

11

TEGANGAN PANJAR TRANSISTOR

11.1 Pentingnya Tegangan Panjar

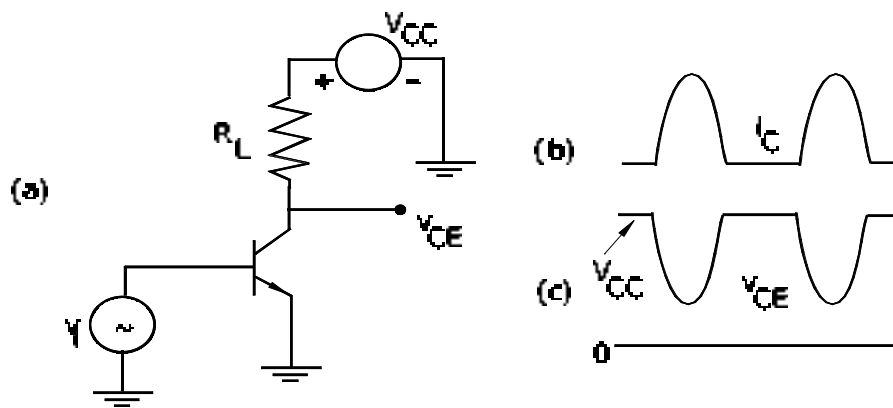
Pada bab sebelumnya kita telah melihat bahwa arus kolektor i_c dapat dikontrol oleh arus basis i_b yang relatif kecil atau dengan mengubah sedikit tegangan basis-emitor v_{BE} . Karenanya, transistor mempunyai kemungkinan untuk digunakan sebagai penguatan arus, tegangan atau daya dari suatu masukan. Namun perlu diperhatikan bahwa bentuk keluaran harus sama dengan bentuk isyarat masukan. Syarat ini tidak mudah untuk dipenuhi.

Kenyataan di atas adalah benar walaupun masukan hanya berupa isyarat yang sangat sederhana misalnya berupa fungsi sinus yang berosilasi secara sama di atas dan di bawah harga 0 volt. Sebagai ilustrasi diperlihatkan pada gambar 11.1-a, yaitu dengan mengenakan isyarat tersebut pada masukan transistor. Sayangnya, sampai dengan masukan berharga + 0,6 volt, arus kolektor masih relatif kecil. Saat masukan telah melebihi harga tegangan ini, arus kolektor membesar dengan cepat, naik sebesar $e = 2,718$ kali setiap ada kenaikan 25 mV kenaikan masukan (ingat pers. eksponensial).

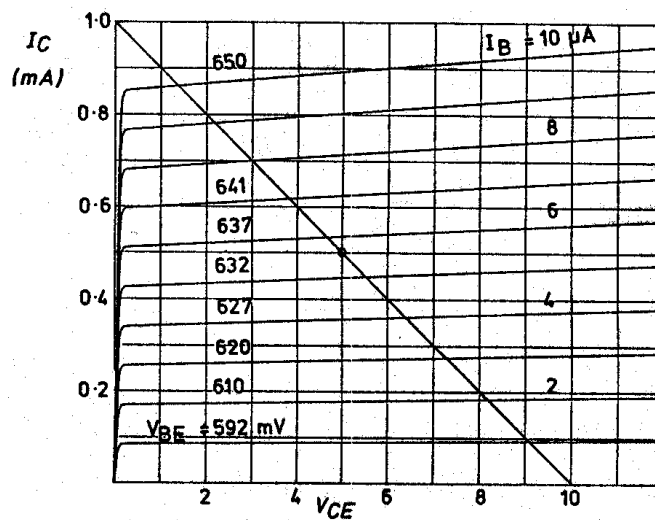
Besarnya arus agar masukan berada sedikit di atas tingkat kritis diperlihatkan pada gambar 11.1-b. Besarnya tegangan keluaran diberikan oleh

$$v_{CE} = V_{CC} - i_c R_L \quad (11.1)$$

Ini ditunjukkan pada gambar 11.1-c, bahwa keluaran identik dengan masukan.

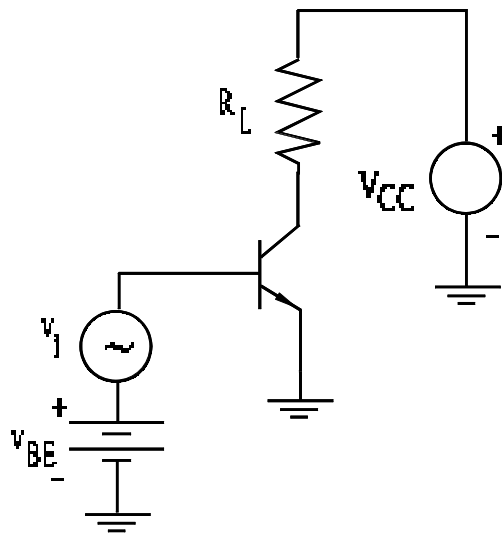


Gambar 11.1 Rangkaian transistor: a) Isyarat masukan diberikan, b) Bentuk isyarat arus keluaran dan c) Isyarat keluaran.



Gambar 11.2 Karakteristik keluaran transistor

Kita kembali pada tipe karakteristik keluaran transistor seperti terlihat pada gambar 11.2, dimana kita telah mengikutkan nilai v_{BE} untuk setiap kurva karakteristik. Dari kurva-kurva yang didapat terlihat bahwa seharusnya transistor diberi panjar (v_{BE}) sebesar 637 mV. Dengan demikian untuk masukan yang berosilasi ± 10 mV akan memberikan perubahan arus kolektor yang cukup besar.



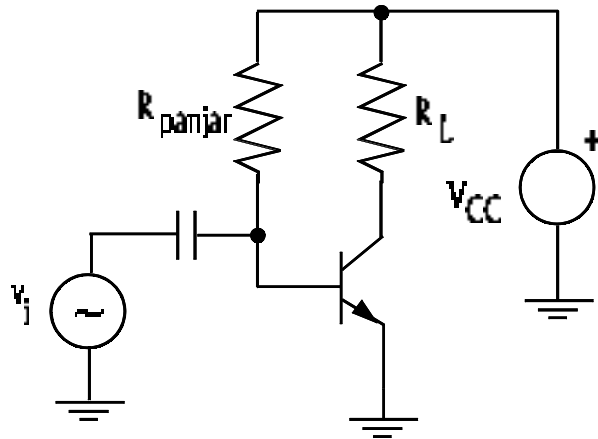
Gambar 11.3 Rangkaian transistor dengan memperlihatkan v_{BE} .

Rangkaian yang lebih jelas diperlihatkan pada gambar 11.3. Sayangnya, rangkaian ini sangat tidak praktis dengan alasan:

- i) Masukan mungkin mempunyai terminal yang dihubungkan ke 0 volt.
- ii) Agak sulit untuk mendapatkan tegangan panjar dekat dengan harga 637 mV.
- iii) Suatu harga V_{BE} mungkin cocok untuk suatu transistor tetapi mungkin transistor lain akan memerlukan harga yang sangat berbeda, walaupun dari jenis dan merk yang sama.

Untuk mengatasi permasalahan di atas dapat dilakukan dengan memberikan pemecahan melalui dua tahap:

- i) Rencanakan suatu rangkaian DC yang dapat mengatur besarnya arus kolektor untuk isyarat masukan 0 volt.
- ii) Pasang kapasitor yang dapat menghubungkan isyarat masukan; kapasitor ini tidak akan mengganggu keadaan DC, tetapi dapat melewatkan isyarat AC dengan baik.



Gambar 11.4 Rangkaian transistor dengan panjar tetap.

11.2. Panjar Tetap

Dengan memperhatikan pentingnya panjar dan persyaratan yang harus dipenuhi, dapat dibuat rangkaian yang paling sederhana seperti terlihat pada gambar 11.4. Resistor panjar dilewati arus sebesar

$$I_B = (+V_{CC} - V_{BE}) / R_{panjar} \quad (11.2)$$

Karena biasanya

$$V_{CC} > 3 \text{ V}$$

$$v_{BE} \approx 0,6 \text{ V}$$

maka kita dapat membuat pendekatan

$$I_B \approx V_{CC} / R_{panjar} \quad (11.3)$$

dengan demikian I_B hampir-hampir tidak tergantung pada jenis transistor.

Isyarat AC praktis tidak mengalami perubahan pada saat dilewatkan kapasitor (jika kapasitasnya cukup besar). Sebagian arus AC akan hilang pada resistor panjar, namun sebagian besar digunakan untuk mengubah arus basis di sekitar harga DC I_B .

Untuk transistor dengan suatu harga β , teknik pemasangan panjar ini sangat tepat karena mengingat arus kolektor

$$I_C = \beta I_B \quad (11.4)$$

dan dapat diatur sesuai yang dikehendaki. Sayangnya transistor yang digunakan dapat memiliki β yang bervariasi.

11.3 Keadaan Panjar

Sejauh ini perlu dipertanyakan, seberapa besar arus kolektor yang diperlukan? Jawabannya tergantung pada V_{CC} dan R_L . Terdapat berbagai cara untuk menentukannya, asalkan sejauh ini mereka kita anggap berharga tetap. Tegangan keluaran v_{CE} untuk suatu harga arus kolektor I_C pada rangkaian gambar 11.4 diberikan oleh

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

i_C dan v_{CE} harus memenuhi persamaan

$$i_C = -\frac{1}{R_L} v_{CE} + \frac{V_{CC}}{R_L}$$

dimana ini akan berupa garis lurus jika diplot dengan v_{CE} sebagai sumbu- x dan i_C sebagai sumbu- y . Garis lurus ini menghubungkan dua titik, yaitu di titik perpotongan pada sumbu v_{CE} (dimana $i_C = 0$) di $v_{CE} = V_{CC}$, dan di titik perpotongan pada sumbu i_C (dimana $v_{CE} = 0$) di $i_C = V_{CC} / R_L$. Garis lurus ini biasa disebut sebagai “garis beban”. Sebagai contoh pada gambar 11.2 telah disertakan garis beban dengan parameter

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

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

i_C , v_{CC} harus memenuhi kondisi yang dituntut transistor, misalnya pada gambar 11.2, Jika I_B sebesar $5 \mu\text{A}$ maka harga i_C , v_{CC} berada pada perpotongan karakteristik transistor dan di atas garis beban, katakan pada

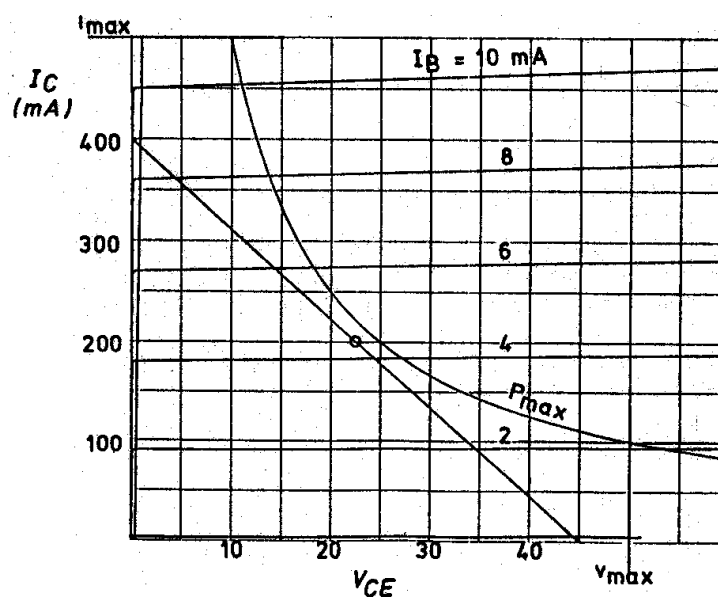
$$i_C = 0,45 \text{ mA} \qquad v_{CE} = 5,5 \text{ V}$$

Hal yang sama untuk arus basis $5,6 \mu\text{A}$ akan memberikan titik seperti ditandai pada gambar 11.2, yaitu

$$i_C = 0,5 \text{ mA} \qquad v_{CE} = 5 \text{ V}$$

Harga di atas merupakan harga DC yang cocok untuk pengoperasian transistor. Titik ini biasa disebut sebagai titik tenang (*quiescent point*) Q.

Saat terjadi perubahan i_B (atau v_{BE}), harga i_C atau v_{CE} akan naik ke atas atau turun di bawah garis beban, memperlihatkan adanya perubahan keluaran. Nilai DC arus dan tegangan yang ditunjukkan oleh titik Q mempunyai beberapa keterbatasan. Pada gambar 11.5 diperlihatkan karakteristik keluaran beserta garis beban suatu transistor daya-medium.



Gambar 11.5 Karakteristik keluaran transistor beserta garis beban

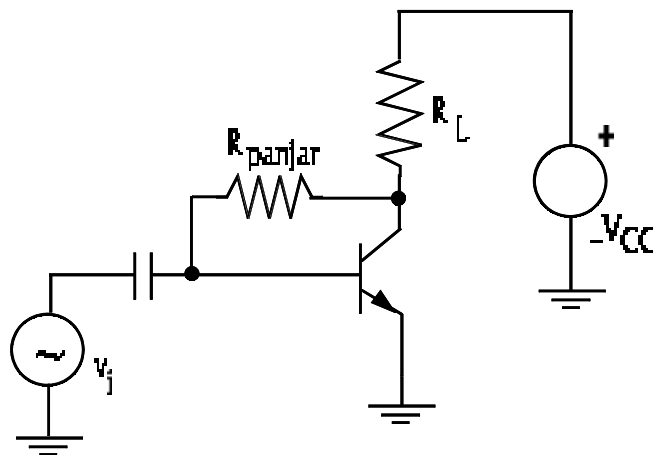
Jika transistor tidak mengalami kerusakan, terdapat beberapa keterbatasan yang harus dipenuhi untuk

- i) Arus maksimum, i_C
- ii) Tegangan maksimum, v_{CE}
- iii) Daya maksimum, $I_C \times V_{CE}$

Jika keluaran mempunyai bentuk sama dengan masukan, kita harus memperhatikan karakteristik pada daerah pengoperasian ini (kira-kira berada pada titik tengah tengah garis beban). Kita harus menghindari pengoperasian di kedua ujung garis beban karena:

- i) Pada v_{CE} yang rendah bentuk karakteristik akan berubah secara drastis.
- ii) Pada i_C yang rendah akan membuat transistor mati.

Karenanya kita dapat menarik garis beban seperti terlihat pada gambar 11.5, menghindari persyaratan untuk V , I , P dan panjar penguat seperti telah dituntut di atas. Kita dapat menandai pengoperasian dengan titik lingkaran seperti terlihat pada gambar, yaitu dengan menghindari terlalu dekat dengan $v_{CE} = 0$ atau $i_C = 0$.



Gambar 11.6 Rangkaian panjar umpan-balik kolektor

11.4 Pemasangan Panjar Umpan-Balik Kolektor

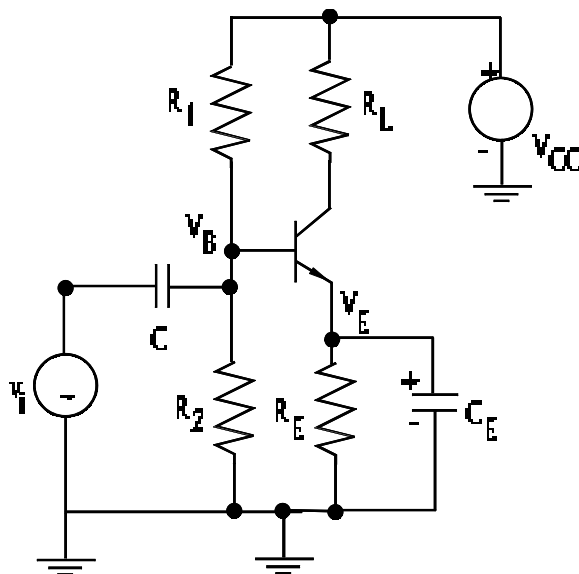
Gambar 11.6 memperlihatkan rangkaian untuk memperoleh panjar umpan-balik kolektor. Jika terjadi kenaikan I_C , maka akan terjadi penurunan V_{CE} , sehingga arus basis akan menjadi

$$I_B = (V_{CE} - v_{BE}) / R_{panjar} \quad (11.5)$$

yang akan melawan kenaikan I_C . Rangkaian ini tidak dapat menetapkan I_C dengan baik, tetapi paling tidak dapat menjamin bahwa V_{CE} akan berada pada harga paling tidak 1 volt- atau kemungkinan lain, arus basis akan sangat kecil dan V_{CE} akan berharga sangat tinggi, tentu ini suatu yang kontradiksi.

11.5 Pemasangan Panjar Umpan-Balik Emitor

Teknik yang banyak digunakan untuk memberikan panjar dengan umpan-balik diperlihatkan pada gambar 11.7. Pada rangkaian ini panjar tetap akan memberikan “arus basis” yang akan selanjutnya akan menentukan besarnya arus emitor. Masukan harus dipasang kapasitor dengan basis untuk menjaga gangguan kondisi panjar.



Gambar 11.7 Rangkaian panjar umpan-balik emitor

i) Arus Basis Diabaikan

Jika arus basis dapat diabaikan kita mempunyai

$$v_B = V_{CC} \times R_2 / (R_1 + R_2)$$

dan karena $V_{BE} \approx 0,6 V = V_B - V_E$, maka

$$V_E = V_B - 0,6$$

Selanjutnya kita dapat menghitung besarnya arus emitor sebesar

$$\begin{aligned} I_E &\approx V_E / R_E \\ &\approx \left(\frac{V_{CC} \times R_2}{R_1 + R_2} - 0,6 \right) / R_E \end{aligned} \quad (11.6)$$

Jika masukan diharapkan mempunyai efek yang maksimum, maka pada emitor hampir tidak ada tegangan AC- dan hanya ada di basis. Kapasitor C_E memastikan kondisi tersebut, namun kapasitor harus berharga sangat besar. Perhatikan rangkaian tertutup $v_i, C, B - E, C_E$ untuk melihat kenapa digunakan C_E .

Agar kita dapat mengabaikan harga arus basis pada perhitungan di atas, arus pada pembagi potensial harus relatif besar. Ini dimungkinkan karena arus emitor tidak terlalu tergantung pada besarnya β dari transistor, tetapi kita mengharapkan arus AC masukan terbuang karena harga R_1, R_2 terlalu rendah.

ii) Tanpa Mengabaikan Arus Basis

Jika arus basis tidak dapat diabaikan, perhitungan besarnya arus emitor sedikit lebih panjang. Langkah pertama adalah dengan menggantikan pembagi potensial pada gambar 11.7 dengan sebuah rangkaian ekuivalen terdiri dari sebuah sumber tegangan V_{BB} dan sebuah resistor tunggal R_B (ingat teorema Thevenin), masing-masing berharga

$$V_{BB} = V_{CC} \times R_2 / (R_1 + R_2) \quad (11.7)$$

$$R_B = R_1 \times R_2 / (R_1 + R_2). \quad (11.8)$$

Terdapat penurunan tegangan pada R_B yaitu $I_B R_B$ dan pada R_E sebesar

$$I_E R_E = (\beta + 1) I_B R_E \quad (11.9)$$

Dengan menggunakan hukum Kirchhoff tentang tegangan, pada rangkaian tertutup yang melibatkan V_{BB} , R_B , V_{BE} , dan R_E , diperoleh

$$V_{BB} = (\beta + 1) I_B R_E + V_{BE} + I_B R_B$$

sehingga

$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{(\beta + 1) R_E + R_B} \quad (11.10)$$

Kita juga mempunyai persamaan lain sebagai:

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

$$V_E = I_E R_E$$

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

$$I_C = \beta I_B$$

$$V_C = V_{CC} - I_C R_L \quad (11.11)$$

Perhatikan bahwa pada persamaan di atas terdapat V_C bukan V_{CE} . Jika pada emitor terdapat resistor seperti rangkaian ini, maka kita harus memodifikasi garis bebannya.

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

$$I_{R2} = V_B / R_2$$

$$I_{R1} = (V_{CC} - V_B) / R_1$$

Perhatikan bahwa kedua arus terakhir di atas adalah sama dengan I_B , dan $V_B \neq V_{BB}$. Kita mempunyai

$$I_E = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_E + R_B / (\beta + 1)} \quad (11.12)$$

Dua parameter pada persamaan 11.12 yang bervariasi antara transistor satu dengan lainnya adalah V_{BE} dan β . V_{BE} biasanya berharga sekitar 0,2 V, sehingga pembilang $V_{BB} - V_{BE}$ sedikit tergantung pada jenis transistor jika

$$V_{BB} - 0,6 \gg 0,2$$

atau $V_{BB} \geq 3 \text{ V}$ (misalnya)

β biasanya berharga paling tidak = 25, sehingga penyebut pada persamaan 11.12 tidak tergantung pada jenis transistor jika

$$R_E \gg R_B / 26$$

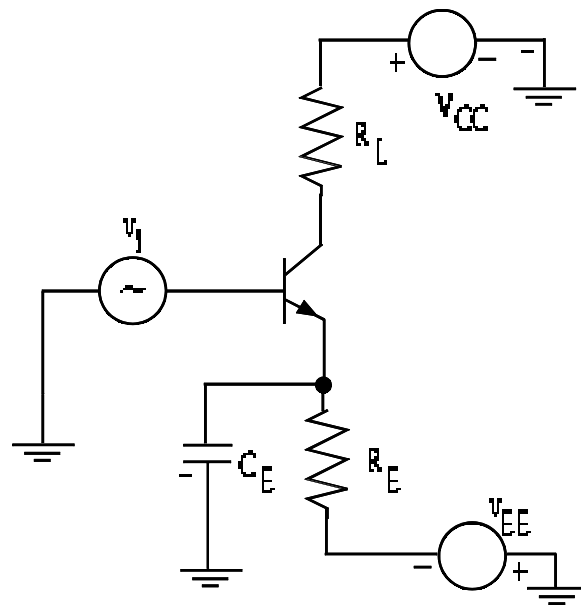
Kita tidak perlu mengingagt-ingat persamaan di atas, namun dua langkah yang perlu diingat adalah:

- i) Gantikan rangkaian pembagi potensial dengan rangkaian yang lebih sederhana.
- ii) Gunakan analisa rangkaian dengan hukum Kirchhoff tentang tegangan pada loop basis-emitor.

Metode perhitungan lain adalah dengan menggunakan pendekatan perhitungan V_{B1} untuk V_B dan mengabaikan arus basis. Dari sini kita dapatkan pendekatan harga V_E , I_E dan I_B . Selanjutnya didapat pendekatan yang lebih baik untuk V_B sebagai

$$V_{B2} = V_{B1} - I_B R_B$$

Jika digunakan dua pencatu daya, rangkaian di atas dapat disederhanakan seperti terlihat pada gambar 11.7. Di sini masukan tidak perlu dipasang kapasitor, dan masukan akan berubah-ubah terhadap tanah (*ground*).



Gambar 11.8 Penyederhanaan rangkaian dengan menggunakan pendekatan

Contoh 1

Pada gambar 11.4 misalnya rangkaian mempunyai

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

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

$$R_{panjar} = 1 \text{ M}\Omega$$

Hitung nilai panjar jika β berharga

- i) 30
- ii) 100
- iii) 300

Jawab

Untuk semua keadaan terdapat $V_{BE} \approx 0,6 \text{ V}$, sehingga

$$\begin{aligned} I_B &= 9,4 \text{ V} / 1 \text{ M}\Omega \\ &= 9,4 \mu\text{A} \end{aligned}$$

i) $I_C = \beta I_B$

$$= 0,282 \text{ mA}$$

$$V_C = V_{CC} - I_C R_L$$

$$= 10 - 0,282 \times 5$$

$$= 8,59 \text{ V} \quad (\text{nilai yang sedikit terlalu tinggi})$$

ii) $I_C = 100 \times 9,4 \mu\text{A}$

$$= 0,94 \text{ mA}$$

$$V_C = 10 - 0,94 \times 5$$

$$= 5,3 \text{ V} \quad (\text{panjar yang baik})$$

iii) $I_C = 300 \times 9,4 \mu\text{A}$

$$= 2,82 \text{ mA}$$

$$V_C = 10 - 2,82 \times 5$$

$$= -4,1 \text{ V}$$

tentu saja nilai ini jelas salah. Dengan menggunakan $I_C = \beta I_B$, kita secara implisit berasumsi bahwa transistor berada dalam daerah aktif, asumsi ini salah. Jelas transistor berada pada tegangan yang sangat rendah, atau berada pada “daerah jenuh”. Kita dapat menduga

$$V_C \approx 0,2 \text{ V}$$

saat $I_C = (10 - 0,2) \text{ V} / 5 \text{ k}\Omega$

$$= 1,96 \text{ mA}$$

Keadaan panjar ini sangat tidak cocok untuk suatu penguat.

Contoh 2

Pada gambar 11.6 misalnya rangkaian mempunyai

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

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

$$R_{panjar} = 470 \text{ k}\Omega$$

Hitung nilai panjar jika β berharga

i) 30

ii) 100

iii) 300

Jawab

Perhatikan bahwa $I_C (= \beta I_B)$ dan I_B keduanya mengalir melalui R_L . Karenanya kita mempunyai

$$I_B = (V_C - V_{BE}) / R_{panjar}$$

$$V_C = V_{CC} - (\beta + 1) I_B R_L$$

$$= V_{CC} - (\beta + 1)(V_C - V_{BE}) R_L / R_{panjar}$$

Sebut $x = (\beta + 1)R_L / R_{panjar}$

$$V_C = V_{CC} - xV_C + xV_{BE}$$

$$= \frac{V_{CC} + xV_{BE}}{1 + x}$$

i) Untuk $\beta = 30$

$$x = 31 \times 5 / 470$$

$$= 0,333$$

$$V_C = \frac{10 + 0,33 \times 0,6}{1,33}$$

$$= 7,67 \text{ V (harga panjar yang tidak terlalu bagus)}$$

$$(\beta + 1) I_B = (10 - 6,67) \text{ V} / 5 \text{ k}\Omega$$

$$I_C = 0,45 \text{ mA}$$

Pada perhitungan panjar di atas kita banyak menggunakan bantuan aljabar. Kita dapat mencoba menggunakan pendekatan lain dengan memulai dari memasang

$$V_C = 5 \text{ V}$$

maka

$$I_B = (5 - 0,6) \text{ V}/470 \text{ k}\Omega$$

$$= 9,36 \mu\text{A}$$

$$(\beta + 1)I_B = (V_{CC} - V_C)/R_L$$

$$= 5 \text{ V}/5 \text{ k}\Omega$$

$$= 1 \text{ mA}$$

sehingga ini dapat dicapai jika

$$(\beta + 1) = 1 \text{ mA}/9,36 \mu\text{A}$$

$$= 107$$

Untuk $\beta = 30$ kita harus mempunyai arus basis yang lebih, sehingga kita coba V_C yang lebih tinggi, katakan 7 V. Jadi

$$I_B = (7 - 0,6) \text{ V}/470 \text{ k}\Omega$$

$$= 13,6 \mu\text{A}$$

$$I_C = 0,6 \text{ mA}$$

$$(\beta + 1) = 44 \quad (\beta = 43)$$

Jelas kita tidak akan mencoba V_C yang terlalu tinggi; kita coba 7,5 V.

$$I_B = 14,7 \mu\text{A}$$

$$(\beta + 1)I_B = 0,5 \text{ mA}$$

$$(\beta + 1) = 34 \quad (\beta = 33)$$

Dengan ekstrapolasi dari kedua percobaan kita di atas, selanjutnya kita dapat menduga

$$V_C = 7,5 + \frac{33 - 30}{43 - 33} \times (7,5 - 7,0)$$

$$= 7,65 \text{ V}$$

Saat

$$I_B = 15 \mu\text{A}$$

$$(\beta + 1)I_B = 0,47 \text{ mA}$$

$$(\beta + 1) = 31,3$$

hasil ini nampaknya sudah cukup baik, mengingat resistor yang digunakan juga memiliki toleransi misalnya 5%.

ii) Untuk $\beta = 100$

$$\begin{aligned}x &= 101 \times 5 / 470 \\ &= 1,074\end{aligned}$$

$$V_C = \frac{10 + 1,074 \times 0,6}{2,074}$$

$$= 5,13 \text{ V (harga panjar yang bagus)}$$

$$\begin{aligned}I_C &= (100/101) \times (10 - 5,13) \text{ V} / 5 \text{ k}\Omega \\ &= 0,964 \text{ mA.}\end{aligned}$$

Sebaiknya kita perlu curiga apakah kita tidak melakukan kesalahan perhitungan. Kita dapat memeriksa dengan menghitung

$$I_B = (5,13 - 0,6) \text{ V} / 470 \text{ k}\Omega$$

$$= 9,64 \text{ }\mu\text{A}$$

$$\begin{aligned}\beta &= 0,964 \text{ mA} / 9,64 \text{ }\mu\text{A} \\ &= 100\end{aligned}$$

dan ternyata sudah benar.

iii) Untuk $\beta = 300$

$$\begin{aligned}x &= 301 \times 5 / 470 \\ &= 3,202\end{aligned}$$

$$V_C = \frac{10 + 3,202 \times 0,6}{4,202}$$

$$= 2,84 \text{ V}$$

$$\begin{aligned}I_C &= (300/301) \times (10 - 2,84) \text{ V} / 5 \text{ k}\Omega \\ &= 1,43 \text{ mA.}\end{aligned}$$

Contoh 3

Pada gambar 11.7 misalnya rangkaian mempunyai

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

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

$$R_E = 1,8 \text{ k}\Omega$$

$$R_1 = 470 \text{ k}\Omega$$

$$R_2 = 120 \text{ k}\Omega$$

Hitung nilai panjar jika β berharga

i) 30

ii) 100

iii) 300

Jawab

Dengan menggunakan persamaan 11.7 dan 11.8 didapat

$$V_{BB} = 12 \times 120 / 590$$

$$= 2,44 \text{ V}$$

$$R_B = 120 \text{ k}\Omega // 470 \text{ k}\Omega$$

$$= 95,6 \text{ k}\Omega$$

i) Untuk $\beta = 30$

$$\begin{aligned} I_B &= \frac{V_{BB} - V_{BE}}{(\beta + 1)R_E + R_B} \\ &= \frac{(2,44 - 0,6) \text{ V}}{(31 \times 1,8 + 95,6) \text{ k}\Omega} \\ &= 12,15 \text{ }\mu\text{A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_C &= \beta I_B \\ &= 30 \times 12,15 \text{ }\mu\text{A} \\ &= 0,36 \text{ mA} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_C &= V_{CC} - I_C R_L \\ &= 12 - 0,36 \times 5 \\ &= 10,18 \text{ V (agak terlalu tinggi)} \end{aligned}$$

$$I_E = 0,38 \text{ mA}$$

$$\begin{aligned}
 V_E &= I_E R_E \\
 &= 0,38 \times 1,8 \\
 &= 0,68 \text{ V}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_B &= V_E + V_{BE} \\
 &= 0,68 + 0,6 \\
 &= 1,28 \text{ V}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{CE} &= V_C - V_E \\
 &= 9,5 \text{ V}
 \end{aligned}$$

Perhatikan bahwa V_B berada di bawah V_{BB} , keadaan panjar ini akan bekerja lebih baik jika perbedaan keduanya semakin kecil.

ii) Untuk $\beta = 100$

$$\begin{aligned}
 I_B &= \frac{V_{BB} - V_{BE}}{(\beta + 1)R_E + R_B} \\
 &= \frac{(2,44 - 0,6) \text{ V}}{(101 \times 1,8 + 95,6) \text{ k}\Omega} \\
 &= 6,63 \mu\text{A}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_C &= \beta I_B \\
 &= 100 \times 6,63 \mu\text{A} \\
 &= 0,663 \text{ mA}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_C &= V_{CC} - I_C R_L \\
 &= 12 - 0,663 \times 5 \\
 &= 8,68 \text{ V (masih agak terlalu tinggi)}
 \end{aligned}$$

$$I_E = 0,670 \text{ mA}$$

$$\begin{aligned}
 V_E &= I_E R_E \\
 &= 1,2 \text{ V}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_B &= V_E + V_{BE} \\
 &= 1,8 \text{ V}
 \end{aligned}$$

iii) Untuk $\beta = 300$

$$\begin{aligned} I_B &= \frac{V_{BB} - V_{BE}}{(\beta + 1)R_E + R_B} \\ &= \frac{(2,44 - 0,6) \text{ V}}{(301 \times 1,8 + 95,6) \text{ k}\Omega} \\ &= 2,89 \text{ }\mu\text{A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_C &= \beta I_B \\ &= 300 \times 2,89 \text{ }\mu\text{A} \\ &= 0,866 \text{ mA} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_C &= V_{CC} - I_C R_L \\ &= 12 - 0,866 \times 5 \\ &= 7,67 \text{ V (panjar yang cukup bagus)} \end{aligned}$$

$$I_E = 0,869 \text{ mA}$$

$$\begin{aligned} V_E &= I_E R_E \\ &= 1,56 \text{ V} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_B &= V_E + V_{BE} \\ &= 2,16 \text{ V} \end{aligned}$$

Harga ini sedikit di bawah V_{BB} , dan rangkaian panjar cukup cocok untuk transistor dengan β yang sedemikian tinggi.

Contoh 4

Ulangi contoh 3 untuk R_1 , R_2 yang diturunkan sepuluh kali lebih rendah, yaitu

$$R_1 = 47 \text{ k}\Omega$$

$$R_2 = 12 \text{ k}\Omega$$

Jawab

V_{BB} tidak berubah

$$R_B = 9,56 \text{ k}\Omega$$

i) Untuk $\beta = 30$

$$\begin{aligned} I_B &= \frac{V_{BB} - V_{BE}}{(\beta + 1)R_E + R_B} \\ &= \frac{(2,44 - 0,6) \text{ V}}{(31 \times 1,8 + 9,56) \text{ k}\Omega} \\ &= 28,2 \text{ }\mu\text{A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_C &= \beta I_B \\ &= 30 \times 28,2 \text{ }\mu\text{A} \\ &= 0,845 \text{ mA} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_C &= V_{CC} - I_C R_L \\ &= 12 - 0,845 \times 5 \\ &= 7,78 \text{ V} \end{aligned}$$

$$I_E = 0,873 \text{ mA}$$

$$\begin{aligned} V_E &= I_E R_E \\ &= 1,57 \text{ V} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_B &= V_E + V_{BE} \\ &= 2,17 \text{ V} \end{aligned}$$

Harga ini tidak terlalu jauh dari harga V_{BB} , sehingga kondisi panjar di atas cukup bagus. Ini akibat kita menaikkan arus pada pembagi tegangan dan arus basis. Perhitungan untuk kondisi ii) dan iii) dapat diteruskan, secara cepat ambil pendekatan dengan mengabaikan arus basis.

Contoh 5

Pada gambar 11.8 misalnya rangkaian mempunyai

$$\begin{aligned} V_{CC} &= V_{EE} = 15 \text{ V} \\ R_L &= 100 \text{ k}\Omega \\ R_E &= 220 \text{ k}\Omega \end{aligned}$$

Hitung nilai panjar rangkaian.

Jawab

Secara sederhana kita mempunyai

$$\begin{aligned} V_{BB} &= 0 \text{ V} \\ V_E &= -0,6 \text{ V} \end{aligned}$$

$$I_E = (-0,6 - -15) \text{ V} / 220 \text{ k}\Omega$$

$$= 65,5 \text{ }\mu\text{A}$$

Karena secara efektif kita mempunyai $R_B = 0$, β tidak diperlukan lagi. Kita dapat mengabaikan I_B untuk menghitung

$$I_C \approx I_E$$

$$= 65,5 \text{ }\mu\text{A}$$

$$V_C = 15 \text{ V} - 65,5 \text{ }\mu\text{A} \times 100 \text{ k}\Omega$$

$$= 8,45 \text{ V}$$

dan $V_{CC} = V_C - V_E = 9,05 \text{ V}$