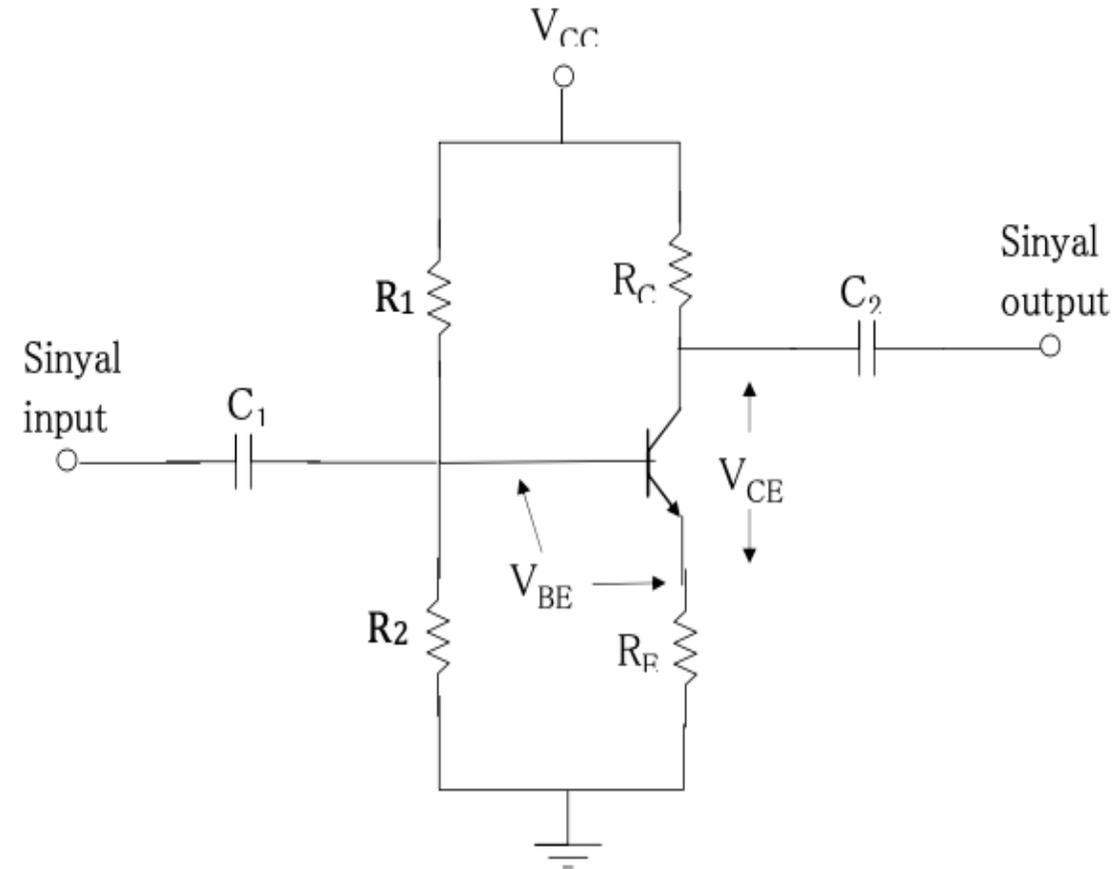


PERTEMUAN 11

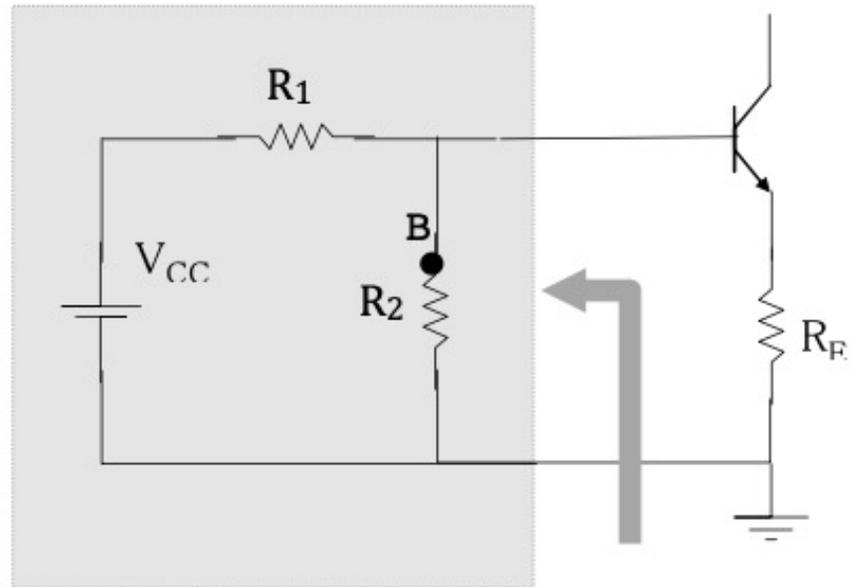
BIAS PEMBAGI TEGANGAN

- Gambar dibawah ini merupakan rangkaian penguat dengan bias pembagi tegangan.
- Rangkaian bias pembagi tegangan terdiri atas 4 resistor: R_1 , R_2 , R_C dan R_E .
- R_1 akan menjamin bahwa persambungan kolektor bias mundur, sedangkan resistor R_2 akan menjamin bahwa persambungan basis-emitor mendapatkan bias maju.
- Dengan adanya pembagi tegangan R_1 dan R_2 akan menjamin bahwa transistor dapat bekerja pada daerah aktif. R_C sebagai resistansi beban kolektor, R_E sebagai stabilisasi dc



Gb 1. Rangkaian Penguat dengan Bias Pembagi Tegangan

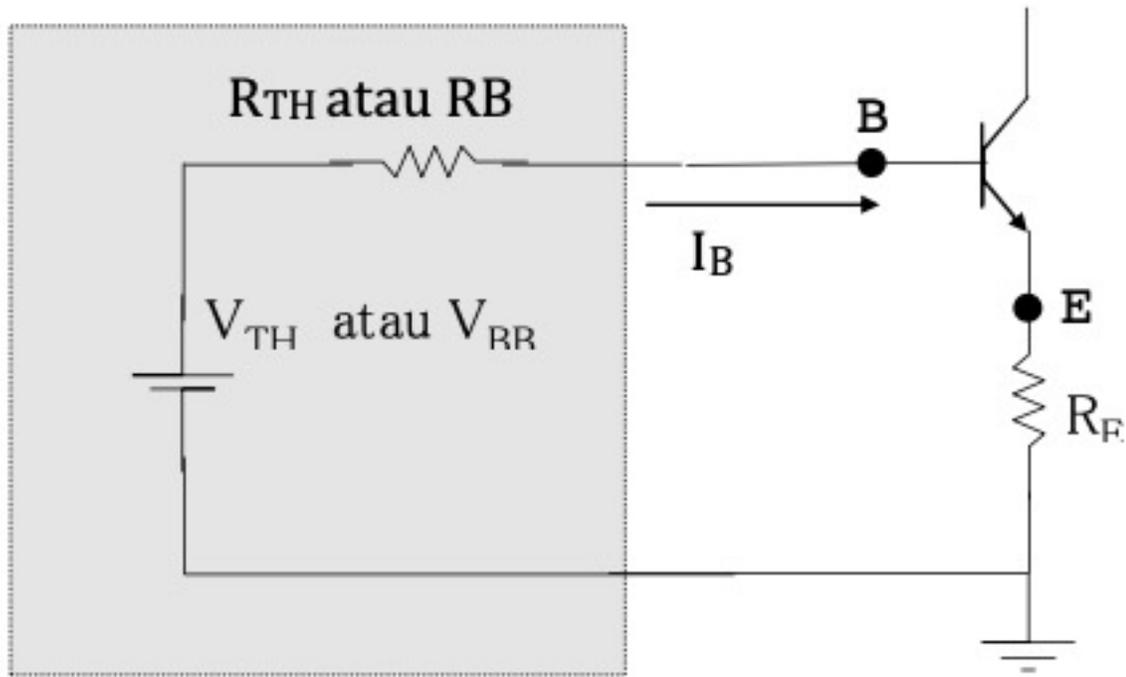
Analisis dc rangkaian bias pembagi tegangan dimulai dengan menggambar lagi bagian input rangkaian sbb:



Thevenin

Gb. 2. Penggambaran Kembali bagian input dari gambar 1

- Jaringan input dari gambar disamping diselesaikan dengan metode Thevenin, yaitu menggantinya dengan sumber tegangan V_{TH} dan sebuah resistansi R_{TH} .
- Hubungan antara V_{TH} dan R_{TH} adalah seri, sehingga diperoleh rangkaian ekivalen sederhana.
- Dalam Analisa penguat transistor Thevenin (V_{TH}) sering disebut dengan V_{BB} dan Resistensi Thevenin (R_{TH}) sering disebut R_B .



Gb 3. Rangkaian Ekuivalen Thevenin pada input transistor

- Harga resistansi dan tegangan Thevenin dari rangkaian ekuivalen adalah sbb:

$$R_{TH} = R_B = R1 \parallel R2$$

$$R_B = \frac{R1 \cdot R2}{R1 + R2}$$

$$V_{TH} = V_{BB} = V_{R2} = \frac{R2}{R1 + R2} V_{CC}$$

$$V_{BB} = \frac{R2 \cdot V_{CC}}{R1 + R2}$$

$V_{BB} = I_B \cdot R_B + V_{BE} + I_E \cdot R_E$ karena, $I_E = (\beta + 1) I_B$ maka:

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

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

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

Sehingga diperoleh:

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

- Dimana harga V_{BE} aktif = 0,7 Volt
- Harga I_B merupakan I_{BQ} atau disebut titik kerja transistor
- Apabila $I_B = I_C/\beta$ dimasukkan persamaan (1), maka harga I_C diperoleh:

$$I_C = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B/\beta + (1 + 1/\beta)R_E} \quad \dots \quad (2)$$

- Analisis pendekatan dapat dilakukan apabila $I_E \cong I_C$, apabila arus I_E dianggap sama dengan arus I_C yang merupakan arus kerja transistor atau I_{CQ} :

$$I_C = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B/\beta + R_E} \quad \dots \quad (3)$$

- Persamaan garis beban diperoleh dengan menerapkan hk Kirchhoff pada ikal output kolektor-emitor:

$$I_E = I_C + I_B$$

$$V_{CC} = I_C \cdot R_C + V_{CE} + I_E \cdot R_E \text{ karena:}$$

$$I_E = I_C + I_C/\beta$$

maka:

$$I_E = (1 + 1/\beta) I_C$$

$$V_{CC} = I_C \cdot R_C + V_{CE} + (1 + 1/\beta) I_C \cdot R_E$$

sehingga diperoleh:

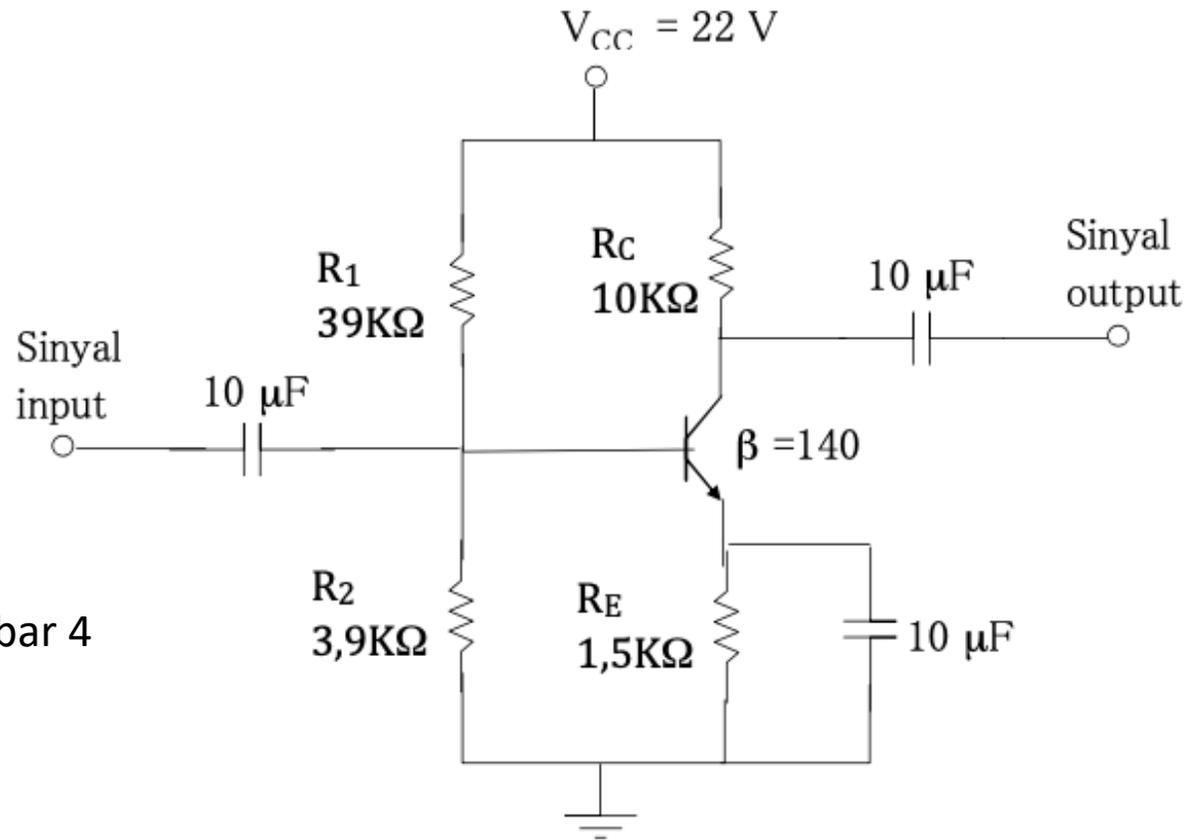
$$V_{CE} = V_{CC} - I_C \cdot R_C - (1 + 1/\beta) I_C \cdot R_E \quad (4)$$

- Harga arus I_C ini merupakan titik kerja transistor yang sering disebut I_{CQ} .
- Analisis pendekatan dapat dilakukan apabila $I_E \cong I_C$, yaitu arus I_E dianggap sama dengan arus I_C , maka diperoleh:

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C (R_C + R_E) \quad (5)$$

- Suatu rangkaian penguat menggunakan bias pembagi tegangan seperti gb4 berikut. Tentukan titik kerja (I_{CQ} , V_{CEQ}) rangkaian penguat tsb.

Penyelesaian:



Gambar 4

$$R_B = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

$$= \frac{(39\text{ K}\Omega)(3,9\text{ K}\Omega)}{39\text{ K}\Omega + 3,9\text{ K}\Omega} = 3,55\text{ K}\Omega$$

$$V_{BB} = \frac{R_2 \cdot V_{CC}}{R_1 + R_2}$$

$$= \frac{(3,9\text{ K}\Omega)(22\text{ V})}{39\text{ K}\Omega + 3,9\text{ K}\Omega} = 2\text{ Volt}$$

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

$$= \frac{2V - 0,7V}{3,55K\Omega/140 + (1 + 1/140)(1,5K\Omega)} = \mathbf{0,85 \text{ mA}}$$

$$V_{CEQ} = V_{CC} - I_C \cdot R_C - (1 + 1/\beta)I_C \cdot R_E$$

$$= 22V - (0,85mA)(10K\Omega) - (1 + 1/140)(0,85mA)(1,5K\Omega)$$

$$= 22V - (8,5V) - (1,28V)$$

$$= \mathbf{12,22 \text{ V}}$$

Perhitungan pendekatan:

$$I_{CQ} = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B/\beta + R_E}$$

$$= \frac{2V - 0,7V}{2K\Omega/140 + 1,5K\Omega} = \mathbf{0,86 \text{ mA}}$$

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

$$= 22V - (0,86mA)(10K\Omega + 1,5K\Omega)$$

$$= 22V - 9,86V$$

$$= \mathbf{12,14 \text{ Volt}}$$

Perbandingan hasil antara analisis tepat dan pendekatan untuk I_{CQ} adalah 0,85 mA dan 0,86 mA, sedangkan untuk V_{CEQ} adalah 12,22 V dan 12,14 V. Terlihat perbedaan sangat kecil. Semakin besar harga beta (β) semakin kecil perbedaannya.

- Sebagaimana dilakukan pada rangkaian bias tetap yaitu membuktikan pengaruh beta (β) thd titik kerja transistor, maka bila contoh pada gambar 4 diulangi lagi untuk harga β sebesar 70, maka diperoleh hasil sbb:

β	$I_{CQ}(\text{mA})$	$V_{CEQ}(\text{V})$
140	0.85	12,22
70	0,83	12,46

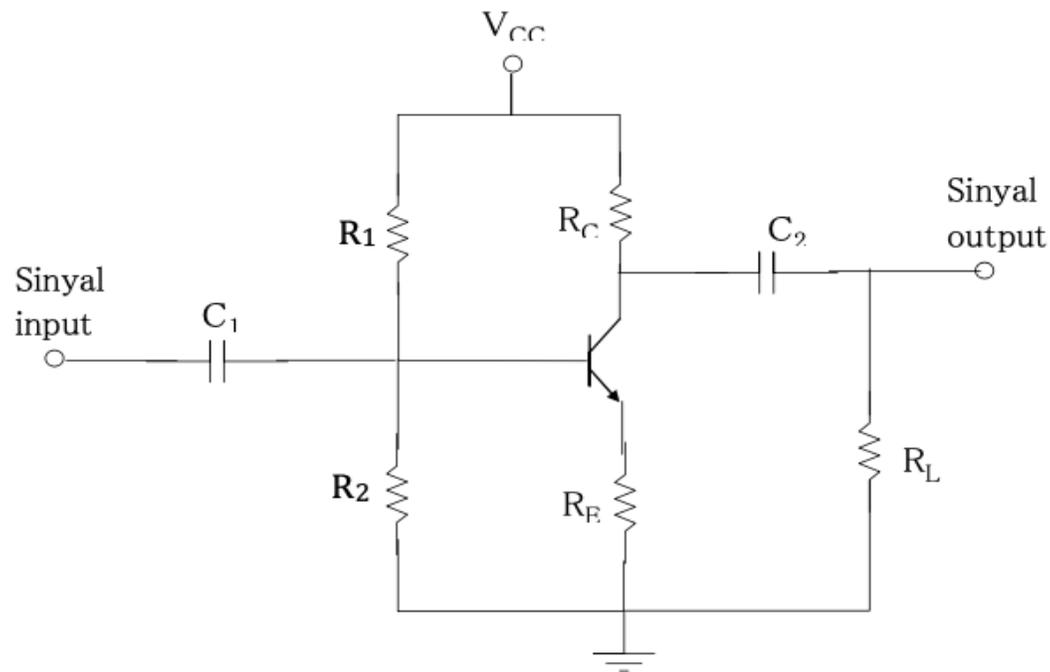
- Hasil tersebut menunjukkan meskipun harga β turun setengahnya, ternyata titik kerja transistor hampir sama. Hal ini terbukti bahwa stabilitas rangkaian bias pembagi tegangan terhadap perubahan β sangat baik.
- Garis bebab dc dibuat berdasarkan tanggapan rangkaian terhadap sinyal ac. Dengan adanya garis beban dc dan ac pada kurva karakteristik, maka kondisi kerja transistor dapat diketahui dan penerapan sinyal ac pada penguat dapat dianalisis.

- Perhatikan rangkaian penguat emitor bersama (Common Emitter = CE) dengan bias pembagi tegangan pada gb 3. Tanggapan rangkaian penguat tersebut thd tegangan dc lebih sederhana karena semua kapasitor diganti dengan rangkaian terbuka.
- Beban pada ikal kolektor-emitor ad. RC dan RE. Oleh karena itu beban ini disebut dengan beban dc (Rdc).

$$R_{dc} = R_C + R_E$$

- Sedangkan tanggapan terhadap sinyal ac, semua kapasitor (C kopleng dan C by-pass) dan catu daya dc (VCC) dianggap hubung singkat.
- Dengan demikian karena terminal untuk VCC terhubung ke tanah (ground) dan kapasitor C2 dianggap hubung singkat, maka resistor RC dan resistor RL terhubung parallel (RC || RL).
- Beban pada ikal kolektor-emitor adalah resistor RC || RL dan resistor RE. Beban ini disebut beban ac (Rac)

$$R_{ac} = (R_C \parallel R_L) + R_E$$



Gb. 5. Rangkaian penguat CE dengan bias pembagi tegangan

- Utk mendapatkan garis beban dc yg digunakan ad beban dc (R_{dc}). Kemiringan garis beban dc adalah $-1/R_{dc}$.
- Demikian pula bila ingin mendapatkan garis beban ac, maka yg digunakan adalah beban ac (R_{ac}). Kemiringan garis beban ac adalah $-1/R_{ac}$.
- Persamaan garis beban dc untuk rangkaian CE dari gb 4 adalah:

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C(R_C + R_E) \quad (6)$$

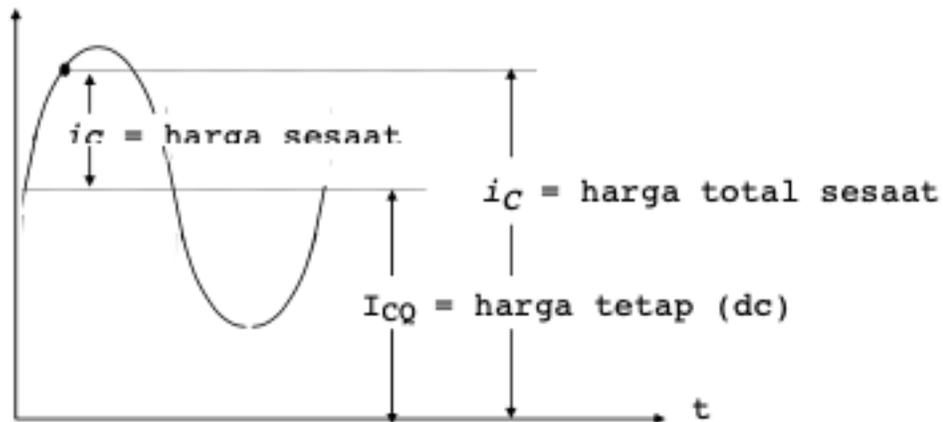
- Untuk menggambarkan persamaan garis beban ini kedalam kurva karakteristik output, maka perlu dicari dua titik ekstrem dan menghubungkan keduanya. Dua titik ini adalah satu titik berada di sumbu X (tegangan VCE) yang berarti arus ICnya menjadi nol dan satu titik lainnya berada di sumbu Y (arus IC) yang berarti bahwa tegangan VCEnya menjadi nol.
- Titik pertama, pada saat arus IC = 0, maka diperoleh tegangan VCE maksimum (transistor dalam keadaan mati). Dengan memasukkan harga IC = 0 ini ke persamaan garis beban dc diperoleh:

$$VCE_{maks} = VCC \quad (7)$$

- Titik kedua, pada saat tegangan VCE = 0, maka diperoleh arus IC maksimum (transistor dalam keadaan jenuh). Dengan memasukkan harga VCE = 0 ini ke persamaan garis beban dc diperoleh:

$$IC_{maks} = \frac{VCC}{RC + RE} \quad IC_{maks} = \frac{VCC}{R_{dc}} \quad (8)$$

- Oleh karena titik nol (titik awal) dari sinyal ac yang diumpankan ke penguat selalu berada pada titik kerja (titik Q), maka garis beban ac selalu berpotongan dengan garis beban dc pada titik Q tersebut.
- Harga ac dari besaran arus dalam hal ini adalah IC dapat dilihat pada gb 4. Dengan cara yang sama dapat diperoleh harga besaran tegangan VCE.



Gb 6. Notasi besaran arus pada sinyal ac

Besaran arus:

$$i_c = i_c - I_{cq}$$

Besaran tegangan:

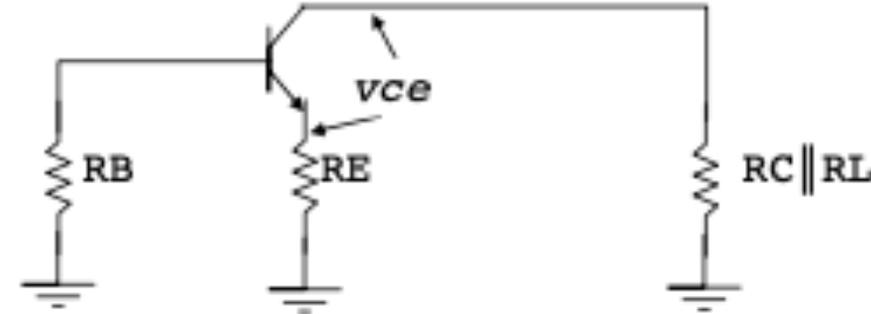
$$v_{ce} = v_{ce} - V_{ceq}$$

- Oleh karena C_2 dan V_{CC} dianggap hubung singkat ($V_{CC} = 0$), maka rangkaian ekuivalen ac dari gambar 5 adalah seperti pada gambar 7 dan diperoleh persamaan umum garis beban ac, yaitu:

$$v_{ce} = 0 - i_c (R_{ac})$$

$$v_{ce} = -i_c (R_{ac})$$

$$\text{dimana: } R_{ac} = R_E + R_C \parallel R_L$$



Gb. 7 Rangkaian ekuivalen ac dari gambar 5

- Apabila besaran arus dan tegangan ac dimasukkan pada persamaan tersebut, maka diperoleh persamaan garis beban ac: $v_{ce} = -i_c (R_{ac})$
- $$(V_{CE} - V_{CEQ}) = -(i_c - I_{CQ})(R_{ac}) \quad (9)$$
- Cara menggambar garis beban ac adalah seperti halnya menggambar garis beban dc yaitu dengan melalui dua titik ekstrem. Titik pertama, pada saat $i_c = 0$, maka diperoleh harga V_{CE} maksimum. Dengan memasukkan harga $I_c = 0$ ini ke dalam persamaan garis beban ac diperoleh:

$$(V_{CE} - V_{CEQ}) = -(i_C - I_{CQ})(R_{ac})$$

$$(V_{CE\text{maks}} - V_{CEQ}) = -(0 - I_{CQ})(R_{ac})$$

$$(V_{CE\text{maks}} - V_{CEQ}) = (I_{CQ})(R_{ac})$$

$$V_{CE\text{maks}} = V_{CEQ} + (I_{CQ})(R_{ac}) \quad (10)$$

- Titik kedua, pada saat $V_{CE} = 0$, maka diperoleh harga I_C maksimum. Dengan memasukkan harga $V_{CE} = 0$ ini kedalam persamaan garis beban ac diperoleh:

$$(V_{CE} - V_{CEQ}) = -(i_C - I_{CQ})(R_{ac})$$

$$(0 - V_{CEQ}) = -(i_{C\text{maks}} - I_{CQ})(R_{ac})$$

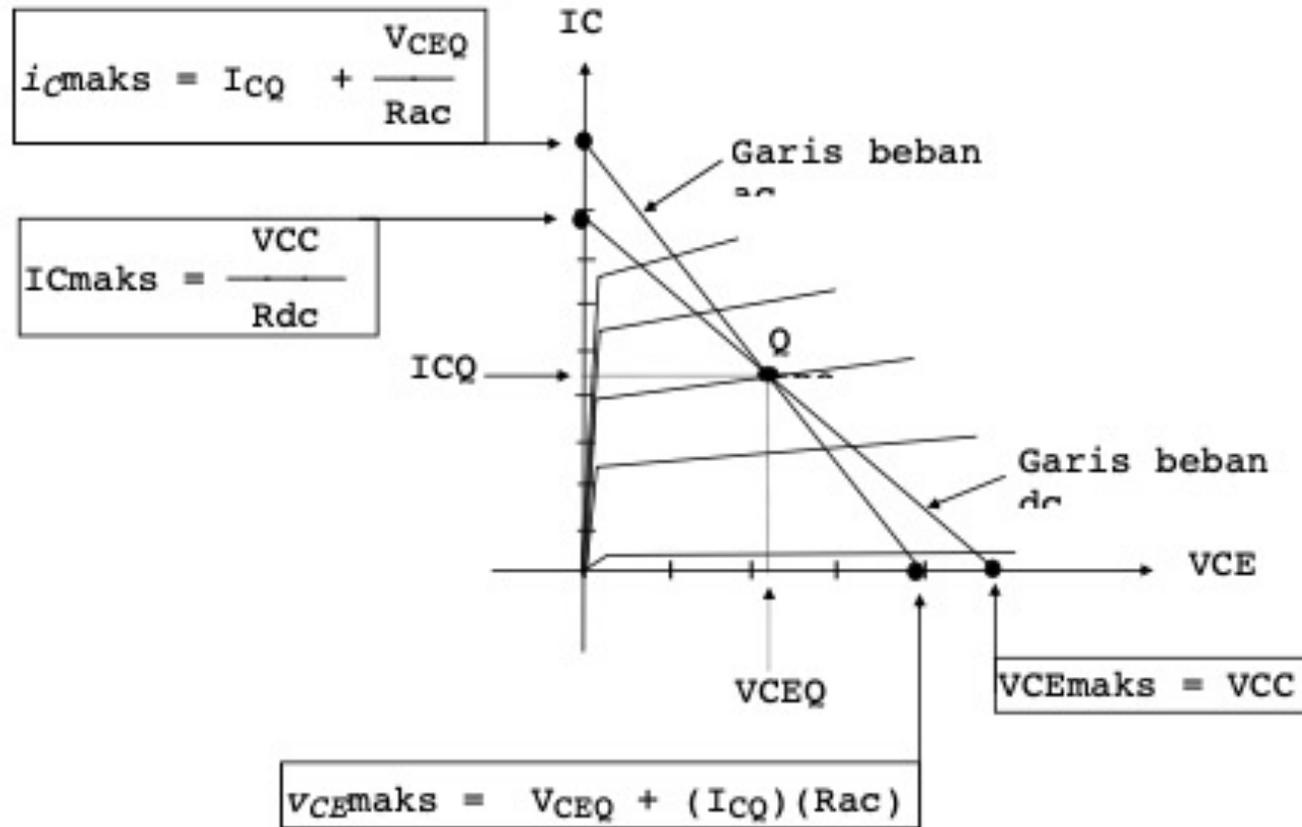
$$-(V_{CEQ}) = -(i_{C\text{maks}} - I_{CQ})(R_{ac})$$

$$-(V_{CEQ}) = -(i_{C\text{maks}})(R_{ac}) + (I_{CQ})(R_{ac})$$

$$(i_{C\text{maks}})(R_{ac}) = (I_{CQ})(R_{ac}) + (V_{CEQ})$$

$$i_{C\text{maks}} = I_{CQ} + \frac{V_{CEQ}}{R_{ac}} \quad (11)$$

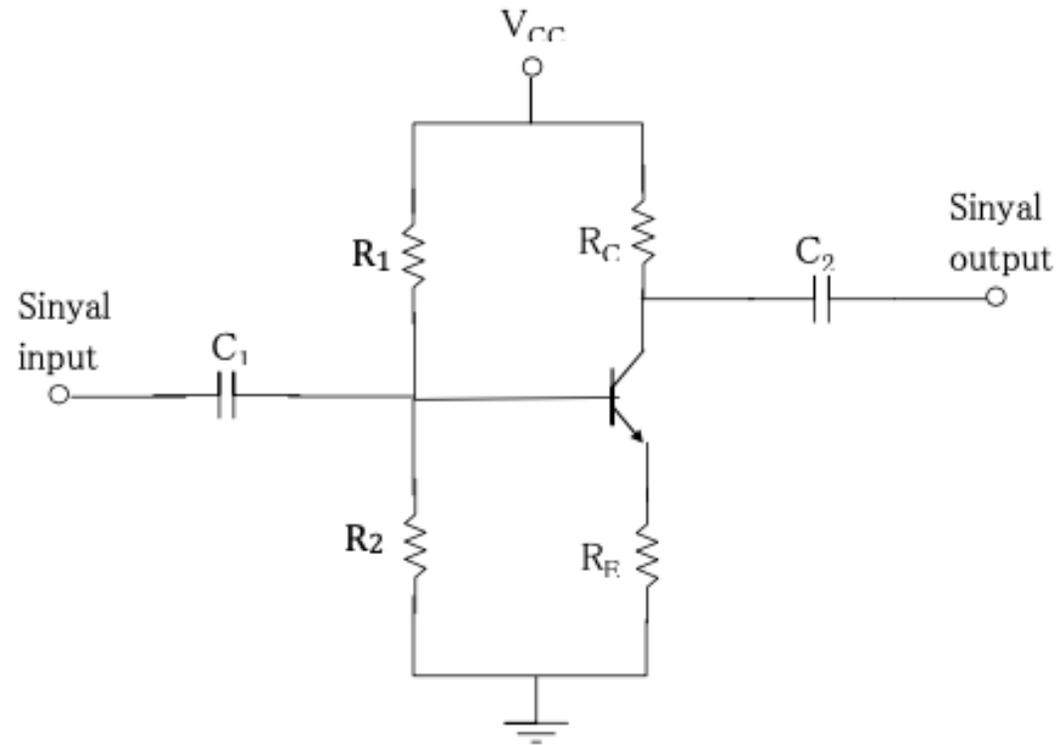
- Garis beban dc dan ac dapat digambarkan pada kurva karakteristik output penguat CE seperti pada gambar 8.



Gb.8. Garis beban dac dan ac pada penguat CE

SOAL

1. Perhatikan rangkaian penguat transistor di bawah. Bila diketahui $R_1 = 22 \text{ K}\Omega$, $R_2 = 10 \text{ K}\Omega$, $R_C = 1 \text{ K}\Omega$, $R_E = 560 \Omega$, $\beta = 100$, $V_{BE\text{aktif}} = 0,7 \text{ V}$, $V_{CC} = 12 \text{ Volt}$, tentukan titik kerja transistor dan gambarkan garis beban dc-nya. Periksa juga apakah stabilitas biasnya mantap!



- Perhatikan soal no.1, apabila diinginkan agar rangkaian tersebut dapat menghasilkan sinyal output yang maksimum, hitung kembali harga R1 dan R2. Spesifikasi rangkaian kecuali R1 dan R2 adalah sama seperti soal no.1.
- Perhatikan rangkaian penguat seperti gambar di bawah. Apabila diketahui: $R_1 = 82 \text{ K}\Omega$, $R_2 = 27 \text{ K}\Omega$, $R_C = 1,2 \text{ K}\Omega$, $R_E = 560 \Omega$, $R_L = 2 \text{ K}\Omega$, $\beta = 150$, $V_{BE\text{aktif}} = 0,7 \text{ V}$, $V_{CC} = 12 \text{ Volt}$, tentukan titik kerja transistor dan gambarkan garis beban dc dan ac-nya. Tentukan pula kemungkinan tegangan output maksimum yang bisa dihasilkan rangkaian tersebut.

