times 10^{-3} \left(\frac{760}{37+1} + 200 \right) = 2.58 \text{ V}$$

حاصل ہوتا ہے۔



شکل 3.48: بدلتی رو، خط بوجہ کی مثال

مثال 3.31: شکل 3.48 میں $V_{CC} = 17\text{V}$ ، $R_C = 1.2\text{k}\Omega$ ، β کی قیمت 50 تا 150 جبکہ V_{BE} کی قیمت 0.6 تا 0.8 ممکن ہے۔ غیرافائدہ V_{CE} کو 0.2V لیتے ہوئے، R_E اور R_B کے ایسی قیمتیں حاصل کریں کہ i_C کم از کم $\pm 4\text{mA}$ تک ممکن ہو۔

حل: شکل 3.49 میں صورت حال دکھائی گئی ہے۔ یک 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 $-\frac{1}{R_C}$ ہے۔ جب تک بدلتی رو خط بوجہ Q_1 اور Q_2 کے درمیان یک سمتی رو خط بوجہ کو ٹکرائے اس وقت تک i_C کا حیطہ $\pm 4\text{mA}$ 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 حیطہ $\pm 4\text{mA}$ یا اس سے زیادہ ممکن ہو گا۔

I_{CQ1} پر پائے جانے والا بدلتی رو، خط بوجہ کی صورت میں i_C کا حیطہ I_{CQ1} کے برابر ہو گا۔ اگر i_C کی قیمت 4mA ہوتی ہے تو i_C کا حیطہ $\pm 4\text{mA}$ ممکن ہو گا۔ یوں

$$(3.78) \quad I_{CQ1} = 4\text{mA}$$

Q_2 پر پائے جانے والا بدلتی رو خط بوجہ، V_{CE} پر عمودی کھینچے خط کو نقطے P پر ٹکراتا ہے۔ چونکہ V_{CE} سے کم برقی دہاد پر ٹرانزسٹر قوت اندازش کھو دیتا ہے لہذا $i_C = I_P - I_{CQ2}$ کے برابر ہو گا۔ اس طرح اگر Q_2 پر برقی رو $I_{CQ2} + 4\text{mA}$ پر نقطے P ہوتی ہے تو i_C کا حیطہ $\pm 4\text{mA}$ ممکن ہو گا۔

کسی بھی سیدھے خط کی مساوات (3.48) کے حاصل ہوتا ہے جہاں $m = \frac{\Delta y}{\Delta x}$ اور Δx اس خط پر کسی دو نقطوں سے حاصل کئے جاسکتے ہیں۔ بدلتی رو، خط بوجھ پر P اور Q_2 دو نقطیں ہیں جن سے

$$-\frac{1}{1200} = \frac{I_{CQ2} + 4 \text{ mA} - I_{CQ2}}{V_{CE} - V_{CEQ2}}$$

یعنی

$$V_{CEQ2} - 0.2 = 4 \times 10^{-3} \times 1200$$

یعنی

$$(3.79) \quad V_{CEQ2} = 5 \text{ V}$$

لکھا جاسکتا ہے۔ یک سمتی رو، خط بوجھ کی مساوات شکل 3.48 کے خارجی جانب کرچاف کے قانون سے یوں لکھی جا سکتی ہے

$$(3.80) \quad V_{CC} = V_{CEQ2} + I_{CQ2} (R_C + R_E)$$

مساوات 3.79 کو مندرجہ بالا مساوات میں استعمال کرتے ہیں

$$V_{CC} = 5 + I_{CQ2} (R_C + R_E)$$

بس سے I_{CQ2} کی قیمت

$$(3.81) \quad I_{CQ2} = \frac{V_{CC} - 5}{R_C + R_E} = \frac{12}{1200 + R_E}$$

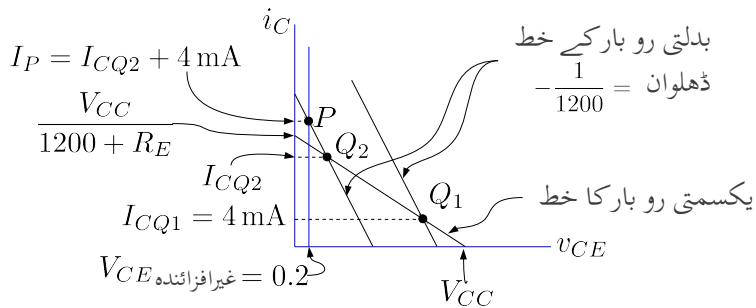
حاصل ہوتی ہے۔ نقطہ کارکردگی کو Q_1 اور Q_2 کے درمیان رکھنے کی خاطر I_{CQ} کا مندرجہ ذیل مساوات پر پورا اترتہ لازم ہے۔

$$(3.82) \quad I_{CQ1} < I_{CQ} < I_{CQ2}$$

$$4 \text{ mA} < I_{CQ} < \frac{12}{1200 + R_E}$$

بس سے R_E حاصل ہوتا ہے۔

آئیں اب β اور V_{BE} میں تبدیلی کے اثرات کو دیکھیں۔ شکل 3.48 کے داخلی جانب



شکل 3.49

$$(3.83) \quad V_{BB} = V_{BE} + I_{CQ} \left(\frac{R_B}{\beta + 1} + R_E \right)$$

یعنی

$$(3.84) \quad I_{CQ} = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{\frac{R_B}{\beta + 1} + R_E}$$

لکھا جا سکتا ہے۔ مساوات 3.83 کا کوئی واحد حل نہیں پایا جاتا ہے بلکہ مختلف R_E لیتے ہوئے اسے حل کیا جا سکتا ہے۔ مثلاً اگر $R_E = 1 \text{k}\Omega$ لیا جائے تب $R_B = 5.1 \text{k}\Omega$ پر $\beta = 50$ حاصل ہوتا ہے۔ ہم دیکھتے ہیں کہ $I_{CQ1} = 4 \text{mA}$ یعنی کمتر بر قی رواں وقت پائی جائے گی جب $V_{BE} = 0.8 \text{V}$ اور $\beta = 50$ ہو۔ ان قیمتیوں کو استعمال کرتے ہوئے

$$V_{BB} = 0.8 + 4 \times 10^{-3} \left(\frac{5100}{50 + 1} + 1000 \right) = 5.2 \text{V}$$

حاصل ہوتا ہے۔ $\beta = 150$ اور $V_{BE} = 0.6 \text{V}$ کی صورت میں مساوات 3.84 سے

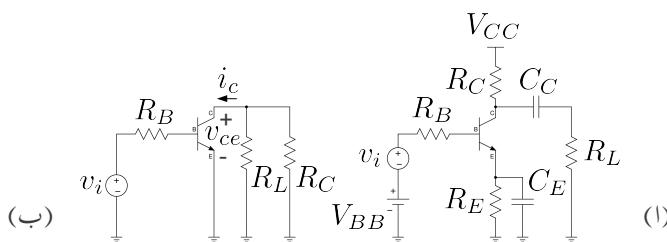
$$I_{CQ} = \frac{5.2 - 0.6}{\frac{5100}{150 + 1} + 1000} = 4.45 \text{mA}$$

حاصل ہوتا ہے۔ $R_E = 1 \text{k}\Omega$ پر مساوات 3.82 سے $I_{CQ2} = 5.45 \text{mA}$ حاصل ہوتا ہے جو کہ 4.45mA سے زیادہ ہے۔ یوں

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

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

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



شکل 3.50

مطلوبہ جوابات ہیں۔

مثال 3.32: شکل 3.50 اف میں C_C کے ذریعہ ایکلیفائر کو برقی بوجھ R_L کے ساتھ وابستہ کیا گیا ہے۔ ایسا کپیسٹر جو دو حصوں کی وابستگی پیدا کرتے ہوئے ایک حصے سے دوسرے حصے میں اشارے کی منتقلی کرنے جفتی کپیسٹر³³ لپکرا جاتا ہے۔ شکل میں i_C کا زیادہ سے زیادہ ممکنہ جیطہ اور اس کے لئے درکار نقطہ کار کردگی حاصل کریں۔ کپیسٹروں کی قیمت لامحدود تصور کریں۔

حل: یک سمتی رو کے لئے کپیسٹروں کو کھلے سرے کرتے ہوئے یک سمتی رو، خط بوجھ کی مساوات حاصل کرتے ہیں۔

$$(3.85) \quad V_{CC} = i_C R_C + v_{CE} + i_E R_E$$

$$(3.86) \quad \approx v_{CE} + i_C (R_C + R_E)$$

یک سمتی رو، خط بوجھ

بدلتے اشارے کے عدم موجودگی میں اس مساوات کو یوں لکھ سکتے ہیں۔

$$(3.87) \quad V_{CC} \approx V_{CEQ} + I_{CQ} (R_C + R_E)$$

coupling capacitor³³

شکل ب میں بدلتی رو، خطِ بوجھ حاصل کرنے کی خاطر V_{CC} اور کپیسٹروں کو قصر دور کیا گیا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ بدلتے اشارے کے نقطہ نظر سے R_L متوازی جڑے ہیں۔ اس دور سے بدلتی رو، خطِ بوجھ یوں حاصل ہوتا ہے۔

$$(3.88) \quad v_{ce} + i_c \left(\frac{R_C R_L}{R_C + R_L} \right)$$

چونکہ $v_{CE} = V_{CEQ} + v_{ce}$ اور $i_C = I_{CQ} + i_c$ لکھا جا سکتا ہے

$$(3.89) \quad i_C - I_{CQ} = - \left(\frac{R_C + R_L}{R_C R_L} \right) (v_{CE} - V_{CEQ}) \quad \text{بدلتی رو، خطِ بوجھ}$$

جو کہ درکار بدلتی رو، خطِ بوجھ ہے۔ یہ مساوات 3.74 کے طرز کی مساوات ہے لہذا مساوات 3.75 کی طرز پر یہاں بھی مساوات 3.87 اور

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

کو آپس میں حل کرتے ہوئے نقطہ کار کردگی حاصل کرتے ہیں۔

$$V_{CC} = I_{CQ} \frac{R_C R_L}{R_C + R_L} + I_{CQ} (R_C + R_E)$$

جس سے

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

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

حاصل ہوتا ہے جو کہ زیادہ سے زیادہ ممکنہ جیٹھے حاصل کرنے کے لئے درکار نقطہ کار کردگی ہے۔ جیسے شکل 3.47 میں دکھایا گیا ہے یوں i_C کا زیادہ سے زیادہ ناتراش جیٹھے مندرجہ بالا مساوات میں دئے I_{CQ} کے برابر ہو گا۔ چونکہ i_c متوازی جڑے R_C اور R_L 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

$$(3.93) \quad i_{RL} = \frac{R_C}{R_L + R_C} I_{CQ} = \frac{R_C}{R_L + R_C} \left(\frac{V_{CC}}{\frac{R_C R_L}{R_C + R_L} + R_C + R_E} \right)$$

ہو گی۔

مثال 3.33: شکل 3.50 میں $R_E = 400 \Omega$ اور $R_C = R_L = 2 \text{k}\Omega$ اور $V_{CC} = 12 \text{V}$ ہیں۔ زیادہ سے زیادہ جیٹے کا i_C حاصل کرنے کے لئے درکار نقطہ کار کردگی حاصل کریں۔

حل: چونکہ $R_{E\text{ بیمسنٹ}} = 2.4 \text{k}\Omega$ جبکہ $R_{C\text{ بیمسنٹ}} = 1 \text{k}\Omega$ ہے لہذا مساوات 3.91 کے تحت نقطہ کار کردگی

$$I_{CQ} = \frac{12}{2400 + 1000} = 3.529 \text{ mA}$$

$$V_{CEQ} = 3.529 \times 10^{-3} \times 1000 = 3.529 \text{ V}$$

حاصل ہوتا ہے۔ یوں i_C کا زیادہ سے زیادہ ممکنہ جیٹے 3.529 mA اور R_L سے گزرتے برقی رو i_{RL} کا زیادہ سے زیادہ ممکنہ جیٹے 1.765 mA ہو گا۔

3.11 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۔ آئیں ایسے چند ریاضی نمونوں پر غور کرتے ہیں۔

3.11.1 ایبرز-مال ریاضی نمونہ

ایبرز-مال ریاضی نمونہ ٹرانزسٹر کو افزاں کندہ، غیر افزاں کندہ 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 سپائٹ³⁴ اسی ریاضی نمونہ سے اخذ کردہ مال-برداری ریاضی نمونہ استعمال کرتا ہے جس پر اگلے حصے میں گفتگو ہو گی۔

عمومی طرز پر مائل کردہ npn ٹرانزسٹر کے مختلف مساوات لکھتے وقت مساوات میں (F) بطور زیرِ نوشت استعمال کیا جائے گا جو عمومی طرز پر مائل کردہ ٹرانزسٹر کو ظاہر کرے گا۔

عمومی طرز پر مائل کردہ npn ٹرانزسٹر کے کلکٹر سرے پر برقی رو کی مساوات مندرجہ ذیل ہے۔

$$(3.94) \quad i_{CF} = I_S \left(e^{\frac{V_{BE}}{V_T}} - 1 \right)$$

اس مساوات کی مدد سے ایمپٹر برقی رو i_{EF} اور بیس برقی رو i_{BF} حاصل کرتے ہیں۔

$$(3.95) \quad i_{EF} = \frac{i_{CF}}{\alpha_F} = \frac{I_S}{\alpha_F} \left(e^{\frac{V_{BE}}{V_T}} - 1 \right)$$

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

اس آخری مساوات کو حاصل کرتے وقت مساوات 3.94 اور مساوات 3.95 استعمال کئے گئے۔ اس آخری مساوات کو مزید حل کر کے یوں بھی لکھا جاسکتا ہے۔

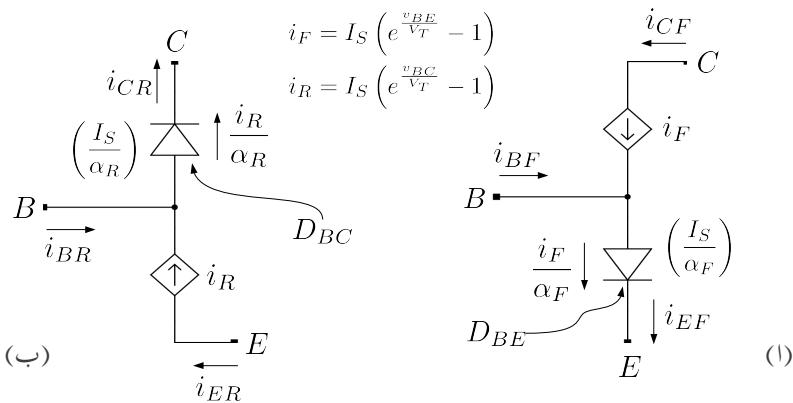
$$(3.97) \quad i_{BF} = I_S \left(\frac{1}{\alpha_F} - 1 \right) \left(e^{\frac{V_{BE}}{V_T}} - 1 \right) = \frac{I_S}{\beta_F} \left(e^{\frac{V_{BE}}{V_T}} - 1 \right)$$

جہاں

$$(3.98) \quad \left(\frac{1}{\alpha_F} - 1 \right) = \frac{1 - \alpha_F}{\alpha_F} = \frac{1}{\beta_F}$$

کا استعمال کیا گیا۔

ان مساوات سے آپ دیکھ سکتے ہیں کہ $i_{CF} = \beta_F i_{BF}$ اور $i_{EF} = \alpha_F i_{BF}$ ہیں جو کہ ٹرانزسٹر کے جانے پہچانے مساوات ہیں۔ یوں شکل 3.51 اف عمومی طرز پر مائل npn ٹرانزسٹر کا وسیع اشاراتی ریاضی نمونہ ہے۔ مساوات 3.94، مساوات 3.95 اور مساوات 3.96 (یا اس کا مساوی مساوات 3.97) ٹرانزسٹر کے سروں پر برقی رو



شکل 3.51: npn ٹرانزسٹر کے ایر-مال ریاضی نمونہ کا حصول

کے مساوات ہیں۔ ایک ایسا دور جس کے تین سرے ہوں اور جسے حل کر کے اس کے سروں پر یہی تین مساوات حاصل ہوں گوں ٹرانزسٹر کا ریاضی نمونہ تصور کیا جاتا ہے۔

شکل 3.51 الف میں تابع منبع رو³⁵ کا استعمال کیا گیا ہے جس کی قابو مساوات مندرجہ ذیل ہے۔

$$(3.99) \quad i_F = I_S \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right)$$

اس کے علاوہ اس شکل میں ایک عدد ڈائیوڈ استعمال کیا گیا ہے۔ جیسا کہ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ یہ ٹرانزسٹر کے بیس-ایمیٹر جوڑ کا ڈائیوڈ D_{BE} ہے۔ مساوات 2.4 میں ڈائیوڈ کے لبریزی برقی رو کو یہاں I_{SBE} لکھتے ہوئے اس ڈائیوڈ میں برقی رو کی مساوات مندرجہ ذیل ہے۔

$$(3.100) \quad i_D = I_{SBE} \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right)$$

جہاں I_{SBE} بیس-ایمیٹر جوڑ کے ڈائیوڈ کا لبریزی برقی رو ہے جس کی قیمت مندرجہ ذیل ہے

$$(3.101) \quad I_{SBE} = \frac{I_S}{\alpha_F}$$

dependent current source³⁵

شکل میں I_{SBE} کی اس قیمت کو یاد دہانی کی خاطر ڈائیوڈ کے قریب قوسین میں بند لکھا گیا ہے۔

آئین شکل 3.51 الف کے تین سروں پر برقی رو حاصل کریں۔ ہم دیکھتے ہیں کہ i_{CF} اور i_F برابر ہیں یعنی

$$(3.102) \quad i_{CF} = I_S \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right)$$

ایکٹر سرے کی برقی رو i_{EF} اور ڈائیوڈ D_{BE} میں گزرتی برقی رو $I_{D_{BE}}$ بھی آپس میں برابر ہیں یعنی

$$(3.103) \quad i_{EF} = \frac{I_S}{\alpha_F} \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right)$$

میں سرے پر کرچاف کے قانون برائے برقی رو کے تحت ($i_{BF} = i_{EF} - i_{CF}$) ہو گا یعنی

$$(3.104) \quad i_{BF} = \frac{I_S}{\alpha_F} \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right) - I_S \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right)$$

ہم دیکھتے ہیں کہ مساوات 3.102 ، مساوات 3.103 اور مساوات 3.104 ہو بہو ٹرانزسٹر کے مساوات 3.94 ، مساوات 3.95 اور مساوات 3.96 ہی ہیں۔ یوں شکل 3.51 الف میں دکھائے دور کو عمومی طرز پر مائل کردہ ٹرانزسٹر کا ریاضی نمونہ تصور کیا جاسکتا ہے۔

اب تصور کریں کہ ٹرانزسٹر کے ایکٹر اور ٹکٹر سروں کو استعمال کے نقطے سے آپس میں بدل دیا جائے یعنی میں۔ ایکٹر جوڑ کو غیر چالو جکبہ میں۔ ٹکٹر 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 ایکٹر اور ٹکٹر سروں پر برقی رو کی سمیتیں الٹی ہوں گی۔

شکل ب میں میں۔ ٹکٹر جوڑ کے ڈائیوڈ کے لبریزی برقی رو I_{SBC} کی قیمت مندرجہ ذیل ہے

$$(3.105) \quad I_{SBC} = \frac{I_S}{\alpha_R}$$

یوں اس ڈائیوڈ کے برقی رو کی مساوات مندرجہ ذیل ہو گی۔

$$(3.106) \quad i_{DBC} = \frac{I_S}{\alpha_R} \left(e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right)$$

شکل میں تالع منج رو i_R کا بھی استعمال کیا گیا ہے جس کی قابو مساوات مندرجہ ذیل ہے۔

$$(3.107) \quad i_R = I_S \left(e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right)$$

اس شکل کے تین سروں پر برقی رو حاصل کرتے ہیں۔

ہم دیکھتے ہیں کہ ڈائیوڈ کا برقی رو ہی i_{CR} ہے لہذا

$$(3.108) \quad i_{CR} = \frac{I_S}{\alpha_R} \left(e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right)$$

اسی طرح i_{ER} دراصل i_R ہی ہے لہذا

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

بیس سرے پر کرچاف کے قانون برائے برقی رو سے i_{BR} یوں حاصل ہوتا ہے۔

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

اس آخری مساوات کو حاصل کرتے وقت مساوات 3.108 اور مساوات 3.109 استعمال کئے گئے۔ اس آخری مساوات کو مزید حل کر کے یوں بھی لکھا جا سکتا ہے۔

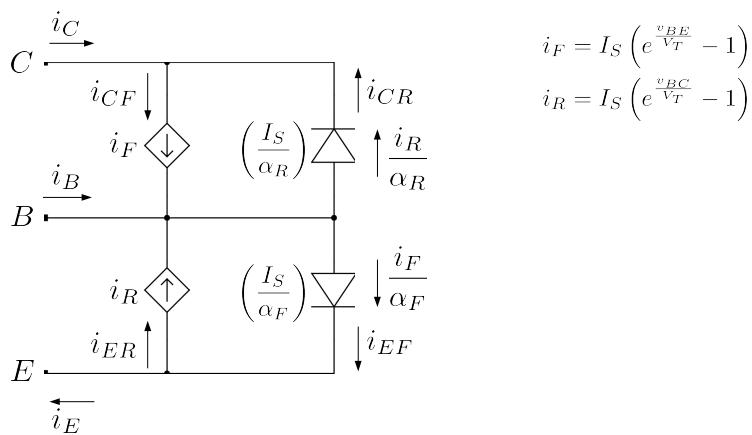
$$(3.111) \quad i_{BR} = I_S \left(\frac{1}{\alpha_R} - 1 \right) \left(e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right) = \frac{I_S}{\beta_R} \left(e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right)$$

جباں

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

کا استعمال کیا گیا۔

n-p-n ٹرانزسٹر کی کارکردگی کو افراہندہ، غیر افراہندہ اور مقطوع تینوں خطوں میں بیان کرنے کی خاطر شکل 3.51 الف اور شکل ب کے اووار آپس میں متواری جوڑ کر شکل 3.52 حاصل کیا جاتا ہے جو *n-p-n* ٹرانزسٹر کا ابیر-مال ریاضی نمونہ ہے۔ عمومی طرز پر مائل ٹرانزسٹر کا بیس-اینٹر 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



شکل 3.52: npn کا ٹرانزسٹر کا ایبر-مال ماذل

لیتے ہوئے $i_F = 1.957 \text{ mA}$ اور $i_R \approx I_S = 10^{-14} \text{ A}$ ہوں تو $v_{BC} = -0.5 \text{ V}$ ہوتے ہیں۔ اس طرح i_R اور اس پر منحصر جزو نظر انداز کئے جاسکتے ہیں۔ شکل 3.53 میں ایسا ہی کرتے ہوئے ریاضی نمونہ کے وہ حصے دکھائے گئے ہیں جو عمومی طرز پر مائل npn ٹرانزسٹر کی کارکردگی دینتے ہیں۔ ریاضی نمونہ کے بقایا 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 بقایا حصوں پر کاملاً لگایا گیا ہے۔

i_R اور i_F 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 $I_S = 10^{-14} \text{ A}$ ، $\alpha_R = 0.01$ ، $\alpha_F = 0.99$ اور اس ٹرانزسٹر کو عمومی طرز پر ہیں۔

$$V_{BE} = 0.65 \text{ V}$$

پر مائل کیا جاتا ہے۔ یوں

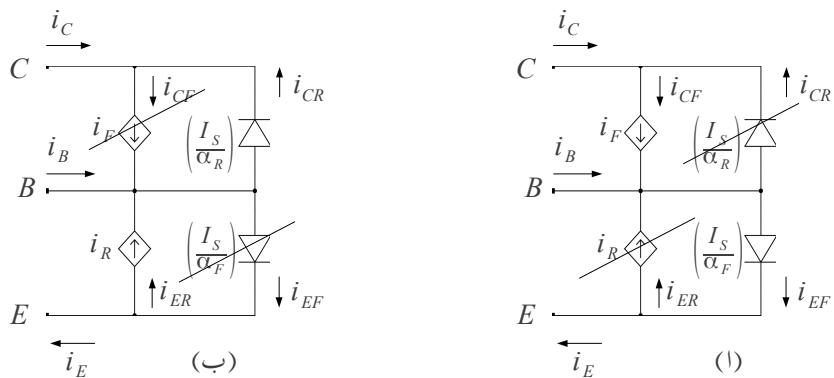
$$I_F = 1.9573 \text{ mA}$$

حاصل ہوتا ہے جس سے

$$I_C = 1.9573 \text{ mA}$$

$$I_E = 1.9771 \text{ mA}$$

$$I_B = 19.573 \mu\text{A}$$



شکل 3.53: npn ایز مال ریاضی نمونہ کی کارکردگی

حاصل ہوتے ہیں۔ اس کے برعکس اگر اسی ٹرانزسٹر کو غیر عمومی طرز پر

$$V_{BC} = 0.65 \text{ V}$$

پر مائل کیا جائے تو

$$I_R = 1.9573 \text{ mA}$$

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 افراہندہ خطے میں بیس۔ ایکٹر جوڑ اور بیس۔ گلکٹر 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 3.52 کو دیکھتے ہوئے ہم لکھ سکتے ہیں۔

$$(3.113) \quad i_E = i_{EF} - i_{ER} = i_{EF} - \alpha_R i_{CR}$$

$$(3.114) \quad i_C = i_{CF} - i_{CR} = \alpha_F i_{EF} - i_{CR}$$

$$(3.115) \quad i_B = i_E - i_C$$

مساوات 3.102 اور مساوات 3.108 کے استعمال سے مساوات 3.114 کو یوں لکھا جا سکتا ہے۔

$$(3.116) \quad i_C = I_S \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right) - \frac{I_S}{\alpha_R} \left(e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right)$$

$$(3.117) \quad \approx I_S e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - \frac{I_S}{\alpha_R} e^{\frac{v_{BC}}{V_T}}$$

اسی طرح مساوات 3.113 کو یوں لکھا جا سکتا ہے

$$(3.118) \quad i_E \approx \frac{I_S}{\alpha_F} e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - I_S e^{\frac{v_{BC}}{V_T}}$$

اس طرح مساوات 3.115 سے حاصل ہوتا ہے

$$(3.119) \quad \begin{aligned} i_B &\approx \left(\frac{I_S}{\alpha_F} e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - I_S e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} \right) - \left(I_S e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - \frac{I_S}{\alpha_R} e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} \right) \\ &= \left(\frac{1}{\alpha_F} - 1 \right) I_S e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} + \left(\frac{1}{\alpha_R} - 1 \right) I_S e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} \\ &= \frac{I_S}{\beta_F} e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} + \frac{I_S}{\beta_R} e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} \end{aligned}$$

مساوات 3.116 میں $e^{\frac{v_{BC}}{V_T}}$ کو قسمیں کے باہر کالئے سے اسے یوں لکھا جا سکتا ہے

$$(3.120) \quad i_C = I_S e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} \left(e^{\frac{v_{BE}-v_{BC}}{V_T}} - \frac{1}{\alpha_R} \right)$$

شکل 3.54 میں ٹرانزسٹر پر برتنی دباؤ کے مابین تعقیل بیان کیا گیا ہے یعنی

$$(3.121) \quad v_{CE} = v_{BE} - v_{BC}$$

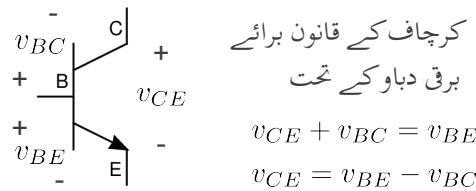
جسے استعمال کرتے ہم اس مساوات کو یوں لکھ سکتے ہیں

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

یہی طریقہ مساوات 3.119 پر استعمال کرتے ہیں یعنی

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

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



شکل 3.54: ٹرانزسٹر پر برقی دباؤ کا آپس میں تعلق

مساوات 3.122 کو مساوات 3.123 پر تقسیم کرنے سے حاصل ہوتا ہے

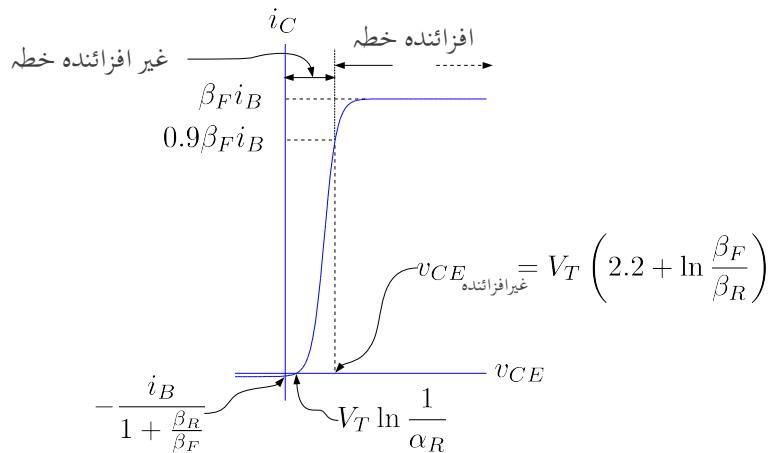
$$(3.125) \quad \frac{i_C}{i_B} = \frac{I_S e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} \left(e^{\frac{v_{CE}}{V_T}} - \frac{1}{\alpha_R} \right)}{I_S e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} \left(e^{\frac{v_{CE}}{V_T}} + \frac{1}{\beta_F} \right)} = \beta_F \frac{\left(e^{\frac{v_{CE}}{V_T}} - \frac{1}{\alpha_R} \right)}{\left(e^{\frac{v_{CE}}{V_T}} + \frac{\beta_F}{\beta_R} \right)}$$

اس مساوات سے v_{CE} کی مساوات حاصل کی جاسکتی ہے یعنی

$$(3.126) \quad v_{CE} = V_T \ln \left(\frac{\frac{1}{\alpha_R} + \frac{(i_C/i_B)}{\beta_R}}{1 - \frac{(i_C/i_B)}{\beta_F}} \right)$$

مندرجہ بالا اجرا سے ایسا معلوم ہوتا ہے جیسے ٹرانزسٹر کے ایمپر اور لکٹر سروں کو آپس میں بدلنا جاسکتا ہے۔ حقیقت میں ٹرانزسٹر یوں بنائے جاتے ہیں کہ عموماً $\alpha_F \approx 0.01$ اور $\alpha_R \approx 0.01$ کے برابر ہوتے ہیں۔ یوں β_F کی قیمت β_R کی قیمت سے کئی گناہ زیادہ ہوتی ہے اور ٹرانزسٹر صرف عمومی طرز پر سیدھا مائل کرنے سے ہی اس کی صحیح کارکردگی حاصل کی جاسکتی ہے۔ مساوات 3.125 کو شکل 3.55 میں دکھایا گیا ہے۔ شکل سے واضح ہے کہ v_{CE} کو زیادہ بڑھانے سے برقی رو i_C بڑھتے بڑھتے برقرار قیمت ($\beta_F i_B$) حاصل کر لیتی ہے۔ شکل میں افراکندہ اور غیر افراکندہ خطوں کی نمائندگی 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 فی صد ہو (یعنی جہاں $i_C = 0.9 \beta_F i_B$ ہو) یہی ان دو خطوں کے مابین حد ہے۔ مساوات 3.126 سے اس حد پر برقی دباؤ v_{CE} یوں حاصل کیا جاسکتا ہے

$$(3.127) \quad V_{CE} = V_{CE_{\text{غير افراکندہ}}} = V_T \ln \left(\frac{\frac{1+\beta_R}{\beta_R} + \frac{0.9\beta_F}{\beta_R}}{1 - 0.9} \right)$$



شکل 3.55: ایکر-مال ریاضی نمونہ سے حاصل کردہ ٹرانزسٹر کا خط

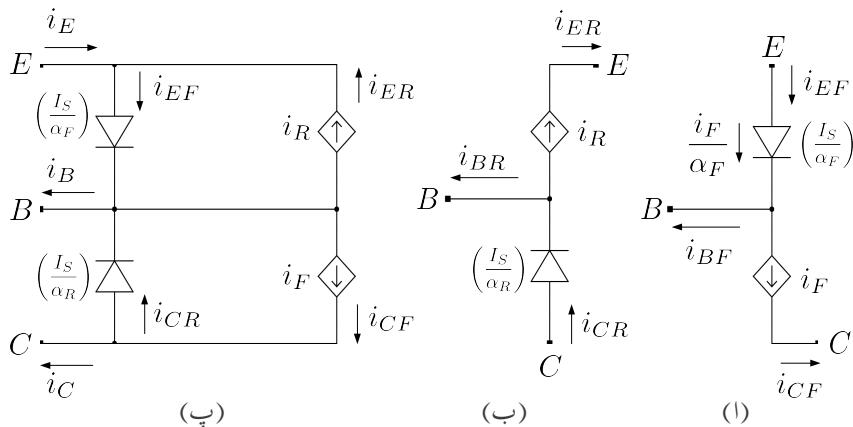
جسے $V_{CE_{\text{غير افزائندہ}}} = V_T \ln \frac{\beta_F}{\beta_R}$ لکھتے ہیں۔ عموماً β_F کی قیمت β_R سے کئی گناہ زیادہ ہوتی ہے اور یوں اس مساوات کو اس طرح بھی لکھا جا سکتا ہے۔

$$(3.128) \quad V_{CE} \approx V_T \ln \left(\frac{\frac{0.9\beta_F}{\beta_R}}{1 - 0.9} \right) = V_T \ln \frac{9\beta_F}{\beta_R} = V_T \left[2.2 + \ln \left(\frac{\beta_F}{\beta_R} \right) \right]$$

اگر $\beta_F = 180$ اور $\beta_R = 0.01$ ہوں تب $V_{CE_{\text{غير افزائندہ}}} = 0.2995 \text{ V}$ حاصل ہوتا ہے۔ اسی طرح اگر $\beta_F = 100$ اور $\beta_R = 0.15$ ہوں تب $V_{CE_{\text{غير افزائندہ}}} = 0.21756 \text{ V}$ حاصل ہوتا ہے۔ اس کتاب میں جہاں خاص طور بتایا جائے وہاں $V_{CE} = 0.2 \text{ V}$ لیا جائے گا۔

صفحہ 275 پر شکل 3.35 میں دئے خطوط سے یہ غلط تاثر ملتا ہے کہ $i_C = 0 \text{ A}$ پر $v_{CE} = 0 \text{ V}$ ہوتا ہے۔ شکل 3.55 سے صاف ظاہر ہے کہ ایسا ہرگز نہیں۔ $v_{CE} = V_T \ln \frac{1}{\alpha_R}$ پر $i_C = 0 \text{ A}$ کے برابر ہوتا ہے۔ اسی طرح 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۔

شکل 3.56: pnp ٹرانزسٹر کا ایکس-مال مادل3.11.2 pnp ٹرانزسٹر کا ایکس-مال مادل

شکل 3.56 میں ایکس-مال ریاضی نمونہ کا حصول دکھایا گیا ہے۔ شکل اف میں عمومی طرز پر مائل کردہ pnp ٹرانزسٹر کاریاضی نمونہ دکھایا گیا ہے جبکہ شکل ب میں غیر عمومی طرز پر مائل کردہ ٹرانزسٹر کاریاضی نمونہ دکھایا گیا ہے۔ ان دونوں کو متوازی جوڑ کر شکل پ میں pnp ٹرانزسٹر کا مکمل ایکس-مال ریاضی نمونہ دکھایا گیا ہے۔ چونکہ عمومی طرز پر مائل کردہ pnp ٹرانزسٹر میں ایکٹر-میں ($E - B$) 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۔

3.11.3 مال برداری ریاضی نمونہ

شکل 3.58 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 میں۔ ایمپٹر جوڑ سیدھا مائل جبکہ اس کا میں۔ کلکٹر جوڑ غیر چالو رکھا جاتا ہے۔ اس شکل میں تابع منفی رو i_F استعمال کیا گیا ہے۔ i_F وہ بر قی رو ہے جو ایمپٹر خطے اور کلکٹر خطے کے مابین میں خطے کے ذریعہ باروں کی مال برداری سے پیدا ہوتا ہے۔ اسے سیدھے رخ مال برداری سے پیدا بر قی رو کہہ سکتے ہیں۔

اس ریاضی نمونہ میں ایک عدد ڈائیوڈ استعمال کیا گیا ہے جو دراصل ٹرانزسٹر کے میں۔ ایمپٹر جوڑ کے ڈائیوڈ D_{BE} کو ظاہر کرتا ہے۔ مساوات 2.4 میں ڈائیوڈ کے لبریزی بر قی رو کو I_{SBE} لکھتے ہیں۔ موجودہ استعمال میں I_{SBE} کی قیمت مندرجہ ذیل ہے

$$(3.129) \quad I_{SBE} = \frac{I_S}{\beta_F}$$

شکل الف میں ڈائیوڈ D_{BE} کے قریب تو سین میں بند I_{SBE} کی قیمت $\frac{I_S}{\beta_F}$ کو یاد دہانی کے خاطر لکھا گیا ہے۔ اس طرح ڈائیوڈ D_{BE} کے مساوات کو یوں لکھا جاسکتا ہے۔

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

شکل الف کو دیکھتے ہم لکھ سکتے ہیں

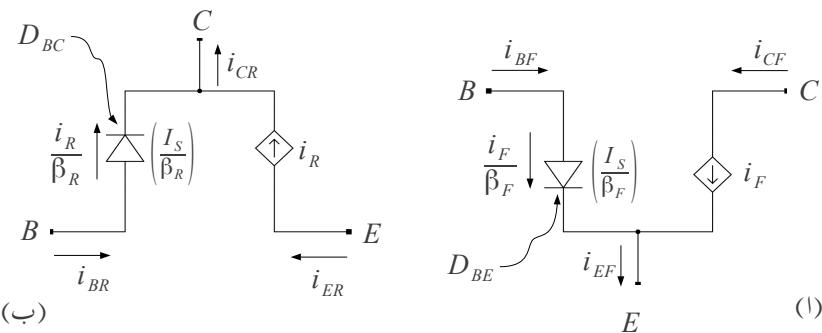
$$(3.131) \quad i_{CF} = i_F = I_S \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right)$$

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

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

شکل 3.58 ب میں ٹرانزسٹر کے میں۔ کلکٹر جوڑ کو سیدھا مائل جبکہ میں۔ ایمپٹر 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 میں۔ کلکٹر جوڑ کے ڈائیوڈ کو ظاہر کرتا ہے۔ اس ڈائیوڈ کے لبریزی بر قی رو I_{SBC} کی قیمت مندرجہ ذیل ہے۔

$$(3.134) \quad I_{SBC} = \frac{I_S}{\beta_R}$$



شکل 3.57: npn ٹرانزسٹر کے مال برداری ریاضی نمونہ کا حصول

شکل (ب) میں یاد دہانی کی خاطر ڈائیوڈ کے قریب اس قیمت کو قوسمیں میں بند لکھا گیا ہے۔ ڈائیوڈ کے علاوہ ایک عدد قابو منج برقی رو i_R استعمال کیا گیا ہے جو اینٹر اور کلکٹر خطوں کے مابین، میں خط 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۔

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

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

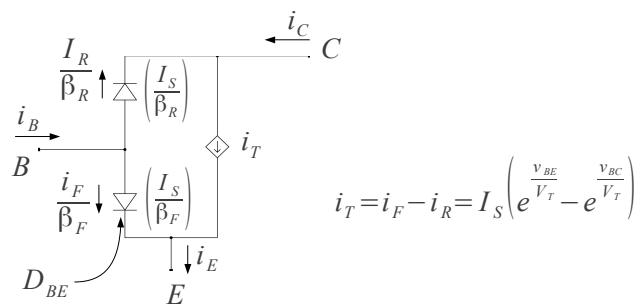
$$(3.136) \quad i_{ER} = i_R = I_S \left(e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right)$$

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

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

ان مساوات میں (R) کو بطور زیر نوشت استعمال کیا گیا ہے جو غیر عمومی طرز پر مائل کردہ ٹرانزسٹر کو ظاہر کرتا ہے۔ یہاں میں خطے میں غیر عمومی (یعنی الٹی) رخ باروں کے مال برداری سے حاصل برقی رو کو i_R کہا گیا ہے۔ یوں i_R کو الٹی رخ مال برداری سے پیدا برقی رو کہہ سکتے ہیں۔

3.57 شکل ب کو افراستنڈہ، غیر افراستنڈہ اور منقطع تینوں خطوں میں ظاہر کرنے کی خاطر شکل 3.58 شکل کو متوازی جوڑ کر شکل 3.58 حاصل کیا گیا ہے جو npn ٹرانزسٹر کا مال برداری ریاضی نمونہ ہے۔ دونوں



شکل 3.58 ٹرانزسٹر کا مال برداری مادل

اشکال کو متوازی جوڑتے وقت i_T اور i_R کے مجموع کو کہا گیا ہے یعنی

$$\begin{aligned}
 (3.139) \quad i_T &= i_F - i_R \\
 &= I_S \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right) - I_S \left(e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right) \\
 &= I_S \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} \right)
 \end{aligned}$$

یوں i_T کو کسی بھی طرز پر مائل کردہ ٹرانزسٹر میں باروں کے مال برداری سے حاصل بر قی رو تصور کیا جا سکتا ہے۔ شکل 3.58 میں دکھائے مال برداری ریاضی نمونہ کو دیکھتے ہوئے، مساوات 3.131 اور مساوات 3.136 کے استعمال سے کسی بھی طرز پر مائل ٹرانزسٹر کے مساوات حاصل کئے جاسکتے ہیں۔ آئیں ان مساوات کو حاصل کریں۔ ایسا کرتے وقت دھیان رہے کہ i_{EF} کا رُخ ٹرانزسٹر کے سرے پر باہر جانب کو ہے، i_{ER} کا رُخ اندر کی جانب کو ہے، i_{CF} کا رُخ اندر جانب کو جبکہ i_{CR} کا رُخ باہر جانب کو ہے۔ یوں

$$(3.140) \quad i_C = i_{CF} - i_{CR}$$

$$(3.141) \quad i_E = i_{EF} - i_{ER}$$

$$(3.142) \quad i_B = i_{BF} - i_{BR}$$

$$\begin{aligned}
 i_C &= I_S \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right) - \frac{I_S}{\alpha_R} \left(e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right) \\
 &= I_S \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right) - I_S \left(1 + \frac{1}{\beta_R} \right) \left(e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right) \\
 &= I_S \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right) - I_S - \frac{I_S}{\beta_R} \left(e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right) \\
 &\approx I_S \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right) - \frac{I_S}{\beta_R} \left(e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right)
 \end{aligned} \tag{3.143}$$

اس مساوات کے حصول میں دوسری قدم پر $\alpha = \frac{1}{\alpha} = 1 + \frac{1}{\beta}$ کا استعمال کیا گیا جس سے حاصل کر کے استعمال کیا گیا۔ مساوات کے حصول کے آخری قدم پر I_S کو نظر انداز کیا گیا۔

$$\begin{aligned}
 i_E &= \frac{I_S}{\alpha_F} \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right) - I_S \left(e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right) \\
 &= I_S \left(1 + \frac{1}{\beta_F} \right) \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right) - I_S \left(e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right) \\
 &\approx I_S \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} \right) + \frac{I_S}{\beta_F} \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right)
 \end{aligned} \tag{3.144}$$

مساوات 3.144 کے حصول میں دوسری قدم پر $\alpha = \frac{1}{\alpha} = 1 + \frac{1}{\beta}$ کا استعمال کیا گیا جس سے حاصل کر کے استعمال کیا گیا۔ مساوات کے حصول کے آخری قدم پر I_S کو نظر انداز کیا گیا ہے۔

$$i_B = \frac{I_S}{\beta_F} \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right) + \frac{I_S}{\beta_R} \left(e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right) \tag{3.145}$$

مساوات 3.143 اور مساوات 3.144 میں پہلی توسین میں خطے میں کل باروں کی مال برداری سے پیدا بر قی رو_T i_T کو ظاہر کرتا ہے جس کی قیمت شکل 3.57 کے الف اور ب سے یوں حاصل ہوتی ہے۔

$$i_T = i_F - i_R = I_S \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} \right) \tag{3.146}$$

یوں مساوات 3.143 اور مساوات 3.144 کو اس طرح لکھا جا سکتا ہے۔

$$i_C = i_T - \frac{I_S}{\beta_R} \left(e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right) \tag{3.147}$$

$$i_E = i_T + \frac{I_S}{\beta_F} \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right) \tag{3.148}$$

مثال 3.34: مال برداری ریاضی نمونہ سے $n-p-n$ ٹرانزسٹر کے i_B ، i_C اور i_E برقی رو حاصل کریں۔

حل: شکل 3.58 کو دیکھتے ہوئے دو ڈائوڈ کے برقی رو یوں لکھے جاسکتے ہیں۔

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

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

اور یوں کرچاف کے قانون برائے برقی رو سے i_B حاصل کیا جاسکتا ہے یعنی

$$(3.149) \quad i_B = i_{D_{BE}} + i_{D_{BC}}$$

$$(3.150) \quad = \frac{I_S}{\beta_F} \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right) + \frac{I_S}{\beta_R} \left(e^{\frac{v_{BC}}{V_T}} - 1 \right)$$

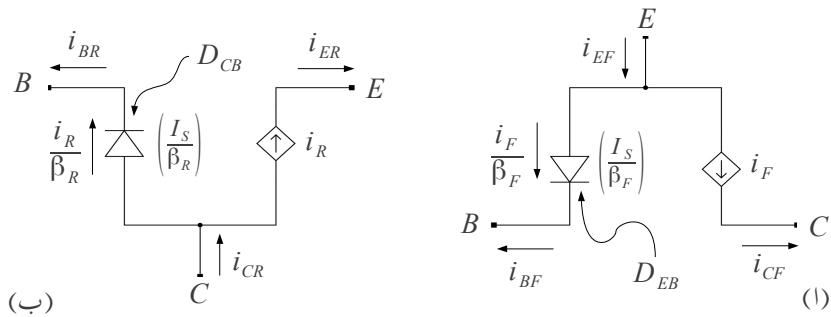
یہ بالکل مساوات 3.145 ہی حاصل ہوا ہے۔ اسی طرح لگٹھر اور ایکٹر سروں پر کرچاف کے قانون برائے برقی رو کی مدد سے ہم لکھ سکتے ہیں۔

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

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

یہ بالکل مساوات 3.143 اور مساوات 3.144 کے جواب ہی ہیں۔

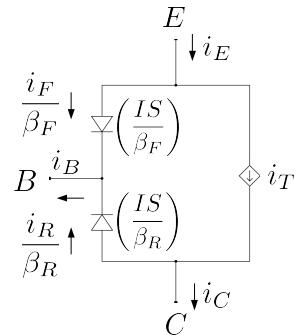
مشق 3.1: مشق: شکل 3.59 کی مدد سے $p-n-p$ ٹرانزسٹر کے مساوات لکھیں اور ٹرانزسٹر کا مال برداری ریاضی نمونہ حاصل کریں جسے شکل 3.60 میں دکھایا گیا ہے۔

شکل 3.59: pnp ٹرانزسٹر کے مال برداری ریاضی نمونہ کا حصول

ڈائیوڈ کے لیبریزی برق رو
مندرجہ ذیل ہیں

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

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

شکل 3.60: pnp ٹرانزسٹر کا مال برداری ریاضی نمونہ

عمومی طرز پر مائل ٹرانزسٹر میں ایمپر - بیس جوڑ کو سیدھا مائل $v_{EB} \geq 0V$ جبکہ لگلٹر - بیس 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 ہے۔ یوں سیدھے رُنخ اور اٹھے رُنخ پاروں کے مال برداری سے پیدا برتنی روکے مساوات مندرجہ ذیل ہوں گے۔

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

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

3.12 نفی کار

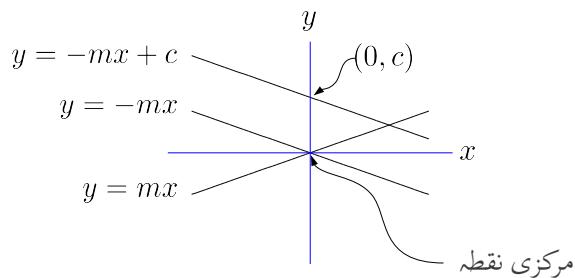
شکل 3.61 میں چند خطوط دکھائے گئے ہیں۔ آپ $y = mx$ کے خط سے بخوبی واقف ہیں۔ یہ خط کارپی محدود کے مرکزی نقطہ $(0,0)$ سے گزرتا ہے۔ اسی شکل میں $y = -mx$ کو بھی دکھایا گیا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ x محور میں $y = mx$ کا عکس لینے سے $y = -mx$ حاصل ہوتا ہے۔ اگر $y = mx$ کو $(0,0)$ سے $(0,c)$ منتقل کیا جائے 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 $y = f(x)$ کا y محور میں عکس $x = -f(y)$ ہو گا اور خط کو ثابت x جانب c اکائی منتقل کرنے سے $x = f(y) + c$ حاصل ہوتا ہے۔ ان حقائق کو یوں بیان کیا جا سکتا ہے۔

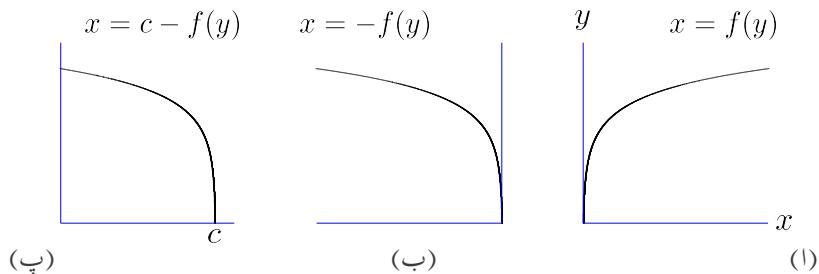
• y محور میں $x = f(y)$ کا عکس لینے سے $x = -f(y)$ حاصل ہوتا ہے۔

• x کو y محور پر ثابت $x = f(y) + c$ کا عکس لینے سے $x = f(y)$ حاصل ہوتا ہے۔

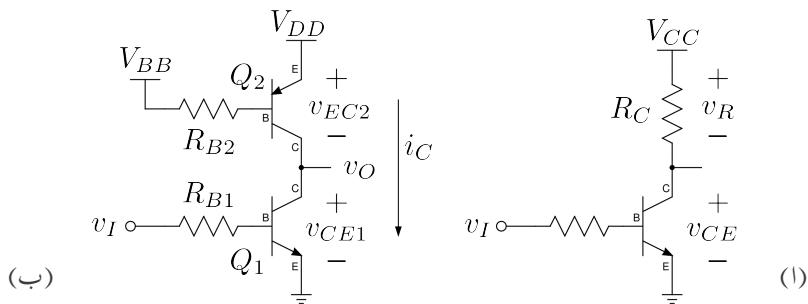
شکل 3.62 الف میں $x = f(y)$ بیکہ شکل ب میں اسی کا عمودی محور میں عکس $x = -f(y)$ دکھایا گیا ہے۔ شکل پ میں عکس کو دائیں جانب c اکائی منتقل کرتے ہوئے $x = c - f(y)$ حاصل کیا گیا ہے۔



شکل 3.61: افقی محور میں عکس اور عمودی سمت میں منتقلی



شکل 3.62: عمودی محور میں عکس اور افقی سمت میں منتقلی



شکل 3.63: نفی کار

ان معلومات کو مد نظر رکھتے ہوئے آگے بڑھتے ہیں۔ شکل 3.63 الف میں ٹرانزسٹر کا سادہ دور دکھایا گیا ہے۔ اس دور پر ہم تفصیلیًّا بحث کر چکے ہیں۔ آئیں اس کے خط بوچھ کھپنیں۔ 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

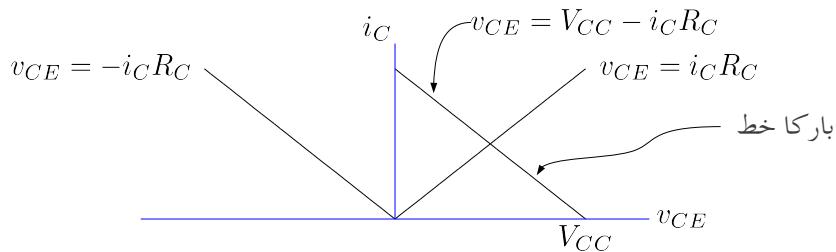
$$v_{CE} = V_{CC} - i_C R_C$$

v_{CE} کو اپنی محور اور i_C کو عمودی محور پر رکھتے ہوئے شکل 3.61 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 اکیاں اپنی محور پر دائیں منتقل کرتے ہوئے خط بوچھ کھپنیں۔ شکل 3.64 میں قدم با قدم ایسا کرنا دکھایا گیا ہے۔

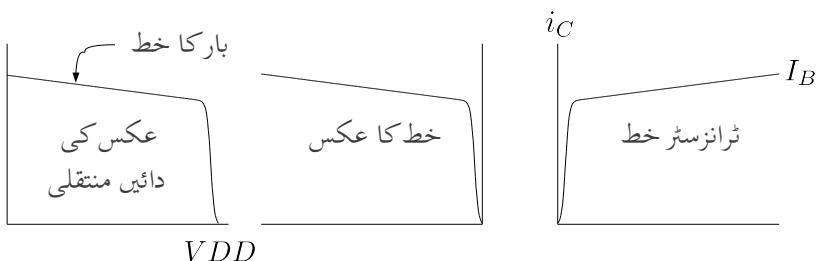
آئیں اب اصل موضوع پر غور کریں۔ شکل 3.63 ب میں نفی کار³⁷ دکھایا گیا ہے جو عددی ادوار³⁸ کا اہم ترین دور ہے۔ عددی ادوار میں ثابت منج کو عموماً V_{DD} لکھا جاتا ہے۔ اسی لئے شکل میں V_{EE} یا V_{CC} کی جگہ V_{DD} لکھا گیا ہے۔ یہاں Q_2 بطور بر قی بوجھ کردار ادا کرتا ہے۔ شکل کو دیکھتے ہوئے

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

NOT gate³⁷
digital circuits³⁸



شکل 3.64: خط بوجہ کا حصول۔



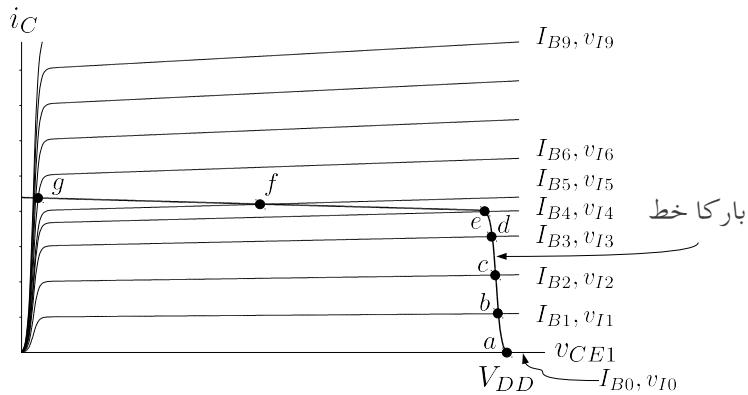
شکل 3.65: ٹرانزسٹر کے خط کی عمودی محور میں عکس اور افقی سمت میں منتقلی۔

لکھا جاسکتا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ یہی خط بوجہ کی مساوات ہے۔ عمودی محور میں ($i_C = f(v_{EC})$) کے خط کے عکس کو افقی محور پر دائیں جانب V_{DD} منتقل کرنے سے مندرجہ بالا مساوات کھینچا جاسکتا ہے۔ اس عمل کو شکل 3.65 میں قدم باقدم دکھایا گیا ہے۔

ٹرانزسٹر Q_2 کے ایکٹر اور بیس پر یک سمتی برقی دباد مہیا کئے گئے ہیں لہذا اس کے بیس پر برقی رو I_B یک سمتی ہو گی جسے شکل سے یوں حاصل کیا جاسکتا ہے۔

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

ٹرانزسٹر کے $i_C = f(v_{EC})$ خطوط سے مراد pnp ٹرانزسٹر کے v_{EC} بالقابل خطوط ہیں جنہیں صفحہ 277 پر شکل 3.36 میں دکھایا گیا ہے۔ چونکہ موجودہ صورت میں Q_2 کے بیس پر برقی رو تبدیل نہیں ہو رہی لہذا ان خطوط میں سے صرف اس خط کو چنانچہ گا جو حاصل کردہ I_B پر پایا جائے۔



شکل 3.66: ٹرانزسٹر خطوط پر خط بوجہ کھینچا گیا ہے۔

شکل 3.66 میں Q_1 کے خطوط پر خط بوجہ کو کھینچا گیا ہے۔ اگر اس دور کو بطور ایمپلیفیئر استعمال کرنا مقصود ہو تو نقطہ کارکردگی کو f کے قریب رکھ کر زیادہ سے زیادہ حیطے کا خارجی اشارہ حاصل کرنا ممکن بنایا جاسکتا ہے۔ نقطہ کارکردگی کو f پر رکھنے کی خاطر Q_1 کے بیس پر I_{B5} برقی رو درکار ہو گی۔ شکل 3.63 کو دیکھتے ہوئے Q_2 کے بیس پر برقی رو کی مساوات یوں لکھی جاسکتی ہے

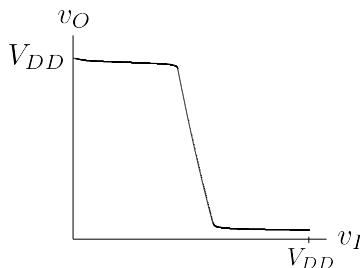
$$i_B = \frac{v_I - v_{BE}}{R_{B1}}$$

جہاں $v_{BE} = 0.7\text{V}$ لیا جاتا ہے۔ I_{B5} برقی رو حاصل کرنے کی خاطر v_I کی درکار قیمت v_{I5} اس مساوات سے حاصل کی جاسکتی ہے۔ شکل 3.66 میں Q_1 کے خطوط پر I_{B1} , I_{B2} , I_{B3} وغیرہ لکھتے ہوئے v_{I1} , v_{I2} وغیرہ بھی لکھے گئے ہیں۔

عدوی ادوار میں عموماً $V_{DD} = 5\text{V}$ ہوتا ہے جبکہ v_I کی دو ہی ممکنہ قیمتیں ہیں۔ یہ یا تو 0V اور یا پھر 5V ہوتا ہے۔ آئین I کی قیمت 0V تا 5V تبدیل کرتے ہوئے شکل 3.66 کی مدد سے v_O حاصل کریں۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ v_O دراصل v_{CE1} کے ہی برابر ہے۔

$I_{B0} = 0\text{A}$ پر $v_{I0} = 0\text{V}$ ہو گا اور Q_1 کا نقطہ a جہاں سے $v_O = V_{DD} = 5\text{V}$ یعنی 5V حاصل ہوتا ہے۔ اسی طرح مختلف نقاط پر v_O بال مقابل v_I حاصل کرتے ہوئے شکل 3.67 میں دکھایا گیا v_I بال مقابل v_O کا خط کھینچا جاتا ہے۔

صفحہ 501 پر حصہ 4.12 میں بہتر نفی کار پر غور کیا جائے گا۔



شکل 3.67: نفی کار کا خارجی اشارہ بال مقابل داخلی اشارہ خط

3.13 باریک اشاراتی تجزیہ

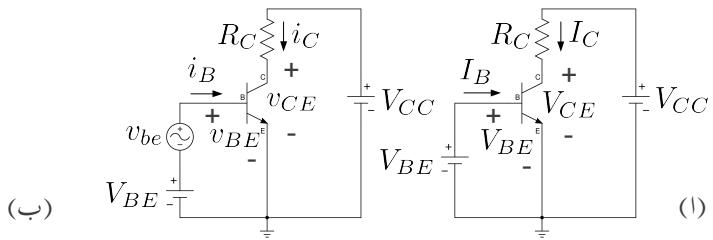
اس حصے میں کم تعداد پر ٹرانزسٹر کے باریک اشاراتی کارکردگی پر غور کیا جائے گا جس کی مدد سے اگلے حصے میں ٹرانزسٹر کا پست تعدادی باریک اشاراتی ریاضی نمونہ حاصل کیا جائے گا۔ اسی ریاضی نمونے میں ٹرانزسٹر کے اندر ورنی کپیسٹروں کی شمولیت سے بلند تعدادی باریک اشاراتی ریاضی نمونہ حاصل ہوتا ہے جسے حصہ 6.11.1 میں حاصل کیا گیا ہے۔

3.13.1 ترسیمی تجزیہ

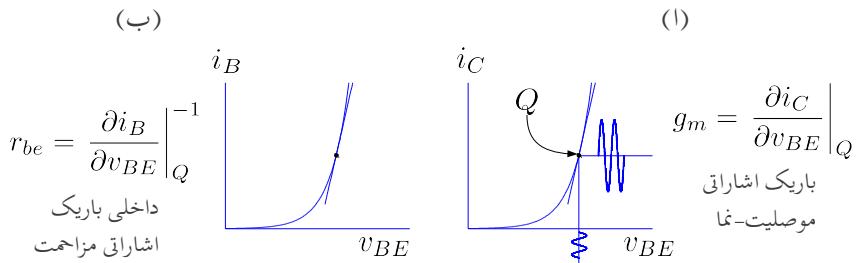
شکل 3.68 میں ٹرانزسٹر کا دور دکھایا گیا ہے جس کے داخلی جانب مائل کرنے والا بر قی دباؤ ٹرانزسٹر کو V_{BE} پر مائل کرتا ہے۔ شکل 3.69 میں یوں حاصل نقطہ کارکردگی Q دکھایا گیا ہے۔ شکل 3.68 میں داخلی بر قی دباؤ V_{BE} کے ساتھ سلسلہ دار بدلتا باریک اشارہ v_{be} جوڑا گیا ہے۔ کسی بھی شکل کا ہو سکتا ہے۔ یہاں اسے سائن نما تصور کیا گیا ہے۔ یوں ٹرانزسٹر نقطہ مائل کے قریب قریب رہتے ہوئے خط $i_C - v_{BE}$ پر چال قدمی کرتا ہے۔ شکل 3.69 میں اس عمل سے پیدا باریک اشاراتی بر قی دباؤ v_{be} اور باریک اشاراتی بر قی رو i_c دکھائے گئے ہیں۔ یہاں طلبہ سے گزارش کی جاتی ہے کہ وہ صفحہ 133 پر دئے جانے والے حصہ 2.11 کو ایک مرتبہ دوبارہ دیکھیں۔

شکل 3.69 اف سے صاف واضح ہے کہ

$$(3.155) \quad i_c = g_m v_{be}$$



شكل 3.68: نقطہ مائل پر ٹرانزسٹر کی کارکردگی



شكل 3.69: باريک اشاراتي افرايش موصل-نما اور باريک اشاراتي داخلي مزاحمت

ہے جہاں

$$(3.156) \quad g_m = \left. \frac{\partial i_C}{\partial v_{BE}} \right|_Q$$

ہے۔ مندرجہ بالا دو مساوات حصہ 2.11 میں بطور مساوات 2.20 اور مساوات 2.21 پیش کئے گئے۔ مساوات 3.155 میں $i_c(t)$ اور $v_{be}(t)$ کی جگہ i_c اور v_{be} لکھا گیا ہے۔ مساوات میں باریک اشاراتی تجزیہ میں بند t نہ لکھنے سے مساوات کچھ صاف دکھائی دیتے ہیں۔ مساوات 3.155 کے تحت ٹرانزسٹر کا خارجی باریک اشاراتی برقی رو i_c اس کے داخلی باریک اشاراتی برقی دباؤ v_{be} کے g_m گناہ ہے۔ اسی لئے g_m کو ٹرانزسٹر کا باریک اشاراتی افزائش موصليت۔ نما³⁹ کہتے ہیں جسے عموماً چھوٹا کر کے افزائش موصليت۔ نما یا صرف موصليت۔ نما⁴⁰ پکارا جاتا ہے۔

برقی رو تقسيم برقی دباؤ کو موصليت 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 موصليت نہیں ہے بلکہ اس کی مساوات موصليت کی مساوات سے مشابہت رکھتا ہے۔ یوں اسے g_m لکھا اور موصليت۔ نما⁴¹ پکارا جاتا ہے۔ g_m کی اکائی موصليت کی اکائی $\frac{A}{V}$ یا سیمیتر⁴² ہی ہے۔

3.13.2 باریک اشاراتی داخلی مزاحمت r_e اور r_{be}

ٹرانزسٹر کے داخلی جانب برقی دباؤ v_{BE} مہیا کرنے سے اس کے بیس سرے پر برقی رو i_B اور ایمپٹ سرے پر برقی رو i_E پیدا ہوتا ہے۔ شکل 3.69 ب میں ٹرانزسٹر کا $i_B - v_{BE}$ خط دکھایا گیا ہے۔ نقطہ کارکردگی پر خط سے ٹرانزسٹر کا باریک اشاراتی داخلی مزاحمت r_{be} یوں حاصل کیا جاتا ہے۔

$$(3.157) \quad r_{be} = \left. \frac{\partial v_{BE}}{\partial i_B} \right|_Q$$

یعنی اگر نقطہ کارکردگی پر اس خط کی ڈھلوان m ہو تو

$$r_{be} = \frac{1}{m}$$

small signal transconductance gain³⁹

transconductance gain⁴⁰

transconductance⁴¹

Siemens⁴²

ہو گا۔ اس کو یوں لکھا جاسکتا ہے۔

$$(3.158) \quad r_{be} = \left. \frac{\partial i_B}{\partial v_{BE}} \right|_Q^{-1}$$

r_{be} کو عمومی طور پر کتابوں میں r_π لکھا جاتا ہے۔

ٹرانزسٹر کا باریک اشارتی مزاحمت حاصل کرتے وقت i_B کے بجائے اگر i_E لیا جائے تو ٹرانزسٹر کا باریک اشارتی مزاحمت r_e حاصل ہو گا یعنی

$$(3.159) \quad r_e = \left. \frac{\partial v_{BE}}{\partial i_E} \right|_Q$$

اگر نقطہ کارکردگی پر $i_E v_{BE}$ خط کی ڈھلوان m_1 ہو تو

$$(3.160) \quad r_e = \frac{1}{m_1}$$

ہو گا۔ اس کو یوں لکھا جاسکتا ہے

$$(3.161) \quad r_e = \left. \frac{\partial i_E}{\partial v_{BE}} \right|_Q^{-1}$$

3.13.3 تحلیلی تجربہ

اس حصے میں ارلی برقی دباؤ V_A کو نظر انداز کیا جائے گا تبیجاً v_{CE} کا i_C پر کوئی اثر نہیں ہو گا۔ اس اثر کو بعد میں شامل کیا جائے گا۔ شکل 3.68 الف کے لئے مساوات 3.55 اور کرچاف کا قانون استعمال کرتے ہوئے ہم لکھ سکتے ہیں

$$(3.162) \quad I_C = I_S e^{\frac{V_{BE}}{V_T}}$$

$$(3.163) \quad V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C$$

جبکہ شکل ب میں

$$(3.164) \quad v_{BE} = V_{BE} + v_{be}$$

اور

(3.165)
$$i_C = I_C + i_c$$

لکھا جا سکتا ہے۔ یوں حاصل ہوتا ہے۔

$$\begin{aligned} i_C &= I_S e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} \\ (3.166) \quad &= I_S e^{\frac{V_{BE} + v_{be}}{V_T}} \\ &= I_S e^{\frac{V_{BE}}{V_T}} e^{\frac{v_{be}}{V_T}} \end{aligned}$$

مساوات 3.162 کی مدد سے اسے یوں لکھ سکتے ہیں۔

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

اگر $v_{be} \ll V_T$ ہو تو سلسلہ مکاروں کی مدد سے اس مساوات کو یوں لکھ سکتے ہیں۔

(3.168)
$$i_C = I_C \left[1 + \frac{1}{1!} \left(\frac{v_{be}}{V_T} \right) + \frac{1}{2!} \left(\frac{v_{be}}{V_T} \right)^2 + \dots \right]$$

اگر مساوات 3.168 کے تیرے جزو کی قیمت اس کے دوسرے جزو کی قیمت سے بہت کم ہو یعنی

$$\begin{aligned} (3.169) \quad \frac{1}{2!} \left(\frac{v_{be}}{V_T} \right)^2 &\ll \frac{1}{1!} \left(\frac{v_{be}}{V_T} \right) \\ v_{be} &\ll 2 \times V_T \end{aligned}$$

تب اس مساوات کو یوں لکھا جا سکتا ہے۔

(3.170)
$$i_C \approx I_C \left(1 + \frac{v_{be}}{V_T} \right)$$

مساوات 3.169 باریک اشارہ کی تخلیلی تحریف ہے۔ جو نکہ

$$2 \times V_T = 2 \times 0.025 = 0.05 \text{ V}$$

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 3.170 کو ٹرانزسٹر کا باریک اشاراتی مساوات کہتے ہیں۔

مثلاً 3.35: مساوات 3.168 اور مساوات 3.170 میں $I_C = 1 \text{ mA}$ لیتے ہوئے کے باریک اشارہ کے لئے i_C کی قیمت حاصل کریں اور دونوں جوابات کا موازنہ کریں۔

حل: مساوات 3.168 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 3.170 سے

$$i_C = 10^{-3} \left(1 + \frac{0.01}{0.025} \right) = 1.4 \text{ mA}$$

حاصل ہوتا ہے۔ یوں باریک اشارتی مساوات کے استعمال سے جواب میں

$$\frac{1.48 - 1.4}{1.4} \times 100 = 5.4\%$$

کافر ق آتا ہے جو کہ قابل قبول ہے۔ یاد رہے کہ 10 mV سے کم اشارات کے لئے یہ فرق مزید کم ہو گا۔

مساوات 3.170 کو یوں لکھا جا سکتا ہے۔

$$(3.171) \quad i_C = I_C + \frac{I_C}{V_T} v_{be}$$

مساوات 3.165 کے ساتھ موازنہ کرنے سے ہم دیکھتے ہیں کہ گلگھر برقی رو i_C کے دو جزو ہیں۔ اس کا پہلا جزو وہی یک سنتی برقی رو I_C ہے جسے شکل 3.68 ب میں حاصل کیا گیا جبکہ اس کا دوسرا جزو $\left(\frac{I_C}{V_T} v_{be} \right)$ باریک اشارہ پر منحصر ہلتا جزو ہے یعنی

$$(3.172) \quad i_c = \frac{I_C}{V_T} v_{be}$$

اس مساوات کو یوں بھی لکھا جا سکتا ہے

$$(3.173) \quad i_c = g_m v_{be}$$

جہاں

$$(3.174) \quad g_m = \frac{I_C}{V_T}$$

لیا گیا ہے۔ مساوات 3.173 سے ہم دیکھتے ہیں کہ بدلتی گلکٹر برقی رو i_c کی قیمت داخلی اشارہ v_{be} کے g_m گناہ ہے۔ جیسے کہ پہلے ذکر ہوا g_m کو ٹرانزسٹر کی افزائش موصلیت۔ نما یا صرف موصلیت۔ نما⁴³ کہا جاتا ہے اور اس کی پیمائش سیمیٹر⁴⁴ S میں کی جاتی ہے۔ مندرجہ بالا دو مساوات درحقیقت مساوات 3.155 اور مساوات 3.156 ہیں۔ مساوات 3.174 سے ہم دیکھتے ہیں کہ افزائش موصلیت۔ نما کی قیمت ٹرانزسٹر کے یک سمیت برقی رو I_C کے برابر است متناسب ہے۔ یوں I_C کی قیمت دگنی کرنے سے g_m کی قیمت بھی دگنی ہو جائے گی۔

مثال 3.36: افزائش موصلیت۔ نما کی قیمت 0.1 mA، 1 mA اور 10 mA کے یک سمیت برقی رو پر حاصل کریں۔

حل: مساوات 3.174 کی مدد سے $I_C = 0.1 \text{ mA}$ پر

$$g_m = \frac{I_C}{V_T} = \frac{0.1 \times 10^{-3}}{25 \times 10^{-3}} = 4 \text{ mS}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اسی طرح $I_C = 1 \text{ mA}$ پر

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

اور $I_C = 10 \text{ mA}$ پر

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

transconductance⁴³
siemens⁴⁴

حاصل ہوتا ہے۔

مساوات 3.173 کو یوں لکھا جا سکتا ہے

$$(3.175) \quad g_m = \frac{i_c}{v_{be}}$$

جہاں i_c اور v_{be} باریک اشارات ہیں۔ مساوات 3.164 میں باریک اشارہ v_{be} کو Δv_{be} لکھتے ہوئے یوں لکھا جا سکتا ہے۔

$$(3.176) \quad v_{BE} = V_{BE} + \Delta v_{BE}$$

ایسا لکھنے سے مساوات 3.171 کی جگہ مندرجہ ذیل حاصل ہوتا ہے۔

$$(3.177) \quad i_C = I_C + \frac{I_C}{V_T} \Delta v_{BE}$$

یوں

$$(3.178) \quad i_C = I_C + \Delta i_C$$

لکھتے ہوئے مساوات 3.172 کی نئی شکل یوں ہو گی۔

$$(3.179) \quad \Delta i_C = \frac{I_C}{V_T} \Delta v_{BE}$$

جس سے

$$(3.180) \quad \Delta i_C = g_m \Delta v_{BE}$$

حاصل ہوتا ہے جسے یوں لکھا جا سکتا ہے۔

$$(3.181) \quad g_m = \frac{\Delta i_C}{\Delta v_{BE}}$$

چیساکہ شکل 3.69 میں دکھایا گیا ہے، مندرجہ بالا مساوات کے مطابق $i_C - v_{BE}$ ٹرانزسٹر کے خاطکے مماس کی ڈھلوان ہے۔ اس مساوات کو مزید بہتر یوں لکھا جا سکتا ہے

$$(3.182) \quad g_m = \left. \frac{\partial i_C}{\partial v_{BE}} \right|_Q$$

مساوات 3.182 افراش موصیت-نما g_m کی ترسیل تعریف ہے۔

جیسا کہ شکل 3.69 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 3.182 میں دائیں ہاتھ تفرقی لیتے وقت نقطے (یعنی Q) کو بھی مد نظر رکھا گیا ہے۔

مساوات 3.182 استعمال کرتے ہوئے مساوات 3.174 کو نہیت آسانی سے یوں حاصل کیا جاسکتا ہے۔

پہلے کلکٹر برقی روکی مساوات کا تفرق لیتے ہیں۔

$$(3.183) \quad i_C = I_S e^{\frac{v_{BE}}{V_T}}$$

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

مساوات 3.182 کے تحت نقطہ کارکردگی پر اس تفرق کی قیمت یہ g_m ہے۔ نقطہ 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۔

$$g_m = \left. \frac{i_C}{V_T} \right|_{v_{BE}=V_{BE}}$$

$$= \frac{I_S}{V_T} e^{\frac{V_{BE}}{V_T}}$$

مساوات 3.162 کا سہارا لیتے ہوئے اس کو یوں لکھا جاسکتا ہے۔

$$(3.184) \quad g_m = \frac{I_C}{V_T}$$

شکل 3.69 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 جاسکتا ہے یعنی

$$(3.185) \quad r_{be} = \left. \frac{\partial i_B}{\partial v_{BE}} \right|_Q^{-1}$$

چونکہ $i_C = \beta i_B$ لہذا

$$(3.186) \quad i_B = \frac{i_C}{\beta} = \frac{I_S}{\beta} e^{\frac{v_{BE}}{V_T}}$$

لکھا جائے گا۔ ان دو مساوات کی مدد سے r_{be} کی قیمت حاصل کرتے ہیں۔ مساوات 3.186 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 $v_{be} = V_{BE}$ استعمال کرنا ہو گا۔ یوں

$$\left. \frac{\partial i_B}{\partial v_{BE}} \right|_{v_{BE}=V_{BE}} = \frac{I_S}{\beta V_T} e^{\frac{V_{BE}}{V_T}}$$

حاصل ہوتا ہے۔ مساوات 3.162 کا سہارا لیتے ہوئے اسے یوں لکھا جاسکتا ہے۔

$$\left. \frac{\partial i_B}{\partial v_{BE}} \right|_{v_{BE}=V_{BE}} = \frac{I_C}{\beta V_T}$$

اور چونکہ

$$r_{be} = \left. \frac{\partial i_B}{\partial v_{BE}} \right|_{v_{BE}=V_{BE}}^{-1}$$

ہوتا ہے لہذا

$$(3.187) \quad r_{be} = \frac{\beta V_T}{I_C}$$

حاصل ہوتا ہے۔ مزید یہ کہ مساوات 3.184 کی مدد سے اسے یوں بھی لکھ سکتے ہیں۔

$$(3.188) \quad r_{be} = \frac{\beta}{g_m}$$

$$\beta = r_{be} g_m$$

یا گزشتہ دو مساوات ٹرانزسٹر کے باریک اشاراتی داخلی مزاحمت r_{be} کے حصول کے لئے استعمال کئے جاتے ہیں۔ مساوات 3.188 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 مزاحمت r_e حاصل کیا جاسکتا ہے جہاں

$$(3.189) \quad r_e = \left. \frac{\partial i_E}{\partial v_{BE}} \right|_Q^{-1}$$

ہے۔ آئیں ایسا ہی کریں۔

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

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

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

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

یوں

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

حاصل ہوتا ہے جسے یوں بھی لکھا جاسکتا ہے۔

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

مساوات 3.191 میں $\alpha = \frac{\beta}{\beta+1}$ لیتے ہوئے اس کا مساوات 3.187 کے ساتھ موازنہ کرنے سے حاصل ہوتا ہے۔

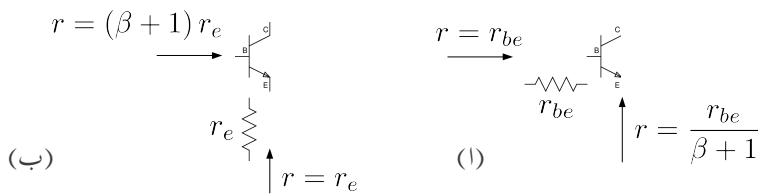
$$(3.193) \quad r_e = \frac{r_{be}}{\beta + 1}$$

اس کو یوں بھی لکھا جاسکتا ہے۔

$$(3.194) \quad r_{be} = (\beta + 1) r_e$$

r_{be} اور r_e دراصل ایک ہی مزاحمت کے دو شکلیں ہیں۔ آئیں اس حقیقت پر غور کریں۔ آپ نے حصہ میں دیکھا کہ ٹرانزسٹر کے ایمپٹ پر جٹے مزاحمت R_E کا عکس میں جانب $R_E (\beta + 1)$ نظر آتا ہے۔ اسی طرح اس کے میں جانب مزاحمت R_B کا عکس ایمپٹ 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 ایمپٹ جانب سے دیکھتے ہوئے نظر آتا ہے۔ اگر r_{be} کو ٹرانزسٹر کا باریک اشاراتی مزاحمت قصور کیا جائے تو ٹرانزسٹر کے میں جانب r_{be} نظر آئے گا جبکہ اس کے ایمپٹ جانب سے دیکھتے ہوئے ہمیں $\frac{r_{be}}{(\beta+1)}$ نظر آئے گا۔ مساوات 3.193 میں کچھ کہتا ہے۔ اسی طرح اگر r_e کو ٹرانزسٹر کا باریک اشاراتی مزاحمت قصور کیا جائے تو ٹرانزسٹر



شکل 3.70: باریک اشاراتی داخلی مزاحمت اور ان کے عکس

کے ایمٹر جانب سے r_e نظر آئے گا جبکہ اس کے بیس جانب سے دیکھتے ہوئے ہمیں $(\beta + 1) r_e$ نظر آئے گا۔ مساوات 3.194 کی کہتا ہے۔ شکل 3.70 ان حقائق کے تصوراتی اشکال پیش کرتا ہے۔

مثال 3.37: pnp ٹرانزسٹر کے مساوات حاصل کریں۔

حل: مساوات 3.55 کو استعمال کرتے ہوئے

$$g_m = \left. \frac{\partial i_C}{\partial v_{EB}} \right|_Q$$

$$= \frac{I_S e^{\frac{V_{EB}}{V_T}}}{V_T}$$

یعنی

$$(3.195) \quad g_m = \frac{I_C}{V_T}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اسی طرح $i_B = \frac{i_C}{\beta}$ لکھتے ہوئے

$$(3.196) \quad r_{be} = \left. \frac{\partial v_{EB}}{\partial i_B} \right|_Q = \left. \frac{\partial i_B}{\partial v_{EB}} \right|_Q^{-1} = \frac{\beta V_T}{I_C} = \frac{\beta}{g_m}$$

اور $i_E = \frac{i_C}{\alpha}$ لکھتے ہوئے

$$(3.197) \quad r_e = \frac{\alpha V_T}{I_C} = \frac{r_{be}}{\beta + 1} = \frac{\alpha}{g_m} = \approx \frac{1}{g_m}$$

حاصل ہوتے ہیں۔ خارجی مزاحمت r_o ایورز مال برق دباؤ سے یوں حاصل ہوتا ہے۔

$$(3.198) \quad r_o = \frac{\Delta v_{EC}}{\Delta i_C} \Bigg|_Q = \frac{V_A + V_{EC}}{I_C} \approx \frac{V_A}{I_C}$$

3.14 پست تعددی ٹرانزسٹر ریاضی نمونہ برائے باریک اشارات

گزشتہ حصے میں ہم نے دیکھا کہ ٹرانزسٹر کے نقطہ کارکردگی پر اس کی افراش موصل-نما g_m اور داخلی مزاحمت r_{be} حاصل کی جاسکتی ہے۔ ان دونوں مساواتوں کو یہاں دوبارہ پیش کرتے ہیں۔

$$(3.199) \quad g_m = \frac{\Delta i_C}{\Delta v_{BE}} = \frac{i_c}{v_{be}}$$

$$(3.200) \quad r_{be} = \frac{\Delta v_{BE}}{\Delta i_B} = \frac{v_{be}}{i_b}$$

جنہیں یوں بھی لکھا جا سکتا ہے۔

$$(3.201) \quad i_c = g_m v_{be}$$

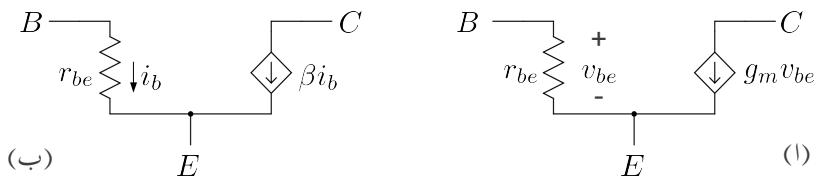
$$(3.202) \quad i_b = \frac{v_{be}}{r_{be}}$$

ان مساوات کے مطابق مائل کردہ ٹرانزسٹر پر داخلی جانب باریک اشارہ v_{be} لاگو کرنے سے اس کے داخلی جانب بیس 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 3.201 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 3.71 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 3.71: پست تعددی باریک اشاراتی پائے ریاضی نمونہ

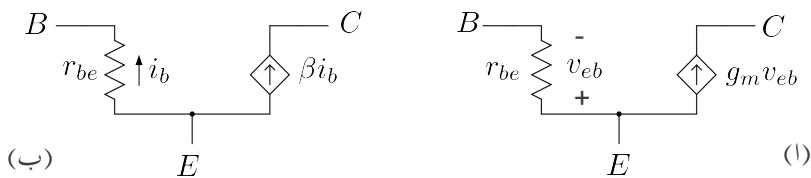
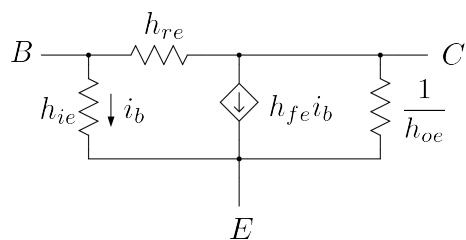
مساوات حاصل ہوتے ہیں جو کہ مساوات 3.201 اور مساوات 3.202 ہی ہیں۔ یوں یہ دور ٹرانزسٹر کی باریک اشاراتی کارکردگی ہی بیان کرتا ہے، المذا یہ دور ٹرانزسٹر کا باریک اشاراتی ریاضی نمونہ ہی ہے۔ اس کا عمومی نام ٹرانزسٹر کا پست تعددی باریک اشاراتی پائے (π) ریاضی فونہ⁴⁵ ہے جسے چھوٹا کر کے صرف π ریاضی نمونہ یا پائے ریاضی فونہ پکارا جاتا ہے۔

شکل 3.71 ب میں π ریاضی نمونہ کا قدر مختلف دور دکھایا گیا ہے۔ مساوات 3.188 اور مساوات 3.202 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 3.71 الف اور شکل 3.71 ب اس کتاب میں بار بار استعمال کئے جائیں گے۔

شکل 3.72 میں pnp ٹرانزسٹر کے پائے ریاضی نمونے دکھائے گئے ہیں جہاں برقی روکی سمتیں شکل 3.71 کے الٹ ہیں۔ اسی طرح یہاں v_{be} کی جگہ v_{eb} استعمال کیا گیا ہے۔ اگر pnp کے ان ریاضی نمونوں میں v_{eb} کی جگہ v_{be} لکھا جائے تو تالع منع روکی سمت الٹ ہو جائے گی اور یوں شکل 3.71 ہی حاصل ہو گا۔ اس طرح ہم دیکھتے ہیں کہ pnp کے لئے بھی شکل 3.71 کے ریاضی نمونے استعمال کئے جاسکتے ہیں۔ اس کتاب میں ایسا ہی کیا جائے گا۔ شکل 3.73 میں پائے ریاضی نمونے کی ایک اور نہایت مقبول شکل دکھائی گئی ہیں جہاں تمام اجزاء کے نام h

شکل 3.72: 3.72 کا باریک اشاراتی pnp ریاضی نمونہ

شکل 3.73: 3.73 پائے ریاضی نمونے کی ایک اور مقبول شکل

سے شروع ہوتے ہیں۔ ان اجزاء کو h اجزاء ہی پکارا جاتا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ دراصل

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

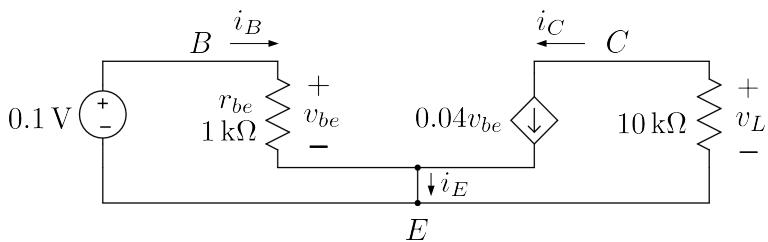
$$h_{fe} = \beta$$

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

$$h_{re} = \infty$$

ہیں۔ صنعت کار عموماً ٹرانزسٹر کے h اجزاء فراہم کرتے ہیں۔ h -ریاضی نمونے پر مزید کوئی بات نہیں کی جائے گی۔

مثال 3.38: شکل 3.71 میں B اور 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 $g_m = 0.4\text{S}$ اور $r_{be} = 1\text{k}\Omega$ ہوں تو نسب کچے گے مزاحمت پر برقی دباؤ کیا ہو گا۔ شکل 3.71 کی جگہ استعمال کرتے ہوئے دوبارہ حل کریں۔



شکل 3.74:

حل: شکل 3.74 میں دور دکھایا گیا ہے جس کو دیکھ کر

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

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

لکھا جاسکتا ہے۔ یوں

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

حاصل ہوتا ہے جسے استعمال کرتے ہوئے

$$v_L = -i_C \times 10000 = -0.004 \times 10000 = -4 \text{ V}$$

حاصل ہوتا ہے۔ E جوڑ پر کرچاف کے قانون برائے برتنی روکی مدد سے

$$i_E = i_B + i_C = 4.1 \text{ mA}$$

حاصل ہوتا ہے۔

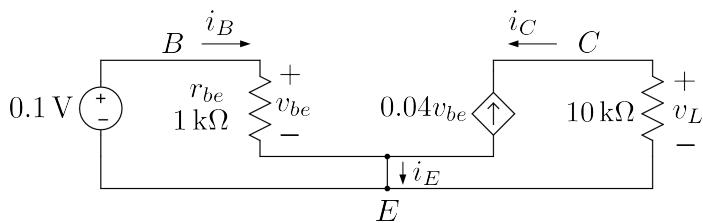
آئیں شکل 3.75 کو استعمال کرتے ہوئے دوبارہ حل کریں۔ اس شکل میں شکل 3.72 کا ریاضی نمونہ استعمال کیا گیا ہے۔ یہاں

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

$$v_{eb} = -0.1 \text{ V}$$

ہیں۔ چونکہ یہاں $i_C = -g_m v_{eb}$ اور $i_C = g_m v_{eb}$ کے سمتیں آپس میں الٹ ہیں لہذا لکھا جائے گا۔ یوں

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



شکل 3.75

حاصل ہوتا ہے جسے استعمال کرتے ہوئے

$$v_L = -i_C \times 10000 = -0.004 \times 10000 = -4 \text{ V}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اسی طرح

$$i_E = i_B + i_C = 4.1 \text{ mA}$$

حاصل ہوتا ہے۔

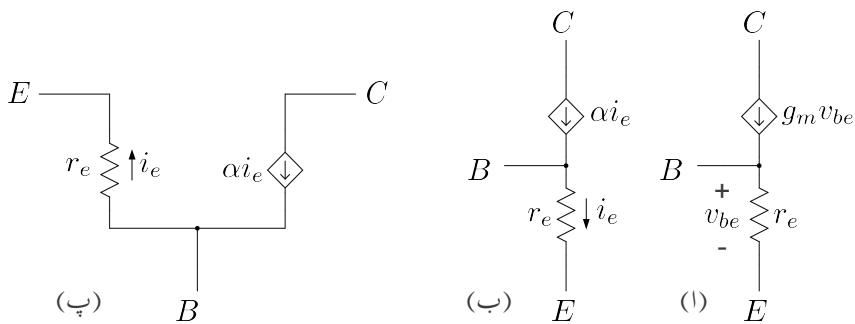
دونوں اشکال کے جوابات بالکل یکساں ہیں۔ یہی وجہ ہے کہ pnp کے لئے بھی شکل 3.71 کا ریاضی نمونہ استعمال کیا جاتا ہے۔

3.14.1 ٹی T ریاضی نمونہ

گزشتہ ہے میں ہم نے دیکھا کہ پائی ریاضی نمونہ کو حل کرنے سے ٹرانزسٹر کے مساوات (یعنی مساوات 3.201 اور مساوات 3.202) حاصل ہوتے ہیں اور یوں اسے ٹرانزسٹر کا ریاضی نمونہ تصور کیا جا سکتا ہے۔ پائی ریاضی نمونے کے علاوہ بھی ادوار بنائے جاسکتے ہیں جن سے انیں مساوات کا حصول ممکن ہے۔ ایسے تمام ادوار کو بھی ٹرانزسٹر کے ریاضی نمونے تصور کیا جا سکتا ہے۔ ان میں T ریاضی نمونہ⁴⁶ خاصہ مقبول ہے۔ ایمٹر مشترک⁴⁷ اور کلکٹر مشترک

⁴⁶ یہ ریاضی نمونے کی شکل انگریزی کی حروف تہجی T کی مانند ہے۔ اسی لیے اس کو ٹی ریاضی نمونہ کہتے ہیں۔

⁴⁷ مشترک ایمٹر، مشترک کلکٹر اور مشترک بیس کی پہچان حصہ 3.19 میں کی گئی ہے۔



شكل 3.76: ٹی ریاضی نمونہ

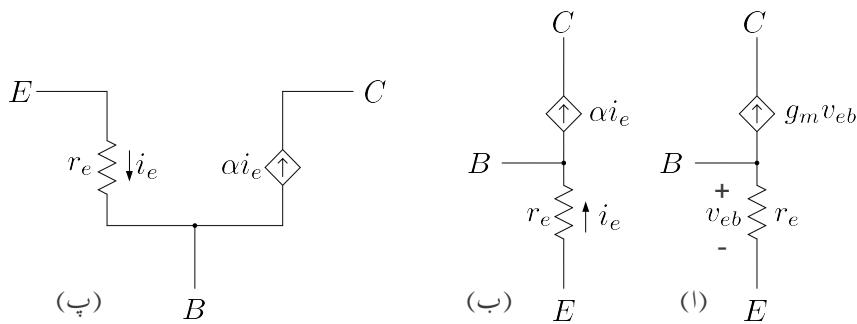
اووار حل کرتے ہوئے عموماً پائے ریاضی نمونے ہی استعمال کیا جاتا ہے جبکہ بیس مشترک اووار کو T ریاضی نمونے کی مدد سے زیادہ آسانی سے حل کرنا ممکن ہوتا ہے۔ r_o کو نظر انداز کرتے ہوئے ہوئے npn کے T ریاضی نمونے کے مختلف اشکال کو شکل 3.76 میں دکھایا گیا ہے۔ انہیں ریاضی نمونے میں C اور E کے مابین r_o نسب کرتے ہوئے r_o کے اثر کو بھی شامل کیا جاسکتا ہے۔

شکل 3.76 الف میں چونکہ C سرے کے ساتھ تالیع منبع روسلسلہ وار جڑا ہے لہذا $i_c = g_m v_{be}$ ہو گا۔ اُوہم کے قانون کے مطابق اگر v_{be} پر برقی دباؤ پایا جائے تو $i_e = \frac{v_{be}}{r_e}$ ہو گا۔ کرچاف کے قانون برائے برقی دباؤ کے تحت $i_b = i_e - i_c$ ہو گا۔ آئیں اس کی قیمت حاصل کریں۔ چونکہ

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

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

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

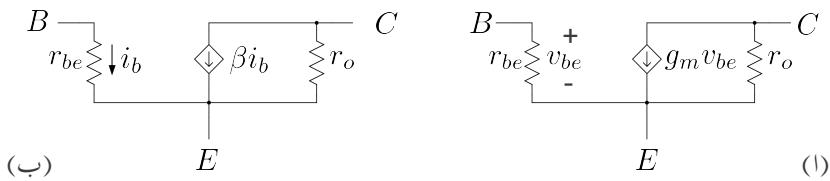
شکل 3.77 T pnp ریاضی نمونہ

ہیں لہذا

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

پس T ریاضی نمونے سے بھی ٹرانزسٹر کے باریک اشاراتی مساوات حاصل ہوتے ہیں اور یوں اسے بطور ٹرانزسٹر ریاضی نمونہ استعمال کیا جا سکتا ہے۔ شکل ب میں α -ریاضی نمونے کی دوسری ممکنہ صورت دکھائی گئی ہے جہاں $i_c = \alpha i_e$ کا استعمال کیا گیا ہے۔ شکل پ میں α -ریاضی نمونے کو پائے π طرز پر بنایا گیا ہے۔

شکل 3.77 میں T pnp کا ریاضی نمونہ دکھایا گیا ہے۔ یہاں کبھی اگر v_{be} کی جگہ v_{eb} لکھا جائے تو شکل میں تابع منع روکی سمت الٹ ہو جائے گی اور یوں اس سے شکل 3.76 میں حاصل ہو گا۔ اس کا مطلب ہے کہ شکل 3.76 کے ریاضی نمونے استعمال کئے جاسکتے ہیں۔ اس کتاب میں ایسا ہی کیا جائے گا۔

شکل 3.78: پائچے ریاضی نمونہ بمعنے خارجی مزاحمت r_o 3.14.2 پائچے ریاضی نمونہ بمعنے خارجی مزاحمت r_o

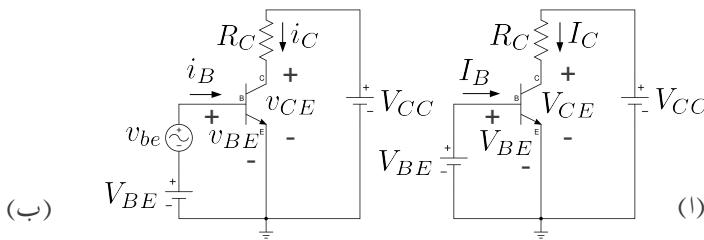
مساوات 3.62 ٹرانزسٹر کا باریک اشارتی خارجی مزاحمت r_o دیتا ہے۔ i_C پر v_{ce} کے اثرات کو ٹرانزسٹر ریاضی نمونہ میں r_o سے ظاہر کیا جاتا ہے۔ شکل 3.78 میں پائچے ریاضی نمونہ بمعنے خارجی مزاحمت r_o دکھائے گئے ہیں۔

3.15 یک سمتی اور بدلتے متغیرات کی علیحدگی

شکل 3.79 الف میں ٹرانزسٹر کا یک سمتی دور دکھایا گیا ہے جہاں V_{BE} ٹرانزسٹر کا نقطہ کار کردگی 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 سمتی ہیں لہذا i_C کو I_C اور v_{BE} کو V_{BE} لکھا جائے گا۔ یوں مساوات 3.55 اور کرچاف کا قانون برائے برقی دباؤ استعمال کرتے ہوئے شکل الف کے لئے ہم لکھ سکتے ہیں۔

$$(3.203) \quad I_C = I_S e^{\frac{V_{BE}}{VT}}$$

$$(3.204) \quad V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C$$



شکل 3.79: یک سمتی اور بدلنے متغیرات کی علیحدگی

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 3.203 کا سہارا لیا گیا۔ سلسلہ مکاران کی مدد سے اس کو یوں لکھ سکتے ہیں۔

$$i_C = I_C \left[1 + \frac{1}{1!} \left(\frac{v_{be}}{V_T} \right) + \frac{1}{2!} \left(\frac{v_{be}}{V_T} \right)^2 + \dots \right]$$

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 3.184 کے استعمال سے حاصل ہوتا ہے۔

$$\begin{aligned} i_C &= I_C + \frac{I_C}{V_T} v_{be} \\ I_C + i_c &= I_C + g_m v_{be} \end{aligned}$$

اور یوں

(3.205)
$$i_c = g_m v_{be}$$

اسی طرح شکل 3.79 ب کے خارجی جانب

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

جہاں آخری قدم پر مساوات 3.204 کی مدد حاصل کی گئی۔ مساوات 3.205 کو استعمال کرتے ہوئے اسے یوں لکھ سکتے ہیں۔

(3.206)
$$v_{ce} = -g_m R_c v_{be}$$

جس سے باریک اشاراتی افراکش بر قی دباؤ A_v حاصل کی جاسکتی ہے۔

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

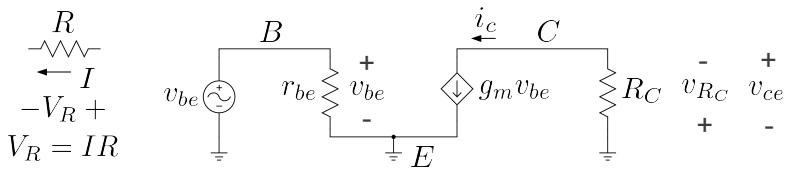
مساوات 3.203 اور مساوات 3.204 سے شکل 3.79 میں یک سمتی متغیرات I_C اور V_{CE} حاصل ہوتے ہیں جبکہ مساوات 3.205 اور مساوات 3.206 سے اسی شکل کے بدلتے متغیرات i_c اور v_{ce} حاصل ہوتے ہیں۔ یک سمتی متغیرات شکل اف سے حاصل کئے گئے جہاں بدلتے متغیرات موجود نہیں۔

شکل 3.71 اف میں دئے گئے ٹرانزسٹر کے باریک اشاراتی ریاضی نمونے پر داخلی جانب v_{be} لاگو کرتے ہوئے اور اس کے خارجی جانب مزاحمت R_C جوڑنے سے شکل 3.80 حاصل ہوتا ہے جس سے

(3.208)
$$i_c = g_m v_{be}$$

حاصل ہوتا ہے جو کہ بالکل مساوات 3.205 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 باکیں جانب اُوہم کے قانون کا صحیح استعمال دکھایا گیا ہے جہاں مزاحمت R میں اگر بر قی رو I داکیں سرے سے داخل ہو تو اُوہم کا قانون استعمال کرتے وقت بر قی دباؤ V_R کا ثابت طرف مزاحمت کا وہ سرالیا جاتا ہے جہاں سے مزاحمت میں بر قی رو داخل ہو۔ یوں اُوہم کے قانون سے



شکل 3.80: باریک اشاراتی مساوی دور

$$(3.209) \quad v_{R_C} = i_c R_C \\ = g_m R_C v_{be}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اگر ہم شکل سے دیکھتے ہیں کہ v_{R_C} کے الٹ ہے (یعنی $v_{ce} = -v_{R_C}$) یوں

$$(3.210) \quad v_{ce} = -g_m R_C v_{be}$$

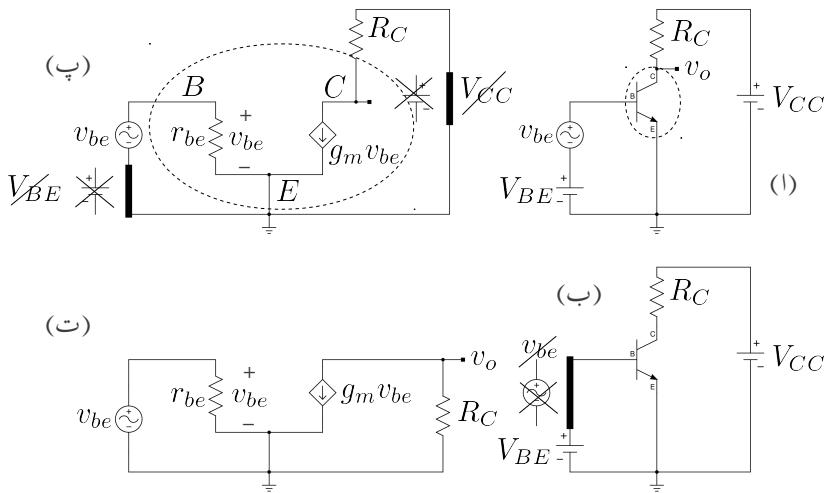
حاصل ہوتا ہے جو کہ بالکل مساوات ہی ہے جسے اصل ٹرانزسٹر کا دور حل کرتے حاصل کیا گیا تھا۔

مندرجہ بالا مساوات سے باریک اشاراتی انفرائش برقی دباؤ A_v حاصل ہوتی ہے۔

$$(3.211) \quad A_v = \frac{v_{ce}}{v_{be}} = -g_m R_C$$

ہم دیکھتے ہیں کہ شکل 3.79 ب میں دئے گئے دور کے بدلتے متغیرات شکل 3.81 کو حل کرنے سے بھی حاصل کے 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 3.81 میں دکھایا دور شکل 3.79 ب کا مساوی باریک اشاراتی دور ہے۔

آئیں شکل 3.81 کی مدد سے دیکھیں کہ کسی بھی ٹرانزسٹر دور کے مساوی یک سمتی اور مساوی باریک اشاراتی ادوار کیسے حاصل کئے جاتے ہیں۔ ہم نے اوپر دیکھا کہ بدلتے متغیرات کے مساوات میں تمام یک سمتی متغیرات کو کٹ جاتے ہیں۔ یوں کسی بھی دور کا مساوی باریک اشاراتی دور حاصل کرتے وقت دور میں تمام یک سمتی منبع کی قیمتیں صفر کر دیں جاتی ہیں اور ٹرانزسٹر کی جگہ ٹرانزسٹر کا باریک اشاراتی ریاضی نمونہ نسب کر دیا جاتا ہے۔ یک سمتی منبع برقی دباؤ کی قیمت صفر کرنے کی خاطر ان کے دونوں سرے قصر دور تصور کئے جاتے ہیں۔ اگرچہ موجودہ مثال میں یک سمتی منبع برقی رو استعمال نہیں کیا گیا لیکن اگر ایسا کیا جائے تو یک سمتی منبع برقی رو کی قیمت صفر کرنے کی خاطر اس کو کھلے سرے کر دیا جاتا ہے۔



شكل 3.81: (ا) اصل دور (ب) مساوی یک سمتی دور (ت) مساوی باریک اشاراتی دور

آنئں اب شکل 3.81 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 بر قت تاروں کے ساتھ \$v_{be}\$ جڑا چان تاروں کو آپس میں جوڑ دیا گیا ہے جبکہ یہاں سے \$v_{be}\$ کو نہال 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 منبع کو قصر دور کر دیا گیا ہے۔ چونکہ اصل دور یعنی شکل الف میں \$V_{BE}\$ اور \$V_{CC}\$ یک سمتی منبع ہیں لہذا انہیں قصر دور کیا گیا ہے۔ ان کی جگہ نسب تاروں کو وضاحت کی غرض سے مونا 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 کی سمتی متغیرات سے نقطہ کار کردگی پر ٹرانزسٹر

3.16. باریک اشاراتی ادوار کا پائیے ریاضی نمونے کی مدد سے حل

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۔

3.16 باریک اشاراتی ادوار کا پائیے ریاضی نمونے کی مدد سے حل

ٹرانزسٹر ایپلیفائر 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 سمتی دور حاصل کر کے اسے حل کرتے ہوئے I_C اور V_{CE} حاصل کریں۔ یہ نقطہ کار کردگی پر ٹرانزسٹر کے متغیرات ہیں۔

2. آگے بڑھنے سے پہلے تسلی کر لیں کہ ٹرانزسٹر افراستنڈ خطيہ میں ہے (یعنی $V_{CE} > V_{CE, \text{غيرافتاندة}}$)۔

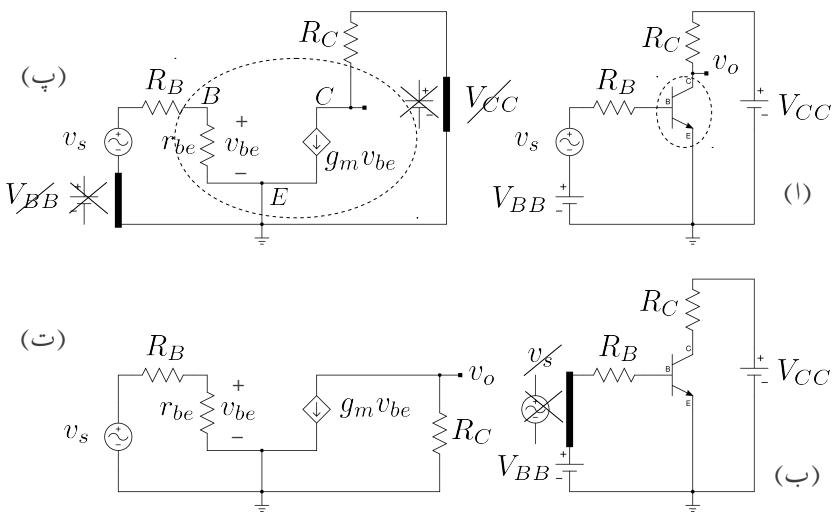
3. حاصل کردہ I_C استعمال کرتے ہوئے نقطہ کار کردگی پر ٹرانزسٹر کے باریک اشاراتی ریاضی نمونہ کے جزو حاصل کریں یعنی۔

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

$$r_{be} = \frac{\beta}{g_m}$$

$$r_e = \frac{V_T}{I_E} \approx \frac{1}{g_m}$$

4. اصل ٹرانزسٹر دور میں تمام منع بر قی دباؤ کو قصر دور اور منع بر قی رو کو کھلے دور کرتے ہوئے ٹرانزسٹر کی جگہ ٹرانزسٹر کا مساوی باریک اشاراتی ریاضی نمونہ نسب کرتے ہوئے دور کا مساوی باریک اشاراتی دور حاصل کریں۔



شكل 3.82: (ا) اصل دور (ب) مساوی یک سمتی (ت) مساوی باریک اشاراتی

5. حاصل مساوی باریک اشاراتی دور کو حل کرتے ہوئے ایکپلینافر کے خاصیت حاصل کریں۔ (مثلاً افراکش برتنی دباؤ A_v ، داخلی مزاحمت R_i ، خارجی مزاحمت R_o وغیرہ)

6. آخر میں اس بات کی بھی تسلی کر لیں کہ ٹرانزسٹر کا نقطہ کار کردنگی یوں منتخب ہو کہ خارجی اشارہ (جسے v_o لکھا جائے گا) کے چھٹے کے ثابت اور منفی چوٹیوں پر بھی ٹرانزسٹر افراکش برتنی رہے۔ (یعنی کہ خارجی اشارہ v_o کے چوٹیاں تراشی نہیں جاتیں)

اس عمل کے پہلے تین اندام آپ دیکھ چکے ہیں۔ آئیں اب مساوی باریک اشاراتی دور کو حل کرنا دیکھیں۔ ایسا شکل 3.82 کی مدد سے کرتے ہیں جس میں مزاحمت R_B بھی نسب کیا گیا ہے۔ یہاں ٹرانزسٹر کی افراکش برتنی روکو 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

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

$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B}$$

3.16. باریک اشاراتی ادوار کا پائیے ریاضی نمونے کی مدد سے حل

ہے لذما

$$(3.212) \quad I_C = \beta_0 I_B = \beta_0 \left(\frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B} \right)$$

حاصل ہوتا ہے۔ یہی جواب R_B کو ٹرانزٹ کے ایمپٹر جانب منتقل کرتے ہوئے لکھ کر بھی حاصل کیا جاسکتا ہے۔

$$I_C = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{\left(\frac{R_B}{\beta_0} \right)}$$

خارجی جانب سے

$$(3.213) \quad V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C$$

حاصل ہوتا ہے۔ باریک اشاراتی متغیرات حاصل کرنے سے پہلے یہاں رک کر تسلی کر لیں کہ ٹرانزٹ افراستنڈہ خطے میں ہے۔ اگر حاصل کردہ V_{CE} کی قیمت غیرافرانسیسی سے کم ہو تو ٹرانزٹ غیر افراستنڈہ ہو گا اور اشارہ کو بڑھانے سے قادر ہو گا۔ اس صورت میں باریک اشاراتی تجویز کرنے کی ضرورت نہیں۔

حاصل I_C سے ٹرانزٹ ریاضی نمونہ کے جزو g_m اور r_{be} حاصل کرنے کے بعد شکل ت سے انداشت یوں حاصل کی جائے گی۔ داخلی جانب ہم لکھ سکتے ہیں A_v

$$v_s = i_b (R_B + r_{be})$$

$$i_b = \frac{v_s}{R_B + r_{be}}$$

اور چونکہ $v_{be} = i_b r_{be}$ ہے لذما

$$v_{be} = \frac{v_s r_{be}}{R_B + r_{be}}$$

حاصل ہوتا ہے۔ خارجی جانب ہم لکھ سکتے ہیں۔

$$i_c = g_m v_{be}$$

$$v_o = -i_c R_C$$

مندرجہ بالا میں مساوات سے v_o کھا جاسکتا 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 افراش A_v یوں حاصل ہوتی ہے۔

$$(3.214) \quad A_v = \frac{v_o}{v_s} = -\frac{g_m r_{be} R_C}{R_B + r_{be}}$$

یہاں رک کر تسلی کر لیں کہ آیا مطلوبہ خارجی اشارہ v_o کے ثابت اور منفی چوڑیوں پر بھی ٹرانزسٹر افراشندہ خطے میں ہی رہتا ہے یا نہیں۔ میرے خیال میں یہ بات مثال کی مدد سے زیادہ آسانی سے سمجھ آئے گی۔

مثال 3.39: شکل 3.82 میں

$$\begin{aligned}\beta_0 &= 100 \\ V_{CC} &= 15 \text{ V} \\ V_{BB} &= 2.5 \text{ V} \\ R_C &= 7.5 \text{ k}\Omega \\ R_B &= 180 \text{ k}\Omega\end{aligned}$$

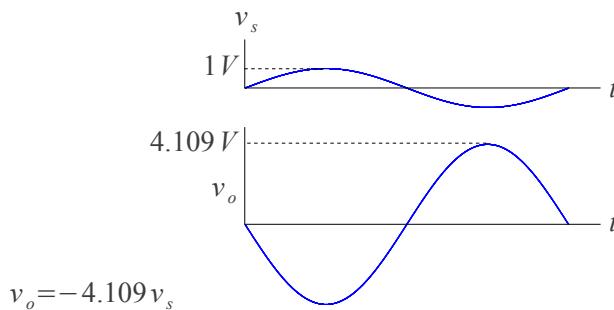
لیتے ہوئے باریک اشاراتی افراش بر قی دباؤ A_v حاصل کریں۔ زیادہ سے زیادہ نا تراشیدہ خارجی اشارے حاصل ہوتے وقت داخلی اشارے کا جیط دریافت کریں۔

حل: پہلے یک سمیٰ متغیرات حاصل کرتے ہیں۔

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

چونکہ حاصل V_{CE} کی قیمت V_{CE} (یعنی 0.2 V) سے زیادہ ہے المذاہ ٹرانزسٹر افراشندہ ہے اور یہ داخلی اشارے کو بڑھا سکتا ہے۔ آئیں ریاضی نمونہ کے جزو حاصل کریں۔

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



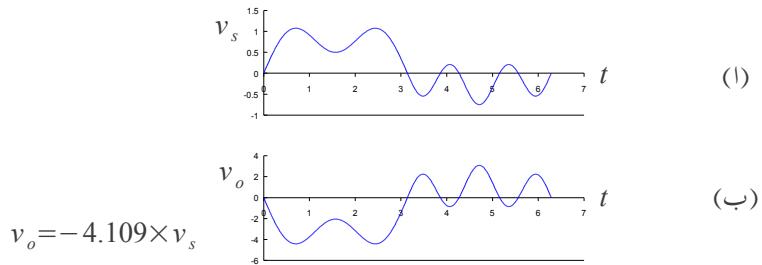
شکل 3.83: سائن-نما اشارات

اور انہیں استعمال کرتے ہوئے باریک اشارات کی افزائش بر قی دباؤ A_v حاصل کریں۔

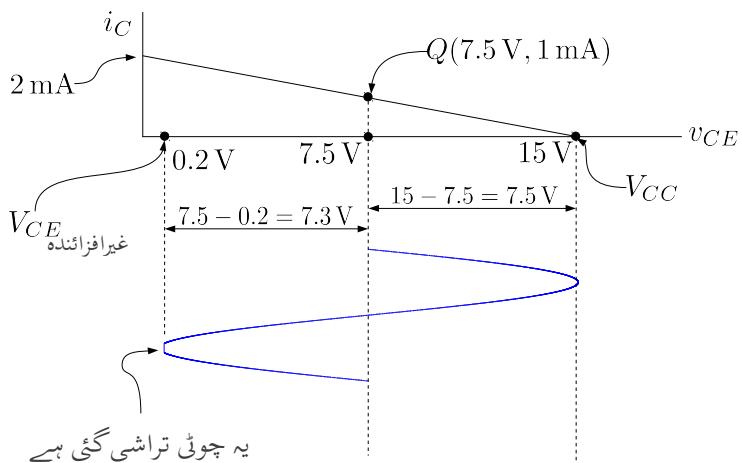
$$A_v = \frac{v_o}{v_s} = -\frac{g_m r_{be} R_C}{R_B + r_{be}} = -\frac{0.04 \times 2500 \times 7.5 \times 10^3}{180 \times 10^3 + 2500} = -4.109 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

اس مساوات کے مطابق یہ ٹرانزسٹر ایمپلیفیار داخی اشارہ v_s کے جیتے کو 4.109 گنا بڑھائے گا۔ A_v کی قیمت منفی ہونے کا مطلب یہ ہے کہ جس لمحہ داخی اشارہ ثبت ہو گا اس لمحہ خارجی اشارہ منفی ہو گا۔ شکل میں داخی اشارہ کو سائن نما قصور کرتے ہوئے اس حقیقت کی وضاحت کی گئی ہے۔ سائن نما اشارہ کی صورت میں یہ کہا جا سکتا ہے کہ داخی اور خارجی اشارات آپس میں 180° پر ہیں۔ داخی اشارہ کی شکل کچھ بھی ہو سکتی ہے۔ شکل 3.84 میں غیر سائن-نما اشارہ دکھایا گیا ہے جہاں دونوں گرافوں میں بر قی دباؤ کے محدود کی پیمائش مختلف ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ جب داخی اشارہ ثبت ہوتا ہے اس وقت خارجی اشارہ منفی ہوتا ہے اور جب داخی اشارہ منفی ہوتا ہے اس دوران خارجی اشارہ ثبت ہوتا ہے۔ یہ جاننے کے لئے کہ اس ایمپلیفیار سے کتنے جیتے کا زیادہ سے زیادہ خارجی اشارہ v_o حاصل کیا جا سکتا ہے ہم خط بوجھ کی مدد حاصل کرتے ہیں جسے شکل 3.85 میں دکھایا گیا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ نقطہ کار کردگی کے ایک جانب خارجی اشارہ 7.5V کا جیط رکھ سکتا ہے جبکہ دوسری جانب 7.3V کا۔ یوں جیسے ہی خارجی اشارے کا جیط 7.3V سے بڑھ جائے اس کا ایک طرف کٹنے شروع ہو جائے گا۔ 7.3V کے جیتے کا خارجی اشارہ اس وقت حاصل ہو گا جب داخی اشارے کا جیط 7V 1.777V ہو گا یعنی

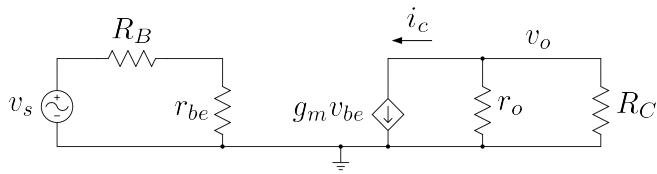
$$|v_s| = \left| \frac{v_o}{A_v} \right| = \left| \frac{7.3}{4.109} \right| = 1.777 \text{V}$$



شكل 3.84: غير سائیں-نمای اشارہ



شكل 3.85: خارجی اشارے کی زیادہ سے زیادہ ناتراشیدہ چوٹی



شکل 3.86: ٹرانزسٹر کا خارجی مزاحمت شامل کرنے مساوی دور

مثال 3.40: مثال 3.39 میں ٹرانزسٹر کا ارلی برقی دباؤ $V_A = 200 \text{ V}$ ہے۔ شکل 3.78 الف کا ریاضی نمونہ استعمال کرتے ہوئے A_v دوبارہ حاصل کریں۔

حل: r_o کی شمولیت سے یک سستی متغیرات متاثر نہیں ہوتے لہذا مثال 3.39 میں حاصل کی گئی قیمتیں یہاں کے لئے بھی درست ہیں۔ مساوات 3.63 سے

$$r_o = \frac{V_A}{I_C} = \frac{200}{1 \times 10^{-3}} = 200 \text{ k}\Omega$$

حاصل ہوتا ہے۔ یوں شکل 3.86 حاصل ہوتا ہے۔ اس دور کو حل کرتے ہیں۔ خارجی جانب متوالی جڑے R_C اور r_o کی کل مزاحمت $\frac{r_o R_C}{r_o + R_C}$ ہے جسے عموماً $r_o \parallel R_C$ لکھا جاتا ہے۔ یوں اس شکل کو دیکھتے ہوئے

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

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

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

لکھا جا سکتا ہے۔ اس طرح

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

حاصل ہوتا ہے یعنی

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

مثال 3.39 میں $A_v = -4.109 \frac{V}{V}$ 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 ایکلیفائر کی افزائش حاصل کرنے سے قابل نظر انداز غلطی پیدا ہوتی ہے۔ یہ اہم نتیجہ ہے جس کی بنا پر ٹرانزسٹر ایکلیفائر 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 $\infty \rightarrow R_C$ کرنے سے لامدد افزائش حاصل نہیں ہو گی چونکہ خارجی جانب R_C اور r_o متوازی جڑے ہیں اور ان کی مجموعی مزاجمت کسی صورت R_C یا r_o سے زیادہ نہیں ہو سکتی۔

مثال 3.41: شکل 3.87 الف کے ایکلیفائر میں R_E کا اضافہ کیا گیا ہے۔ اس ایکلیفائر کی افزائش A_v اور داخلی مزاجمت r_i حاصل کریں۔

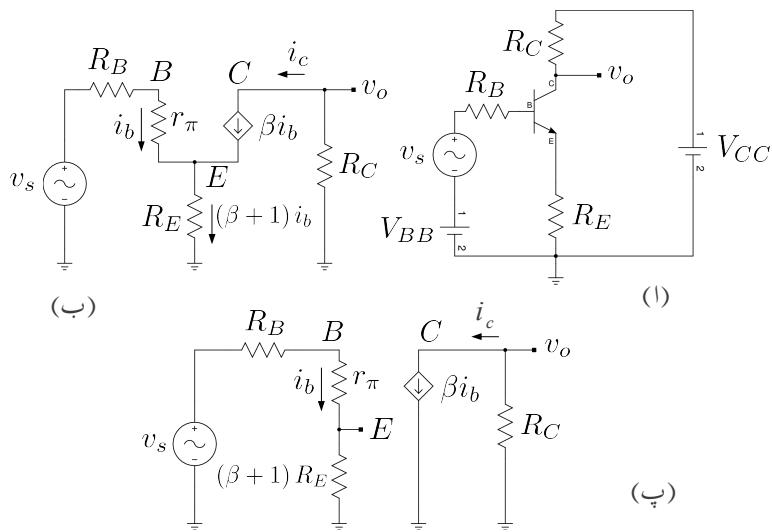
حل: ایکلیفائر میں بدلتے اشارات کو نظر انداز کرتے ہوئے پہلے یک سمتی متغیرات حاصل کرتے ہیں۔

$$I_C = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{\frac{R_B}{\beta+1} + R_E}$$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C - I_E R_E$$

$$\approx V_{CC} - I_C (R_C + R_E)$$

یہاں رک کر تسلی کر لیں کہ حاصل V_{CE} کی قیمت V_{CE} سے زیادہ ہے چونکہ صرف اسی صورت ٹرانزسٹر اشارات کو بڑھانے کی صلاحیت رکھتا ہے۔

شکل 3.87: ایمپلیفیائر بمعہ R_E

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 قیمتیں 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 کرچاف کے قانون برائے برقی دباؤ کے استعمال سے ہم لکھ سکتے ہیں۔

$$\begin{aligned} v_s &= i_b R_B + i_b r_\pi + (\beta + 1) i_b R_E \\ &= i_b \left(R_B + r_\pi + (\beta + 1) R_E \right) \end{aligned}$$

اور یوں

$$i_b = \frac{v_s}{R_B + r_\pi + (\beta + 1) R_E}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اس مساوات سے دور کا داخلی 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 $v_o = -i_c R_C$ اور $i_c = \beta i_b$ ہیں لہذا

$$v_o = -\beta R_C i_b = -\frac{\beta R_C v_s}{R_B + r_\pi + (\beta + 1) R_E}$$

اور

$$(3.215) \quad A_v = \frac{v_o}{v_s} = -\frac{\beta R_C}{R_B + r_\pi + (\beta + 1) R_E}$$

حاصل ہوتے ہیں۔ اس مساوات کو

$$\begin{aligned} (3.216) \quad A_v &= -\frac{\beta}{\beta + 1} \frac{R_C}{\frac{R_B}{\beta+1} + r_e + R_E} \\ &= -\frac{\alpha R_C}{\frac{R_B}{\beta+1} + r_e + R_E} \\ &\approx -\frac{R_C}{\frac{R_B}{\beta+1} + r_e + R_E} \end{aligned}$$

مجھی لکھا جا سکتا ہے جہاں $r_e = \frac{r_\pi}{\beta+1}$ کا استعمال کیا گیا ہے۔

اسیں شکل 3.87 پ کو حل کریں جہاں مزاحمت کی قیمت بُھا کر $R_E (\beta + 1)$ کرتے ہوئے داخلی اور خارجی دائرے کو جدا کر دیا گیا ہے۔

جوڑ E پر شکل 3.87 ب میں $v_E = (\beta + 1) i_b \times R_E$ برتنی دباؤ پایا جاتا ہے۔ شکل 3.87 ب میں یہاں $i_b \times (\beta + 1) R_E$ دباؤ 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 3.87 ب کے داخلی دائرے پر کرچاف کا قانون برائے برتنی 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 $i_c = \beta i_b$ اور $v_o = -i_c R_C$ 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 تعدد پر چلنے والے ٹرانزسٹر کے ایمٹر مشترک⁴⁸ یا کلکٹر مشترک ایمپلیفائر میں مزاحمت R_E استعمال کیا جائے، اس کا مساوی باریک اشاراتی دور بناتے وقت داخلی اور خارجی دائروں کو جدا کرتے ہوئے داخلی دائرے 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 تعدد پر چلتے ایمپلیفائر کے لئے ایسا کر کے جواب حاصل کرنا ممکن نہ ہو گا۔

⁴⁸ مشترک ایمٹر، مشترک کلکٹر اور مشترک بیس کی پہچان حصہ 3.19 میں کی گئی ہے

افراکش بر قی دباؤ کے مساوات کو یوں بھی لکھا جا سکتا ہے۔

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

اس مساوات کے حصول کے تیرے قدم پر r_e کو $\frac{r_{be}}{\beta+1}$ کو لکھا گیا۔ اس مساوات کا انتہائی آسان مطلب ہے جس کی مدد سے اسے با آسانی یاد رکھا جا سکتا ہے۔ ٹرانزسٹر کے کلکٹر پر کل مزاحمت R_C ہے جبکہ اس کے ایمیٹر پر مزاحمت R_E کے ساتھ سلسلہ وار r_{be} اور $\frac{R_B}{\beta+1}$ اور $\frac{r_{be}}{\beta+1}$ منسلک ہیں۔ r_e کو $\frac{r_{be}}{\beta+1}$ کو لکھا جا سکتا ہے۔ یوں ایمیٹر 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 جڑی مزاحمت ہے کلکٹر پر کل مزاحمت کو $\sum R_C$ لکھتے ہوئے اس مساوات کو یوں لکھا جا سکتا ہے۔

$$(3.217) \quad A_v = -\alpha \left(\frac{\sum R_C}{\sum R_E} \right) = -\alpha \left(\frac{\text{کلکٹر پر کل مزاحمت}}{\text{ایمیٹر پر کل مزاحمت}} \right)$$

مساوات 3.217 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 3.87 الف کا بدلتا رو مساوی دور بنایا جائے تو ٹرانزسٹر کے بین 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 3.217 کے صحیح استعمال کے لئے یہ ضروری ہے کہ ایکلیفائر کے بین جانب حصے کا مساوی دور اسی طرز پر ہو۔

یہ دیکھنے کی خاطر کہ مندرجہ بالا مساوات واقعی عمومی مساوات ہے ہم مساوات 3.214 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 3.42: کل 3.87 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 A_v اور افزائش $r_i = \frac{v_s}{i_b}$ حاصل کریں۔

حل: پہلے یک سمتی متغیرات حاصل کرتے ہیں۔

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

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

چونکہ حاصل V_{CE} کی قیمت V_{CE} عیناً اندھے 0.2 V یعنی 0.2 V سے زیادہ ہے لہذا ٹرانزسٹر افزائندہ ہے اور اشارات کو بڑھانے کی صلاحیت رکھتا ہے۔ خط بوجھ کھینچ کر آپ دیکھ سکتے ہیں کہ خارجی اشارے کی زیادہ سے زیادہ ناتراشیدہ چوٹی نقطہ کار کر دیگی کے ایک جانب $3 - 0.2 = 2.8$ V اور دوسری جانب $9 - 3 = 6$ V ممکن ہو گی۔ سائنس نما اشارہ کی زیادہ سے زیادہ خارجی ناتراشیدہ چوٹی 2.8 V ممکن ہو گی۔

حاصل I_C سے ٹرانزسٹر کے پائے ریاضی نمونہ کے جزو حاصل کرتے ہیں۔

$$g_m = \frac{I_C}{V_T} = \frac{0.1 \times 10^{-3}}{25 \times 10^{-3}} = 4 \text{ mS}$$

$$r_{be} = \frac{\beta}{g_m} = \frac{99}{0.004} = 24.75 \text{ k}\Omega$$

$$r_e = \frac{V_T}{I_E} = \frac{\alpha}{g_m} = \frac{0.99}{0.004} = 247.5 \Omega$$

بڑیک اشاراتی داخلی مزاحمت حاصل کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned} r_i &= \frac{v_s}{i_b} = R_B + r_{be} + (\beta + 1) R_E \\ &= 150000 + 24750 + (99 + 1) \times 15000 \\ &= 1.67475 \text{ M}\Omega \end{aligned}$$

ایمپلیفیاٹر کی افزائش بر قی دباؤ حاصل کرتے ہیں۔

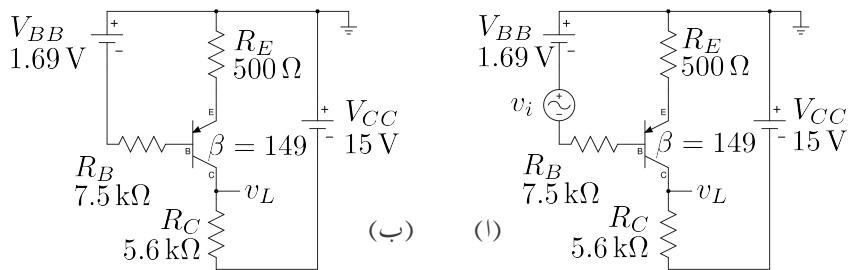
$$\begin{aligned} A_v &= \frac{v_o}{v_s} = -\frac{\beta R_C}{R_B + r_{be} + (\beta + 1) R_E} \\ &= -\frac{99 \times 75000}{150000 + 24750 + (99 + 1) \times 15000} \\ &= -4.4335 \frac{\text{V}}{\text{V}} \end{aligned}$$

مساوات 3.217 کی مدد سے یہی جواب سیدھو سیدھ حاصل کیا جاسکتا ہے جہاں

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

اور

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



شکل 3.88: جمع-منفی-جمع ایمپلیفیٹر

لئے جائیں گے اور یوں

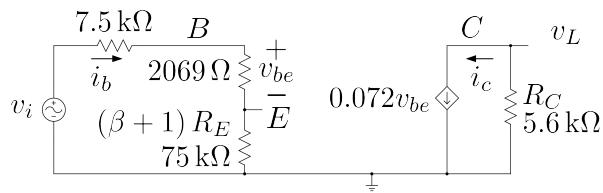
$$A_v = - \left(\frac{\sum R_C}{\sum R_E} \right) = -0.99 \times \left(\frac{75000}{16747.5} \right) = -4.4335 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

حاصل ہوتا ہے۔

مثال 3.43: شکل 3.88 میں $v_i = 0.001 \sin \omega t$ حاصل کریں۔ اگر v_L ہوتا ہے کیا ہو گا؟

حل: بدلتے متغیرات کو نظر انداز کرتے ہوئے شکل 3.88 ب سے یک سمتی متغیرات حاصل کرتے ہیں۔ داخلی جانب

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



شکل 3.89: جمع-منفی-جمع ایمپلیفائر مساوی باریک اشاراتی دور

لکھا جاسکتا ہے جس سے

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

حاصل ہوتا ہے۔ خارجی جانب

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

سے

$$V_{EC} = 15 - 1.8 \times 10^{-3} \times (500 + 5600) = 4.02 \text{ V}$$

حاصل ہوتا ہے جو کہ V_{EC} سے زیادہ ہے لہذا ٹرانزسٹر افزائندہ خطے میں ہے۔

ان قیمتوں سے پائے ریاضی نمونہ کے اجزاء حاصل کرتے ہیں

$$g_m = \frac{I_C}{V_T} = \frac{1.8 \times 10^{-3}}{25 \times 10^{-3}} = 0.072 \text{ S}$$

$$r_{be} = \frac{\beta}{g_m} = \frac{149}{0.072} = 2069 \Omega$$

جنہیں استعمال کرتے ہوئے شکل 3.89 کا باریک اشاراتی مساوی دور حاصل ہوتا ہے۔ اس مساوی دور میں مثال 3.41 کے شکل 3.87 پ کی طرح پائے ریاضی نمونہ میں تبدیلی کی گئی۔

مساوی دور کے داخلی جانب

$$i_b = \frac{v_i}{7500 + 2069 + 75000} = \frac{v_i}{84569}$$

$$v_{be} = i_b \times 2069 = \frac{v_i}{84569} \times 2069 = 0.024465 v_i$$

لکھا جا سکتا ہے جبکہ اس کے خارج جانب

$$\begin{aligned} i_c &= 0.072v_{be} \\ v_L &= -i_c \times 5600 \\ &= -0.072 \times v_{be} \times 5600 \\ &- 0.072 \times (0.024465v_i) \times 5600 \\ &= -9.864v_i \end{aligned}$$

یوں

$$A_v = \frac{v_L}{v_i} = -9.864 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اسی جواب کو یوں بھی حاصل کیا جا سکتا ہے۔

$$\begin{aligned} \sum R_C &= 5.6 \text{ k}\Omega \\ \sum R_E &= \frac{R_B}{\beta + 1} + \frac{r_{be}}{\beta + 1} + R_E = 563.79 \Omega \\ A_v &= -\frac{\sum R_C}{\sum R_E} = -\frac{5600}{563.79} = -9.933 \frac{\text{V}}{\text{V}} \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے۔ A_v کے ان دو جوابات میں صرف

$$\left| \frac{9.933 - 9.864}{9.933} \right| \times 100 = 0.69 \%$$

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

$$i_b = \frac{v_i}{7500 + 2083.33 + 75000} = \frac{v_i}{84583.33}$$

$$v_{be} = i_b \times 2083.33 = \frac{v_i}{84583.33} \times 2083.33 = 0.02463v_i$$

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 $v_i = 0.001 \sin \omega t$ ہوتے

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

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 متغیرات کے ٹھیک ٹھیک قیمتیں استعمال کرتے ہوئے جوابات حاصل کئے جاسکتے ہیں۔

اب تک ایمپلیفائر حل کرتے وقت ہم ٹرانزسٹر کے میں جانب تمام مزاحمت کو ایمپلیفائر کا حصہ تصور کرتے ہوئے مساوات 3.217 استعمال کرتے آرہے ہیں۔ آئیں اسی مسئلے کو قدر مختلف نظر سے دیکھیں۔ ایسا کرنے سے مساوات 3.217 میں $\sum R_E$ کا مطلب کچھ تبدیل ہو جائے گا۔

شکل 3.87 کو مثال بناتے ہوئے یہاں دوبارہ شکل 3.90 الف میں پیش کرتے ہیں۔ شکل الف میں داخلی جانب سے دیکھتے ہوئے دو داخلی مزاحمت R_i اور R'_i دکھائے 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'_i سے مراد 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

$$(3.218) \quad \begin{aligned} R_i &= (\beta + 1) (r_e + R_E) \\ &= r_{be} + (\beta + 1) R_E \\ R'_i &= R_B + R_i \\ &= R_B + (\beta + 1) (r_e + R_E) \end{aligned}$$

ٹرانزسٹر کے ایکٹر جانب ان داخلی مزاحمت کے عکس

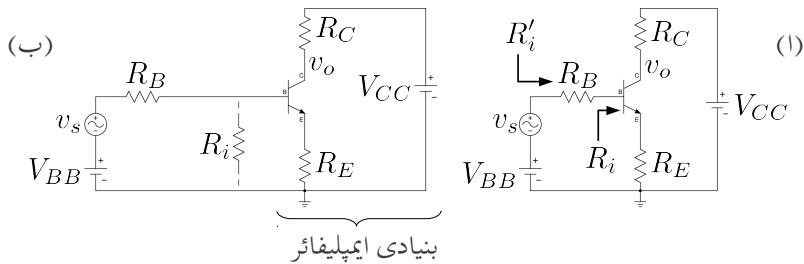
$$\begin{aligned} \frac{R_i}{\beta + 1} &= r_e + R_E \\ \frac{R'_i}{\beta + 1} &= \frac{R_B}{\beta + 1} + r_e + R_E \end{aligned}$$

ہیں۔ مساوات 3.217 میں R_E سے مراد داخلی مزاحمت R'_i کا عکس ہے۔ آئیں اب اسی ایکٹلیفائر کو دوسرا نظر سے دیکھیں۔

شکل 3.90 ب میں بنیادی ایکٹلیفائر کی نشاندہی کی گئی ہے۔ R_B اس بنیادی ایکٹلیفائر کا حصہ نہیں ہے۔ ٹرانزسٹر کے بیس سے دیکھتے ہوئے ایکٹلیفائر 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 3.91 میں ایکٹلیفائر کا باریک اشاراتی مساوی دور بناتے ہوئے اس کے دو گلوے بھی کر دئے گئے ہیں۔ یوں شکل 3.91 الف کو دیکھتے ہوئے ہم لکھ سکتے ہیں

$$(3.219) \quad \begin{aligned} v_b &= \left(\frac{R_i}{R_B + R_i} \right) v_s \\ &= \left(\frac{(\beta + 1) (r_e + R_E)}{R_B + (\beta + 1) (r_e + R_E)} \right) v_s \end{aligned}$$



شکل 3.90

جہاں مساوات 3.218 سے R_i کی قیمت پر کی گئی۔ شکل 3.91 ب کو دیکھتے ہوئے ہم

$$(3.220) \quad \begin{aligned} \sum R_C &= R_C \\ \sum R_E &= r_e + R_E \\ A'_v &= \frac{v_o}{v_b} = -\frac{\sum R_C}{\sum R_E} = -\frac{R_C}{r_e + R_E} \end{aligned}$$

لکھ سکتے ہیں جس سے

$$(3.221) \quad v_o = -\left(\frac{R_C}{r_e + R_E}\right) v_b$$

حاصل ہوتا ہے۔ اس مساوات میں v_b کی قیمت مساوات 3.219 سے پُر کرتے ہوئے

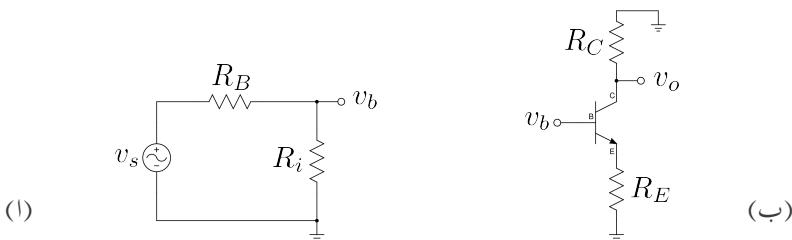
$$(3.222) \quad v_o = -\left(\frac{R_C}{r_e + R_E}\right) \left(\frac{(\beta + 1)(r_e + R_E)}{R_B + (\beta + 1)(r_e + R_E)}\right) v_s$$

یعنی

$$(3.223) \quad A_v = \frac{v_o}{v_s} = \frac{-R_C}{\frac{R_B}{\beta+1} + r_e + R_E}$$

حاصل ہوتا ہے۔ یہ مساوات ہو بہو مساوات 3.216 ہی ہے۔

مساوات 3.223 میں کسر کے نچلے حصے میں $\sum R_E + r_e$ دراصل ہے جو از خود داخلی مزاحمت کا ایک جانب عکس سے یعنی $\frac{R_i}{\beta+1} - \sum R_E$ ہے۔ یہ اگر داخلی مزاحمت بڑھائی جائے تو انفرائش A_v لگھتے گی۔ یہ ایک اہم نتیجہ

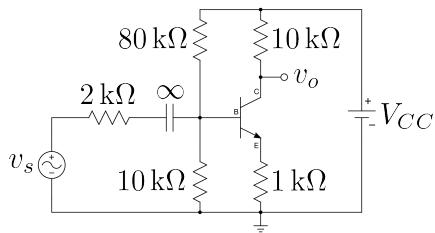


شکل 3.91:

ہے۔ ایمپلینیٹر تخلیق دیتے وقت اس حقیقت کو سامنے رکھا جاتا ہے۔ عموماً ہمیں زیادہ داخلی مزاحمت 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 ایمپلینیٹر استعمال کرتے ہوئے کسی بھی قیمت کے داخلی مزاحمت اور افزائش حاصل کئے جاسکتے ہیں۔ اس طرح کے ایمپلینیٹر آپ آگے جا کر دیکھیں گے۔

ایمپلینیٹر حل کرنے کا یہ طریقہ نہیں اہم ہے۔ اس طریقے کو آگے بایوں 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 ایمپلینیٹر کا داخلی مزاحمت R_i حاصل کریں۔
- دور میں بنیادی ٹرانزسٹر ایمپلینیٹر کی جگہ اس کا داخلی مزاحمت R_i نسب کرتے ہوئے سادہ دور حاصل کریں۔
- اس سادہ داخلی دور میں v_b حاصل کریں۔ v_b سے مراد R_i پر پائے جانے والا باریک اشارہ ہے۔
- بنیادی ایمپلینیٹر کی افزائش کی $A'_v = \frac{v_o}{v_b} = -\frac{\sum R_C}{\sum R_E}$ سے حاصل کریں۔ $\sum R_E$ سے مراد بنیادی ایمپلینیٹر کا $\sum R_E$ ہے۔
- کل افزائش $A_v = \frac{v_o}{v_s}$ کو A'_v اور v_b کی مدد سے حاصل کریں۔



شکل 3.92

مثال 3.44: شکل 3.92 میں بنیادی ایکپلینیفار کا داخلی مزاحمت حاصل کرتے ہوئے افزائش $A_v = \frac{v_o}{v_s}$ حاصل کریں۔ $\beta = 100$ اور $r_e = 25 \Omega$ ہیں۔ باریک اشاراتی دور میں کپسٹر کو قصر دور تصور کریں۔

حل: شکل 3.93 میں بدلتی رو مساوی دور دکھایا گیا ہے۔ شکل ب میں داخلی مزاحمت

$$R_i = (100 + 1) \times (25 + 1000) \approx 100 \text{ k}\Omega$$

ہے۔ شکل الف میں سادہ داخلی دور دکھایا گیا ہے جہاں

$$80 \text{ k}\Omega \parallel 10 \text{ k}\Omega \parallel 100 \text{ k}\Omega = 8.16 \text{ k}\Omega$$

لیتے ہوئے

$$v_b = \left(\frac{8160}{2000 + 8160} \right) v_s = 0.803 v_s$$

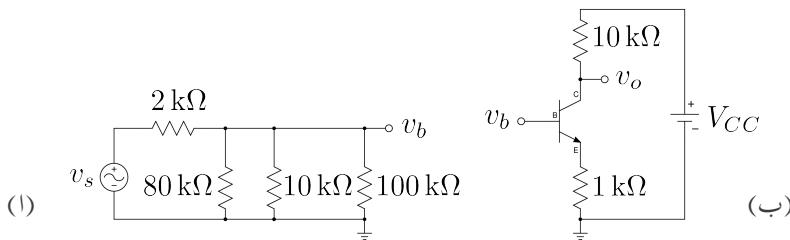
حاصل ہوتا ہے۔ شکل ب سے

$$A'_v = \frac{v_o}{v_b} = -\frac{\sum R_C}{\sum R_E} = -\frac{10000}{25 + 1000} = -9.756 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

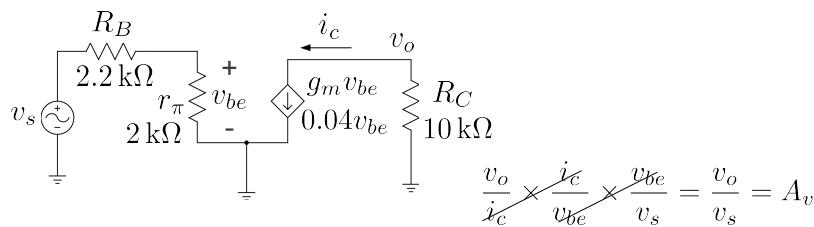
حاصل ہوتا ہے۔ یوں

$$A_v = \frac{v_o}{v_s} = \frac{v_o}{v_b} \times \frac{v_b}{v_s} = -9.756 \times 0.803 = -7.834 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

حاصل ہوتا ہے۔



شکل 3.93

شکل 3.94: زنجیری ضرب سے A_v کا حصول

3.16.1 زنجیری ضرب کا طریقہ

ٹرانزسٹر کے پائے ریاضی نمونہ کو استعمال کرتے ہوئے افراکش بر قی دباؤ A_v حاصل کرنا ہم نے دیکھا۔ اس سے پہلے کے ایسے مزید مثال دیکھیں ہم ایک نہیت عمده طریقہ کار سمجھتے ہیں جس کی مدد سے A_v کا حصول بہت آسان ہو جاتا ہے۔

شکل 3.94 میں باریک اشاراتی دور دکھایا گیا ہے جس کے لئے ہم تین مساوات لکھ سکتے ہیں یعنی

$$(3.224)$$

$$v_o = -i_c R_C$$

$$i_c = g_m v_{be}$$

$$v_{be} = \frac{r_\pi v_s}{r_\pi + R_B}$$

ان تین مساوات کو یوں بھی لکھ سکتے ہیں۔

$$(3.225) \quad \begin{aligned} \frac{v_o}{i_c} &= -R_C = -10000 \\ \frac{i_c}{v_{be}} &= g_m = 0.04 \\ \frac{v_{be}}{v_s} &= \frac{r_\pi}{r_\pi + R_B} = \frac{2200}{2200 + 2000} = 0.5238 \end{aligned}$$

اس مساوات کے پہلی جزو کے دائیں ہاتھ کے دو متغیرات v_o اور i_c کے قیمتیں دور حل کرنے کے بعد ہی ہمیں معلوم ہوتی ہیں جبکہ مساوات کے دائیں ہاتھ پر $-R_C$ کی قیمت 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 ناہی 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 دائیں ہاتھ i_c اور v_{be} کی قیمتیں صرف دور حل کرنے کے بعد ہی ہمیں معلوم ہوتی ہیں جبکہ دائیں ہاتھ g_m کی قیمت 0.04 ہمیں پہلے سے معلوم ہے۔ یوں اگرچہ دور حل کرنے سے پہلے ہمیں نہ تو i_c کی قیمت معلوم ہے اور ناہی 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 تیسرا جزو سے ہم جانتے ہیں کہ $\frac{v_{be}}{v_s}$ کی قیمت ہر صورت 0.5238 رہے گی۔

اکیں ان معلومات کو زیر استعمال لاتے ہوئے A_v حاصل کریں۔ جیسے شکل 3.94 میں دکھایا گیا ہے، A_v کو زنجیری ضرب سے یوں لکھا جا سکتا ہے۔

$$(3.226) \quad A_v = \frac{v_o}{v_s} = \left(\frac{v_o}{i_c} \right) \times \left(\frac{i_c}{v_{be}} \right) \times \left(\frac{v_{be}}{v_s} \right)$$

مندرجہ بالا مساوات میں تینوں قوسیں میں بند تناوب کے قیمتیں مساوات 3.225 میں دی گئی ہیں۔ یوں اگرچہ دور حل کرنے سے قبل، مساوات 3.226 کے دائیں جانب متغیرات (یعنی v_o , i_c , v_{be} وغیرہ) کی قیمتیں ہم نہیں جانتے لیکن مساوات 3.225 کی مدد سے ان تینوں نسبت کے قیمتیں ہم جانتے ہیں اور یوں ہم اس سے A_v کی قیمت حاصل کر سکتے ہیں یعنی

$$(3.227) \quad A_v = -10000 \times 0.04 \times 0.5238 = -209.52 \frac{V}{V}$$

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 بر عکس دور کے تمام مزاحمت کے قیمت اور ریاضی نمونہ کے تمام جزو (مسنگ g_m ، π^2 اور β) کے قیمت ہمیں پہلے سے معلوم ہوتے ہیں۔

3. یوں زنجیری ضرب کی خاطر تو سین لکھتے ہوئے مساواتوں کے باکیں 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 ایکلیفائز 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 3.226 کے زنجیری ضرب پر دوبارہ غور کرتے ہیں۔ زنجیری ضرب شکل 3.94 کو دیکھتے ہوئے یوں لکھا جاتا ہے۔ ہم جانتے ہیں کہ

$$A_v = \frac{v_o}{v_s}$$

ہوتا ہے مگر ہمیں v_0 معلوم نہیں۔ البتہ شکل سے ہم دیکھتے ہیں کہ

$$\frac{v_o}{i_c} = -R_C = -10\,000$$

ہے اور یوں ہمیں $\frac{v_o}{i_c}$ کی قیمت معلوم ہے۔ اس طرح A_v کی مساوات کو یوں لکھا 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 نامعلوم برقی دباؤ یا برقی رو ہیں۔ مزید یہ کہ دوسرا قوسین یعنی $\left(\frac{i_c}{v_s} \right)$ میں اوپر i_c لکھا گیا ہے جو اس سے پہلے تو سین میں نیچے لکھا گیا ہے۔ مندرجہ بالا مساوات

میں اگرچہ ہمیں پہلی قوسین کی قیمت معلوم ہے لیکن مسئلہ 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

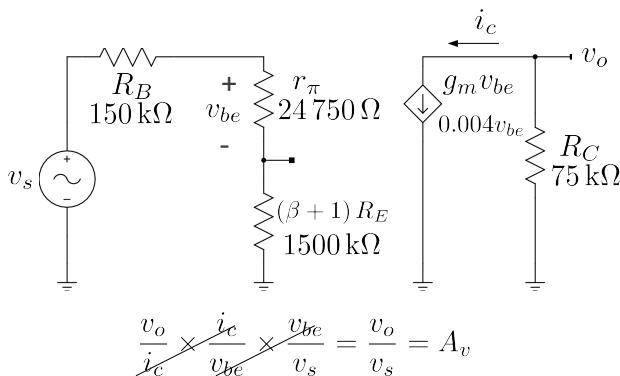
$$A_v = \left(\frac{v_o}{i_c} \right) \times \left(\frac{i_c}{v_{be}} \right) \times \left(\frac{v_{be}}{v_s} \right)$$

یہاں پہنچ کر ہم دیکھتے ہیں کہ تمام قوسین کی قیمتیں ہم جانتے ہیں اور یوں A_v کی قیمت حاصل کی جاسکتی ہے۔ اس بات پر بھی توجہ دیں کہ تیسرا قوسین میں کسر میں اوپر v_{be} لکھا گیا ہے جو کہ اس سے پہلے قوسین میں بند کسر میں پہنچ 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 3.226 کے طرز کی مساوات شکل کو دیکھتے ہی لکھ سکیں گے۔ زنجیری ضرب کا یہ طریقہ نہایت اہم ہے جسے ہم عموماً استعمال کریں گے۔

مثال 3.45: مثال 3.42 کو زنجیری ضرب کے طریقے سے حل کریں۔ حل: شکل 3.95 میں درکار ہاریک اشاراتی مساوی دور دکھایا گیا ہے جس کے لئے ہم مندرجہ ذیل مساوات لکھ سکتے ہیں۔

$$(3.228) \quad \begin{aligned} v_o &= -i_c R_C \\ i_c &= g_m v_{be} \\ v_{be} &= \frac{r_\pi v_s}{R_B + r_\pi + (\beta + 1) R_E} \end{aligned}$$



شکل 3.95: زنجیری ضرب کی ایک اور مثال

جن سے مندرجہ ذیل کسر حاصل کئے جاسکتے ہیں۔

$$\begin{aligned}
 \frac{v_o}{i_c} &= -R_C = -75000 \\
 \frac{i_c}{v_{be}} &= g_m = 0.004 \\
 \frac{v_{be}}{v_s} &= \frac{r_\pi}{R_B + r_\pi + (\beta + 1) R_E} \\
 &= \frac{24750}{150000 + 24750 + (99 + 1) \times 15000} \\
 &= 0.014778325
 \end{aligned}
 \tag{3.229}$$

ان کی مدد سے ہم لکھ سکتے ہیں

$$\begin{aligned}
 A_v &= \left(\frac{v_o}{i_c} \right) \times \left(\frac{i_c}{v_{be}} \right) \times \left(\frac{v_{be}}{v_s} \right) \\
 &= (-75000) \times (0.004) \times (0.014778325) \\
 &= -4.433 \frac{\text{V}}{\text{V}}
 \end{aligned}
 \tag{3.230}$$

مندرجہ بالا مساوات کو یوں لکھا جاسکتا 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 جاسکتا ہے۔ اگلے قدم پر ہم نے یہ دیکھا ہے کہ i_c کو کیسے لکھا جاسکتا ہے۔

ہے۔ ہم دیکھتے ہیں کہ $i_c = g_m v_{be}$ کی مدد سے لکھا جاسکتا ہے۔ تیرے قدم پر ہم دیکھتے ہیں کہ v_s کی مدد سے لکھا جاسکتا ہے۔

مثال 3.46: شکل 3.96 اف کے ایمپلینافر میں

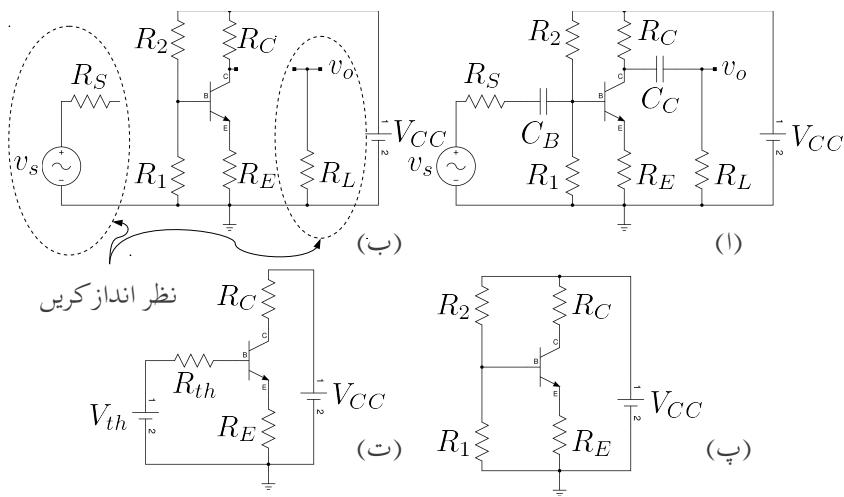
$V_{CC} = 15 \text{ V}$	$\beta = 179$
$R_C = 75 \text{ k}\Omega$	$R_E = 15 \text{ k}\Omega$
$R_1 = 320 \text{ k}\Omega$	$R_2 = 1.7 \text{ M}\Omega$
$R_S = 5 \text{ k}\Omega$	$R_L = 375 \text{ k}\Omega$

ہیں۔ ایمپلینافر کی افزائش برقی دباؤ $A_v = \frac{v_o}{v_s}$ حاصل کریں۔

حل: پہلے یک سمی متغیرات حاصل کرتے ہیں۔ ایمپلینافر میں عموماً کپیسٹر استعمال کئے جاتے ہیں جن کا ایک اہم مقصد یک سمی برقی دباؤ اور یک سمی برقی روکو دور کے محدود حصے کے اندر رکھنا ہوتا ہے۔ عموماً ان کپیسٹر کی قیمت اتنی رکھی جاتی ہے کہ اشارات کے تعداد پر ان کپیسٹر کی برقی رکاوٹ کم سے کم ہو۔ یوں اشارات بغیر گھٹانے سے گزر سکتے ہیں۔ چونکہ کپیسٹر یک سمی متغیرات کے لئے کھلے دور کے طور کام کرتا ہے لہذا بدلتے اشارات کے ساتھ منسلک دور کے حصہ ٹرانزسٹر کے نقطہ کار کر دیگی کو متاثر نہیں کر سکتے چونکہ ان تک یک سمی متغیرات کی رسائی نہیں ہوتی۔ ہم ایمپلینافر 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 بتلایا 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 منقطع ہو جاتے ہیں۔ انہیں نقطے دار لکھروں میں گھیرا دکھایا گیا ہے۔ ان حصوں کو نظر انداز کرتے ہوئے شکل پ حاصل ہوتا ہے۔

شکل 3.96 پ کا صفحہ 242 پر شکل 3.17 اف 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 ایمپلینافر میں باریک اشارات کو بذریعہ کپیسٹروں کے یوں منتقل کیا جاتا ہے کہ ٹرانزسٹر کا نقطہ کار کر دیگی متاثر نہ ہو۔



شکل 3.96: یک سمی اور بدلتے متغیرات کے علیحدگی کی مثال

مسئلہ تھونن کی مدد سے شکل ت میں اسی یک سمی دور کو دوبارہ دکھایا گیا ہے جہاں

$$V_{th} = \frac{R_1 V_{CC}}{R_1 + R_2} = \frac{320 \times 10^3 \times 15}{320 \times 10^3 + 1.7 \times 10^6} = 2.37624 \text{ V}$$

$$R_{th} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{320 \times 10^3 \times 1.7 \times 10^6}{320 \times 10^3 + 1.7 \times 10^6} = 269.3 \text{ k}\Omega$$

آنیں یک سمی متغیرات حاصل کریں۔

$$\begin{aligned} I_C &= \frac{V_{th} - V_{BE}}{\frac{R_{th}}{\beta+1} + R_E} \\ &= \frac{2.37624 - 0.7}{\frac{269.3 \times 10^3}{179+1} + 15 \times 10^3} \\ &= 0.1016 \text{ mA} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{CE} &\approx V_{CC} - I_C (R_C + R_E) \\ &= 15 - 0.1016 \times 10^{-3} \times (75 \times 10^3 + 15 \times 10^3) \\ &= 5.856 \text{ V} \end{aligned}$$

چونکہ حاصل $V_{CE} > 0.2 \text{ V}$ المدا ٹرانزسٹر افراستنڈ ہے۔ ٹرانزسٹر کے π ریاضی نمونہ کے جزو حاصل کرتے ہیں۔

$$g_m = \frac{I_C}{V_T} = \frac{0.1016 \times 10^{-3}}{25 \times 10^{-3}} = 4.046 \text{ mS}$$

$$r_{be} = \frac{\beta}{g_m} = \frac{179}{4.064 \times 10^{-3}} = 44.045 \text{ k}\Omega$$

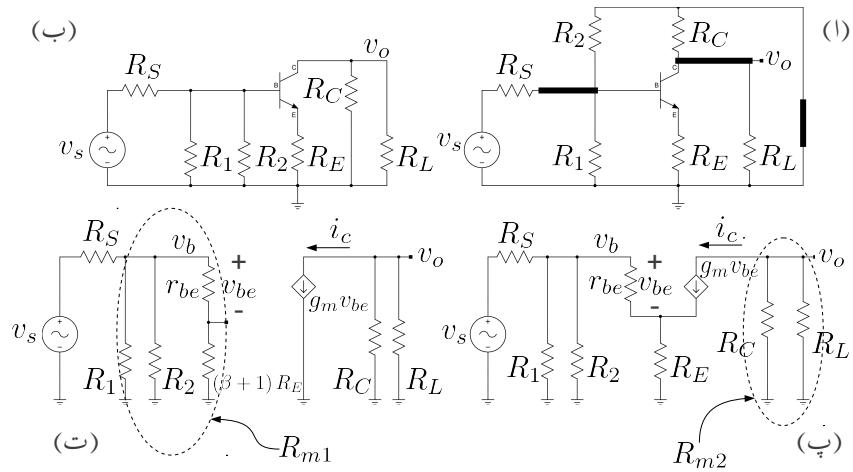
$$r_e \approx \frac{1}{g_m} = 246 \Omega$$

جیسے پہلے ذکر ہوا کہ ایمپلیفیئر میں کپیسٹر کی قیمت اتنی رکھی جاتی ہے کہ باریک اشارہ کے تعداد پر ان کی برقی رکاوٹ (X_C) قبل نظر انداز ہو۔ یوں مساوی پرداز دور بناتے وقت تمام کپیسٹر کو قصر دور کر دیا جاتا ہے۔ شکل 3.97 الف میں یوں منبع برقی دباؤ V_{CC} کے علاوہ کپیسٹر C_B اور C_C کو بھی قصر دور کیا گیا ہے۔ ان قصر دور کو موٹی کلیروں سے واضح کیا گیا ہے۔ ایسا کرنے سے R_C کے علاوہ R_2 کا بھی ایک سرا برقی زمین سے جا جلتا ہے۔ اسی کو شکل ب میں صاف سمجھا بنا کر دکھایا گیا ہے۔ یہاں رک کر تسلی کر لیں کہ آپ کو شکل اف اور شکل ب یکسان نظر آتے ہیں چونکہ اس عمل کی بار بار ضرورت پڑے گی۔ اس شکل میں R_L اور R_E صاف متوازی جڑے نظر آتے ہیں۔ شکل ب میں ٹرانزسٹر کی جگہ π ریاضی نمونہ نسب کرنے سے شکل پ حاصل ہوتا ہے۔ یہاں داخلی اور خارجی حصوں کو علیحدہ علیحدہ کرتے ہوئے عکس $(\beta + 1) R_E$ کے استعمال سے شکل ت حاصل ہوتا ہے۔ شکل 3.97 ت سے زنجیری ضرب کی ذریعہ A_v حاصل کیا جاتا ہے۔ ایسا کرنے سے پہلے ایک چھوٹے سے لکٹے پر غور کرتے ہیں۔ شکل ت میں ٹرانزسٹر کے بیس سرے پر برقی دباؤ کو v_b لکھا گیا ہے۔ شکل ت میں R_1 ، R_2 اور آپس میں متوازی جڑے ہیں۔ ان متوازی جڑے مزاجتوں کی کل قیمت کو R_{m1} لکھتے ہیں جہاں

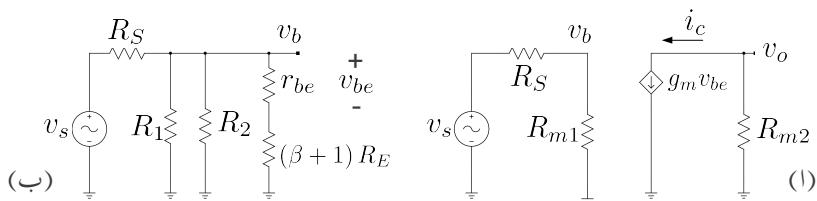
$$(3.231) \quad \frac{1}{R_{m1}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{r_{be} + (\beta + 1) R_E}$$

شکل (ت) سے زنجیری ضرب لکھ کر A_v حاصل کیا جاتا ہے۔ ایسا کرنے سے پہلے v_b پر غور کرتے ہیں۔ شکل 3.98 الف میں متوازی جڑے مزاجتوں 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 3.98 ب میں دور کا صرف داخلی جانب دکھایا گیا ہے۔ شکل 3.98 الف سے ہم لکھ سکتے ہیں۔

$$v_b = \frac{R_{m1} v_s}{R_{m1} + R_S}$$



شکل 3.97: باریک اشاراتی دور

شکل 3.98: v_{be} اور v_b کا حصول

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 قوسین حاصل ہوتے ہیں جنہیں A_v حاصل کرنے میں استعمال کیا جائے گا۔

$$(3.232) \quad \frac{v_b}{v_s} = \frac{R_{m1}}{R_{m1} + R_S}$$

$$(3.233) \quad \frac{v_{be}}{v_b} = \frac{r_{be}}{r_{be} + (\beta + 1) R_E}$$

آنکیں اب A_v حاصل کریں۔ شکل 3.97 ت کو دیکھتے ہوئے اور شکل 3.98 کو زہن میں رکھتے ہوئے ہم لکھ سکتے ہیں۔

$$(3.234) \quad A_v = \left(\frac{v_o}{i_c} \right) \left(\frac{i_c}{v_{be}} \right) \left(\frac{v_{be}}{v_b} \right) \left(\frac{v_b}{v_s} \right)$$

اس مساوات پر غور کریں۔ یہ گزشتہ مثاولوں سے قدر مختلف ہے چونکہ یہاں ایک قوسین زیادہ ہے۔ آنکیں تمام قوسین کی قیمتیں استعمال کرتے ہوئے اس مساوات کو حل کریں۔ پہلے درکار قیمتیں حاصل کرتے ہیں یعنی

$$\frac{1}{R_{m1}} = \frac{1}{320 \times 10^3} + \frac{1}{1.7 \times 10^6} + \frac{1}{44045 + (179 + 1) \times 15 \times 10^3}$$

$$R_{m1} = 245.2386 \text{ k}\Omega$$

$$\frac{1}{R_{m2}} = \frac{1}{75000} + \frac{1}{375000}$$

$$R_{m2} = 62.5 \text{ k}\Omega$$

$$\frac{v_o}{i_c} = -R_{m2} = -62500$$

$$\frac{i_c}{v_{be}} = g_m = 0.004064$$

$$\frac{v_{be}}{v_b} = \frac{r_{be}}{r_{be} + (\beta + 1) R_E} = \frac{44045}{440405 + (179 + 1) \times 15000} = 0.01605$$

$$\frac{v_b}{v_s} = \frac{R_{m1}}{R_{m1} + R_S} = \frac{245238.6}{245238.6 + 5000} = 0.980019$$

اور یوں

$$A_v = -62500 \times 0.004064 \times 0.01605 \times 0.980019 = -3.9952 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

حاصل ہوتا ہے۔

آئین اسی افراٹش کو صفحہ 352 پر دئے مساوات 3.217 کی مدد سے حاصل کریں۔ ایسا کرنے کی خاطر پہلے دور کو مخصوص شکل میں لایا جائے گا۔ اس شکل میں ٹرانزسٹر کے بیس جانب بدلتا اشارہ اور مزاحمت سلسلہ وار جڑے ہونے چاہئے۔ پہلے یہی کرتے ہیں۔

شکل 3.97 ب میں ٹرانزسٹر کے داخلی جانب کے حصے کو شکل 3.99 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 کرتے ہوئے تھونن مساوی دور میں حاصل مزاحمت کو R'_i اور حاصل برقی دباؤ کے اشارے کو v'_i لکھتے ہوئے

$$\begin{aligned} R'_i &= \frac{R_S R_{12}}{R_S + R_{12}} \\ &= \frac{5 \times 10^3 \times 269.3 \times 10^3}{5 \times 10^3 + 269.3 \times 10^3} \\ &= 4.91 \text{ k}\Omega \\ v'_i &= \left(\frac{R_{12}}{R_S + R_{12}} \right) v_s \\ &= \left(\frac{269.3 \times 10^3}{5000 + 269.3 \times 10^3} \right) v_s \\ &= 0.98177 v_s \end{aligned}$$

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۔ لیتے ہوئے مساوات سے $\alpha = \frac{179}{179+1} = 0.994444$

$$\begin{aligned}\frac{v_o}{v'_i} &= -\alpha \frac{\sum R_C}{\sum R_E} \\ &= -0.994444 \times \frac{62.5 \times 10^3}{15.273 \times 10^3} \\ &= -4.0693 \frac{\text{V}}{\text{V}}\end{aligned}$$

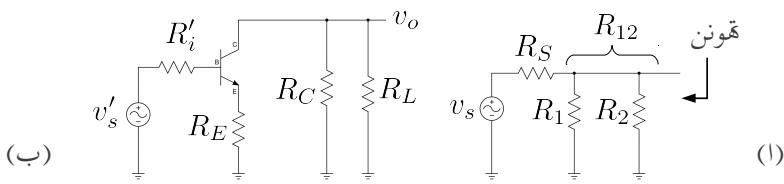
حاصل ہوتا ہے جس سے

$$\begin{aligned}A_v &= \frac{v_o}{v'_i} \times \frac{v'_i}{v_s} \\ &= -4.0693 \times 0.98177 \\ &= -3.995 \frac{\text{V}}{\text{V}}\end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے۔ آپ مساوات سے $\alpha = 0.994444$ کی قوت استعمال سے متاثر ہو سکتے ہیں۔

R_S کو ایک پلیفائر کا حصہ تصور نہیں کرتے ہوئے باریک اشاراتی داخل مزاحمت r_i شکل 3.97 سے حاصل کرتے ہیں جہاں ہم دیکھتے ہیں کہ یہ دراصل R_{m1} ہی ہے اور یوں

$$r_i = R_{m1} = 245.2386 \text{ k}\Omega$$



شکل 3.99: گل کلکٹر اور ایمٹر مزاحمت کے شرح سے افزائش کا حصول

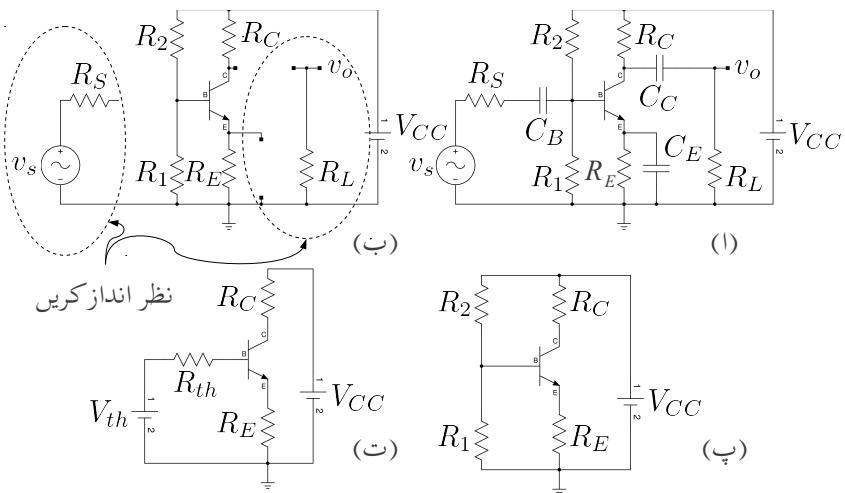
حاصل ہوتا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ باریک اشاراتی داخلی مزاحمت کا دارو مدار R_1 , R_2 اور ٹرانزسٹر کے بین سرے پر دیکھتے ہوئے مزاحمت $(r_{be} + (\beta + 1)R_E)$ پر ہے۔ ان تمام قیمتیوں میں عموماً r_{be} کی قیمت نسبتاً کم ہوتی ہے۔

مثال 3.47: شکل 3.96 الف میں R_E کے متوالی کپیسٹر C_E نسب کریں جہاں C_E کی قیمت اتنی ہے کہ یہ اشارہ کو کم سے کم گھٹاتا ہے۔ اس ایکلیفائر کی داخلی مزاحمت r_i اور افزائش A_v حاصل کریں۔

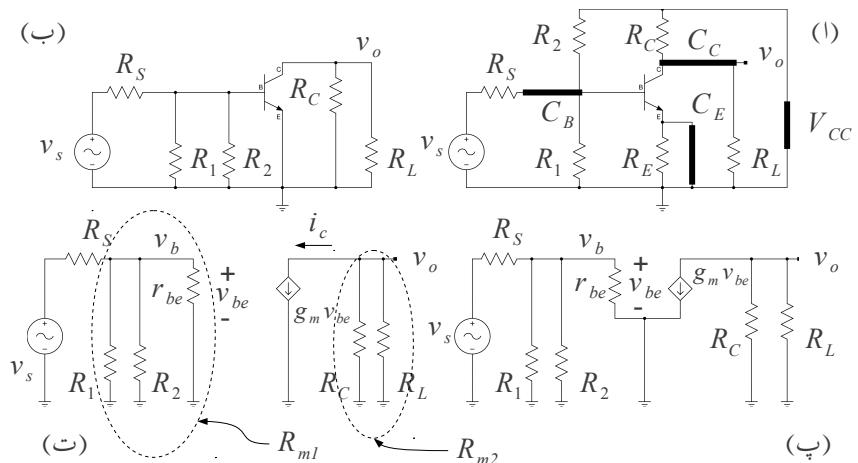
$$\begin{array}{ll} V_{CC} = 15 \text{ V} & \beta = 179 \\ R_C = 75 \text{ k}\Omega & R_E = 15 \text{ k}\Omega \\ R_1 = 320 \text{ k}\Omega & R_2 = 1.7 \text{ M}\Omega \\ R_S = 5 \text{ k}\Omega & R_L = 375 \text{ k}\Omega \end{array}$$

حل: کپیسٹر سمتی دور کو شکل 3.101 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 کردگی پر کسی قسم کا کوئی اثر نہیں پڑا۔ یوں پچھلی مثال کے نتائج یہاں استعمال کئے جا سکتے ہیں یعنی

$$\begin{aligned} g_m &= 4.064 \text{ mS} \\ r_{be} &= 44.045 \text{ k}\Omega \\ r_e &\approx 246 \Omega \end{aligned}$$



شکل 3.100: مثال کا مساوی یک سمتی دور



شکل 3.101: مثال کا مساوی باریک اشاراتی دور

شکل 3.101 میں اس کا مساوی باریک اشاراتی دور حاصل کرنا دکھایا گیا ہے۔ جیسا شکل 3.101 اف 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

$$\frac{1}{R_{m2}} = \frac{1}{75 \times 10^3} + \frac{1}{37.5 \times 10^3}$$

$$R_{m2} = 62.5 \text{ k}\Omega$$

قیمتیں ملتی ہیں۔ شکل سے زنجیری ضرب لکھتے ہوئے ہم دیکھتے ہیں کہ اس مثال میں v_b ہی v_{be} ہے۔ یوں

$$A_v = \left(\frac{v_o}{i_c} \right) \left(\frac{i_c}{v_{be}} \right) \left(\frac{v_{be}}{v_s} \right)$$

لکھا جائے گا 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 افراکش کے ساتھ موازنہ کرنے سے معلوم ہوتا ہے کہ C_E نسب کرنے سے افراکش بہت زیادہ بڑھ گئی ہے۔ اس کو مساوات 3.217 یعنی

$$A_v = -\alpha \frac{\sum R_C}{\sum R_E}$$

کی مدد سے با آسانی سمجھا جاسکتا ہے۔ چونکہ باریک اشارات کے لئے C_E بطور قصر دور کام کرتا ہے المذا

$$\sum R_E = \frac{R_{th}}{\beta + 1} + r_e$$

رہ جاتا ہے جبکہ

$$\sum R_C = R_{m2}$$

ہی ہے۔ $\sum R_E$ کم ہونے کی وجہ سے افراکش میں اضافہ پیدا ہوا ہے۔ اس حقیقت کو سمجھ کر یاد رکھیں۔

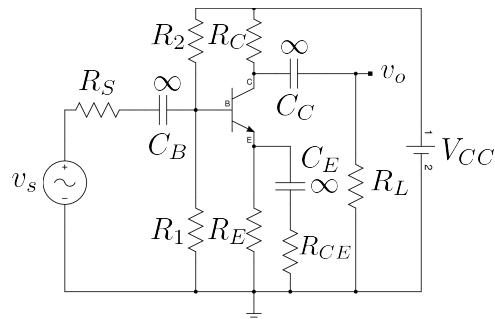
شکل سے باریک اشاراتی داخلی مزاحمت حاصل کرتے ہیں۔

$$r_i = R_{m1} = 37.854 \text{ k}\Omega$$

جہاں R_S کو ایپلیفائر کا حصہ نہیں تصور کیا گیا ہے۔ گزشتہ ایپلیفائر 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 بیس 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 R_E اور C_E کے استعمال سے باریک اشاراتی داخلی مزاحمت r_i اور افراکش A_v متاثر ہوتے ہیں۔ ان میں ایک بڑھانے سے دوسرا گھٹتا ہے۔

مثال 3.48: کپیسٹر C_E اور مزاحمت R_{CE} سلسلہ وار جوڑتے ہوئے انہیں شکل 3.96 الف میں R_E کے متوازی نسب کریں۔ حاصل ایپلیفائر کی داخلی مزاحمت r_i اور افراکش A_v حاصل کریں۔ R_{CE} کی قیمت



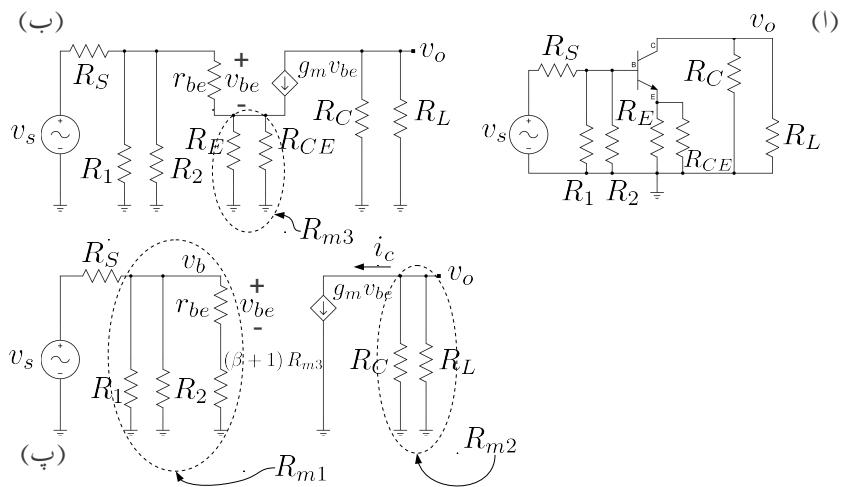
شکل 3.102: یک سمی اور باریک اشارات کے علیحدگی کی ایک اور مثال

100 Ω رکھیں۔ حل: شکل 3.102 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 جاسکتی ہے۔ جیسا پہلے بتایا 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 حققت 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 سمی مساوی دور پہلی مثابوں کی طرح رہے گا اور یوں وہاں کے نتائج یہاں مقابل استعمال ہیں۔ باریک اشاراتی دور کا حصول شکل 3.103 میں دکھایا گیا ہے۔ باریک اشاراتی دور میں R_E اور R_{CE} 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۔ R_{m2} اور R_{m3} کی قیمتیں پہلے حاصل کی جائیں



شکل 3.103: مثال کا باریک اشاراتی دور

گی۔ دور میں دی گئی معلومات کو اپنی سہولت کی خاطر یہاں دوبارہ لکھتے ہیں۔

$$\begin{array}{ll}
 V_{CC} = 15 \text{ V} & \beta = 179 \\
 R_C = 75 \text{ k}\Omega & R_E = 15 \text{ k}\Omega \\
 R_1 = 320 \text{ k}\Omega & R_2 = 1.7 \text{ M}\Omega \\
 R_S = 5 \text{ k}\Omega & R_L = 375 \text{ k}\Omega \\
 R_{CE} = 100 \Omega &
 \end{array}$$

ای طرح یک سختی 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۔

$$\frac{1}{R_{m2}} = \frac{1}{75000} + \frac{1}{375000}$$

$$R_{m2} = 62.5 \text{ k}\Omega$$

$$\frac{1}{R_{m3}} = \frac{1}{15000} + \frac{1}{100}$$

$$R_{m3} = 99.3377 \Omega$$

اور

$$\frac{1}{R_{m1}} = \frac{1}{320000} + \frac{1}{1700000} + \frac{1}{44045 + (179 + 1) \times 99.3377}$$

$$R_{m1} = 50.348 \text{ k}\Omega$$

شکل 3.103 پ سے ہم مندرجہ ذیل مساوات لکھ سکتے ہیں۔

$$\frac{v_o}{i_c} = -R_{m2} = -62500$$

$$\frac{i_c}{v_{be}} = g_m = 0.004064$$

$$\frac{v_b}{v_s} = \frac{R_{m1}}{R_{m1} + R_S} = \frac{50348}{50348 + 5000} = 0.9096625$$

$$\frac{v_{be}}{v_b} = \frac{r_{be}}{r_{be} + (\beta + 1)R_{m3}} = \frac{44045}{44045 + (179 + 1) \times 99.3377} = 0.711255$$

ان نتائج کو استعمال کرتے ہوئے شکل پ سے ہی A_v حاصل کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned} A_v &= \left(\frac{v_o}{i_c} \right) \left(\frac{i_c}{v_{be}} \right) \left(\frac{v_{be}}{v_b} \right) \left(\frac{v_b}{v_s} \right) \\ &= (-62500) \times (0.004064) \times (0.711255) \times (0.9096625) \\ &= -164 \frac{\text{V}}{\text{V}} \end{aligned}$$

اسی شکل سے ایکپلینافر 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 ایکپلینافر 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۔ کپیسٹر C_E اور مزاحمت R_{CE} کے استعمال سے یہ ممکن ہے کہ ہم ٹرانزسٹر ایک پلینار کی افراکش اپنے مرضی سے طے کر سکیں۔ اس مثال میں اگر R_{CE} کی قیمت صفر کھی جائے تو زیادہ سے زیادہ افراکش حاصل ہوتی ہے اور اگر R_{CE} کی قیمت لاحدہ کر دیا جائے تو کم سے کم افراکش حاصل ہوتی ہے۔ R_{CE} کی قیمت ان حدود کے درمیان رکھتے ہوئے افراکش بھی دو حدود کے اندر کھیں پر بھی رکھی جاسکتی ہے۔ مساوات 3.217 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 جڑے مزاحمت R_E اور R_{CE} کے کل مزاحمت کو $\sum R_E$ کھیں گے۔ یہاں چونکہ R_E کو نقطہ کار کر دی گی تین کرنے کی خاطر استعمال کیا گیا ہے لہذا اس کو تبدیل کئے بغیر A_v میں تبدیلی R_{CE} کی مدد سے حاصل کی جاسکتی ہے۔

مثال 3.49: شکل 3.104 میں $R_L = 1 \text{ k}\Omega$ اور $r_i = 5 \text{ k}\Omega$ جبکہ $\beta = 120$ ہیں۔ بر قی روا فراکش حاصل کرنے کی خاطر درکار مزاحمت حاصل کریں۔ $A_i = -30 \frac{\text{A}}{\text{A}}$

حل: مساوی دور سے افراکش لکھتے ہیں

$$A_i = \frac{i_L}{i_i} = -30 = -120 \left(\frac{R_c}{R_c + R_L} \right) \left(\frac{r_{be}}{r_{be} + r_i \| R_1 \| R_2} \right)$$

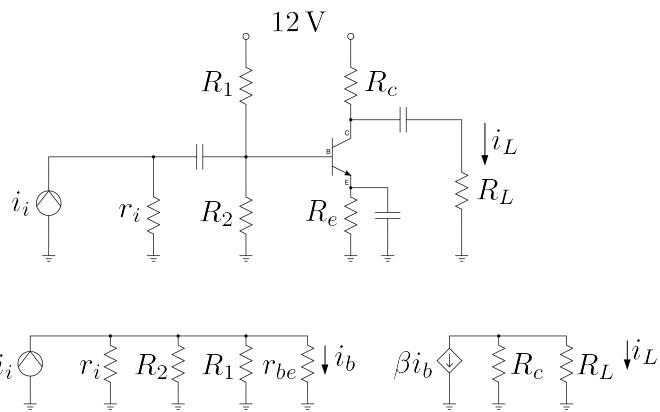
جس سے

$$(3.235) \quad \frac{1}{4} = \left(\frac{R_c}{R_c + 1000} \right) \left(\frac{r_{be}}{r_{be} + 5000 \| R_1 \| R_2} \right)$$

حاصل ہوتا ہے۔ ایسی وہ تمام قیمتیں جو اس مساوات پر پورا اتریں درست جواب ہیں۔ آئیں ہم دونوں توصییں کی قیمتیں برابر رکھ کر دیکھیں۔ ایسا کرنے سے عموماً قابل قبول جوابات حاصل ہوتے ہیں۔ یوں

$$\frac{1}{2} = \left(\frac{R_c}{R_c + 1000} \right)$$

$$\frac{1}{2} = \left(\frac{r_{be}}{r_{be} + 5000 \| R_1 \| R_2} \right)$$



شکل 3.104: ایمپلیفائر کا تخلیق

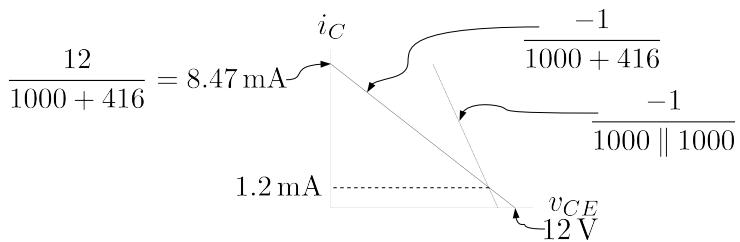
لیتے ہیں۔ یوں پہلی مساوات سے $R_b = R_1 \parallel R_2$ حاصل ہوتا ہے۔ دوسرے مساوات میں $R_c = 1\text{k}\Omega$ کو لکھتے ہیں۔

$$\frac{1}{2} = \left(\frac{r_{be}}{r_{be} + 5000 \parallel R_b} \right)$$

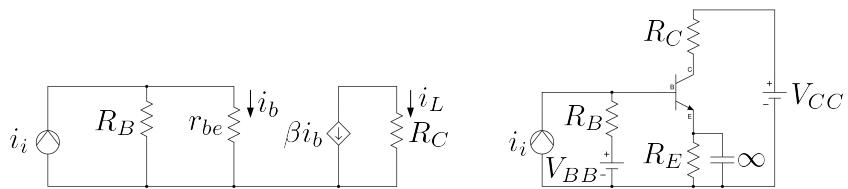
اس مساوات میں دونا معلوم متغیرات ہیں لہذا کسی ایک کی قیمت خود چنی ہو گی۔ اگر $R_b = 5\text{k}\Omega$ رکھی جائے تو $r_{be} = 2.5\text{k}\Omega$ حاصل ہوتا ہے۔ اگر $R_b \rightarrow \infty$ تصور کی جائے تو $r_{be} = 5\text{k}\Omega$ حاصل ہوتا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ R_b تبدیل کرنے سے r_{be} کی قیمت پر خاص اثر نہیں ہوتا۔ یوں ہم $R_b = 5\text{k}\Omega$ اور $r_{be} = 2.5\text{k}\Omega$ رکھتے ہیں۔ مساوات 3.33 کی مدد سے $R_e = 416\Omega$ حاصل ہوتا ہے۔ چونکہ $r_{be} = \frac{\beta}{g_m} R_b$ یعنی $I_{CQ} = \frac{\beta V_T}{R_b}$ ہوتا ہے لہذا $I_{CQ} = 1.2\text{mA}$ حاصل ہوتا ہے۔

شکل 3.105 میں یک سمتی اور بدلتی روختہ بوجھ دکھائے گئے ہیں جہاں سے آپ دیکھ سکتے ہیں کہ i_C کے حیطے کی حد 1.2mA ہے۔ یوں i_L کے حیطے کی حد 0.6mA ہے۔ اگر زیادہ حیطہ درکار ہو تو تخلیق کو اس نقطے نظر سے دوبارہ سرانجام دینا ہو گا کہ I_{CQ} درکار حیطہ فراہم کر سکے۔

$R_2 = 48\text{k}\Omega$ اور $V_{BB} = 1.2492\text{V}$ حاصل ہوتا ہے۔ یوں R_1 اور βI_{CQ} سے R_e حاصل ہوتے ہیں۔



شکل 105: خطوط پوجہ.



شکل 106: ایمپلیفائر اور اس کا باریک اشاراتی مساوی دور

آئیں شکل 106 پر غور کریں۔ اس کی افراٹش $A_i = \frac{i_L}{i_i}$ یوں حاصل کی جاسکتی ہے۔

$$\begin{aligned} A_i &= \frac{i_L}{i_i} = \frac{i_L}{i_b} \times \frac{i_b}{i_i} \\ &= -\beta \left(\frac{R_B}{R_B + r_{be}} \right) \end{aligned}$$

اس کو یہ

$$A_i = \frac{-\beta}{1 + \frac{r_{be}}{R_B}}$$

لکھتے ہوئے یہ حقیقت سامنے آتی ہے کہ زیادہ سے زیادہ افزائش اس وقت حاصل ہو گی جب

$$(3.236) \quad r_{be} \ll R_B$$

$$(3.237) \quad \frac{\beta V_T}{I_{CQ}} \ll R_B$$

ہو جہاں دوسرے قدم پر $r_{be} = \frac{\beta V_T}{I_{CQ}}$ کا استعمال کیا گیا۔ ایسا کرتے ہوئے افزائش کی جتنی قیمت ٹرانزسٹر کے β کے برابر ہو گی۔ صفحہ 260 پر مساوات 3.32 اور مندرجہ بالا شرط کو لکھتے ہیں۔

$$(3.238) \quad r_{be} = \frac{\beta V_T}{I_{CQ}} \ll R_B \ll (\beta + 1) R_E$$

مساوات 3.238 ٹرانزسٹر ایمپلیفائر تخلیق دینی کی بنیادی 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 کار کردگی β کے تبدیلی سے قابل قبول حد تک متاثر ہو گا۔ اگر اس شرط کو نجھانا ممکن نہ ہو تو یا تو کم افزائش اور یا پھر β کے تبدیلی سے نقطہ کار کردگی کا اپنی جگہ سے انحراف کو برداشت کرنا ہو گا۔

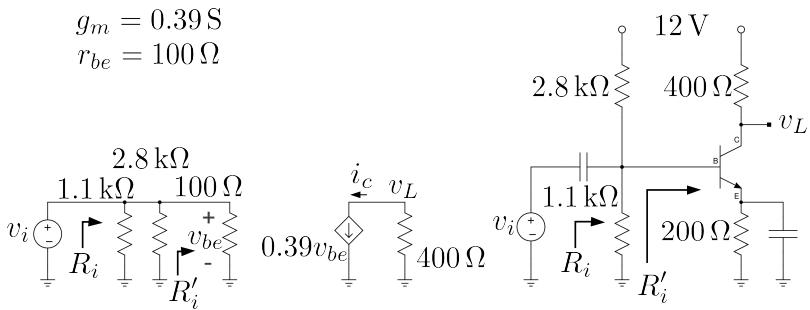
3.17 برقی بار، داخلی مزاحمت اور ایمپلیفائر کی افزائش

شکل 3.107 میں ایک ایمپلیفائر اور اس کا مساوی باریک اشاراتی دور دکھائے گئے جہاں تمام کپیسٹروں کی قیمت لا محدود ہے۔ اس کی افزائش

$$\begin{aligned} A_{v1} &= \frac{v_L}{v_i} = \frac{v_L}{i_c} \times \frac{i_c}{v_{be}} \times \frac{v_{be}}{v_i} \\ &= -400 \times 0.39 \times 1 = -156 \frac{\text{V}}{\text{V}} \end{aligned}$$

جبکہ داخلی مزاحمت R'_i

$$R'_i = 100 \Omega$$



شکل 3.107: سادہ ایمپلیفیائر

اور R_i

$$\frac{1}{R_i} = \frac{1}{2800} + \frac{1}{1100} + \frac{1}{100}$$

$$R_i = 88.76 \Omega$$

حاصل ہوتے ہیں۔ R'_i ٹرانزسٹر کے میں پر دیکھتے ہوئے مزاحمت ہے جبکہ R_i ٹرانزسٹر کو مائل کرنے والے مزاحتوں کے اثر کو بھی شامل کرتا ہے۔ شکل 3.108 میں خارجی جانب برتنی بوجھ R_L لا دا گیا ہے۔ اگر $R_L = 200 \Omega$ ہوتا ہے تو اس ایمپلیفیائر کی افزائش

$$(3.239) \quad A_{v2} = \frac{v_L}{v_i} = \frac{v_L}{i_c} \times \frac{i_c}{v_{be}} \times \frac{v_{be}}{v_i}$$

$$= - \left(\frac{400 \times 200}{400 + 200} \right) \times 0.39 \times 1 = -52 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

حاصل ہوتی ہے جبکہ اگر $R_L = 88.76 \Omega$ ہوتا ہے

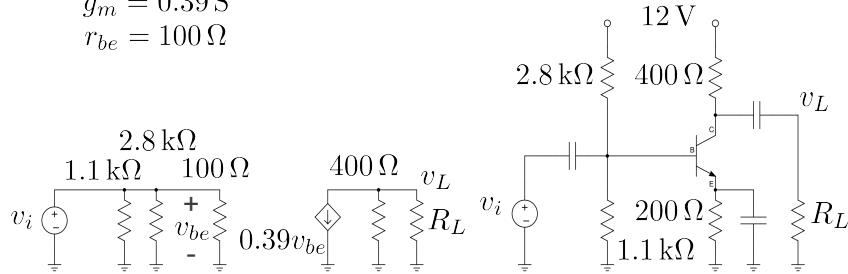
$$(3.240) \quad A_{v3} = \frac{v_L}{v_i} = \frac{v_L}{i_c} \times \frac{i_c}{v_{be}} \times \frac{v_{be}}{v_i}$$

$$= - \left(\frac{400 \times 88.76}{400 + 88.76} \right) \times 0.39 \times 1 = -28 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

حاصل ہوتا ہے۔ مندرجہ بالا دونوں اشکال میں $v_{be} = v_i$ 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 3.109 میں اس غرض سے داخلی اشارے کا

$$g_m = 0.39 \text{ S}$$

$$r_{be} = 100 \Omega$$



شکل 3.108: سادہ بوجہ سے لدا ایمپلیفیٹر

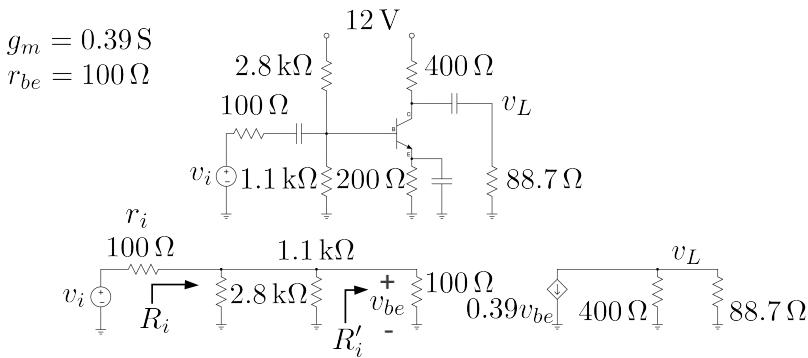
مزاحمت بھی شامل کیا گیا ہے۔ اس ایمپلیفیٹر کے لئے ہم لکھ سکتے ہیں

$$\begin{aligned} A_{v4} &= \frac{v_L}{v_i} = \frac{v_L}{i_c} \times \frac{i_c}{v_{be}} \times \frac{v_{be}}{v_i} \\ &= -\left(\frac{400 \times 88.76}{400 + 88.76}\right) \times 0.39 \times \left(\frac{R_i}{r_i + R_i}\right) \\ &= -\left(\frac{400 \times 88.76}{400 + 88.76}\right) \times 0.39 \times \left(\frac{88.76}{100 + 88.76}\right) \\ &= -28 \times 0.47 \\ &= -13 \frac{\text{V}}{\text{V}} \end{aligned}$$

جہاں r_i اور R_i کے کردار کی وجہ سے افزائش گزشتہ قیمت کے 0.47 گناہ 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 تاکلکش 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

$$\begin{aligned} v_{be} &= \left(\frac{R_i}{r_i + R_i}\right) v_i \\ &= \left(\frac{88.76}{100 + 88.76}\right) v_i \\ &= 0.47v_i \end{aligned}$$

ہو جاتا ہے جبکہ اس کے غیر موجودگی میں $v_{be} = v_i$ ہوتا ہے۔



شکل 3.109: داخلی مزاحمت کا اثر

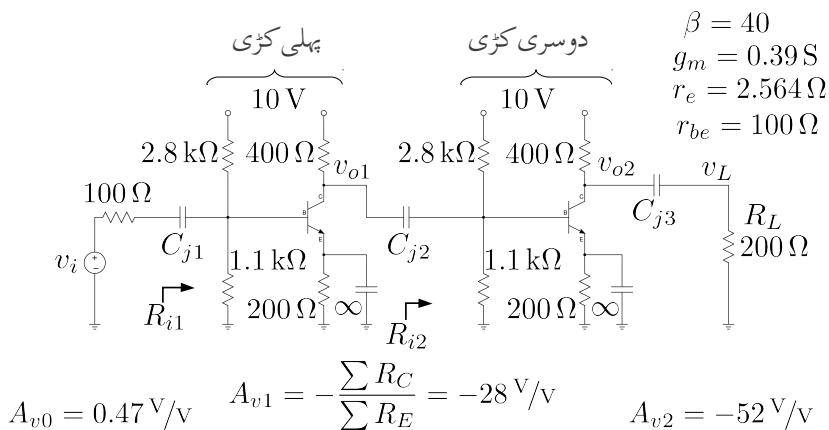
ان حقائق کو سمجھنے کے بعد زنجیری ایمپلیفیائر پر غور کرتے ہیں۔

3.18 زنجیری ایمپلیفیائر

شکل 3.110 میں دو کڑی زنجیری ایمپلیفیائر⁴⁹ دکھایا گیا ہے جس میں دو بالکل یکساں ایمپلیفیائر کو جفتی کپیسٹر C_{j2} کی مدد سے آپس میں جوڑا گیا ہے۔ ایسا کرنے سے ٹرانزسٹر کا نقطہ کار کردگی متاثر نہیں ہوتا۔ داخلی جانب 100Ω مزاحمت والا داخلی اشارہ v_i جفتی کپیسٹر C_{j1} کی مدد سے ایمپلیفیائر کی پہلی کڑی کے ساتھ جوڑا گیا ہے جبکہ خارجی جانب بر قبیل بوجھ R_L تک کی مدد سے خارجی اشارہ پہنچایا گیا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ اسی سلسلے میں مزید کڑیاں جوڑتے ہوئے زیادہ کڑیوں والا زنجیری ایمپلیفیائر حاصل کیا جا سکتا ہے۔ مزید یہ کہ کڑیوں کا یکساں ہونا بالکل ضروری نہیں۔ ہر کڑی مختلف ہو سکتی ہے۔

اسیں جلد یک سختی تجویز کریں۔ چونکہ $R_{th} \approx 790 \Omega$ اور $V_{th} \approx 2.82 \text{ V}$ میں لذرا $I_{CQ} \approx 9.7 \text{ mA}$ ہے۔ یوں $r_{be} \approx 100 \Omega$ اور $g_m = 0.39 \text{ S}$ حاصل ہوتے ہیں۔

cascaded amplifier⁴⁹



شکل 3.110: دو کڑی زنجیری ایمپلیفیائر

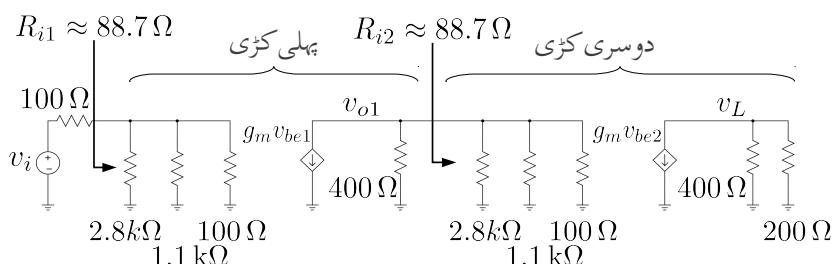
شکل 3.111 میں شکل 3.110 کا باریک اشاراتی مساوی دور دکھایا گیا ہے۔ متوازی مزاحمتون کا مجموع یعنی

$$2800 \parallel 1100 \parallel 100 = 88.7 \Omega$$

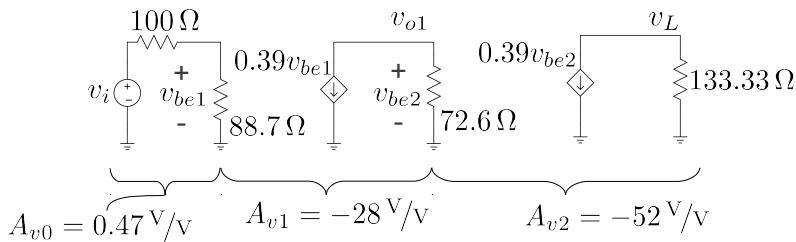
$$400 \parallel 2800 \parallel 1100 \parallel 100 = 72.6 \Omega$$

$$400 \parallel 200 = 133.33 \Omega$$

لیتے ہوئے شکل 3.112 حاصل ہوتا ہے۔



شکل 3.111: دو کڑی زنجیری ایمپلیفیائر کا باریک اشاراتی مساوی دور



شکل 3.112: دو کٹی زنجیری ایمپلیفیاٹر کا باریک اشاراتی سادہ مساوی دور

اس شکل میں

$$\begin{aligned}\frac{v_L}{v_{o1}} &= \frac{v_L}{v_{be2}} = A_{v2} = -0.39 \times 133.33 = -52 \frac{V}{V} \\ \frac{v_{o1}}{v_{be1}} &= \frac{v_{be2}}{v_{be1}} = A_{v1} = -0.39 \times 72.6 = -28 \frac{V}{V} \\ \frac{v_{be1}}{v_i} &= A_{v0} = \frac{88.7}{100 + 88.7} = 0.47 \frac{V}{V}\end{aligned}$$

لکھا جا سکتا ہے۔ یوں زنجیری ایمپلیفیاٹر کی کل افزائش زنجیری ضرب سے

$$\begin{aligned}A_v &= \frac{v_L}{v_i} = \frac{v_L}{v_{o1}} \times \frac{v_{o1}}{v_{be1}} \times \frac{v_{be1}}{v_i} \\ &= A_{v0}A_{v1}A_{v2} \\ &= 0.47 \times (-28) \times (-52) = 684 \frac{V}{V}\end{aligned}$$

حاصل ہوتی ہے۔

یہاں رک کر دوبارہ غور کریں۔ شکل 3.110 سے سیدھا شکل 3.112 حاصل کرتے ہوئے کل افزائش حاصل کی جاسکتی ہے۔ حقیقت میں اس قدم کی بھی کوئی ضرورت نہیں۔ جیسا کہ شکل 3.110 پر ہی دکھایا گیا ہے، آپ اسی شکل پر ہر کڑی کی افزائش $\frac{\sum R_C}{\sum R_E}$ حاصل کر سکتے ہیں۔ کیلکیولیٹر⁵⁰ کی مدد سے شکل کو دیکھتے ہوئے $\sum R_C$ اور $\sum R_E$ حاصل کرتے ہوئے افزائش حاصل کی جاسکتی ہے۔ یوں مثلاً دوسری کڑی میں $\sum R_C = 133\ \Omega$ جبکہ $\sum R_E = r_e = 2.56\ \Omega$

شکل 3.110 میں پہلی کڑی اور دوسری کڑی کے ایمپلیفائر کے داخلی مزاحمت R_{i1} اور R_{i2} کی وضاحت کی گئی ہے۔ شکل 3.111 میں ان کی قیمتیں

$$\frac{1}{R_{i1}} = \frac{1}{2800} + \frac{1}{1100} + \frac{1}{100}$$

$$R_{i1} = 88.7 \Omega$$

اور

$$\frac{1}{R_{i2}} = \frac{1}{2800} + \frac{1}{1100} + \frac{1}{100}$$

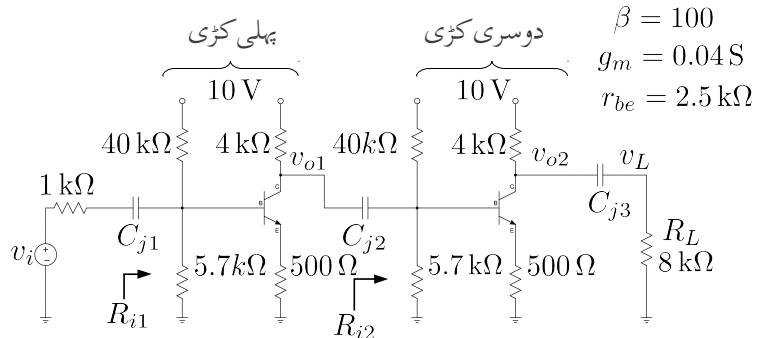
$$R_{i2} = 88.7 \Omega$$

دھکائی گئیں ہیں۔ ایمپلیفائر ٹرانزسٹر کے بیس سرے پر پائے جانے والے اشارے کی افزائش کرتا ہے۔ داخلی جانب ہم دیکھتے ہیں کہ ٹرانزسٹر کے بیس پر v_i کی بجائے $\frac{88.7v_i}{100+88.7} = 0.47v_i$ پایا جاتا ہے۔ اشارے کے قیمت میں کمی ایمپلیفائر کے داخلی مزاحمت R_{i1} کی بدولت ہے۔ v_i کے نقطہ نظر سے ایمپلیفائر 88.7Ω کا مزاحمت ہے۔ اسی طرح پہلی کڑی کے ایمپلیفائر کو دوسرا ایمپلیفائر بطور مزاحمت R_{i2} نظر آتا ہے۔

یہاں ایک مرتبہ دوبارہ مساوات 3.239 اور مساوات 3.240 نظر ڈالیں جہاں ایک کڑی کے ایمپلیفائر پر تجربہ کرتے ہوئے خارجی جانب برتنی بوجھ لادنے کے اثرات پر غور کیا گیا۔ شکل 3.110 کے دوسری کڑی کے افزائش پر 200Ω برقی بوجھ کا اثر بالکل ایسا ہی ہے جیسے شکل 3.108 میں 200Ω کے بوجھ کا ہے۔ اسی طرح شکل 3.110 میں پہلی کڑی پر دوسری کڑی کے 88.76Ω کے داخلی مزاحمت کا اثر شکل 3.108 میں 88.76Ω کے بوجھ کی طرح ہے۔

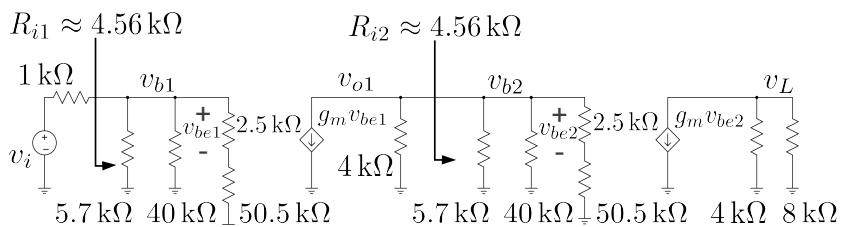
جیسا کہ آپ جانتے ہیں کہ $A_v \approx -\frac{\sum R_C}{\sum R_E}$ ہوتا ہے لہذا زیادہ β کے ٹرانزسٹر استعمال کرنے سے دوسری کڑی کی افزائش نہیں بڑھتی البتہ ایسا کرنے سے دوسری کڑی کا داخلی مزاحمت ضرور بڑھتا ہے جس سے پہلی کڑی کی افزائش بڑھے گی۔

مثال 3.50: شکل 3.113 میں $A_v = \frac{v_L}{v_i}$ حاصل کریں۔



$$A_{v0} = 0.82 \text{ V/V} \quad A_{v1} = -\frac{\sum R_C}{\sum R_E} = -4 \text{ V/V} \quad A_{v2} = -5 \text{ V/V}$$

شکل 3.113: دو کڑی زنجیری ایمپلیفیائر کا باریک اشاراتی مساوی دور



شکل 3.114: دو کڑی زنجیری ایمپلیفیائر کا باریک اشاراتی مساوی دور

حل: شکل 3.114 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 جاسکتا ہے۔

$$A_{v0} = \frac{v_{b1}}{v_i} = \frac{4560}{4560 + 1000} = 0.82 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

$$A_{v1} = \frac{v_{o1}}{v_{b1}} = -0.04 \times \frac{4000 \times 4560}{4000 + 4560} \times \frac{2500}{2500 + 50500} = -4 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

$$A_{v2} = \frac{v_L}{v_{b2}} = -0.04 \times \frac{4000 \times 8000}{4000 + 8000} \times \frac{2500}{2500 + 50500} = -5 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

لذرا

$$\begin{aligned} A_v &= \frac{v_L}{v_i} = \frac{v_L}{v_{b2}} \frac{v_{o1}}{v_{b1}} \frac{v_{b1}}{v_i} \\ &= (-5) (-4) (0.82) = 16.4 \frac{\text{V}}{\text{V}} \end{aligned}$$

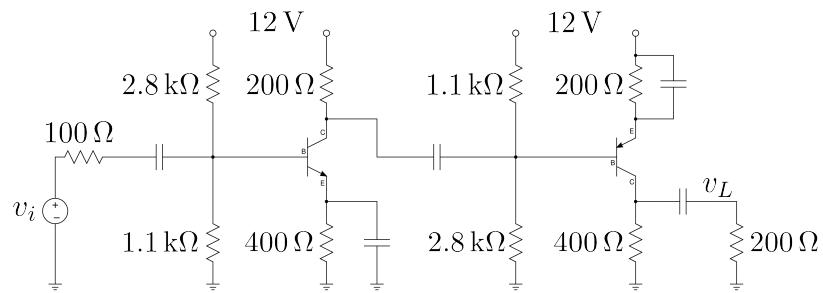
مثال 3.51: شکل 3.110 میں دوسری کڑی pnp سے بناتے ہوئے شکل 3.115 حاصل ہوتا ہے۔ اس پر اچھی طرح غور کریں۔ شکل 3.110 پر جتنی بحث کی گئی اور اس کے تمام مساوات موجودہ دور پر لاگو ہوتے ہیں۔

مثال 3.52: شکل 3.116 میں دو کڑی زنجیری یک سمتی رو ایمپلینفائز دکھایا گیا ہے۔ اس کے تمام یک سمتی متغیرات ٹھیک ٹھیک حاصل کریں۔ دونوں ٹرانزسٹر کا $\beta = 99$ ہے۔

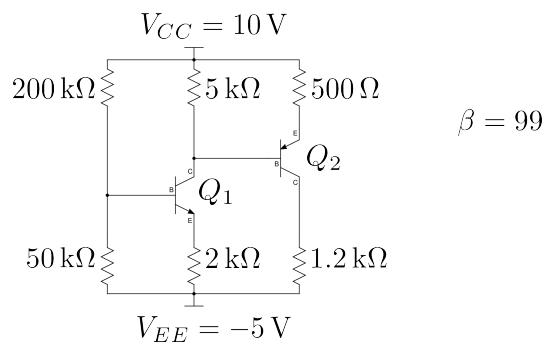
حل: Q_1 کے داخلی جانب مسئلہ تھونن کی مدد سے

$$V_{th} = \left(\frac{50000}{200000 + 50000} \right) \times [10 - (-5)] - 5 = -2 \text{ V}$$

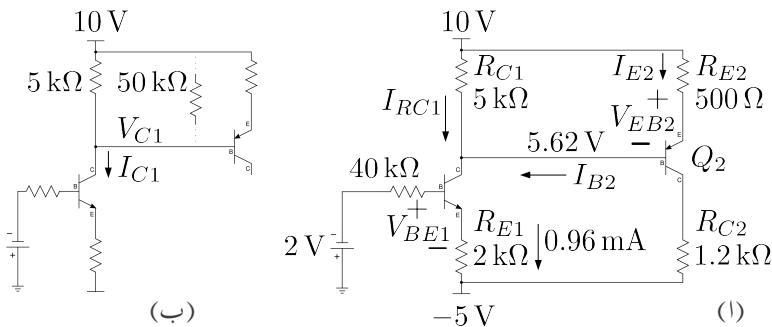
$$R_{th} = \frac{50000 \times 200000}{50000 + 200000} = 40 \text{ k}\Omega$$



شکل 3.115: دو کڑی زنجیری ایمپلیفائر



شکل 3.116: دو کڑی یک سمتی زنجیری ایمپلیفائر



شکل 3.117: دو کڑی یک سمتی زنجیری ایمپلیفیٹر

حاصل ہوتے ہیں جنہیں استعمال کرتے ہوئے شکل 3.117 اف حاصل ہوتا ہے۔ شکل 3.117 اف میں Q_1 کے داخلی جانب کرچاف کے قانون برائے برقی دباؤ کی مدد سے

$$2 + 40000 \times I_B + 0.7 + 2000 \times I_E - 5 = 0$$

لکھا جاسکتا ہے جس میں $I_B = \frac{I_E}{\beta+1}$ پُر 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 ملکھر 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۔ یوں کرچاف کے قانون برائے برقی رو کے استعمال سے

$$(3.241) \quad \begin{aligned} I_{C1} &= I_{RC1} + I_{B2} \\ 0.94875 \times 10^{-3} &= I_{RC1} + I_{B2} \end{aligned}$$

لکھا جاسکتا ہے۔ پہلے راستے پر

$$(3.242) \quad V_{C1} = V_{B2} = 10 - I_{RC1}R_{C1} = 10 - 5000I_{RC1}$$

جبکہ دوسرے راستے پر

$$(3.243) \quad \begin{aligned} V_{C1} &= V_{B2} = 10 - I_{E2}R_{E2} - V_{EB2} \\ &= 10 - (\beta + 1) I_{B2}R_{E2} - V_{EB2} \\ &= 10 - (99 + 1) \times I_{B2} \times 500 - 0.7 \\ &= 9.3 - 50000I_{B2} \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے۔ مندرجہ بالا تین مساوات کو حل کرتے ہیں۔ مساوات 3.242 اور 3.243 کو برابر لکھتے ہیں۔

$$10 - 5000I_{RC1} = 9.3 - 50000I_{B2}$$

$$5000I_{RC1} - 50000I_{B2} - 0.7 = 0$$

مساوات 3.241 سے I_{RC1} حاصل کرتے ہوئے اس مساوات میں پُر کرتے ہیں

$$5000 \left(0.94875 \times 10^{-3} - I_{B2} \right) - 50000I_{B2} - 0.7 = 0$$

جس سے

$$I_{B2} = 73.5 \mu\text{A}$$

حاصل ہوتا ہے۔ یوں

$$I_{E2} = (\beta + 1) I_{B2} = 7.35 \text{ mA}$$

$$I_{C2} = \alpha I_{E2} = 7.28 \text{ mA}$$

$$I_{RC1} = I_{C1} - I_{B2} = 0.94875 \text{ mA} - 73.5 \mu\text{A} = 0.87525 \text{ mA}$$

$$V_{B2} = V_{CC} - I_{RC1}R_{C1} = 10 - 0.87525 \times 10^{-3} \times 5000 = 5.62 \text{ V}$$

حاصل ہوتے ہیں۔ پر Q_2

$$V_{E2} = V_{B2} + V_{EB2} = 5.62 + 0.7 = 6.32 \text{ V}$$

$$V_{C2} = -5 + I_{C2}R_{C2} = -5 + 7.28 \times 10^{-3} \times 1200 = 3.736 \text{ V}$$

$$V_{EC2} = V_{E2} - V_{C2} = 6.32 - 3.736 = 2.584 \text{ V}$$

حاصل ہوتے ہیں۔ یوں Q_2 افراہندہ ہے اور حاصل کردہ جوابات درست ہوں گے۔

اسی مثال کو یوں جلدی حل کیا جاسکتا ہے۔ $I_E \approx I_C \approx$ لیتے ہوئے

$$I_{C1} \approx I_{E1} = 0.95833 \text{ mA}$$

حاصل ہوتا ہے۔ جیسے شکل 3.117 میں دکھایا گیا ہے، R_{E2} کا عکس ٹرانزسٹر Q_2 کے بیس جانب $(\beta + 1) R_{E2}$ نظر آتا ہے جو R_{C1} کے متوازی جڑا ہے۔ یوں ان کا مجموعہ

$$\frac{(\beta + 1) R_{E2} R_{C1}}{(\beta + 1) R_{E2} + R_{C1}} = 4.545 \text{ k}\Omega$$

حاصل ہوتا ہے جس سے I_{C1} گزرتا ہے۔ یوں

$$V_{C1} = V_{B2} = V_{CC} - 4545 \times 0.95833 \times 10^{-3} = 5.644 \text{ V}$$

حاصل ہوتا ہے۔ یوں

$$V_{E2} = V_{B2} + V_{EB2} = 5.644 + 0.7 = 6.344 \text{ V}$$

$$I_{E2} = \frac{V_{CC} - V_{E2}}{R_{E2}} = \frac{10 - 6.344}{500} = 7.312 \text{ mA}$$

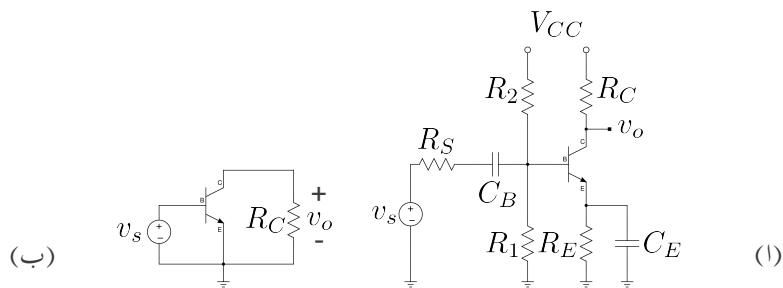
$$V_{C2} = -5 + I_{E2} R_{C2} = -5 + 7.312 \times 10^{-3} \times 1200 = 3.774 \text{ V}$$

$$V_{EC2} = V_{E2} - V_{C2} = 6.344 - 3.774 = 2.57 \text{ V}$$

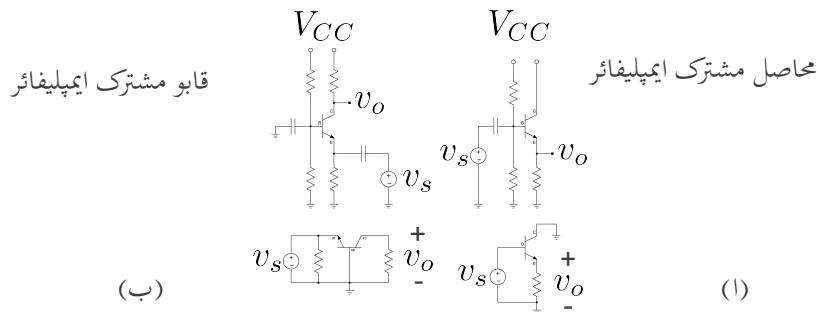
3.19 ایمٹر مشترک، کلکٹر مشترک اور بیس مشترک ایمپلیفائر

شکل الف میں ایمپلیفائر 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 مزاحت R_s کو بھی نظر انداز کیا گیا ہے تاکہ اصل نقطے پر نظر رکھنا زیادہ آسان ہو۔ اس شکل سے صاف ظاہر ہے کہ داخلی اشارے کو ٹرانزسٹر کے بیس B اور ایمٹر E کے مابین مہیا کیا گیا ہے جبکہ خارجی اشارے کو کلکٹر C اور ایمٹر E کے مابین سے حاصل کیا جاتا ہے۔ یوں ٹرانزسٹر کا ایمٹر E مشترکہ سرا ہے۔ اسی سے اس طرز کے ایمپلیفائر کو مشترکہ ایمٹر ایمپلیفائر یا ایمٹر مشترک ایمپلیفائر⁵¹ پکارا جاتا ہے۔ اگر شکل الف میں کپیسٹر C_E استعمال نہ کیا جاتا تو ٹرانزسٹر کا ایمٹر برقی زمین پر نہ ہوتا اور شکل ب میں داخلی اشارہ بیس اور برقی زمین کے مابین مہیا کیا جاتا۔ ایسی صورت میں بھی اسے ایمٹر مشترک ایمپلیفائر ہی پکارا جاتا ہے۔ اس باب میں اب تک جتنے ایمپلیفائر دیکھے گئے وہ تمام ایمٹر مشترک ایمپلیفائر تھے۔

common emitter⁵¹



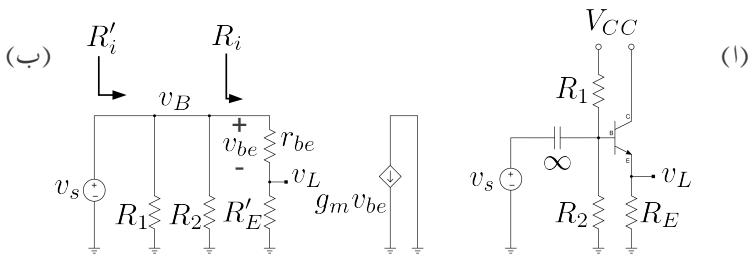
شكل 3.118: ایمٹر مشترک ایمپلیفیائر



شكل 3.119: بیس مشترک اور کلکٹر مشترک ایمپلیفیائر

شکل 3.119 الف میں کلکٹر مشترک⁵² اور اس کے نیچے اس کا مساوی باریک اشاراتی دور جبکہ شکل ب میں بیس مشترک⁵³ ایمپلیفیائر اور اس کے نیچے اس کا باریک اشاراتی مساوی دور دکھائے گئے ہیں۔ ان ایمپلیفیائر میں بھی اگر مشترک کہ سرے اور بر قی زمین کے مابین مزاحمت وغیرہ نسب ہوتا، انہیں تب بھی انہیں ناموں سے پکارا جاتا۔

common collector⁵²
common base⁵³



شکل 3.120: کلکٹر مشترک

مثال 3.53: شکل 3.120 میں

$$R_1 = 100 \text{ k}\Omega, \quad R_2 = 10 \text{ k}\Omega, \quad R_E = 1 \text{ k}\Omega \\ r_{be} = 1 \text{ k}\Omega, \quad \beta = 99$$

ہل: شکل ب میں مساوی باریک اشارتی دو دکھایا گیا ہے جہاں R'_E ٹرانزسٹر کے بیس جانب R_E کا عکسیعنی $(\beta + 1) R_E$ ہے۔ یوں

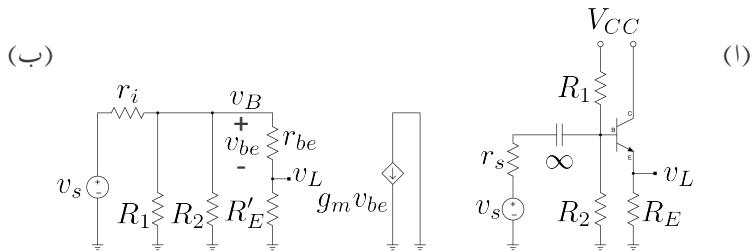
$$A_v = \frac{v_L}{v_s} = \frac{v_L}{v_B} \times \frac{v_B}{v_s} \\ = \frac{R'_E}{r_{be} + R'_E} \\ = \frac{(99 + 1) \times 1000}{1000 + (99 + 1) \times 1000} \\ = 0.99 \frac{\text{V}}{\text{V}} \approx 1 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

جبکہ

$$R_i = r_{be} + R'_E = 1000 + 100000 = 101 \text{ k}\Omega$$

اور

$$R'_i = R_1 \parallel R_2 \parallel R_i \\ = R_1 \parallel R_2 \parallel (\beta + 1) R_E$$



شكل 3.121: کلکٹر مشترک کی دوسری مثال

یعنی

$$\begin{aligned}\frac{1}{R'_i} &= \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_i} \\ &= \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{r_{be} + (\beta + 1) R_E} \\ R'_i &= 8.34 \text{ k}\Omega\end{aligned}$$

ہے۔

مثال 3.54: شکل 3.121 میں $r_i = 5 \text{ k}\Omega$ ہے جبکہ بقیا تمام متغیرات مثال 3.53 کی ہی ہیں۔ A_v حاصل کریں۔

حل: شکل ب سے

$$\begin{aligned}A_v &= \frac{v_L}{v_s} = \frac{v_L}{v_B} \times \frac{v_B}{v_s} \\ &= \frac{R'_E}{r_{be} + R'_E} \times \frac{R_1 \parallel R_2 \parallel (r_i + R'_E)}{r_i + [R_1 \parallel R_2 \parallel (r_{be} + R'_E)]} \\ &= \frac{100000}{1000 + 100000} \times \frac{8340}{5000 + 8340} \\ &= 0.99 \times 0.625 \\ &= 0.619 \frac{\text{V}}{\text{V}}\end{aligned}$$

مثال 3.53 میں ہم نے دیکھا کہ کلکٹر مشترک ایمپلیفیٹر کی افزائش بر قی 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 ایمپلیفیٹر 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 3.54 میں اسی کی وجہ سے افزائش بہت کم ہو گئی۔ آئیں داخلی مزاحمت بڑھانے کا ایک طریقہ دیکھیں۔

شکل 3.122 الف میں نقطہ دار لکیر میں بند دور کا داخلی مزاحمت حاصل کرنے کی خاطر اس پر v_t بر قی دباؤ لاگو کی جاتی ہے۔ بر قی رو i_t ناپ کر داخلی مزاحمت $\frac{v_t}{i_t}$ سے حاصل کی جاتی ہے۔ اس دور میں ہم جانتے ہیں کہ $i_t = \frac{v_t}{R}$ ناپی جائے گی جس سے داخلی مزاحمت کی قیمت R حاصل ہوتی ہے۔

آئیں یہی طریقہ شکل ب کے دور پر استعمال کرتے ہوئے اس کا داخلی مزاحمت حاصل کریں۔ v_t لاگو کرنے سے $\frac{v_t - v_e}{R}$ بر قی رو ناپا جائے گا۔ تصور کریں کہ کسی طریقے سے $v_e = 0.9v_t$ کے برابر رہتا ہے۔ یوں

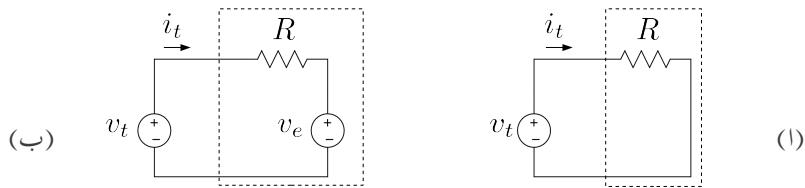
$$i_t = \frac{v_t - 0.9v_t}{R} = \frac{0.1v_t}{R}$$

ناپی جائے گی جس سے داخلی مزاحمت

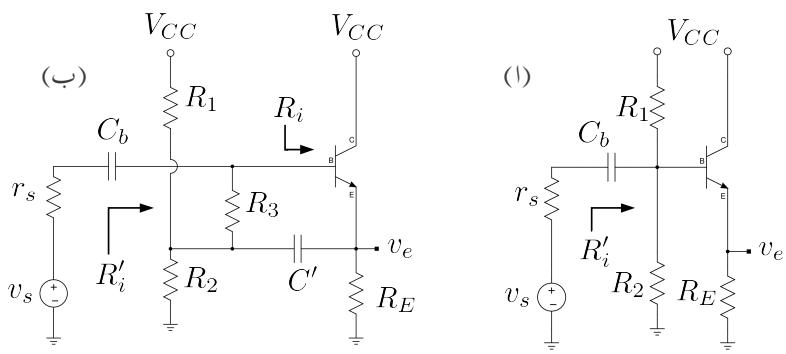
$$\frac{v_t}{i_t} = \frac{R}{0.1} = 10R$$

حاصل ہوتا ہے۔ آپ نے دیکھا کہ نقطے دار لکیر میں بند دور میں پائے جانے والے بر قی دباؤ v_e کی وجہ سے داخلی مزاحمت دس گناہ بڑھ گئی ہے۔ اگر $v_e = 0.99v_t$ ہوتا تب داخلی مزاحمت سو گناہ بڑھ جاتی۔

ہم جانتے ہیں کہ کلکٹر مشترک ایمپلیفیٹر کی افزائش تقریباً ایک کے برابر ہے یوں اس کے ایمپلیفیٹر پر v_e تقریباً اس کے بیس پر v_b کے برابر ہوتا ہے۔ اس حقیقت کو استعمال کرتے ہوئے کلکٹر مشترک ایمپلیفیٹر کی داخلی مزاحمت بڑھائی جاسکتی ہے۔ آئیں مندرجہ ذیل مثال میں ایسا ہوتے دیکھیں۔



شکل 3.122: داخلي مزاحمت پڙهانے کا طریقہ



شکل 3.123: کلکٹر مشترک کا داخلي مزاحمت پڙھایا گیا ہے

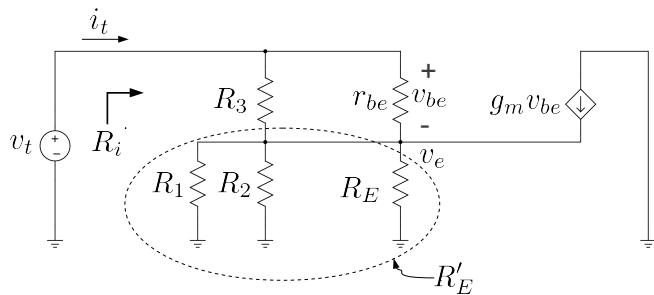
مثال 3.55: شکل 3.123 اف میں کلکٹر مشترک ایمپلیفیور دکھایا گیا ہے جس میں کچھ تبدیلی کرتے ہوئے شکل ب حاصل کی گئی ہے۔ ثابت کریں کہ شکل 3.123 ب میں دکھائے گئے دور سے داخلي مزاحمت ' R_i' ' بڑھ جاتی ہے۔ دونوں اشکال میں

$$\begin{aligned} R_1 &= 10\text{k}\Omega, & R_2 &= 1\text{k}\Omega, & R_E &= 1\text{k}\Omega \\ R_3 &= 10\text{k}\Omega, & r_{be} &= 1\text{k}\Omega, & \beta &= 99 \end{aligned}$$

ہیں۔

حل: شکل 3.124 میں مساوی باریک اشاراتی دور دکھایا گیا ہے۔ جوڑ v_e پر کرچاف کے قانون برائے برقی رو سے

$$(3.244) \quad \frac{v_e - v_t}{R_3} + \frac{v_e - v_t}{r_{be}} + \frac{v_e}{R_1} + \frac{v_e}{R_2} + \frac{v_e}{R_E} = g_m (v_t - v_e)$$



شکل 3.124: مساوی دور

لکھا جاسکتا ہے۔ شکل میں R'_E کو $R_1 \parallel R_2 \parallel R_E$ کہا گیا ہے۔ اس طرح

$$\frac{1}{R'_E} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_E}$$

لکھتے ہوئے مساوات 3.244 کو یوں

$$\frac{v_e - v_t}{R_3} + \frac{v_e - v_t}{r_{be}} + \frac{v_e}{R'_E} = g_m (v_t - v_e)$$

لیجنی

$$v_e \left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{r_{be}} + \frac{1}{R'_E} + g_m \right) = v_t \left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{r_{be}} + g_m \right)$$

لکھتے ہوئے

$$v_e = \left(\frac{\frac{1}{R_3} + \frac{1}{r_{be}} + g_m}{\frac{1}{R_3} + \frac{1}{r_{be}} + \frac{1}{R'_E} + g_m} \right) v_t$$

حاصل کرتے ہیں۔ مساوات 3.188 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

$$\begin{aligned} i_t &= \frac{v_t - v_e}{R_3} + \frac{v_t - v_e}{r_{be}} \\ &= (v_t - v_e) \left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{r_{be}} \right) \end{aligned}$$

کی قیمت پر کرنے سے

$$\begin{aligned} i_t &= \left[v_t - \left(\frac{\frac{1}{R_3} + \frac{\beta+1}{r_{be}}}{\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R'_E} + \frac{\beta+1}{r_{be}}} \right) v_t \right] \left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{r_{be}} \right) \\ &= \left[\frac{\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R'_E} + \frac{\beta+1}{r_{be}} - \frac{1}{R_3} - \frac{\beta+1}{r_{be}}}{\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R'_E} + \frac{\beta+1}{r_{be}}} \right] \left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{r_{be}} \right) v_t \\ &= \left[\frac{\frac{1}{R_3} + \frac{1}{r_{be}}}{R'_E \left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R'_E} + \frac{\beta+1}{r_{be}} \right)} \right] v_t \end{aligned}$$

یعنی

$$\frac{v_t}{i_t} = \frac{\frac{R'_E}{R_3} + 1 + \frac{(\beta+1)R'_E}{r_{be}}}{\frac{1}{R_3} + \frac{1}{r_{be}}}$$

حاصل ہوتا ہے جس سے

$$(3.245) \quad R'_i = \frac{v_t}{i_t} = \frac{\frac{r_{be}R'_E}{R_3} + r_{be} + (\beta+1)R'_E}{\frac{r_{be}}{R_3} + 1}$$

حاصل ہوتا ہے۔ چونکہ $R'_i \gg r_{be}$ لہذا $R_3 \gg r_{be}$ کو یوں لکھا جاسکتا ہے۔

$$(3.246) \quad R'_i \approx \frac{r_{be}R'_E}{R_3} + r_{be} + (\beta + 1) R'_E$$

اس کے برعکس شکل 3.123 اف 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 3.123 اف کے لئے

$$R_1 \parallel R_2 \parallel [r_{be} + (\beta + 1) R_E] = 900 \Omega$$

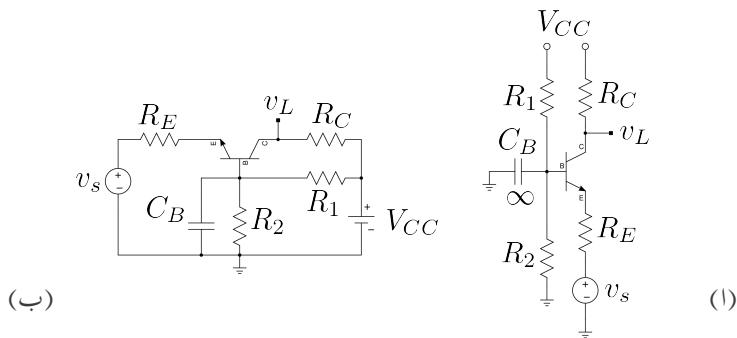
جبکہ دی گئی قیتوں سے شکل ب میں $R_E = 471 \Omega$ حاصل کرتے ہوئے شکل ب میں

$$\begin{aligned} R'_i &= \frac{\frac{r_{be}R'_E}{R_3} + r_{be} + (\beta + 1) R'_E}{\frac{r_{be}}{R_3} + 1} \\ &= \frac{\frac{1000 \times 471}{10000} + 1000 + (99 + 1) 471}{\frac{1000}{10000} + 1} \\ &= \frac{47.1 + 1000 + 47100}{0.1 + 1} \\ &= 43.77 \text{ k}\Omega \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے جو کہ سادہ کلکٹر مشترک ایمپلیفیٹر کی 900Ω کے داخلی مزاحمت سے بہت زیادہ ہے۔ اس جواب سے یہ حقیقت بھی سامنے آتی ہے کہ $\frac{r_{be}R'_E}{R_3}$ دو نظر انداز کیا جاسکتا ہے لہذا مساوات 3.246 کو

$$(3.247) \quad R'_i \approx r_{be} + (\beta + 1) R'_E$$

لکھا جاسکتا ہے۔ اس مساوات کو یاد رکھنا نہیں آسان ہے۔ شکل 3.123 ب کو دیکھتے ہوئے صاف ظاہر ہے کہ R'_i دراصل دو متوازی جڑے مزاحموں کا مجموعہ ہے۔ اس کا ایک حصہ R_3 اور اس کے ساتھ منسلک اجزاء جبکہ اس کا دوسرا حصہ ٹرانزسٹر کے بیس پر داخلی مزاحمت R_i ۔ چونکہ R_3 کے دونوں سروں پر تقریباً برابر برقی دباؤ رہتا ہے لہذا اس کی مزاحمت کو لامحدود تصور کرتے ہوئے نظر انداز کیا جاتا ہے۔ یوں داخلی مزاحمت R'_i اور R_i برابر



شکل 3.125: بیس مشترک ایمپلیفیائر

ہوں گے۔ C' کو قصر دور تصور کرتے ہوئے ہم دیکھتے ہیں کہ ٹرانزسٹر کے ایکٹر پر کل $R_1 \parallel R_2 \parallel R_E$ یعنی $R'_E = R_1 + (R_2 + R_E)$ مزاحمت نسب ہے۔ یوں ٹرانزسٹر کے بین پر داخلی مزاحمت $r_{be} + (\beta + 1) R'_E$ ہو گی جو مطلوبہ جواب ہے۔

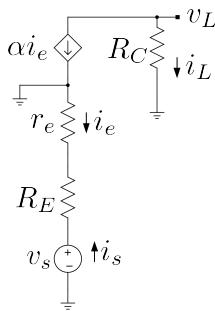
مثال 3.56: شکل 3.125 الف میں بیس مشترک ایمپلیفیائر دکھایا گیا ہے۔ اسے عموماً شکل ب کے طرز پر بنایا جاتا ہے جہاں داخلی جانب کو باسیں ہاتھ اور خارجی جانب کو دائیں ہاتھ پر رکھا گیا ہے۔ اسے $A_v = \frac{v_L}{v_s}$ اور $A_i = \frac{i_L}{i_s}$ حاصل کریں۔

حل: شکل 3.126 میں ٹرانزسٹر کا ٹی-ریاضی فونہ استعمال کرتے ہوئے اس کا باریک اشارتی مساوی دور دکھایا گیا ہے۔ صفحہ 334 پر شکل 3.76 میں ٹی-ریاضی فونہ دکھایا گیا ہے۔ بیس مشترک ایمپلیفیائر کو ٹی-ریاضی فونہ سے حل کرنا زیادہ آسان ثابت ہوتا ہے۔ اس شکل میں

$$i_s = \frac{v_s}{R_E + r_e}$$

ہے۔ یوں

$$i_e = -is = -\frac{v_s}{R_E + r_e}$$



شکل 3.126: بیس مشترک ایمپلیفیٹر باریک اشاراتی مساوی دور

اور

$$i_c = \alpha i_e = -\frac{\alpha v_s}{R_E + r_e}$$

ہوں گے جس سے

$$v_L = -i_c R_C = \frac{\alpha R_C v_s}{R_E + r_e}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اس طرح

$$A_v = \frac{v_L}{v_s} = \frac{\alpha R_C}{R_E + r_e}$$

ہو گا۔

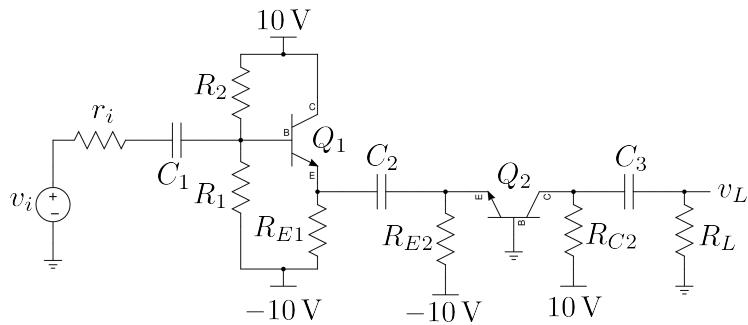
چونکہ

$$i_L = -i_c = -\alpha i_e = \alpha i_s$$

ہے لہذا

$$A_i = \frac{i_L}{i_s} = \alpha$$

حاصل ہوتا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ بیس مشترک ایمپلیفیٹر بر قی دباؤ کی افزائش کر پاتا ہے جبکہ اس کی بر قی روکی افزائش α کے برابر ہے۔



شکل 3.127: ایمٹر مشترک اور بیس مشترک کا زنجیری ایمپلیفیاٹر

مثال 3.57: شکل 3.127 میں ایمٹر مشترک اور بیس مشترک کا زنجیری ایمپلیفیاٹر دکھایا گیا ہے جس میں

$$\begin{aligned} R_1 &= 20 \text{ k}\Omega, & R_2 &= 160 \text{ k}\Omega, & R_{E1} &= 1 \text{ k}\Omega \\ R_{E2} &= 9.3 \text{ k}\Omega, & R_{C2} &= 5 \text{ k}\Omega, & R_L &= 5 \text{ k}\Omega \\ r_i &= 1 \text{ k}\Omega \end{aligned}$$

ہیں جبکہ ٹرانزسٹر کا $A_v = \frac{v_L}{v_i}$ حاصل کریں۔ تمام کپیسٹروں کی قیمت لامحدود تصور کریں۔

حل: پہلے یک سمیت متغیرات حاصل کرتے ہیں۔ ایسا کرتے ہوئے تمام کپیسٹر کھلے دور کردار ادا کریں گے۔ یوں دونوں ایمپلیفیاٹر کو کامل طور پر علیحدہ سمجھ کر حل کیا جائے گا۔ پہلے Q_1 پر مبنی ایمٹر مشترک کو حل کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned} V_{BB1} &= \left(\frac{10 + 10}{20000 + 160000} \right) \times 20000 - 10 = -7.777 \text{ V} \\ R_{B1} &= \frac{20000 \times 160000}{20000 + 160000} = 17.778 \text{ k}\Omega \end{aligned}$$

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 بین مشترک کو حل کرتے ہیں۔

$$I_C \approx I_{E2} = \frac{V_B - V_{BE} - V_{EE}}{R_E} = \frac{0 - 0.7 + 10}{9300} = 1 \text{ mA}$$

اور یوں

$$g_{m2} = \frac{1 \times 10^{-3}}{25 \times 10^{-3}} = 40 \text{ mS}$$

$$r_{e2} \approx \frac{1}{g_{m2}} = \frac{1}{0.04} = 25 \Omega$$

حاصل ہوتے ہیں۔

ایمپلیفیٹر کے لئے پائے ریاضی نمونہ جبکہ بین مشترک کے لئے ٹی ریاضی نمونہ کو پائے ریاضی نمونہ کے طرز پر بناتے ہوئے زنجیری ایمپلیفیٹر کا باریک اشارتی مساوی دور شکل 3.128 میں دکھایا گیا ہے۔ R_{E1} اور r_{e2} متوالی جڑے ہیں جن کا مساوی مزاحمت 24Ω ہے۔ اس کو $(\beta + 1)$ سے ضرب دیتے ہوئے ایمپلیفیٹر مشترک کے پائے ریاضی نمونہ میں داخلی اور خارجی دائروں کو علیحدہ کیا جاسکتا ہے۔ ایسا کرتے ہوئے شکل 3.129 حاصل ہوتا ہے جہاں $R'_E = 2.4 \text{ k}\Omega$ کہا گیا ہے۔ یعنی $R'_E = (\beta + 1) \times 24$ ہے۔

یوں

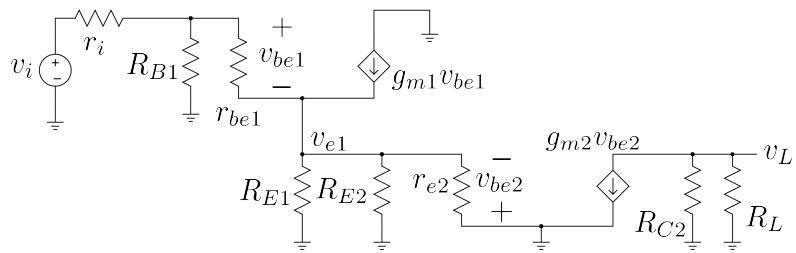
$$A_v = \frac{v_L}{v_i} = \frac{v_L}{v_{be2}} \times \frac{v_{be2}}{v_{e2}} \times \frac{v_{e2}}{v_{b1}} \times \frac{v_{b1}}{v_i}$$

لکھا جا سکتا ہے۔ شکل کو دیکھتے ہوئے

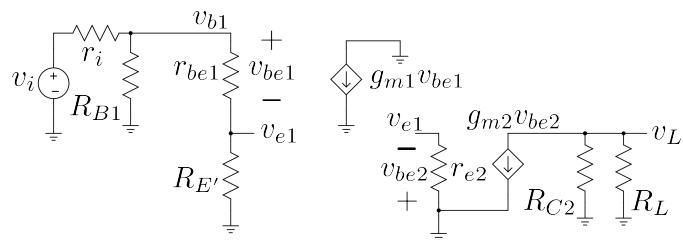
$$\frac{v_L}{v_{be2}} = -g_{m2} (R_C \parallel R_L) = -0.04 \left(\frac{5000 \times 5000}{5000 + 5000} \right) = -100$$

$$\frac{v_{be2}}{v_{e2}} = -1$$

$$\frac{v_{e2}}{v_{b1}} = \frac{R'_E}{r_{be1} + R'_E} = \frac{2400}{1938 + 2400} = 0.553$$



شکل 3.128: ایمپ مشترک اور بیس مشترک کا زنجیری ایمپلیفائر کا مساوی باریک اشاراتی دور



شکل 3.129

کھا جاسکتا ہے۔

$$R_{B1} \parallel (r_{be1} + R'_E) = \frac{17778 \times (1938 + 2400)}{17778 + 1938 + 2400} = 3487 \Omega$$

لیتے ہوئے

$$\frac{v_{b1}}{v_i} = \frac{3487}{r_i + 3487} = \frac{3487}{1000 + 3487} = 0.777$$

حاصل ہوتا ہے۔ یوں

$$A_v = (-100)(-1) \times 0.553 \times 0.777 = 43 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

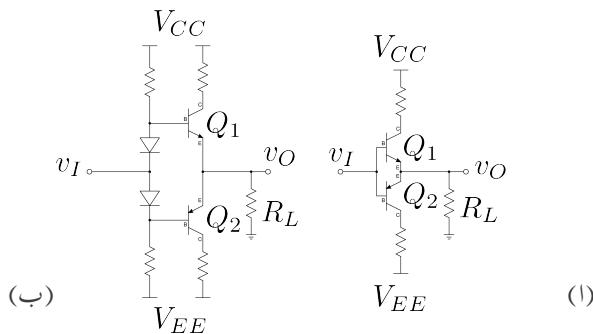
حاصل ہوتا ہے۔

3.20 خطی لحاظ سے ایمپلیفائر کی درجہ بندی

اب تک تمام ایمپلیفائر میں ٹرانزسٹر کے نقطہ کار کردگی کو یوں رکھا گیا کہ ٹرانزسٹر تمام اوقات خطی نحطے میں رہے۔ ایسا ایمپلیفائر جو 360 زاویے کے اشارے کو بڑھانے کی صلاحیت رکھتا ہے درجہ الف⁵⁵ کا ایمپلیفائر کہلاتا ہے۔ داخلی اشارے کے عدم موجودگی میں بھی ایسے ایمپلیفائر میں I_{CQ} بر قریب 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 قطعاً قابل قبول نہیں۔⁵⁶

ٹرانزسٹر کے نقطہ کار کردگی کو $V_{CE,dd}$ ⁵⁷ سے قدر نیچے رکھنے سے 0 I_{CQ} ٹرانزسٹر کی صورت میں، ثابت اشارے کی موجودگی میں ٹرانزسٹر چالو ہو جاتا ہے اور ایمپلیفائر کام کرنا شروع کر دیتا ہے جبکہ منفی اشارے کی صورت میں ٹرانزسٹر مقطوع رہتا ہے اور یوں ایسا ایمپلیفائر منفی اشارہ بڑھانے کی صلاحیت نہیں رکھتا۔ pnp ٹرانزسٹر کی صورت میں ایسا ایمپلیفائر صرف منفی اشارے کو بڑھانے کی صلاحیت رکھتا ہے۔ ایسا ایمپلیفائر جو 180 زاویے پر اشارہ بڑھائے درجہ ب class A⁵⁵ کے ایمپلیفائر کہلاتا ہے۔

class A⁵⁵
آپ کہیں نہیں چاہیں گے کہ آپ کسے موبائل کی پیشی بغیر استعمال کسے ختم ہو جائے۔⁵⁶
class B⁵⁷



شكل 3.130: درجہ ب ایکپلیفاٹر

شکل 3.130 الف میں دو عدد درجہ ب ایکپلیفاٹر جوڑتے ہوئے ایک ایسا ایکپلیفاٹر تخلیق دیا گیا ہے جو 360 زاویے پر کام کرتا ہے۔ داخلی اشارے کی عدم موجودگی میں $V_{BE} = V_{EB} = 0\text{V}$ ہوتا ہے۔ یوں دونوں ٹرانزسٹر منقطع رہتے ہیں اور ان میں طاقت کا ضایع نہیں پایا جاتا۔ ثبت اشارے کی صورت میں Q_1 چالو ہو جاتا ہے جبکہ منقی اشارے کی صورت میں Q_2 چالو ہو جاتا ہے۔ یوں $v_O \approx v_I$ حاصل ہوتا ہے۔ اگر داخلی اشارہ 0.7V سے کم ہو تو ٹرانزسٹر چالو نہ ہو سکیں گے۔ شکل ب میں اس مسئلے کو حل کرنا دکھایا گیا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ دونوں ڈائیڈ سیدھے مائل ہیں اور یوں ان پر تقریباً 0.7V پایا جائے گا۔ یوں معمولی ثبت ہیٹلے پر ہی Q_1 چالو ہو جائے گا اور اسی طرح معمولی منقی ہیٹلے پر Q_2 چالو ہو جائے گا۔

درجہ ب ایکپلیفاٹر کے خارجی اشارے کی شکل بگری ہوتی ہے۔ اس کی شکل درست کرنے کی خاطر درجہ الف اور درجہ ب کی درمیانی صورت اختیار کی جاتی ہے جہاں ایکپلیفاٹر 180° سے قدر زیادہ زاویے تک کام کرے۔ ایسے ایکپلیفاٹر کو درجہ الف-ب⁵⁸ ایکپلیفاٹر کہا جاتا ہے۔

درجہ پ⁵⁹ ایکپلیفاٹر سے مراد ایسا ایکپلیفاٹر ہے جو 180° سے کم زاویے پر کام کرتا ہو۔ ایسے ایکپلیفاٹر انہتائی بلند تعداد⁶⁰ پر استعمال کئے جاتے ہیں جہاں ٹرانزسٹر کے خارجی جانب LC کی مدد سے درکار خارجی اشارہ پیدا کیا جاتا ہے۔

درجہ ت⁶¹ ایکپلیفاٹر سے مراد ایسا ایکپلیفاٹر ہے جس میں ٹرانزسٹر بطور سونج کام کرتا ہو۔ ٹرانزسٹر یا مکمل چالو اور یا پھر مکمل منقطع رہتا ہے۔

class AB⁵⁸

class C⁵⁹

RF⁶⁰

class D⁶¹

3.21 ٹرانزسٹر سے ڈائیوڈ کا حصول

مخلوط ادوار میں حقیقت میں ڈائیوڈ از خود نہیں بنایا جاتا بلکہ اس کی جگہ ٹرانزسٹر بنایا جاتا ہے اور اس ٹرانزسٹر کے بین کو ٹلکٹر کے ساتھ جوڑ کر بطور ڈائیوڈ استعمال کیا جاتا ہے۔ شکل 3.131 الف میں npn استعمال کرتے ہوئے ڈائیوڈ حاصل کیا گیا ہے۔ ساتھ ہی ڈائیوڈ کھا کر ٹرانزسٹر سے حاصل ڈائیوڈ کی سمت دکھانی لگی ہے۔ چونکہ ٹرانزسٹر کے بین اور ٹلکٹر آپس میں جڑے ہیں لہذا $v_{BE} = v_t$ 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 ٹلکٹر اور ٹیٹر کے مابین v_t بر قی 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 دباؤ 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

$$i_t = \frac{v_t}{r_{be}} + g_m v_t$$

$$= \left(\frac{1 + g_m r_{be}}{r_{be}} \right) v_t$$

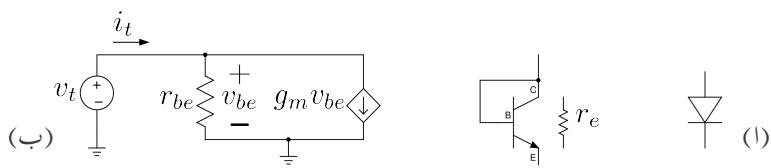
$$= \left(\frac{1 + \beta}{r_{be}} \right) v_t$$

حاصل ہوتا ہے جہاں دوسرے قدم پر $\beta = g_m r_{be}$ کا استعمال کیا گیا ہے۔ یوں

$$(3.248) \quad \frac{v_t}{i_t} = \frac{r_{be}}{1 + \beta} = r_e$$

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 3.131 الف میں ٹرانزسٹر کے سامنے ٹلکٹر اور ٹیٹر کے مابین r_e مزاحمت اسی کو ظاہر کر رہی ہے۔

مثال 3.58: ایک ٹرانزسٹر کے ٹلکٹر اور بین کو آپس میں جوڑ کر ٹرانزسٹر کو بطور ڈائیوڈ استعمال کیا جا رہا ہے۔ اس ٹرانزسٹر میں A کا یک سمی بر قی رو پایا جاتا ہے۔ اس ڈائیوڈ کی باریک اشاراتی مزاحمت حاصل کریں۔



شکل 3.131: ٹرانزسٹر سے ڈائیوڈ کا حصول

حل پر 1 mA

$$g_m = \frac{I_C}{V_T} = \frac{1 \times 10^{-3}}{25 \times 10^{-3}} = 0.04 \text{ S}$$

$$r_e \approx \frac{1}{g_m} = \frac{1}{0.04} = 25 \Omega$$

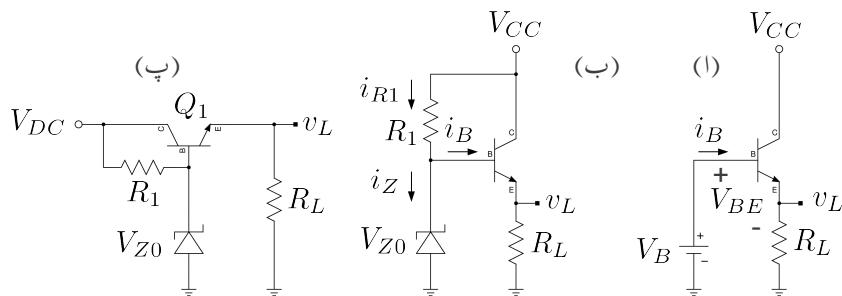
حاصل ہوتے ہے لہذا اس ڈائیوڈ کا باریک اشاراتی داخلی مزاحمت 25Ω ہے۔

3.22 منبع برقی دباؤ

صفحہ 194 پر مثال 2.20 میں آپ نے دیکھا کہ زیز ڈائیوڈ میں برقی رو کے تبدیلی کی وجہ سے منج کے برقی دباؤ میں تبدیلی پیدا ہوتی ہے۔ اس حصے میں زیز ڈائیوڈ کے برقی رو میں تبدیلی کو کم کرتے ہوئے بہتر منج بنائی جائے گی۔

شکل 3.132 الف مشترکہ ایکٹر ایکلیفیٹر ہے جس کے داخلی جانب بیٹری سے V_B برقی دباؤ مہیا کی گئی ہے۔ یوں خارجی جانب $v_L = V_B - V_{BE}$ ہو گا۔ برقی بوجھ R_L میں برقی رو i_L کی قیمت $\frac{v_L}{R_L}$ ہو گی اور بیٹری سے برقی رو حاصل کی جائے گی۔

شکل ب میں بیٹری کی جگہ مزاحمت R_1 اور زیز ڈائیوڈ استعمال کیا گیا ہے۔ زیز ڈائیوڈ کو غیر قابو صورت میں تصور کرتے ہوئے ٹرانزسٹر کے بیس پر $V_{Z0} - V_{BE}$ برقی دباؤ پایا جائے گا اور یوں $v_L = V_{Z0} - V_{BE}$ ہو گا۔



شکل 3.132: مشترکہ ایمٹر بطور منبع برقی دباؤ

کی صورت میں $R_L \rightarrow \infty$ ہو گا۔ اسی طرح

$$(3.249) \quad i_{R1} = \frac{V_{CC} - V_{Z0}}{R_1}$$

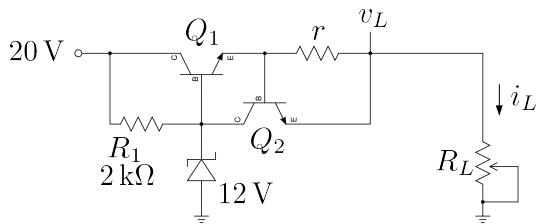
$i_Z = i_{R1} - i_B$ کی صورت میں کرچاف کے قانون برائے برقی رو حاصل ہوتا ہے۔ اب تصور کریں کہ R_L کی قیمت محدود اور $0 \Omega < R_L < \infty$ سے زیادہ یعنی $i_L = 0 A$ اور $i_B = \frac{i_L}{\beta+1}$ ہوں گے۔ اب بھی i_{R1} مندرجہ بالا مساوات سے ہی حاصل ہو گی۔ البتہ $i_L = \frac{v_L}{R_L}$ اور $i_B = \frac{v_L}{R_1}$ ہوں گے۔

$$\begin{aligned} i_Z &= i_{R1} - i_B \\ &= \frac{V_{CC} - V_{Z0}}{R_1} - \frac{i_L}{\beta+1} \end{aligned}$$

ہو گا۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ v_L کی قیمت کا دارو مدار صرف زیر ڈائیوڈ کے برائی 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 Δi_L تبدیلی سے i_B میں صرف $\frac{\Delta i_L}{\beta+1}$ تبدیلی رونما ہو گی۔ $\beta = 99$ کی صورت میں i_L کے تبدیلی کو سو گناہم کر دیا گیا ہے۔ یوں زیر ڈائیوڈ کے برائی رو میں بھی سو گناہم تبدیلی پیدا ہو گی جس سے زیر ڈائیوڈ پر پائے جانے والے برائی دباؤ میں تبدیلی بھی سو گناہم ہو گی۔

voltage source⁶²



شكل 3.133: ٹرانزسٹر سے حاصل منبع برقی دباؤ

شکل 3.132 پ میں اگر R_L کی مزاحمت نہیں کم کر دی جائے یا منبع کے خارجی جانب کو برتنی 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 برتنی روکی حد مقرر کر دی جاتی ہے۔ اس حد سے کم برتنی روکی صورت میں منع بالکل عام حالت کی طرح کام کرتے ہوئے مقرر برتنی دباؤ مہیا کرتی ہے البتہ جیسے ہی برتنی روکی حد سے تجاوز کرنے کی کوشش کرے، منع خارجی برتنی دباؤ کو گھٹا کر برتنی روکی حد کے اندر رکھتی ہے۔ شکل 3.133 میں ٹرانزسٹر Q_2 اور مزاحمت r اسی مقصد کی خاطر منع میں نسب کئے گئے ہیں۔

برتنی روکی مزاحمت r میں گزرتے ہوئے اس پر i_{Lr} برتنی 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 منقطع رہے گا اور اس کا کسی قسم کا کوئی کردار نہیں ہو گا۔ البتہ اگر i_L بڑھتے ہوئے اتنی ہو جائے کہ $V_{BE} \geq 0.5\text{V}$ ہو، تب Q_2 چالو ہو کر i_S میں اضافہ پیدا کرتے ہوئے خارجی برتنی دباؤ v_L گھٹائے گا۔

r کی صورت میں i_L کی حد $i_B = \frac{0.5}{2.5} = 200\text{mA}$ ہو گی۔ اتنی برتنی روپر بھی Q_1 کا i_B صرف 2mA ہے۔ چالو Q_2 جیسے ہی 4mA سے زیادہ برتنی روکزارے گا اسی وقت زیز ڈائیوڈ غیر قابو حالت سے نکل آئے گا اور اس پر برتنی دباؤ 12V سے گھٹ جائیں گے۔ بُری ترین صورت اس وقت پیش آئے گی جب $v_L = 0\text{V}$ ہوں۔ ایسا خارجی جانب قصر دور ہونے سے ہو سکتا ہے۔ اس وقت V_{CE} کو مد نظر رکھتے ہوئے Q_2

$$\frac{20 - 0.2}{2000} = 9.9\text{mA}$$

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 200 mA سے کم برقی رو گزارنے پر مجبور نہیں کر سکتا چونکہ ایسا ہوتے ہی $V_{BE} < 0.5 \text{ V}$ چالو نہیں رہ سکے گا۔

برقی رو کا حد مقرر کرنے کی خاطر استعمال کئے گئے مزاحمت r کی وجہ سے خارجی برقی دباؤ v_L پر اثر ہوتا ہے جس سے $v_L = V_{Z0} - i_L r$ لیکن جیسا آپ نے دیکھا اس مزاحمت کی قیمت نہایت کم ہوتی ہے اور کم برقی رو پر اس کے اثر کو نظر انداز کیا جاسکتا ہے۔ اس مزاحمت کے اثر کو منبع میں مزید پر زے نسب کر کے ختم کیا جاسکتا ہے۔

3.23 ٹرانزسٹر لیگ ایمپلیفیائر

شکل 3.134 میں ٹرانزسٹر لیگ ایمپلیفیائر⁶³ دکھایا گیا ہے۔ $v_k = v_n = 0 \text{ V}$ ہونے کی بدولت

$$i_I = \frac{v_I}{R}$$

لکھا جاسکتا ہے۔ کرچاف کے قانون برائے برقی رو سے $i_I = i_C$ ہو گا جہاں مساوات 3.55 کے تحت

$$i_C \approx I_S e^{\frac{v_{BE}}{V_T}}$$

لیتے ہوئے یوں لکھا جاسکتا ہے۔ $v_{BE} = -v_O$

$$\frac{v_I}{R} = I_S e^{\frac{v_{BE}}{V_T}}$$

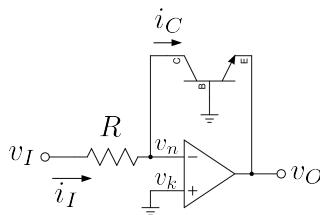
$$= I_S e^{-\frac{v_O}{V_T}}$$

جس سے

$$(3.250) \quad v_O = -V_T \ln \frac{v_I}{I_S R}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اس مساوات کے تحت خارجی برقی دباؤ v_O داخلی برقی دباؤ کے قدرتی لیگ⁶⁴ کے برابر ہے۔ یہاں رک کر شکل 2.24 کو بھی ایک نظر دیکھیں۔

⁶³ log amplifier
⁶⁴ ln



شكل 3.134: ٹرانزسٹر لاگ ایمپلیفیائر

3.24 شائکی ٹرانزسٹر

غیر افزائندہ ٹرانزسٹر کے BE اور BC جوڑ سیدھے مائل ہوتے ہیں۔ جیسے حصہ 2.20.1 میں بتایا گیا، سیدھے مائل pn جوڑ کا نفوذی کپیسٹر کافی زیادہ ہوتا ہے۔ یوں اگر ٹرانزسٹر کو افزائندہ نحٹے میں لانا ہو تو پہلے ان کپیسٹروں میں ذخیرہ برق بار⁶⁵ کی نکاسی کرنی ہو گی۔ زیادہ بڑے کپیسٹر کی نکاسی زیادہ دیر میں ہوتی ہے لہذا ایسا ٹرانزسٹر زیادہ تیزی سے غیر-افزائندہ حال سے افزائندہ حال میں نہیں لایا جاسکتا۔ اگر کسی طرح ان کپیسٹروں کی قیمت کم کر دی جائے تو ٹرانزسٹر زیادہ تیز رفتار پر کام کرنے کے قابل ہو جائے گا۔

شكل 3.135 الف میں ٹرانزسٹر کے بیس اور ٹلکٹر کے درمیان شائکی ڈائیوڈ نسب کیا گیا ہے۔ ایسا کرنے سے شائکی ٹرانزسٹر⁶⁶ وجود میں آتا ہے جس کی علامت شکل ب میں دکھائی گئی ہے۔ شائکی ٹرانزسٹر کی کارکردگی شکل 3.136 میں دئے ایک پلیفار کی مدد سے دیکھتے ہیں۔ چالو ٹرانزسٹر کا $V_{BE} = 0.7V$ ہوتا ہے۔ اگر ٹرانزسٹر افزائندہ حال میں ہوت ب شائکی ڈائیوڈ 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 شائکی ڈائیوڈ 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 شائکی ڈائیوڈ 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 برقی رو قابل نظر انداز ہوتی ہے۔ یوں صفحہ 174 پر دئے مساوات 2.66 کے تحت اس جوڑ کی نفوذی کپیسٹنس بھی قابل نظر انداز ہو گی۔ کپیسٹر کے کم ہونے کی وجہ سے یہ ٹرانزسٹر زیادہ رفتار پر کام کر پائے گا۔

charge⁶⁵
Schottky transistor⁶⁶

کرچاف کے قانون برائے برقی دباؤ سے ہم دیکھتے ہیں کہ

$$V_{BE} = V_{CE} + V_D$$

کے برابر ہے۔ یوں شاکی ڈائیوڈ کے سیدھے برقی دباؤ کو 0.3 V لیتے ہوئے ہم دیکھتے ہیں کہ $V_{CE} = 0.4\text{ V}$ حاصل ہوتا ہے۔ یہ اہم حقیقت ہے جس کے مطابق شاکی ٹرانزسٹر کا V_{CE} کسی صورت سے کم نہیں ہو سکتا اور یوں یہ کبھی بھی غیر افزائندہ حال میں نہیں پایا جائے گا۔

شکل میں یوں

$$I_{RB} = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B} = \frac{9.7 - 0.7}{10000} = 0.9\text{ mA}$$

$$I_{RC} = \frac{V_{CC} - V_{CE}}{R_C} = \frac{9.4 - 0.4}{1200} = 7.5\text{ mA}$$

حاصل ہوتے ہیں۔ مزید کرچاف 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

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

$$= I_{RB} - \frac{I_C}{\beta} + I_{RC}$$

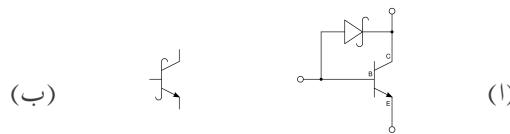
لیتی

$$I_C = 8.316\text{ mA}$$

حاصل ہوتا ہے۔ یوں

$$I_D = I_C - I_{RC} = 0.816\text{ mA}$$

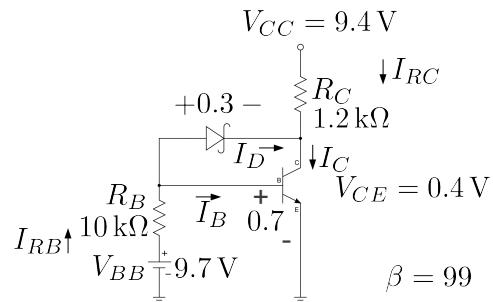
ہوں گے۔



شکل 3.135: شائکی ٹرانزسٹر کی بناؤت اور علامت

$$\begin{aligned}V_{CE} &= V_{BE} - V_D \\&= 0.7 - 0.3 \\&= 0.4 \text{ V}\end{aligned}$$

شائکی ٹرانزسٹر کبھی
جسی غیر افزائندہ نہیں ہوتا



شکل 3.136: شائکی ایمپلیفائر

3.25 قوی ٹرانزسٹر

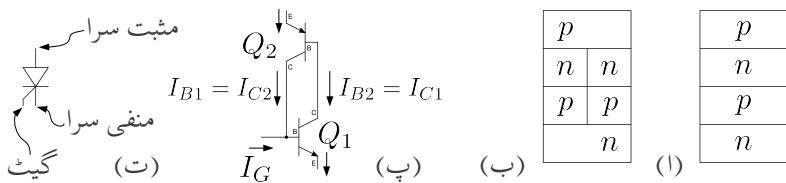
سیکان پتھی پر ٹرانزسٹر کا رقبہ بڑھا کر زیادہ طاقت کے ٹرانزسٹر بنائے جاتے ہیں۔ کئی ایمپیسر اور کئی سوولٹ تک کام کرنے والے ایسے قوی ٹرانزسٹر⁶⁷ زیادہ طاقت قابو کرنے میں کام آتے ہیں۔ اس طرح کے متعدد ٹرانزسٹر متوازی جوڑ کر مزید زیادہ برقی رو کو قابو کیا جاتا ہے۔ یک سمتی سے بدلتی رو برقی دباؤ بناتے انورٹر⁶⁸ میں انہیں عموماً استعمال کیا جاتا ہے۔ قوی ٹرانزسٹر ایک مائکرو سینٹ کے لگ بھگ دورانیہ میں چالو سے منقطع یا منقطع سے چالو حالت میں لائے جاسکتے ہیں۔

برقی طاقت کا ضیاع قوی ٹرانزسٹر کو گرم کرتے ہوئے اس کا درجہ حرارت بڑھاتا ہے۔ ٹرانزسٹر کا درجہ حرارت بڑھنے سے اس کا V_{BE} گھشتتا 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 مکلف کو عموماً موصل نالی دار دھاتی چادر⁶⁹ کے ساتھ جوڑ کر مٹھدار کھا جاتا ہے۔ تمام ٹرانزسٹر کو 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۔

3.26 قابو ریکٹیفائر

شکل 3.137 میں p اور n کے چار تہہ کا پر زہ دکھایا گیا ہے جسے قابو ریکٹیفائر⁷⁰ کہتے ہیں۔ شکل ب کے درمیان لکیر لگا کر اسی کو آپس میں جڑے npn اور pnp ٹرانزسٹر دکھایا گیا ہے جس سے شکل پ پ حاصل ہوتا ہے۔ قابو ریکٹیفائر کے عموماً تین سرے باہر میا کئے جاتے ہیں جنہیں ہم مثبت سرا⁷¹، منفی سرا⁷² اور گیٹ⁷³ کہیں گے۔ گیٹ عموماً npn کا میں ہوتا ہے۔ قابو ریکٹیفائر کی علامت شکل ت میں دکھائی گئی ہے۔

power transistor ⁶⁷
inverter ⁶⁸
heat sink ⁶⁹
scr, thyristor ⁷⁰
anode ⁷¹
cathode ⁷²
gate ⁷³



شكل 3.137: قابو ریکھیفار

قابو ریکھیفار کی کارکردگی با اسانی شکل پ کی مدد سے سمجھی جاسکتی ہے۔ تصور کریں کہ دونوں ٹرانزسٹر منقطع ہیں۔ یہ ونی مداخلت کے بغیر دونوں منقطع ہی رہیں گے۔ اب تصور کریں کہ گیٹ پر باہر سے برقی 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 برقی 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 ریکھیفار چالو ہی رہے گا۔ حقیقت میں دیکھا گیا ہے کہ I_G منقی کرنے سے بھی قابو ریکھیفار منقطع نہیں ہوتا۔ قابو ریکھیفار کو بغیر I_G کے چالو رکھنے کی خاطر ضروری ہے کہ اس میں کم از کم I_L برقی رو گزر رہی ہو۔ اس برقی رو کو ہم برق رو چالو رکھنے کی حد⁷⁴ کہیں گے۔

چالو قابو ریکھیفار 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 ریکھیفار منقطع صورت اختیار کر لیتا ہے۔ اس حد کو ہم قابو ریکھیفار کی برق رو منقطع کرنے کی حد⁷⁵ کہیں گے۔

چالو ہونے کے بعد قابو ریکھیفار بالکل ایک سادہ ڈائیوڈ کی طرح کام کرتے ہوئے گزرتی برقی رو قابو کرنے کی صلاحیت کھو دیتا ہے۔

قابو ریکھیفار بغیر I_G کے بھی کئی طریقوں سے چالو کیا جاسکتا ہے۔ اگر اس پر لاگو برقی دباؤ قبل برداشت حد 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۔

latching current⁷⁴
holding current⁷⁵

جہاں قوی ٹرانزسٹر صرف چند ایمپیر برقی رو گزارنے کی صلاحیت رکھتا ہے وہاں قابو ریکنیفار کئی ہزار ایمپیر قابو کرنے کی صلاحیت رکھتا ہے اور یہ کئی سیکڑوں ولٹ کے برقی دباؤ کو برداشت کر سکتا ہے۔ اس وقت ٹرانزسٹر پر مبنی انورٹر⁷⁶ تقریباً 100 kW تک دستیاب ہیں جبکہ قابو ریکنیفار پر مبنی 10 MW طاقت کے انورٹر لوہے کی بھیوں میں عام استعمال ہوتے ہیں۔

inverter⁷⁶

ابم نکات

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

$$V_T = \frac{kT}{q} \approx 25 \text{ mV}$$

$$I_C = \alpha I_E$$

$$I_E = I_B + I_C$$

$$i_c = \beta i_b$$

$$i_e = (\beta + 1) i_b$$

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

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

$$V_{BE} = 0.7 \text{ V}$$

$$V_{CE} = 0.2 \text{ V}$$

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

$$g_m = \left. \frac{\partial i_C}{\partial v_{BE}} \right|_Q = \frac{I_C}{V_T}$$

$$r_{be} = \left. \frac{\partial v_{BE}}{\partial i_B} \right|_Q = \frac{\beta}{g_m}$$

$$r_e = \left. \frac{\partial v_{BE}}{\partial i_E} \right|_Q = \frac{r_{be}}{\beta + 1} = \frac{\alpha}{g_m} \approx \frac{1}{g_m}$$

$$r_o = \left. \frac{\partial v_{CE}}{\partial i_C} \right|_Q = \frac{V_A + V_{CE}}{I_C} \approx \frac{V_A}{I_C}$$

$$R_E = \frac{10R_B}{\beta + 1}$$

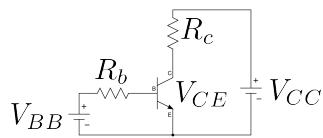
$$r_{be} = \frac{\beta V_T}{I_{CQ}} \ll R_B \ll (\beta + 1) R_E$$

$$S_{V_{BE}} \approx -\frac{1}{R_E}$$

$$S_\beta = \frac{I_{C1}}{\beta_1} \left[\frac{R_B + R_E}{R_B + (\beta_2 + 1) R_E} \right]$$

$$I_{CQ} = \frac{V_{CC}}{R_{پکسمتی} + R_{بدانی}}$$

$$A_v = -\alpha \frac{\sum R_C}{\sum R_E} = -\alpha \left(\frac{\text{کلکثر پر کل مزاحمت}}{\text{ایمپر پر کل مزاحمت}} \right)$$



شکل 3.138: ٹرانزسٹر کا یک سمتی دور

سوالات

مندرجہ ذیل سوالات میں $I_C = I_E$ تصور کرتے ہوئے حل کریں۔

سوال 3.1: شکل 3.138 میں

$$V_{CC} = 10 \text{ V} \quad V_{BB} = 2.5 \text{ V} \quad \beta = 99 \\ R_b = 147 \text{ k}\Omega \quad R_c = 4 \text{ k}\Omega$$

لیتے ہوئے V_{CE} اور I_B ، I_C حاصل کریں۔

جوابات: $V_{CE} = 5.1 \text{ V}$ اور $I_B = 12.245 \mu\text{A}$ ، $I_C = 1.2245 \text{ mA}$

سوال 3.2: سوال 3.1 میں $R_C = 8 \text{ k}\Omega$ کرتے ہوئے اسے دوبارہ حل کریں۔

جوابات: $V_{CE} = 0.2 \text{ V}$ اور $I_B = 12.245 \mu\text{A}$ ، $I_C = 1.2245 \text{ mA}$

سوال 3.3: سوال 3.1 میں $R_C = 12 \text{ k}\Omega$ کرتے ہوئے اسے دوبارہ حل کریں۔

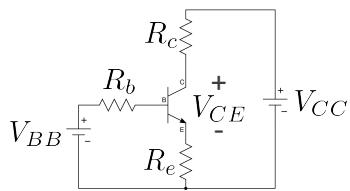
جوابات: $V_{CE} = 0.2 \text{ V}$ اور $I_B = 12.245 \mu\text{A}$ ، $I_C = 0.8166 \text{ mA}$

سوال 3.4: شکل 3.138 میں

$$V_{CC} = 20 \text{ V} \quad \beta = 99 \\ R_b = 100 \text{ k}\Omega \quad R_c = 9 \text{ k}\Omega$$

ہیں۔ V_{BB} کی وہ قیمت حاصل کریں جس پر ٹرانزسٹر غیر افزائندہ صورت اختیار کر لیتا ہے۔

جواب: $V_{BB} = 2.9 \text{ V}$ ، $I_B = 22 \mu\text{A}$ ، $I_C = 2.2 \text{ mA}$ ، $V_{CE} = 0.2 \text{ V}$



شکل 3.139

سوال 3.4: سوال 3.4 میں $V_{CE} = \frac{V_{CC}}{2}$ کی وہ تیمت حاصل کریں جس پر ہو گا۔

جواب: $V_{BB} = 1.811\text{ V}$ ، $I_B = 11.11\text{ }\mu\text{A}$ ، $I_C = 1.111\text{ mA}$

سوال 3.6: شکل 3.139 میں

$$\begin{aligned} V_{CC} &= 15\text{ V} & V_{BB} &= 3.5\text{ V} & \beta &= 99 \\ R_b &= 14.7\text{ k}\Omega & R_c &= 4\text{ k}\Omega & R_e &= 1.47\text{ k}\Omega \end{aligned}$$

لیتے ہوئے V_{CE} اور I_B ، I_C حاصل کریں۔

جوابات: $V_{CE} = 5.528\text{ V}$ اور $I_B = 17.49\text{ }\mu\text{A}$ ، $I_C = 1.73\text{ mA}$

سوال 3.6: سوال 3.6 میں $V_{BB} = 6\text{ V}$ کرتے ہوئے اسے دوبارہ حل کریں۔

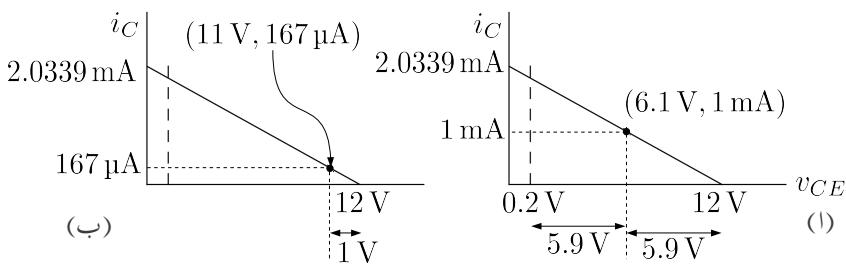
جوابات: ٹرانزسٹر غیر افزائندہ ہے۔ $V_{CE} = 0.2\text{ V}$ ، $I_B = 84.03\text{ }\mu\text{A}$ ، $I_C = 2.681\text{ mA}$ اور

سوال 3.7: سوال 3.7 میں ٹرانزسٹر غیر افزائندہ ہے۔ اس صورت میں ٹرانزسٹر کا β کیا ہے۔

$$\beta = \frac{I_C}{I_B} = 31.9$$

سوال 3.9: شکل 3.138 میں $V_{CE} = 6\text{ V}$ ، $R_C = 3.3\text{ k}\Omega$ اور $V_{CC} = 12\text{ V}$ رکھنے کی خاطر درکار R_B اور V_{BB} حاصل کریں۔

جوابات: $V_{BB} = V_{BE} + I_B R_B$ کو $V_{BB} = 49.14\text{ }\mu\text{A}$ اور $R_B = 1.8182\text{ mA}$ سے حاصل کیا جاسکتا ہے۔ البتہ اس مساوات میں دونا معلوم جزو ہیں۔ دونا معلوم اجزاء حاصل کرنے کی خاطر دو



شکل 3.140

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 دو دوسرے کی قیمت اس مساوات سے حاصل کی جاسکتی ہے۔ یہاں $V_{BB} = 6\text{V}$ پر سے $R_B = 107.86\text{k}\Omega$ حاصل ہوتا ہے۔

سوال 3.10: شکل 3.139 میں $\beta = 37$ اور $V_{CC} = 12\text{V}$ اور $V_{CE} = 6\text{V}$ اور $R_C = 3.3\text{k}\Omega$ اور $V_{BB} = 3.67\text{V}$ اور $I_C = 1\text{mA}$ رکھنے کی خاطر بوجھ کچھیں اور اس سے V_{CEQ} حاصل کریں۔ بقیا تمام اجزاء بھی حاصل کریں۔ ایسا کرتے ہوئے

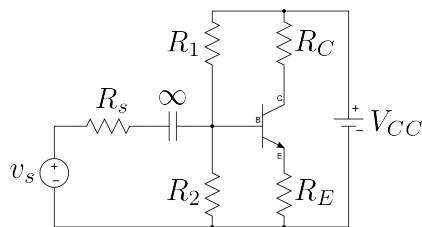
جوابات: $V_{BB} = 3.67\text{V}$ اور $R_B = 10.26\text{k}\Omega$ ، $R_E = 2.7\text{k}\Omega$

سوال 3.11: شکل 3.139 میں $\beta = 37$ اور $V_{CC} = 12\text{V}$ اور $V_{CEQ} = 6.1\text{V}$ اور $R_C = 10R_E$ رکھنے کی خاطر بوجھ کچھیں اور اس سے V_{CEQ} حاصل کریں۔ بقیا تمام اجزاء بھی حاصل کریں۔ ایسا کرتے ہوئے $I_C = 1\text{mA}$ اور $R_E = 10R_C$ رکھیں۔

جوابات: بوجھ کو شکل 3.140 کی میں دکھایا گیا ہے جس سے $V_{CEQ} = 6.1\text{V}$ حاصل ہوتا ہے۔

سوال 3.12: شکل 3.139 میں خارجی اشارے کا جیٹ $\pm 1\text{V}$ متوقع ہے۔ دور کو نو دو لٹ کے بیٹری سے V_{CC} مہیا کیا جاتا ہے۔ بیٹری کو زیادہ دیر کار آمد رکھنے کی خاطر اس سے حاصل یک سمتی برقی روکم سے کم رکھا جاتا ہے۔ سوال 3.11 میں حاصل کئے گئے R_E اور R_C استعمال کرتے ہوئے بوجھ سے V_{CEQ} اور I_{CQ} کا تعین کر کے V_{BB} حاصل کریں۔

جوابات: بوجھ کو شکل 3.140 ب میں دکھایا گیا ہے جس سے $I_C = 167\mu\text{A}$ اور $V_{CEQ} = 11\text{V}$ حاصل ہوتے ہیں۔ یہاں $V_{BB} = 0.798\text{V}$ حاصل ہوتا ہے۔



شکل 3.141

سوال 3.13: سوال 3.12 میں R_E کی قیمت R_C سے بہت کم رکھی گئی جس کی وجہ سے V_{BB} کی قیمت بھی بہت کم حاصل ہوئی۔ دیکھتے ہیں کہ V_{BB} کی قیمت کم ہونے سے کیا مسئلہ پیدا ہوتا ہے۔ سوال 3.12 کے دور میں اگر حقیقت میں $V_{BE} = 0.7\text{V}$ کے باجائے $I_C = 0.65\text{V}$ ہوتے تو I_C کیا ہو گی۔

جواب: $I_C = 251\mu\text{A}$ ۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ V_{BE} میں ذرہ سی تبدیلی سے برقی روپچاں فی صد بڑھ گئی ہے جبکہ ہم چاہتے ہیں کہ ٹرانزسٹر کے خصوصیات تبدیل ہونے سے برقی روپ میں کم سے کم تبدیلی رو نما ہو۔

سوال 3.14: شکل 3.139 میں $I_C = 1\text{mA}$ ، $V_{CE} = 5\text{V}$ اور $V_{CC} = 21\text{V}$ حاصل کرنی ہے۔ اور R_E 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 فی صد سے زیادہ تبدیلی رو نمانہ ہو۔ V_{BB} بھی حاصل کریں۔

جوابات: $R_E = R_C = 8\text{k}\Omega$ ہیں۔ درکار ہے لہذا $\beta = 49$ پر برقی رو 5% کم یعنی 0.95mA جبکہ $\beta = 149$ پر برقی رو 5% زیادہ یعنی 1.05mA تصور کرتے ہوئے $R_B = 66.66\text{k}\Omega$ ، $V_{BB} = 9.566\text{k}\Omega$ حاصل ہوتے ہیں۔

سوال 3.15: سوال 3.14 کے نتائج حاصل کرنے کی خاطر شکل 3.141 میں R_1 اور R_2 حاصل کریں۔

جوابات: $R_2 = 328\text{k}\Omega$ ، $R_1 = 83\text{k}\Omega$

سوال 3.16: شکل 3.141 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 کردگی حاصل کریں۔ اس دور میں کم β کا ٹرانزسٹر استعمال کرنا ہے۔ ایسا کرتے ہوئے برقی رو میں دس فی صد تک کی تبدیلی قابل قبول ہے۔ منے ٹرانزسٹر کے کم سے کم قابل قبول β کی قیمت حاصل کریں۔

$$\text{جوابات: } \beta = 68 , 3.57 \text{ V} , 10.7 \text{ mA}$$

سوال 3.16: سوال کے تمام مزاحمت اور ٹرانزسٹر کے بین۔ ٹکلٹر جوڑ پر برقی طاقت کا ضمیع حاصل کریں۔

جوابات: $I_C = I_E = 10.7 \text{ mA}$ لیتے ہوئے $P_{RE} = 57 \text{ mW}$ اور $P_{RC} = 11.4 \text{ mW}$ حاصل ہوتا ہے۔ $V_B = 1.77 \text{ V}$ اور یوں $V_E = I_E R_E = 1.07 \text{ V}$ حاصل ہوتا ہے۔ یوں $P_{R2} = \frac{V_B^2}{R_2}$ اور $P_{R1} = 4.5 \text{ mW}$ اور 0.78 mW

سوال 3.18: شکل 3.141 میں R_E کے متوازی لاحدہ قیمت کا کمپیوٹر نسب کیا جاتا ہے۔ $R_C = 750 \Omega$ ، $V_{CC} = 15 \text{ V}$ ، $\beta = 37$ ، $R_E = 750 \Omega$ ،

• I_{CQ} کی خاطر R_1 اور R_2 حاصل کریں۔

• یک سمیت اور بدلتی رو خطِ بوجھ کچھیں اور ان پر تمام اہم نقطیں ظاہر کریں۔

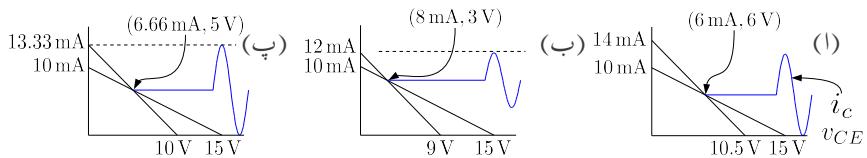
• V_{CEQ} کو نظر انداز کرتے ہوئے، حاصل قیمتوں کے استعمال سے خارجی اشارے کا زیادہ سے زیادہ ممکنہ جیط کیا ہو گا۔

جوابات:

$$R_2 = 4572 \Omega , R_1 = 7566 \Omega , V_{BB} = 5.65 \text{ V}$$

• شکل 3.142 الف میں یک سمیت اور بدلتی رو، خطِ بوجھ دکھائے گئے ہیں۔ بدلتی رو، خطِ بوجھ کی ڈھلوان $\frac{1}{750}$ ہے اور یہ یک سمیت رو، خطِ بوجھ کو نقطہ کار کردگی پر نکلاتا ہے۔

• شکل سے i_c کا جیٹ 6 mA تک ممکن ہے۔ i_c کی منفی چوٹی پہلے تراشی جائے گی۔



شکل 3.142

سوال 3.19: سوال 3.18 میں $I_{CQ} = 9 \text{ mA}$ رکھتے ہوئے i_c کا زیادہ سے زیادہ حیطہ کیا ممکن ہے۔

حل: شکل 3.142 ب میں یک سمتی اور بدلتی رو خطوط دکھانے کے ہیں جہاں سے i_c کا زیادہ سے زیادہ حیطہ 4 mA تک ممکن ہے۔ i_c کی ثابت چوٹی پہلے تراشی جائے گی۔

سوال 3.20: سوال 3.18 میں نقطہ کار کردنی کس مقام پر رکھنے سے i_c کا حیطہ زیادہ سے زیادہ حاصل کرنا ممکن ہو گا۔ اس حیطے کی قیمت حاصل کریں۔

حل: (ل) $(I_{CQ} = 6.66 \text{ mA}, 5 \text{ V})$ درکار نقطہ کار کردنی ہے۔ جیسے شکل 3.142 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 تراشنا جائے گا۔

فرینگ

- Butterworth circle, 747
bypass capacitor, 284, 646

capacitor, 169
carrier frequency, 112
carrier wave, 112
cascaded amplifier, 388
cascode amplifier, 616, 730
CE amplifier, 574
Celsius, 93
channel, 435
charge, 216, 418, 433
clamping circuit, 117
class
 A, 411
 AB, 412
 B, 411
 C, 412
 D, 412
clipper, 118
CMOS, 460
CMRR, 577
collector, 213
Colpitts oscillator, 847
common base, 398
common collector, 398
common emitter, 397
common mode voltage, 6, 556
common mode voltage gain, 576
comparator, 77
complex plane, 745
conductance, 148

AC load line, 140
active component, 213
active region, 275
adder, 42, 44
ageing, 585
AM demodulator, 110
AM modulator, 111
AM signal, 112
amplifier
 difference, 3
 instrumentation, 53
 inverting, 16, 19
 non-inverting, 31, 34
anti-log, 122
atomic model, 148
atomic number, 149
avalanche, 171
avalanche breakdown, 172

band, 646, 703
band pass filter, 785
band stop filter, 785
Barkhausen criteria, 824
base, 213
bit, 66
blocking voltage, 166
Bode plot, 653, 665
Boltzmann constant, 92
break down voltage, 171
breakdown region, 98
buffer, 35
Butterworth, 744

- high frequency model, 185
- square law, 201
- distortion, 484
- divider, 124
- doping, 148
- drift, 156, 159
- drift current, 159
- drift speed, 160
- drift velocity, 160

- Early voltage, 275, 486
- ecg, 53
- electric field intensity, 159
- electrical noise, 177
- electron gas, 153
- electron mobility, 161, 447
- emission coefficient, 92
- emitter, 213
- emitter coupled logic, 566
- emitter follower, 401
- enhancement nMOSFET, 438

- feedback circuit
 - negative, 28
 - positive, 28
- feedback signal, 26, 766
- feedback system, 765
- field effect transistor, 213
- filter
 - band pass, 743
 - band stop, 743
 - Butterworth, 747
- forward biased, 95, 98, 102
- free electron, 149
- free hole, 150, 154
- full wave rectifier, 107

- gain, 18, 220
- gain bandwidth product, 705
- gate
 - AND, 128
 - OR, 127

- conductivity, 162
- constant current source, 517, 583
- coupling capacitor, 293, 646
- covalent bond, 148, 176
- crystal, 149
- crystal oscillator, 856
- current gain, 219, 220
- current mirror, 518, 585
- current sink, 583
- current source, 583, 636
- cut-in voltage, 95
- cut-off frequency
 - high, 645
 - low, 645

- DAC, 65
- damping constant, 744
- darlington pair, 254
- dB, 665
- DC bias point, 129
- DC load line, 130
- depended voltage source, 8
- dependent current source, 297
- depletion nMOSFET, 457
- depletion region, 165
- difference pair, 555
- differential input resistance, 572
- differential mode voltage, 6
- differential voltage gain, 3
- differentiator, 38
- diffusion, 156
- diffusion capacitance, 174
- diffusion constant
 - electrons, 159
 - holes, 158
- diffusion current, 157
- diffusion current density, 158
- digital circuits, 501
- diode, 91
 - cut off, 168
- germanium, 95

- Miller capacitor, 730
- Miller theorem, 694, 841
- Miller's capacitor, 697
- minority
 - electrons, 150
 - hole, 150
- mirror, 479
- mobile
 - charges, 153
 - electron, 149
 - hole, 150
- model, 8, 11, 178
- models, 486
- modulating frequency, 112
- modulating wave, 112
- multiplier, 123
- n-type semiconductor, 152
- natural frequency
 - undamped, 744
- NOT gate, 314, 501
- number density, 150
- ohmic contact, 176
- OPAMP, 51
- optical cable, 178
- optical communication, 178
- optocoupler, 177
- output offset voltage, 578
- p-type semiconductor, 155
- parasitic resistor, 699
- passive component, 213
- peak detector, 108
- photo diode, 176
- photon, 176
- piece wise linear model, 180
- piezoelectric crystal, 854
- pinch off, 441
- pole, 660
- power
 - mosfet, 540
- generation rate, 150
- gradient, 130
- half wave rectifier
 - negative, 105
 - positive, 104
- Hartley oscillator, 847
- heat sink, 541
- holding current, 422
- hole gas, 155
- hole mobility, 447
- ideal diode, 182
- 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, 437
- inversion layer, 437
- inverter, 421, 540
- iteration method, 131
- Kelvin, 92
- Laplace transform, 647
- latching current, 422
- LED, 177
- level shifter, 598
- load line, 475
 - AC, 286
 - DC, 284
- log amplifier, 121, 417
- loop gain, 779
- Maclaurin's series, 184
- majority
 - electrons, 152, 153
 - holes, 155

- thermometer, 99
- threshold voltage, 437
- thyristor, 421
- transconductance, 319, 323
- transconductance gain, 25, 319
- transducer, 35
- transistor, 213
- transportation, 156
- tuned oscillator, 839, 841
- valency, 148
- varactor diode, 176
- voltage gain, 17, 33
- voltage source, 116, 415
- Widlar current source, 607
- Wien bridge oscillator, 835
- zener
 - diode, 172
 - knee, 186
 - voltage, 172
- zero, 660, 745
- transistor, 421
- power loss, 186
- power series, 200
- power supply, 105
- quartz, 854
- recombination, 150
- recombination rate, 150
- reverse biased, 97, 102
- reverse breakdown voltage, 98
- reverse leakage current, 97
- ripple, 105, 114, 116
- saturation
 - current, 92
 - OPAMP, 4, 61
 - region, 275
- schottky
 - diode, 175
 - transistor, 418
- scr, 421
- semiconductor, 148
- slew rate, 62
- small signal, 139
 - π model, 330
 - resistance, 146
- solar panel, 176
- spice, 202
- stability factors, 265
- subtracter, 47
- switch ON, 101
- T model, 491
- tank, 856
- thermal
 - electron, 150
 - generation, 150
 - generation rate, 150
 - hole, 150
 - resistance, 100, 205
 - voltage, 92

- آزاد، 397
 الیکٹران، 149
 خول، 150، 154
 الائچی ایمپلیفائز، 53
 آئینہ، 479
 ولسن، 611
 آئینہ برقی رو، 518، 585
 اخراجی جزو، 92
 ارلی برقی دباؤ، 275، 486
 افرائش، 18، 220
 برقی دباؤ، 17، 33
 برقی رو، 219، 220
 موصل-نما، 319
 افرائش ضرب دائره کارکردگی، 705
 افرائشی دائرة، 779
 افرائندہ، 222
 خطہ، 275
 اقلیتی
 الیکٹران، 150
 خول، 150
 اکثریتی
 الیکٹران، 152، 153
 خول، 155
 الثنا
 خطہ، 437
 کرنا، 437
 مائل، 102
 الث لاگ، 122
 الثی رستا برقی رو، 97
 الیکٹران گیس، 153
 انحرافی برقی دباؤ، 578
 انحرافی برقی رو، 581
 اندرونی داخلي انحرافی برقی دباؤ، 68
 انورٹر، 421، 540
 ایشمی عدد، 149
 ایمپلیفائز
 زنجیری، 388
 واپسی، 774، 775
 ایمشر، 213، 214
 ایمشر جزا منطق، 566
 بار، 92، 433
 برقی، 418، 216
 باریک اشاراتی
 مزاحمت، 146
 باریک اشاراتی پائی ریاضی نمونه، 330
 باریک اشارہ، 139
 بالشمن کا مستقل، 92
 پٹ، 66
 پٹر ورت تسلسل، 744
 پٹر ورت دائرة، 747
 بدلتا افراش برقی رو، 222
 بدلتی رو، خط بوجہ، 286
 بدن، 435
 برقی
 بار، 92، 418، 433
 رکاوٹ، 656
 زمین، 17
 قلب نگار، 53
 برقی دباؤ
 چالو، 95
 دبیز، 437
 رکاوٹی، 166
 غیر افرائندہ کرده، 223
 برقی دباؤ منبع، 113
 برقی رو
 الثی رستا، 97
 برقی رو چالو رکھئے کی حد، 422
 برقی رو منقطع کرنے کی حد، 422
 برقی زمین، 559
 برقی شدت، 159
 برکھازن کا اصول، 824
 بل، 116، 110، 114، 113
 بلند انقطاعی تعدد، 691، 645
 بلند تعدد، 653، 646
 بوڈا خط، 665
 بہا، 156، 159
 بہا برقی رو، 159
 بیس، 214، 213
 بیس مشترک، 398

- بے قابو بوجہ توده، 172
 بے قابو خطہ، 98
- پائی ریاضی نمونہ، 330
 پٹی روک فائز، 785
 پٹی گوار فائز، 785
 پست انقطاعی تعدد، 653
 پست تعدد، 645
 پکاری گئی قیمت، 23
 پورے طاقت پر دائیرہ کارکردگی، 63
 پروکار، 401
 پیمایشی آگ، 35
- تار
- بم محوری، 82
 تابع منبع دیا، 8
 تابع منبع رو، 297
 تراش، 118
 تعدد
- سوار، 112
 سواری، 112
 قدرتی، 831
 قصر دور بلند انقطاعی، 703
 تعدادی کافافت، 150
 تفرقی
- افزائش، 571
 افزائش برقی دیا، 3
 ایمپلیکیٹ، 3
 برقی اشارہ، 3
 برقی دیا، 6
 جوڑا، 555
 تفرق اشارہ، 88
 تفرق کار، 38
 تقسیم کار، 124
 تکمل کار، 39
 توده، 171
 تهرماہیٹ، 99
 تھونن دور، 35
- ٹرانزیستر، 213
 قوى، 421
 ٹي ریاضی نمونہ، 491
- ٹینک، 856
 جنزا
- دوبارہ، 150
 شرح، 150
 جفتی کیسٹر، 293
 جماعت، 148
 جمع کار، 44
 جوڑ، 16
 جوڑ کی کیسٹر، 170
- چالو، 95
 چالو برقی دیا، 95
 چوٹی حاصل کار، 108
 چھانی
 پٹی روک، 743
 پٹی گوار، 743
- حرارتی
 الیکٹران، 150
 برقی دیا، 92
 پیدائش، 150
 پیدائش کی شرح، 150
 خول، 150
 مزاحمت، 100
 حرکت پذیری
 الیکٹران، 447
 خول، 447
 حسانی ایمپلیکیٹ، 1
 حیطہ
 اتار کار، 110
 سوار اشارہ، 112
 سوار کار، 111
- خارج کار منبع رو، 583
 خارجی انحرافی برقی دیا، 578
 خارجی مزاحمت، 8
 خط بوجہ، 475
 بدلتی رو، 286
 یکسنتی، 284
 یک سمنتی رو، 130

- مقطع، 167
نوری، 177
وريکنر، 176
ڈایوڈ قانون مریع شناسنده، 202
ڈھلوان، 130
ڈیسی بیل، 665
ذرائع ابلاغ، 200
رخ
سیدها، 91
راه، 435
رفتار بہاوا، 160
رفتار چال، 62
رکاوٹی برقی دباؤ، 166
ریاضی
نمونہ، 178
ریاضی نمونہ، 8، 11، 486
پائے، 330
ٹی، 491
سدھے خطوط، 180
زنجیری ایمپلیفائر، 388
زین
اثر، 171
برقی دباؤ، 172
ڈایوڈ، 172
گھشا، 186
ساکن بار، 153
سپائٹ، 202
سرد کار، 248
سطح تبدیل کار، 598
سلسلہ
طاقت، 200
مکلارن، 184
سلسلہ طاقت، 200
سلسلہ مکلارن، 184
سمت کار
مکمل لہر، 107
نصف لہر، 104
سمتی رفتار بہاوا، 160
خط مماس، 146
خطی، 3
خم دار، 136
خول گیس، 155
داب برقی قلم، 854
داخلی
انحرافی برقی دباؤ، 578
تفرقی مراحمت، 572
داخلی کار منبع رو، 583
داخلی برقی رکاوٹ، 53
داخلی میلان برقی رو، 72
دانئہ کارکردگی، 703
دبوج، 441
درجہ
الف، 411
الف-ب، 412
ب، 411
پ، 412
ت، 412
درمیانی تعدد، 646
دوبارہ
جزنا، 150
دورانیہ
اترائی، 87
چڑائی، 87
دوري عرصه، 87
دبرانے کا طریقہ، 131
دبری نظام اعداد، 66
دبیلر برقی دباؤ، 437
ڈارلنگٹن جوڑی، 254
ڈایوڈ، 91
بلند تعددی پاریک اشاراتی ریاضی نمونے،
جرمینیم، 95
زین، 172
شائکی، 175
شمسی، 176
فوٹو، 176
قانون مریع، 201

- غیر مطلوب مزاحمت، 699
- سوار
تعدد، 112
موج، 111
سواری
تعدد، 112
موج، 112
سیده راه، 91
سیده ها مائل، 95
سیده هر خطوط کا ریاضی نمونہ، 180
سیلسیش، 93
سیماں، 460
- شائکی ٹرانزسٹر، 418
شائکی ڈایوڈ، 175
شریک گرفنی بند، 148
شکل بگڑنا، 484
شکنج، 117
شمسی چادر، 176
شمسی ڈایوڈ، 176
شور، 177
- صفر، 660، 745
ضرب کار، 123
ضیائی
تار، 178
ذراع ابلاغ، 178
ذرے، 176
وابستہ کار، 177
- طاقت کا ضیاع، 186
طاقت کی منع، 2
- عامل، 213
عددي ادوار، 314، 501
عددي سے مماثل کار، 65
عکس، 270
عمر رسیدگی، 585
- غیر افزاں، 223
برقی دباؤ، 223
خطہ، 275
غیر عامل، 213
- فلتر
پھر ورت، 747
پٹی روک، 743
پٹی گزار، 743
فوٹو ڈائیوڈ، 176
فیٹ، 433
- قاپو ریکلیفائز، 421
قانون مریع، 201
قدرتی تعدد، 831
آزاد، 744
قصر دور بلند انقطامی تعدد، 703
قصری کپیسٹر، 284
قطب، 660
قلم، 149
قلمی مرتعش، 856
قوی
ٹرانزسٹر، 421
 MASFİTH، 540
قوی برقیات، 177
- کالپس مرتعش، 847
کامل حسابی ایپلیفائز، 11
کامل ڈائیوڈ، 182
کپیسٹر، 169
جفني، 293
قصری، 284
کثافت نفوذی رو، 158
کرچاف کے قوانین، 16
کلکٹر، 213
کوارٹر، 854
کیسکوڈ، 730
کیسکوڈ ایپلیفائز، 616
کیلوں پیمائش حرارت، 92
کیمیائی دوری جدول، 148
کیمیائی گرفت، 148
- گھناتا ماسفیٹ، 457
گیٹ
جمع، 127

- مستطبلی پتلا اشاره، 63، 87
 مستقل
 دھیماں، 744
 نفوذ الیکٹران، 159
 نفوذ خول، 158
 مسئلہ مل، 694
 مسئلہ ملر، 841
 مشترک-مخارج، 574
 مشترک اشارہ، 88
 مشترک اشارہ رد کرنے کے صلاحیت، 88
 مشترک افرائش، 576
 مشترک برقی دباؤ، 556
 مکالرن تسلسل، 567
 مکمل لہر سمت کار، 107
 ملاوٹ، 148
 ملر کپیسٹر، 730، 697
 منبع برقی دباؤ، 113
 منبع برقی رو
 وائلر، 607
 منبع دباؤ، 415
 منبع رو، 636
 منبع رو، 517
 منفی ایمپلیفائز، 19
 منفی داخلی سرا، 7
 منفی کار، 47
 منفی نیم موصل، 152
 منفی واپسی برقی رو، 775
 منفی واپسی برقی رو ایمپلیفائز، 775
 منفی واپسی دور، 28
 منقطع ڈائیڈ، 167، 168
 موج
 سوار، 111
 سواری، 112
 موازنہ کار، 77
 موثر، 207
 موصلیت، 148
 مستقل، 162
 موصلیت-نما، 319، 323
 میدانی ٹرانزیستر، 213، 433
 میلان برقی رو، 581
 ناقابل برداشت الٹ برقی دباؤ، 98
 ضرب، 128
 لاپاس بدل، 647
 لاگ ایمپلیفائز، 121، 417
 لبریز، 4، 61
 لبریزی برقی رو، 92
 لوڈ سیل، 83
 لہر بین، 82
 ماسفیٹ، 433
 بڑھاتا، 438
 قوی، 540
 مال برداری، 156
 مائل
 الثنا، 97
 سیدھا، 95، 98
 مبدل توانائی، 35
 متھرک الیکٹران، 149
 متھرک بار، 153
 متھرک خول، 150
 متھرک منفی بار، 152
 مثبت ایمپلیفائز، 31، 34
 مثبت داخلی سرا، 7
 مثبت نیم موصل، 155
 مثبت واپسی ادوار، 28
 مخلوط ادوار، 1
 مخلوط سطح، 745
 مداخل الیکٹران، 216
 مداخل خول، 216
 مرتعش
 ٹینک، 856
 فلمی، 856
 کالپنس، 847
 وائی، 835
 بارٹس، 847
 بمسر، 839
 مراجحت
 تفرقی داخلی، 572
 مراجحت میں غلطی، 23
 مراجحت نما افرائش، 25
 مراجحتی جوڑ، 176
 مستحکم کار، 35

- یک سمتی
افرائش برقی رو، 222
خط بوجه، 284
نقطه کارکردگی، 129
نقطه مائل، 129
یک سمتی رو
خط بوجه، 130
یک سمتی منع رو، 583
- ناقابل برداشت برقی دباؤ، 171
نصف لہر
مثبت سمت کار، 104
منفی سمت کار، 105
نفوذ، 156
نفوذ کا مستقل
الیکٹران، 159
خول، 158
نفوذی برقی رو، 157
نفوذی کپیسٹشنس، 174
نفی کار، 314
نقطه کارکردگی سوارنے کے اسباب، 265
نمونی
ریاضی بلند تعدادی، 490
نمونہ
- ریاضی، 8، 11، 178، 486
ریاضی پائیز، 330
نوری ڈائیڈ، 177
نیم موصل، 148، 149
مثبت، 155
منفی، 152
- واپسی
اشارة، 766
برقی دباؤ ایپلیفارٹ، 774
نظام، 765
واپس کار، 774
واپس کار کا مستقل، 777
واپسی ادوار، 26
واپسی اشارات، 26
وائٹلر منع رو، 607
وائٹ مرتعش، 835
وریکٹر ڈائیڈ، 176
ولسن آئین، 611
ویٹ سٹون چکر، 83
ویران خطہ، 165
- بارٹلے مرتعش، 847
بعسر مرتعش، 839، 841
بم محوری تار، 82
- یکسان، 555