

# ELEKTRONIKA DASAR

*Pertemuan Ke-6*  
*DC Biasing Pada BJT*

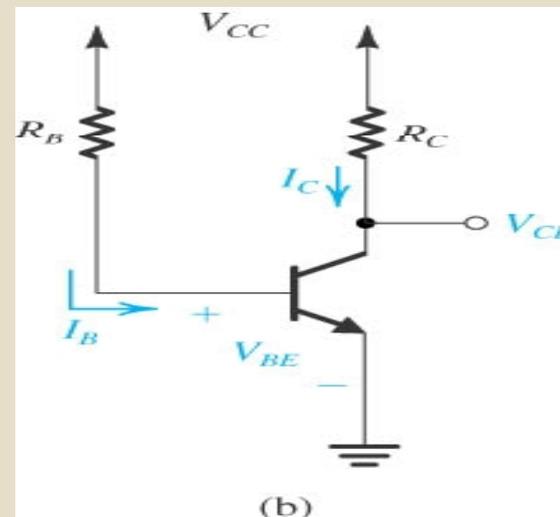
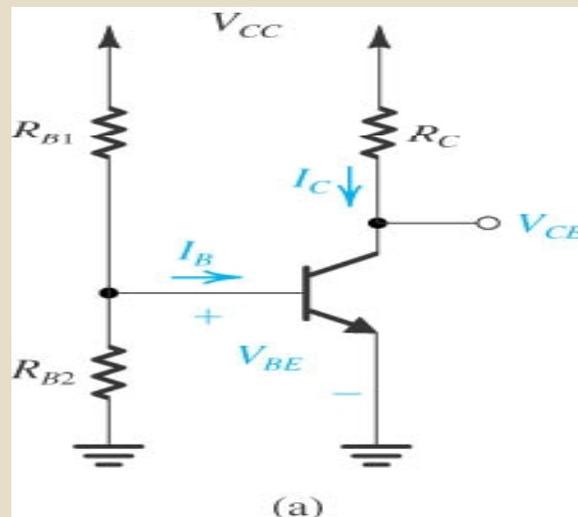
**ALFITH, S.Pd,M.Pd**

## Pemberian bias pada rangkaian BJT

Masalah pemberian bias berkaitan dengan:

- penentuan arus dc pada collector yang harus dapat dihitung, diprediksi dan tidak sensitif terhadap perubahan suhu dan variasi harga  $\beta$  yang cukup besar.
- penentuan lokasi titik kerja dc pada bidang  $i_C - v_{CE}$  yang memungkinkan simpangan sinyal tetap linier.

Contoh pemberian bias yang tidak baik

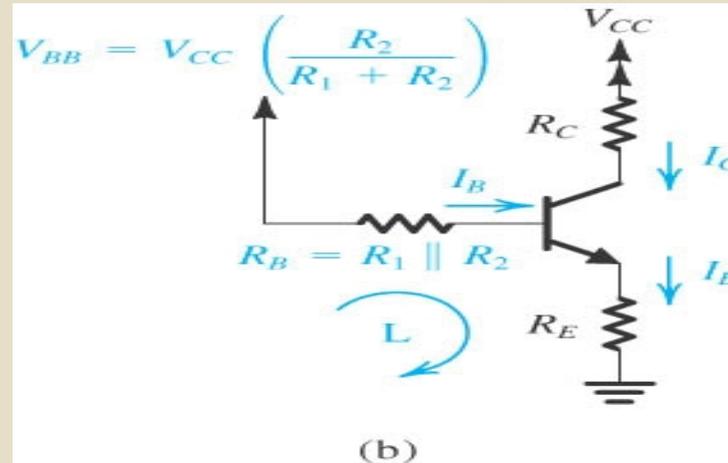
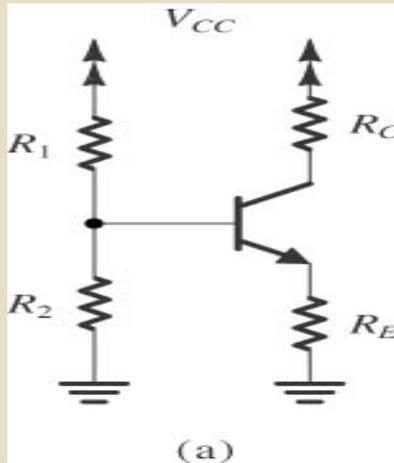


Gambar 43. Pemberian bias pada BJT

(a) Menetapkan harga  $V_{BE}$  yang tetap

(b) Menetapkan harga  $I_B$  yang tetap

## Cara klasik pengaturan bias untuk rangkaian diskrit



Gambar 44. Cara klasik pemberian bias untuk BJT menggunakan sebuah catu daya.

Gambar 44(b) menunjukkan rangkaian yang sama dengan menggunakan rangkaian ekuivalen Thévenin-nya.

$$V_{BB} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{CC}$$
$$R_B = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$
$$I_E = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_E + R_B / (\beta + 1)}$$

Untuk membuat  $I_E$  tidak sensitif terhadap suhu dan variasi  $\beta$ , rangkaian harus memenuhi dua syarat berikut:

$$V_{BB} \gg V_{BE}$$

$$R_E \gg \frac{R_B}{\beta + 1}$$

Untuk memenuhi persyaratan di atas.

- Sebagai 'rule of thumb',  $V_{BB} \approx V_{CC}$ ,  $V_{CB}$  (atau  $V_{CE}) \approx V_{CC}$  dan  $I_C R_C \approx V_{CC}$
- Pilih  $R_1$  dan  $R_2$  sehingga arus yang melaluinya berkisar antara  $0,1I_E - I_E$ .

Pada rangkaian pada gambar 44,  $R_E$  memberikan umpan balik negatif sehingga dapat menstabilkan arus dc emitter.

Jika  $I_E$ ,  $V_{RE}$  dan  $V_E$ . Jika tegangan pada base hanya ditentukan oleh pembagi tegangan  $R_1, R_2$ , yaitu bila  $R_B$  kecil, maka tegangan ini akan tetap konstan, sehingga jika  $V_E$  dan  $V_{BE}$  konstan, maka  $I_C$  (dan  $I_E$ ) akan konstan.

Contoh soal 13:

Rancanglah rangkaian pada gambar 44 sehingga  $I_E = 1 \text{ mA}$  dengan catu daya  $V_{CC} = +12\text{V}$ .  
Transistor mempunyai harga nominal  $\beta = 100$ .

Jawab:

Ikuti 'rule of thumb':

tegangan catu daya dialokasikan untuk tegangan pada  $R_2$ , lainnya untuk tegangan pada  $R_C$  dan sisanya untuk simpangan sinyal pada collector.

$$V_B = +4 \text{ V}$$

$$V_E = 4 - V_{BE} \approx 3,3 \text{ V}$$

$$R_E = \frac{V_E}{I_E} = \frac{3,3}{1} = 3,3 \text{ k } \Omega$$

Pilih arus pada pembagi tegangan  $= 0,1 I_E = 0,1 \times 1$   
 $= 0,1 \text{ mA}$

Abaikan arus base, jadi

$$R_1 + R_2 = \frac{12}{0,1} = 120 \text{ k } \Omega$$

$$\frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{CC} = 4 \text{ V}$$

Jadi  $R_2 = 40 \text{ k}$  dan  $R_1 = 80 \text{ k}$

Pada tahap ini, dapat dihitung  $I_E$  yang lebih akurat dengan memperhatikan arus base yang tidak nol.

$$I_E = \frac{4 - 0,7}{3,3 \text{ ( k } \Omega \text{ )} + \frac{(80 // 40) \text{ ( k } \Omega \text{ )}}{101}} = 0,93 \text{ mA}$$

Ternyata lebih kecil dari harga yang diinginkan. Untuk mengembalikan  $I_E$  ke harga yang diinginkan kurangi harga  $R_E$  dari 3,3 k dengan suku kedua dari penyebut (0,267 k ). Jadi harga  $R_E$  yang lebih tepat adalah  $R_E = 3 \text{ k}$  yang akan menghasilkan  $I_E = 1,01 \text{ mA} \approx 1 \text{ mA}$ .

Disain 2:

jika diinginkan untuk menarik arus yang lebih tinggi dari catu daya dan resistansi masukan penguat yang lebih kecil, kita dapat menggunakan arus pada pembagi tegangan sama dengan  $I_E$  (yaitu 1 mA), maka  $R_1 = 8 \text{ k}$  dan  $R_2 = 4 \text{ k}$

$$I_E = \frac{4 - 0,7}{3,3 + 0,027} = 0,99 \approx 1 \text{ mA}$$

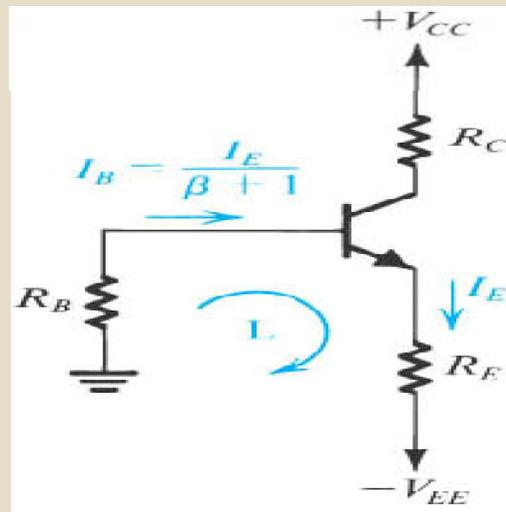
Pada disain ini harga  $R_E$  tidak perlu diganti

$$R_c = \frac{12 - V_c}{I_c}$$

$$I_c = \alpha I_E = 0,99 \times 1 = 0,99 \text{ mA} \approx 1 \text{ mA}$$

$$R_c = \frac{12 - 8}{1} = 4 \text{ k}\Omega$$

Cara klasik pengaturan bias dengan menggunakan dua catu daya



Gambar 45. Pemberian bias pada BJT dengan menggunakan dua catu daya

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

Persamaan ini sama dengan persamaan sebelumnya hanya  $V_{EE}$  menggantikan  $V_{BB}$ . Jadi kedua kendala tetap berlaku.

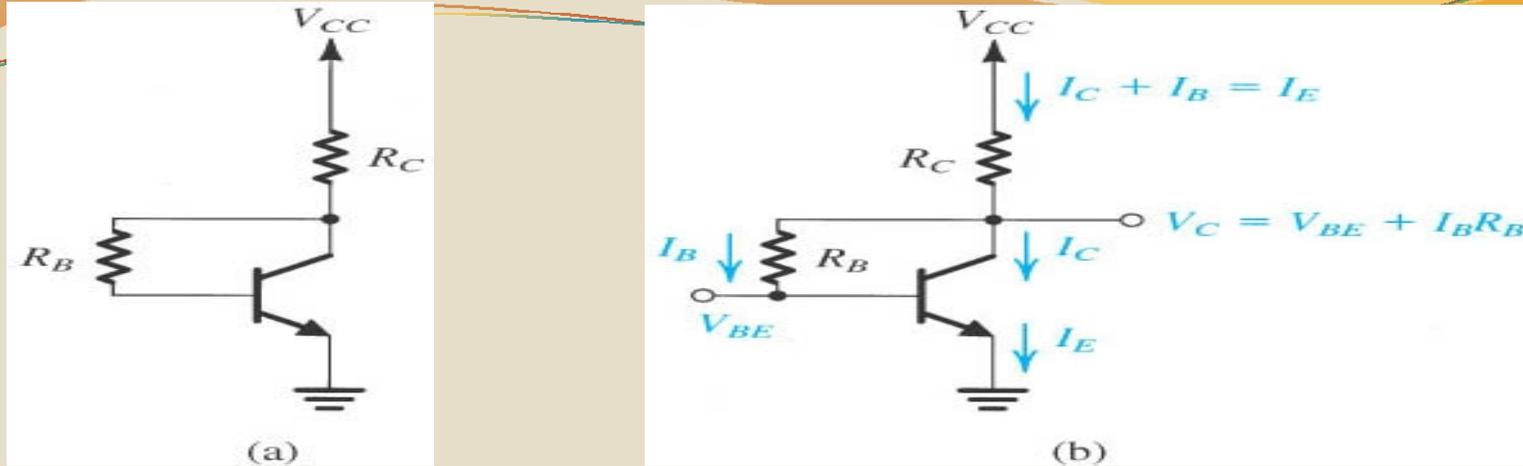
Jika base dihubungkan dengan ground (konfigurasi common-base), maka  $R_B$  dihilangkan sama sekali.

Sebaliknya, jika sinyal masukan dihubungkan pada base, maka  $R_B$  tetap diperlukan.

Pemberian bias dengan menggunakan resistor umpan balik collector-ke-base.

Gambar 46(a) menunjukkan sebuah rancangan pemberian bias yang sederhana tapi efektif yang cocok untuk penguat common-emitter.

Resistor  $R_B$  berperan sebagai umpan balik negatif, yang membantu kestabilan titik bias dari BJT



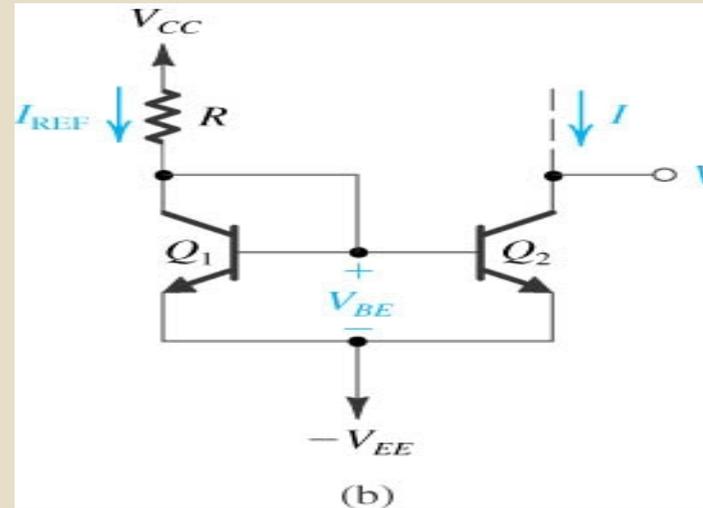
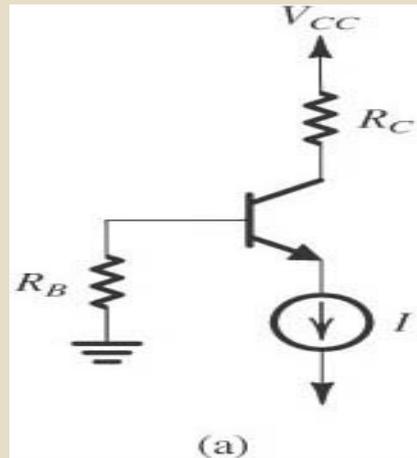
Gambar 46 Penguat common-emitter yang diberi bias dengan resistor umpan balik  $R_B$ .

$$\begin{aligned}
 V_{CC} &= I_E R_C + I_B R_B + V_{BE} \\
 &= I_E R_C + \frac{I_E}{\beta + 1} R_B + V_{BE} \\
 I_E &= \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_C + R_B / (\beta + 1)}
 \end{aligned}$$

Untuk mendapatkan  $I_E$  yang tidak sensitif terhadap variasi  $\beta$ ,  $R_B / (\beta + 1) \ll R_C$ . Harga  $R_B$  menentukan simpangan sinyal yang terdapat pada collector, karena

$$V_{CB} = I_B R_B = I_E \frac{R_B}{\beta + 1}$$

## Pemberian bias dengan menggunakan sumber arus



Gambar 47(a) Sebuah BJT diberi bias dengan sumber arus I.  
(b) Implementasi rangkaian sumber arus I.

Rangkaian ini mempunyai keunggulan:

- yaitu arus emitter tidak tergantung dari harga  $\beta$  dan  $R_B$   $R_B$  dapat dibuat besar resistansi masukan pada base meningkat tanpa mengganggu kestabilan bias.
- menyederhanakan rangkaian.

Implementasi sederhana dari sumber arus konstan  $I$ , terlihat pada gambar 47(b). Rangkaian menggunakan sepasang transistor yang 'matched'  $Q_1$  dan  $Q_2$ , dengan  $Q_1$  dihubungkan sebagai dioda dengan menghubungkan – singkat collector dan base nya.

Jika diasumsikan  $Q_1$  dan  $Q_2$  mempunyai harga  $\beta$  yang tinggi, arus base dapat diabaikan. Jadi arus melalui  $Q_1$  hampir sama dengan  $I_{REF}$ .

$$I_{REF} = \frac{V_{CC} - (-V_{EE}) - V_{BE}}{R}$$

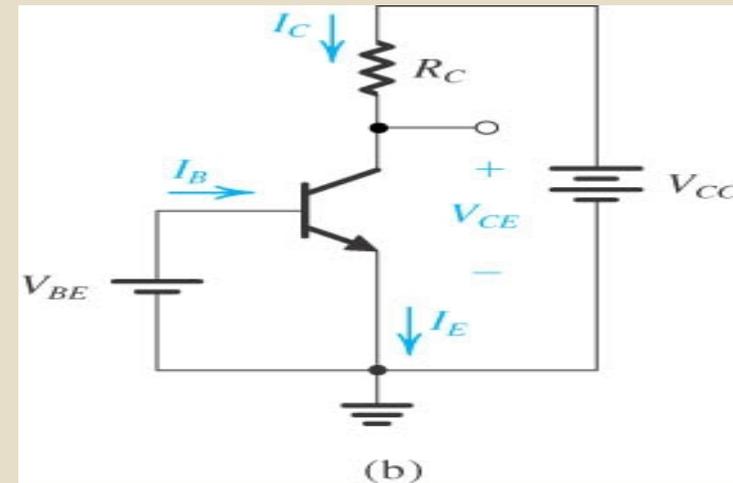
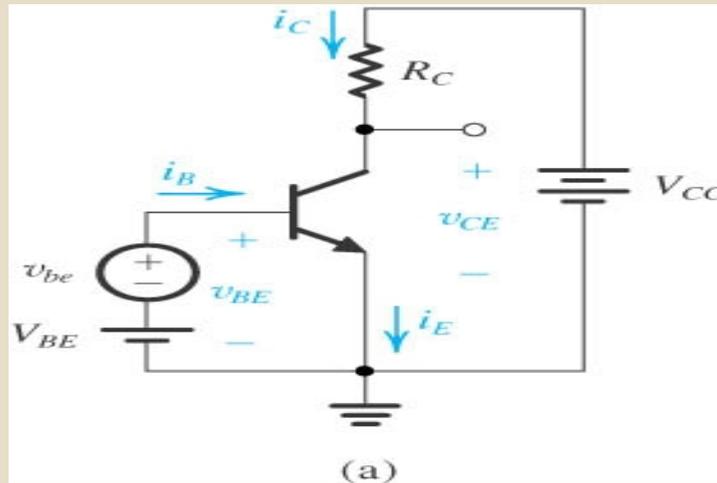
Karena  $Q_1$  dan  $Q_2$  mempunyai  $V_{BE}$  yang sama, arus collectornya akan sama

$$I = I_{REF} = \frac{V_{CC} + V_{EE} - V_{BE}}{R}$$

Dengan mengabaikan efek Early pada  $Q_2$ , arus collector akan tetap konstan selama  $Q_2$  tetap pada daerah aktif. Hal ini akan tetap terjaga jika tegangan collector lebih tinggi dari tegangan base ( $-V_{EE} + V_{BE}$ ).

Hubungan  $Q_1$  dan  $Q_2$  seperti pada gambar 47(b) dikenal sebagai '*current mirror*'

## Cara kerja dan model sinyal kecil



Gambar 48 (a) Rangkaian konseptual untuk menunjukkan cara kerja transistor sebagai penguat  
(b) Rangkaian (a) tanpa sinyal  $v_{be}$  untuk analisa DC (bias)

EBJ diberi forward bias oleh sebuah batere  $V_{BE}$ . CBJ diberi reverse bias oleh catu daya DC  $V_{CC}$  melalui resistor  $R_C$ . Sinyal yang akan diperkuat,  $v_{be}$ , ditumpangkan pada  $V_{BE}$ .

Langkah pertama keadaan bias DC dengan men-set  $v_{be}$  sama dengan nol. (Lihat gambar 48(b))

Hubungan antara arus dan tegangan DC:

$$I_C = I_S e^{V_{BE} / N_T}$$

$$I_E = I_C / \alpha$$

$$I_B = I_C / \beta$$

$$V_C = V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C$$

Untuk bekerja pada mode aktif,  $V_C$  harus lebih besar dari  $(V_B - 0,4)$  dengan harga yang memungkinkan simpangan sinyal pada collector,

Arus collector dan transkonduktansi.

Jika sinyal  $v_{be}$  dipasangkan seperti pada gambar 48(a) total tegangan base – emitter  $v_{BE}$  menjadi

$$v_{BE} = V_{BE} + v_{be}$$

,  
Dan arus collector menjadi:

$$I_C = I_S e^{(V_{BE} + v_{be}) / N_T} = I_S e^{(V_{BE} / N_T)} e^{(v_{be} / N_T)}$$

$$i_c = I_C e^{v_{be} / V_T}$$

Jika  $v_{be} \ll V_T$  maka:

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

Persamaan (pendekatan) di atas hanya berlaku untuk  $v_{be}$  lebih kecil dari 10 mV, dan ini dikenal dengan pendekatan sinyal kecil. Maka arus collector total:

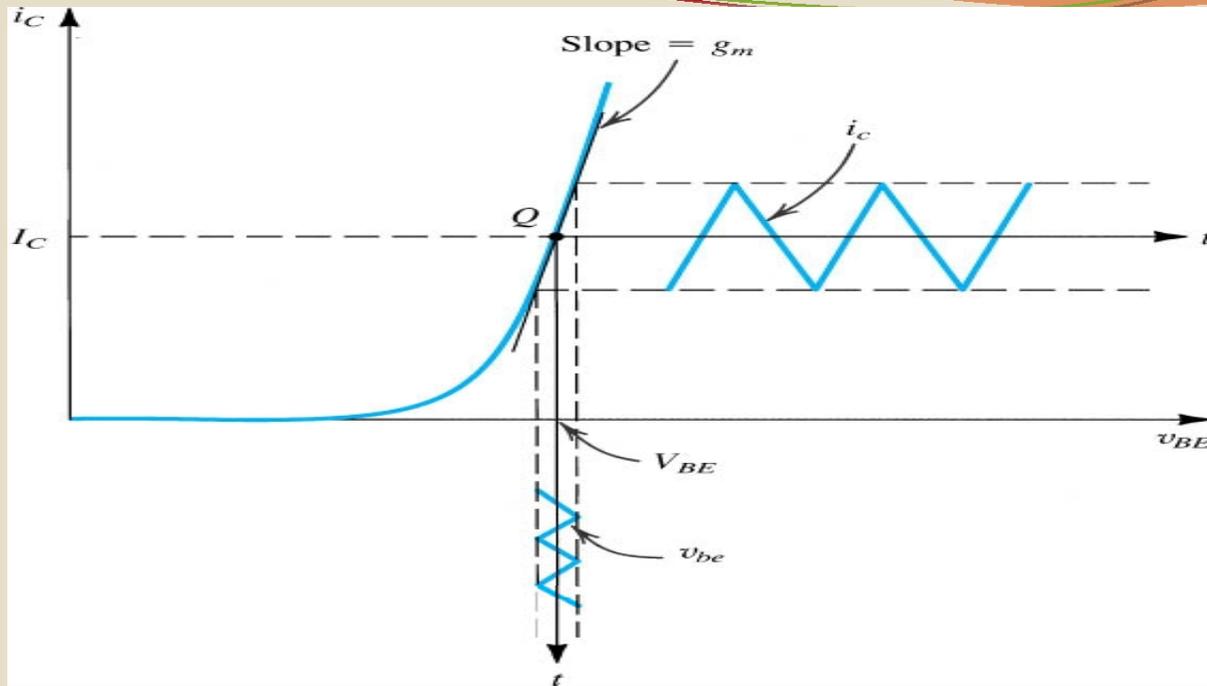
$$i_c = I_C + \frac{I_C}{V_T} v_{be}$$

$$i_c = \frac{I_C}{V_T} v_{be}$$

$$i_c = g_m v_{be}$$

$$g_m = \frac{I_C}{V_T}$$

$g_m$  disebut transkonduktansi



Gambar 49. Cara kerja linier dari transistor dengan sinyal kecil

Transkonduktansi BJT sebanding dengan arus bias collector  $I_C$ .

BJT mempunyai transkonduktansi yang cukup tinggi dibandingkan dengan MOSFET, misal untuk  $I_C = 1 \text{ mA}$ ,  $g_m \approx 40 \text{ mA/V}$

Interpretasi grafis  $g_m$  dapat dilihat pada gambar 49, di mana  $g_m$  sama dengan kemiringan kurva karakteristik  $i_C - v_{BE}$  pada  $i_C = I_C$  (titik bias Q). Jadi

$$g_m = \left. \frac{\partial i_C}{\partial v_{BE}} \right|_{i_C = I_C}$$

Pendekatan sinyal kecil amplitudo sinyal harus dijaga cukup kecil transistor bekerja pada daerah terbatas pada kurva  $i_C - v_{BE}$  di mana segmen masih bisa dianggap linier.

Untuk sinyal kecil ( $v_{be} \ll V_T$ ), transistor berperan seperti sebuah sumber arus yang dikendalikan oleh tegangan (VCCS).

Terminal masukan VCCS : antara base dan emitter, terminal keluaran di antara collector dan emitter.

Transkonduktansi dari VCCS ini:  $g_m$  dan resistansi keluaran tidak terhingga (untuk keadaan ideal). Pada kenyataannya BJT mempunyai resistansi keluaran yang terbatas karena ada efek Early.

## Arus base dan resistansi masukan pada base

Untuk menentukan resistansi masukan, pertama hitung total arus base  $i_B$

$$i_B = \frac{i_C}{\beta} = \frac{I_C}{\beta} + \frac{1}{\beta} \frac{I_C}{V_T} V_{be}$$

$$i_B = I_B + i_b$$

$$I_B = \frac{I_C}{\beta}$$

$$i_b = \frac{1}{\beta} \frac{I_C}{V_T} V_{be}$$

$$g_m = \frac{I_C}{V_T}$$

$$i_b = \frac{g_m}{\beta} V_{be}$$

Resistansi masukan sinyal kecil antara base dan emitter, melihat ke arah:base, disebut  $r_{\pi}$  dan didefinisikan sebagai

$$r_{\pi} \equiv \frac{V_{be}}{i_b}$$

$$r_{\pi} = \frac{\beta}{g_m}$$

$$r_{\pi} = \frac{V_T}{I_B}$$

jadi  $r_{\pi}$  berbanding lurus dengan  $\beta$  dan berbanding terbalik dengan arus bias  $I_C$ .

Arus emitter dan resistansi masukan pada emitter

Total arus emitter  $i_E$  dapat ditentukan dari

$$i_E = \frac{i_C}{\alpha} = \frac{I_C}{\alpha} + \frac{i_c}{\alpha}$$

$$i_E = I_E + i_e$$

$$I_E = \frac{I_C}{\alpha}$$

$$i_e = \frac{i_c}{\alpha} = \frac{I_C}{\alpha} \frac{V_{be}}{V_T} = \frac{I_E}{V_T} V_{be}$$

Resistansi masukan sinyal kecil antara base dan emitter, melihat ke arah:emitter, disebut  $r_e$  atau resistansi emitter dan didefinisikan sebagai

$$r_e \equiv \frac{V_{be}}{i_e}$$
$$r_e = \frac{V_T}{I_E}$$
$$r_e = \frac{\alpha}{g_m} \approx \frac{1}{g_m}$$

Hubungan antara  $r_\pi$  dan  $r_e$  dapat diperoleh dengan mengkombinasikan definisinya masing-masing

$$v_{be} = i_b r_\pi = i_e r_e$$

Jadi:  $r_\pi = (i_e/i_b)r_e$

$$r_\pi = (\beta+1)r_e$$

## Penguatan tegangan

Untuk mendapatkan tegangan sinyal keluaran, maka kita alirkan arus collector melalui sebuah resistor. Total tegangan collector:

$$\begin{aligned}v_C &= V_{CC} - i_C R_C \\ &= V_{CC} - (I_C + i_c) R_C \\ &= (V_{CC} - I_C R_C) - i_c R_C \\ &= V_C - i_c R_C\end{aligned}$$

$V_C$  adalah tegangan bias dc pada collector, dan tegangan sinyal adalah:

$$\begin{aligned}v_c &= -i_c R_C = -g_m v_{be} R_C \\ &= (-g_m R_C) v_{be}\end{aligned}$$

Jadi penguatan tegangan  $A_v = \frac{v_c}{v_{be}}$  dari penguat  $A_v$  adalah

$g_m$  sebanding dengan arus bias collector, jadi

$$A_v = - \frac{I_C R_C}{V_T}$$