

مسن برکتین ۹۲۱۰۱۴۷۱

ازمایشگاه اصول الکترونیک- تقویت کننده یک طبقه

پیش گزارش آزمایش اول
آزمایشگاه اصول الکترونیک

(پیش گزارش را باید قبل از جلسه آماده کرده و در ابتدای جلسه به آسپستان مربوطه تحویل دهید.)

۱- یک تقویت کننده ی ترانزیستوری یک طبقه با مشخصات زیر طراحی کنید:

$$A_v \approx 20, R_i \geq 10k\Omega, R_o \leq 10k\Omega$$

ولتاژ منبع تغذیه را ۱۲ ولت و ترانزیستور مورد استفاده را BC107 انتخاب کنید.

با پاسخ دادن به سوالات زیر مدار را قدم به قدم طراحی کنید:

(انتخاب آرایش)

الف- کدام آرایش تقویت کننده ی ترانزیستوری یک طبقه میتواند خصوصیات مثل بهره ی ولتاژ نسبتا زیاد، مقاومت ورودی زیاد و مقاومت خروجی کم را تامین کند؟

(انتخاب بایاس)

ب- دیتا شیت (برگه ی مشخصات) ترانزیستور BC107 را در اینترنت جستجو کرده و دانلود کنید.

پ- از روی دیتا شیت حداکثر و حداقل مشخصه ی بتا β ترانزیستور چقدر است؟ آیا بستگی به جریان کلکتور دارد؟ آیا بتای جریان مستقیم با بتا در فرکانس های بالا متفاوت است؟

ت- چنان که مشاهده میکنید، مشخصه ی بتای ترانزیستور میتواند در محدوده ی وسیعی تغییر کند. بنابراین در یک بایاس مطلوب انتظار داریم که ولتاژ امیتر و جریان کلکتور (که تقریبا برابر جریان امیتر است) در هر دو مقدار حداکثر و حداقل بتا تقریبا یکسان باشد. با این ملاحظه آرایش بایاس ترانزیستور را انتخاب کرده و بطور خلاصه توجیه کنید.

انتخاب آرایش:

(الف) در تقویت کننده های آمپلی فایر، تنظیم درست آرایش می تواند بهره ی زیاد و مقاومت ورودی زیاد و همچنین مقاومت خروجی کم را داشته باشد.

(ب) β در دستاویز با علامت H_{FE} مشخص شده است. متوجه می شوید که مثلاً با تغییر I_C از $2mA$ به $10mA$ ، H_{FE} تغییرات بسیار زیادی دارد. مثلاً به ازای $I_C = 2mA$ $H_{FE_{min}} = 110$ است ولی به ازای $I_C = 10mA$ $H_{FE_{typical}} = 120$ است.

همچنین در فرکانس های بالا این مقدار باز هم متغیر است. مثلاً در فرکانس $1KHz$ به ازای $I_C = 2mA$ داریم: $H_{FE_{typical}} = 250$.

$$110 < \beta < 450$$

min max

در شرایط معمولی برای β در جریان $I_C = 2mA$ داریم:

(ت) بهترین راه برای اینکه تغییرات β بر نتایج کمترین تأثیر را داشته باشد، ثابت I_C است. پس بهتر است مدار را مانند شکل مقابل طراحی کنیم. (به جای وابستگی به β وابستگی به V_{CC} ایجاد می شود که قابل قبول است).

در اینجا در اثر مدارست چپ تقسیم ولتاژی رخ می دهد و به β ولتاژی

$$V_B = V_{CC} \times \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

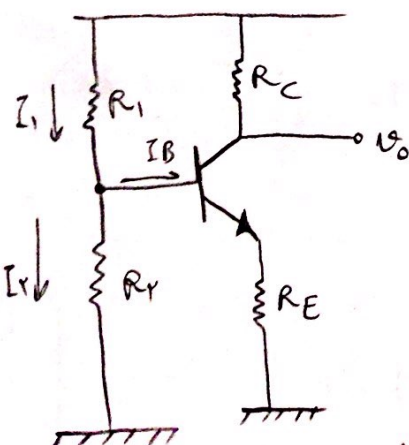
$$V_E = V_B - V_{BE(on)}$$

$$I_E = \frac{V_E}{R_E} \approx I_C$$

اصطفاص داده می شود.

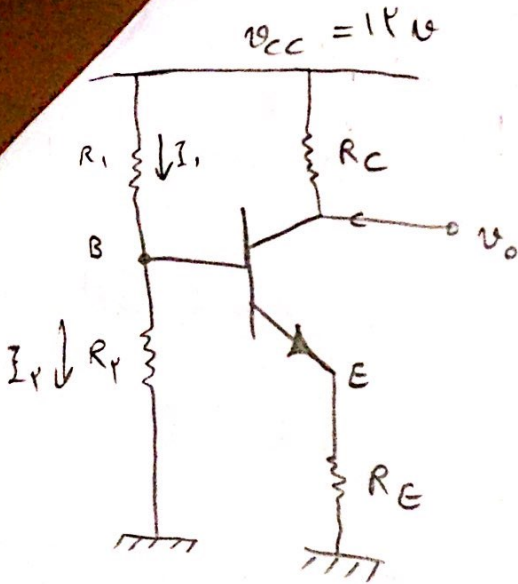
$$\beta \uparrow \rightarrow I_C \uparrow \rightarrow I_E \uparrow \rightarrow V_E \uparrow$$

$$V_B \uparrow \rightarrow I_1 \downarrow, I_2 \uparrow \rightarrow I_B \downarrow \rightarrow I_C \downarrow$$



Scanned by CamScanner

(ث) مجدداً شکل را رسم می‌کنیم:



می‌خواهیم مقاومت کلکتور، E ولتاژ و مقاومت امیتر

⇒ که کدام نل پل ولتاژ تغذیه باشند و

داریم: $\beta = 200$ $I_C = 1 \text{ mA}$ $\frac{V_{CC}}{V} = 4V$

⇒ $R_C = \frac{4V}{1 \text{ mA}} = 4 \text{ K}\Omega$

$R_E = \frac{4V}{1.005 \text{ mA}} = 3.98 \text{ K}\Omega$

$V_E = 4V \Rightarrow V_B = 4.1V$ فرض $\frac{I_1}{I_B} = n = 10 \Rightarrow I_1 = 10 \times 1 \times 1000 = 0.105 \text{ mA}$

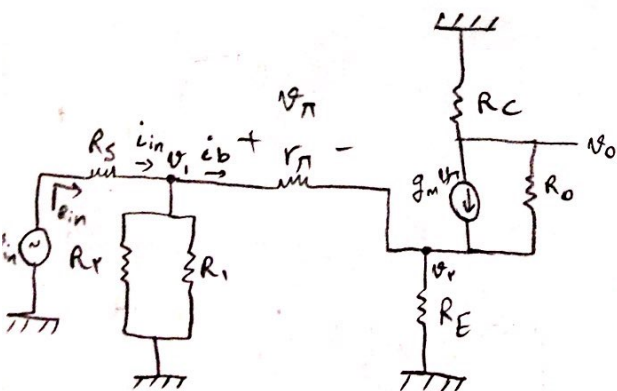
⇒ $R_1 = \frac{12 - 4.1V}{0.105} = 9V.33 \text{ K}\Omega$

$R_2 = \frac{4.1V}{0.105} = 39.04 \text{ K}\Omega$

* اگر n بسیار زیاد باشد باعث می‌شود جریان بیس کم باشد. این در نگاه اول مطلوب به نظر می‌رسد ولی باعث افزایش نل می‌شود. آلفای R_1 و R_2 به دلیل کم بودنشان می‌شود. این trade off می‌کنیم n را مقداری میانه در نظر می‌گیریم.

$n = 10$

تحلیل سگنال کوچک (ج)



$g_m = \frac{I_C}{V_T} = 40 \text{ mmho}$

$r_{\pi} = \frac{\beta}{g_m} = \frac{200}{40 \text{ mmho}} = 5 \text{ K}\Omega$

$r_o = \frac{V_A}{I_C} = \frac{100}{1 \text{ mA}} = 100 \text{ K}\Omega$

$R_1 || R_2 = 34.44 \text{ K}\Omega$

مثلاً $R_S = 50 \Omega$

$$\begin{cases} \frac{V_1 - V_{in}}{R_S} + \frac{V_1}{R_1 || R_2} + \frac{V_{\pi}}{r_{\pi}} = 0 \\ -\frac{V_{\pi}}{r_{\pi}} + \frac{V_1 - V_{\pi}}{R_E} + \frac{V_1 - V_{\pi} - V_0}{R_O} - g_m V_{\pi} = 0 \\ \frac{V_0}{R_C} + \frac{V_0 - V_{\pi}}{R_O} + g_m V_{\pi} = 0 \end{cases}$$

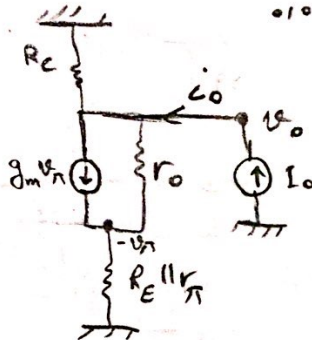
⇒
$$\begin{bmatrix} \frac{1}{R_S} + \frac{1}{R_1 || R_2} & \frac{1}{r_{\pi}} & 0 \\ \frac{1}{R_E} + \frac{1}{R_O} & \frac{1}{r_{\pi}} - \frac{1}{R_E} - g_m & -\frac{1}{R_O} \\ \frac{1}{R_C} & \frac{1}{R_O} & \frac{1}{R_O} + g_m \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ V_{\pi} \\ V_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{V_{in}}{R_S} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$\rightarrow \begin{bmatrix} v_1 \\ v_\pi \\ v_o \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.10499 & 0.10003 & 0 \\ 0.10003 & -0.10494 & -0.10001 \\ -0.10494 & 3.9844 & 3.9982 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{v_{in}}{R_S} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$\frac{v_{in}}{i_{in}} = 39 \text{ k}\Omega \rightarrow R_{in}$$

$$v_o = \frac{-0.10494 v_{in}}{0.108} \Rightarrow A_{v_e} = -0.992$$

$$A_{v_e} = -0.992$$

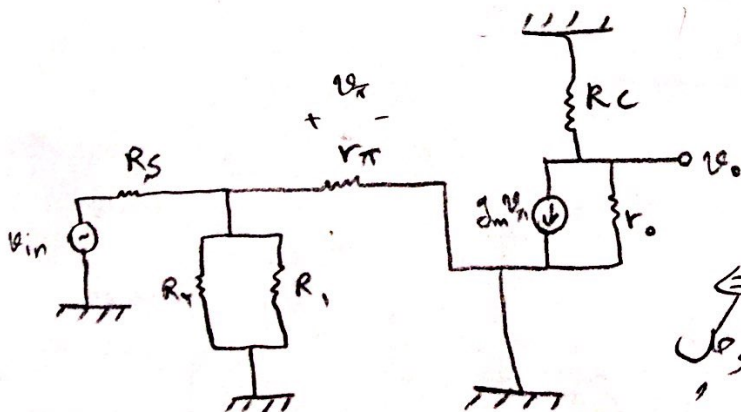


$$\begin{cases} \frac{v_o}{R_C} + g_m v_\pi + \frac{v_o + v_\pi}{r_o} - i_o = 0 \\ -\frac{v_\pi}{R_E \parallel r_\pi} - g_m v_\pi - \frac{v_\pi - v_o}{r_o} = 0 \end{cases}$$

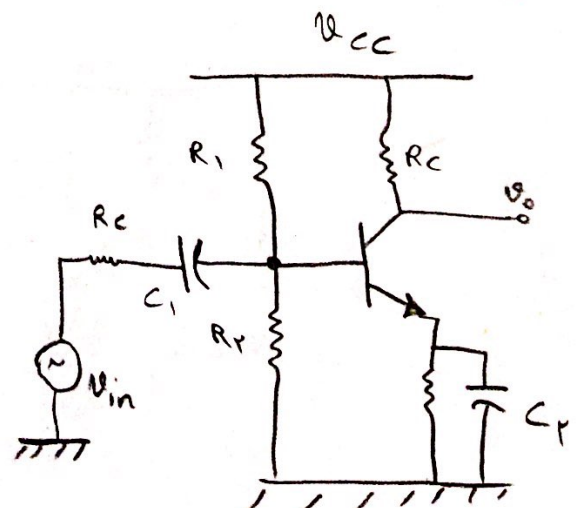
$$\begin{bmatrix} \frac{1}{R_C} + \frac{1}{r_o} & g_m + \frac{1}{r_o} \\ -\frac{1}{r_o} & -\frac{1}{R_E \parallel r_\pi} - g_m \frac{1}{r_o} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_o \\ v_\pi \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} +i_o \\ 0 \end{bmatrix}$$

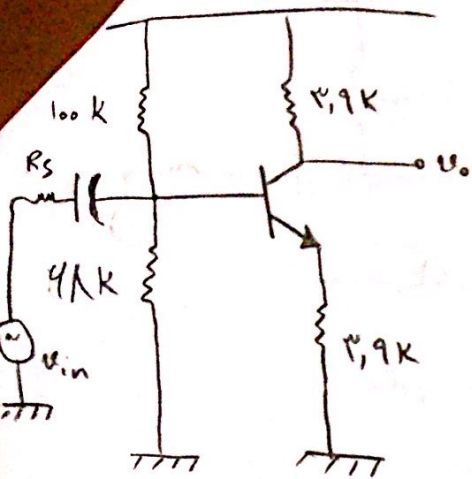
$$\Rightarrow v_o = 3.99 \text{ k}\Omega i_o \Rightarrow R_o = 3.99 \text{ k}\Omega$$

(ج) می‌توان از خازنهای بایاس استفاده کرد.

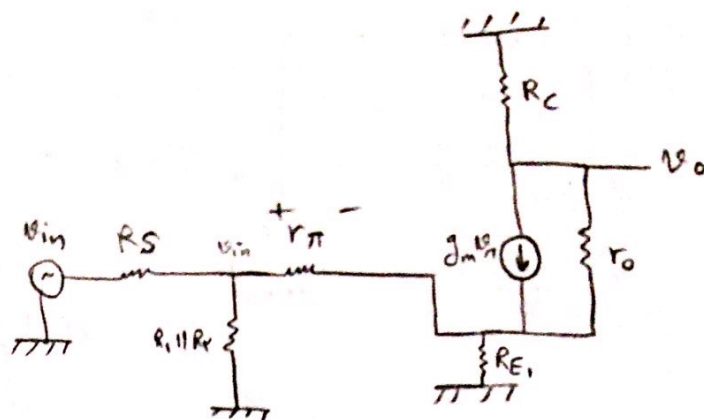


گینال کوچک





رینال درجی
 \Rightarrow



$$R_{in} = r_{\pi} || R_1 || R_2 = 4.39 \text{ k}\Omega$$

$$R_{out} = r_o || R_C = 3.70 \text{ k}\Omega$$

$$\frac{v_o}{R_C} + \frac{v_o}{R_o} + r_o v_{in} = 0$$

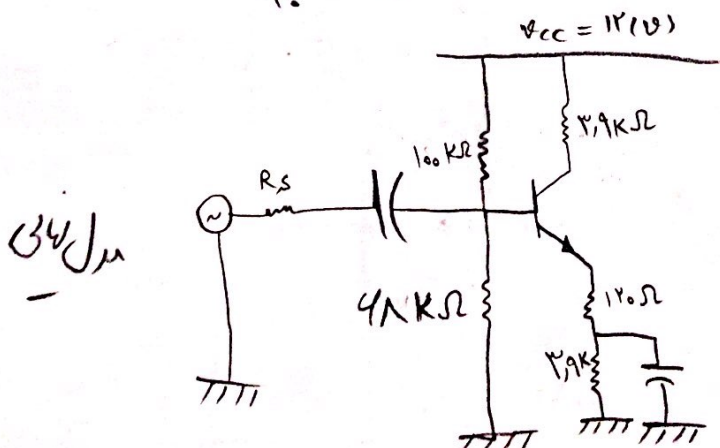
$$\Rightarrow A_v = \frac{-r_o}{\frac{1}{R_C} + \frac{1}{R_o}} \approx -100$$

* تنها مشکلی که در اثر trade-off داریم
 به وجود آمد کم بودن مقاومت ورودی است.

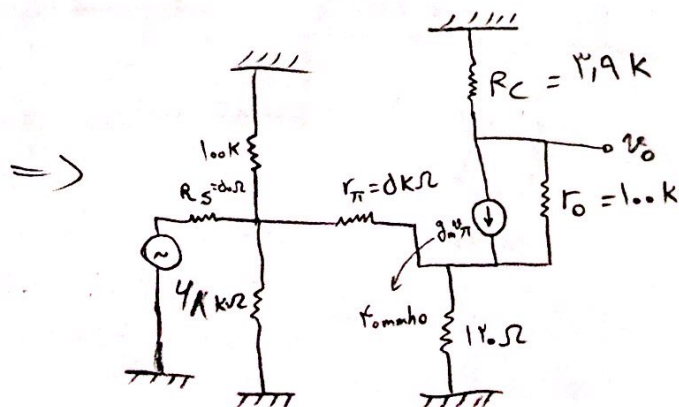
شاید می شود که مقاومت ورودی بسیار کم است پس برای حل این مشکل \$R_E\$ را به دو قسمت تقسیم می کنیم. برای بدست آوردن \$R_{E1}\$ و \$R_{E2}\$ فرض می کنیم \$A_v\$ حدود ۲۵- باشد پس

$$A_v \approx \frac{g_m \times R_C \times r_{\pi}}{r_{\pi} + (\beta + 1)R_{E1}} = \frac{\beta R_C}{r_{\pi} + (\beta + 1)R_{E1}} = \frac{R_C}{\frac{1}{g_m} + R_{E1}} = -25$$

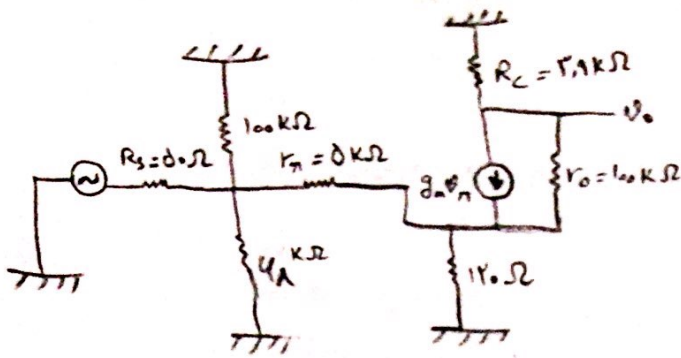
$$\Rightarrow \frac{3.9}{\frac{1}{g_m} + R_{E1}} = +25 \Rightarrow R_{E1} = 131 \Omega$$



حل می



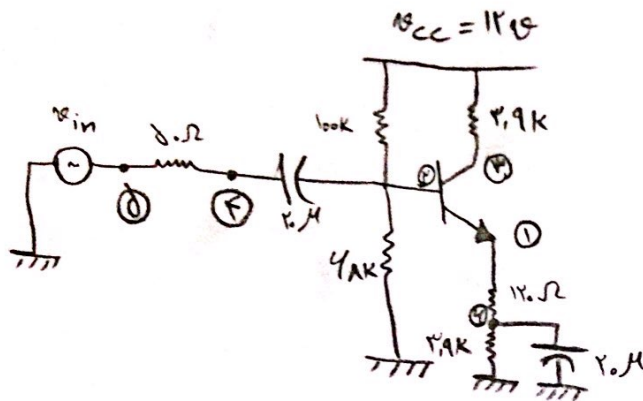
درای بولت آینه داریم:



$$\Rightarrow R_{in} \approx 17 \text{ k}\Omega$$

$$R_{out} \approx 3.178 \text{ k}\Omega$$

$$A_v = -20$$



حال با توجه به شماره گذاری و بردن Hspice را شبیه سازی می کنیم. داریم:

bipolar amplifier

VCC 100 0 12;

q1 3 2 1 npn

r1 4 5 50

r2 100 2 100k

r3 2 0 68k

r4 100 3 3.9k

r5 1 6 120

r6 6 0 3.9k

C1 4 2 20u

C2 6 0 20u

vi 5 0 1m

.model npn npn is=1e-15 bf=200 Vaf=100 rb=0

.ac dec 100 1 100k

.print ac=gain('v(3)/v(5)') \Rightarrow gain

and

Matin Barekatin & Taha Rajabzadeh

Common Emitter amplifier

	freq	gain
vcc 100 0 12	1.00000k	25.8865
q1 3 2 1 npn	1.02329k	25.8883
rs 4 7 50	1.04713k	25.8900
r1 2 100 100k	1.07152k	25.8917
r2 2 0 68k	1.09648k	25.8933
rc 3 100 3.9k	1.12202k	25.8948
re1 1 5 120	1.14815k	25.8963
re2 5 0 3.9k	1.17490k	25.8976
c1 2 7 20u	1.20226k	25.8990
c2 0 5 20u	1.23027k	25.9002
vi 4 0 ac 1m	1.25893k	25.9014
.model npn npn is=1e-15 bf=200 vaf=100 rb=0	1.28825k	25.9026
.ac dec 100 1 100k	1.31826k	25.9037
.print ac gain = par(' v(3) / v(4) ')	1.34896k	25.9047
.end	1.38038k	25.9057
	1.41254k	25.9067
	1.44544k	25.9076
	1.47911k	25.9085
	1.51356k	25.9093
	1.54882k	25.9101
	1.58489k	25.9109
	1.62181k	25.9116
	1.65959k	25.9123

Common Emitter amplifier	freq	Rin
vcc 100 0 12	1.00000k	17.1275k
q1 3 2 1 npn	1.02329k	17.1265k
rs 4 7 50	1.04713k	17.1256k
r1 2 100 100k	1.07152k	17.1247k
r2 2 0 68k	1.09648k	17.1238k
rc 3 100 3.9k	1.12202k	17.1230k
re1 1 5 120	1.14815k	17.1222k
re2 5 0 3.9k	1.17490k	17.1215k
c1 7 2 20u	1.20226k	17.1208k
c2 5 0 20u	1.23027k	17.1201k
vi 4 0 ac 1m	1.25893k	17.1194k
.model npn npn is=1e-15 bf=200 vaf=100 rb=0	1.28825k	17.1188k
.ac dec 100 1 100k	1.31826k	17.1182k
.print ac Rin=par('v(4)/i(rs)')	1.34896k	17.1177k
.end	1.38038k	17.1171k
	1.41254k	17.1166k
	1.44544k	17.1161k
	1.47911k	17.1157k
	1.51356k	17.1152k
	1.54882k	17.1148k
	1.58489k	17.1144k
	1.62181k	17.1140k
	1.65959k	17.1136k

Common Emitter amplifier	freq	Rout
vcc 100 0 12	1.00000k	3.8098k
q1 3 2 1 npn	1.02329k	3.8098k
rs 4 7 50	1.04713k	3.8098k
r1 2 100 100k	1.07152k	3.8098k
r2 2 0 68k	1.09648k	3.8098k
rc 3 100 3.9k	1.12202k	3.8098k
re1 1 5 120	1.14815k	3.8098k
re2 5 0 3.9k	1.17490k	3.8098k
c1 7 2 20u	1.20226k	3.8098k
c2 5 0 20u	1.23027k	3.8098k
c3 3 8 20u	1.25893k	3.8098k
r8 8 9 1	1.28825k	3.8098k
vi 9 0 ac 1m	1.31826k	3.8098k
.model npn npn is=1e-15 bf=200 vaf=100 rb=0	1.34896k	3.8098k
.ac dec 100 1 100k	1.38038k	3.8098k
.print ac rout=par('v(9)/i(r8)')	1.41254k	3.8098k
.end	1.44544k	3.8098k
	1.47911k	3.8098k
	1.51356k	3.8098k
	1.54882k	3.8098k
	1.58489k	3.8098k
	1.62181k	3.8098k
	1.65959k	3.8098k

مقارنہ: یہ اچھے ہی ٹیوڈ کے بہ دلیل مالیات و طرہی دریں مقام کی بہت آئندہ با تقریب خوبی مکان تعمیر

سید زئی است