Bias dalam Transistor BJT

Analisis atau disain terhadap suatu penguat transistor memerlukan informasi mengenai respon sistem baik dalam mode AC maupun DC. Kedua mode tersebut bisa dianalisa secara terpisah. Dalam tahap disain maupun sintesis, pilihan parameter untuk level DC yang dibutuhkan akan mempengaruhi respon AC-nya. Demikian juga sebaliknya.
Persamaan mendasar dalam transistor yang penting adalah :

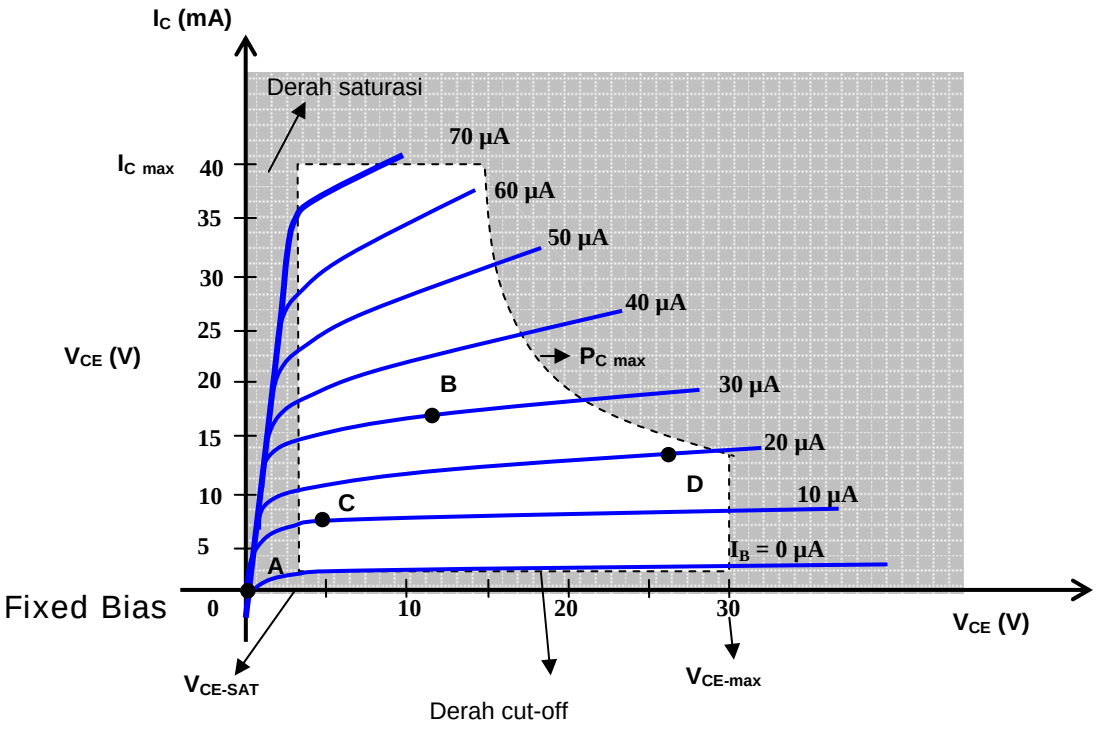
$$V_{BE} = 0{,}7 \text{ Volt}$$
$$I_E = (1 + \beta)\, I_B \cong I_C$$
$$I_C = \beta\, I_B$$

Dalam mencari solusi dari suatu rangkaian, umumnya nilai arus basis I_B yang pertama dihitung. Ketika I_B sudah diperoleh, hubungan persamaan di atas bisa digunakan untuk mencari besaran yang diinginkan.

Titik Operasi (Q)

Bias ➔ pemberiaan tegangan DC untuk membentuk tegangan dan arus yang tetap.
Tegangan dan arus yang dihasilkan menyatakan titik operasi (*quiescent point*) atau titik Q yang menentukan daerah kerja transistor.
Pada gambar di bawah ditunjukkan 4 buah titik kerja transistor. Rangkaian bias bisa di-disain untuk memperoleh titik kerja pada titik-titik tersebut, atau titik lainnya dalam daerah aktif. Rating maksimum ditentukan oleh Icmax dan VCE max. Daya maksimum dibatasi oleh kurva Pcmax. BJT bisa di-bias di luar batasan maksimum tersebut, tapi bisa memperpendek usia piranti atau bahkan merusaknya.

Untuk kondisi tanpa bias, piranti tidak bekerja, hasilnya adalah titik A dimana arus dan tegangan bernilai nol.



Supaya BJT bisa di-bias dalam daerah linear (daerah aktif), beberapa syarat berikut harus dipenuhi:

- Junction base-emitter dibias maju (forward bias)
- Junction base-collector dibias mundur (reverse bias)

Daerah kerja transistor (cut-off, aktif atau saturasi) ditentukan oleh bias yang diberikan pada masing-masing junction :

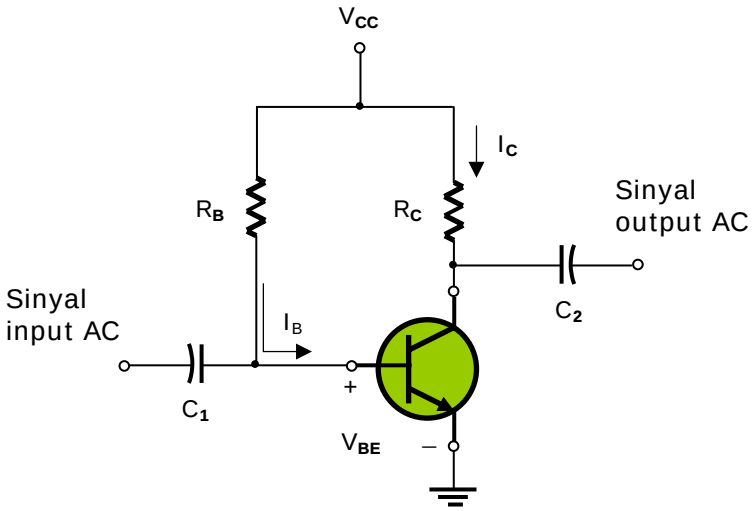
1. Daerah aktif/daerah linear
   - Junction base-emitter dibias maju (forward bias)
   - Junction base-collector dibias mundur (reverse bias)

2. Daerah saturasi
   - Junction base-emitter dibias maju (forward bias)
   - Junction base-collector dibias maju (forward bias)

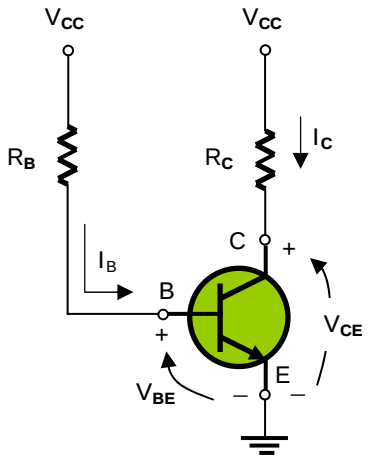
3. daerah cut-off
   - Junction base-emitter dibias mundur (reverse bias)
   - Junction base-collector dibias mundur (reverse bias)

Fixed Bias

Bias model ini ditunjukkan pada gambar berikut.

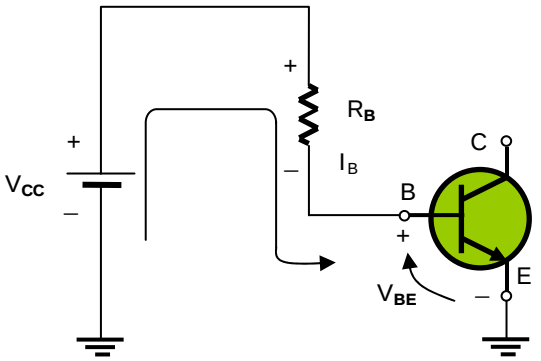


Rangkaian di atas menggunakan transistor npn. Untuk transistor pnp, persamaan dan perhitungan adalah serupa, tapi dengan arah arus dan polaritas tegangan berlawanan.
Untuk analisis DC, rangkaian bisa di-isolasi (dipisahkan) dari input AC dengan mengganti kapasitor dengan rangkaian terbuka (open circuit). Untuk tujuan analisis, supply tegangan VCC bisa dipisahkan menjadi dua, masing-masing untuk input dan output. Rangkaian pengganti DC menjadi :



Bias maju basis-emitter

Loop basis-emitter :



Dengan hukum tegangan Kirchhoff :

$$-VCC + I_B R_B + V_{BE} = 0$$

Perhatikan polaritas tegangan drop di RB.
Arus basis IB menjadi :

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{RB}$$

Dan

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

Loop collector-emitter

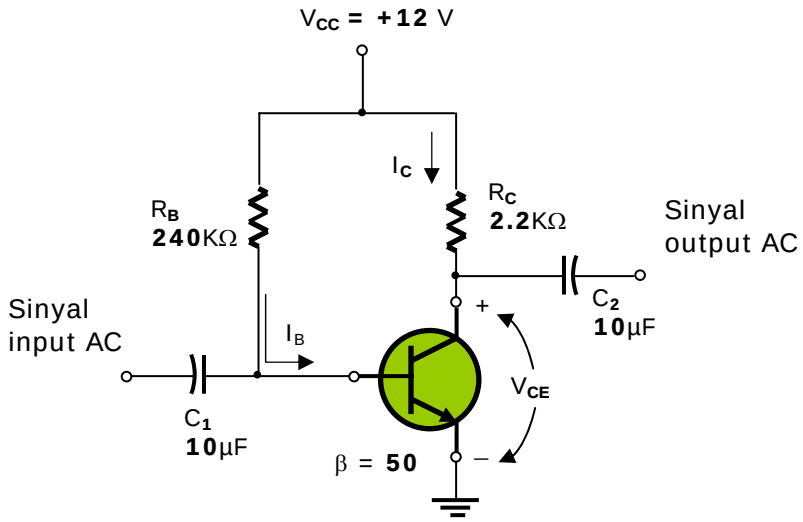
$$V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C$$
$$V_{CE} = V_C - V_E$$

Saturasi transistor

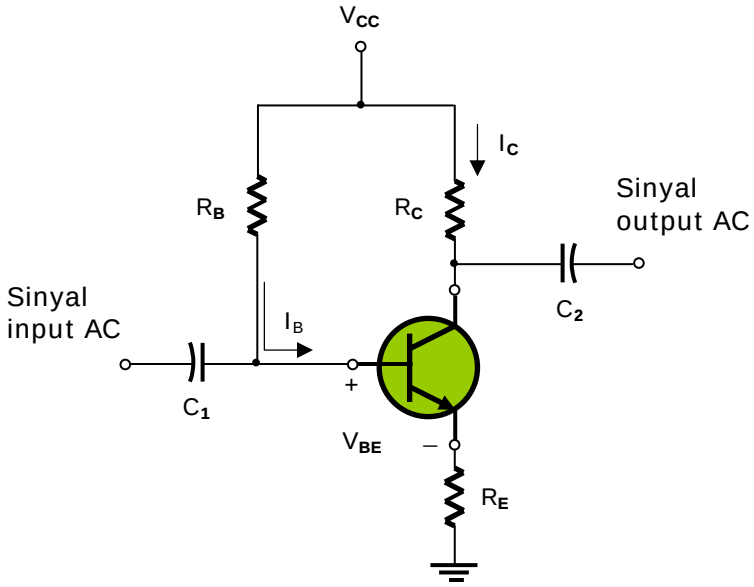
Transistor saturasi jika juction base collector tidak lagi di bias mundur

$$V_{CE} = 0 \text{ V}$$
$$I_{Csat} = V_{CC}/R_C$$

Soal :



Bias Emitter stabil



Loop Base-Emitter

$V_{CC} - I_B R_B - V_{BE} - I_E R_E = 0$

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

Loop Collector - Emitter

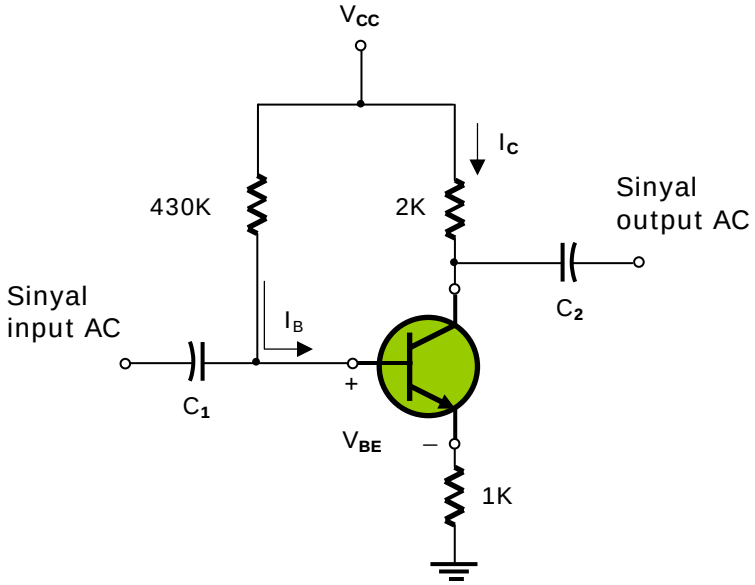
$V_{CC} = I_E R_E + V_{CE} + I_C R_C$

Saturasi :

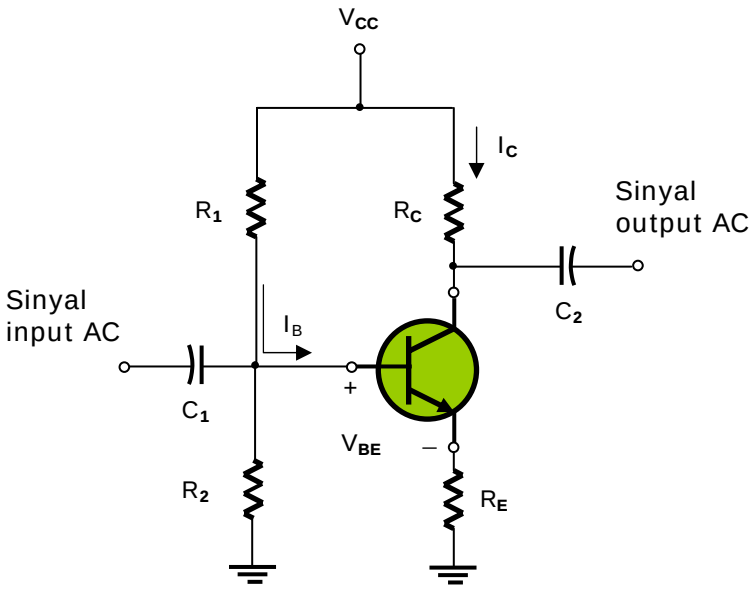
$I_{Csat} = V_{CC}/(R_C + R_E)$

Soal :

β = **50**

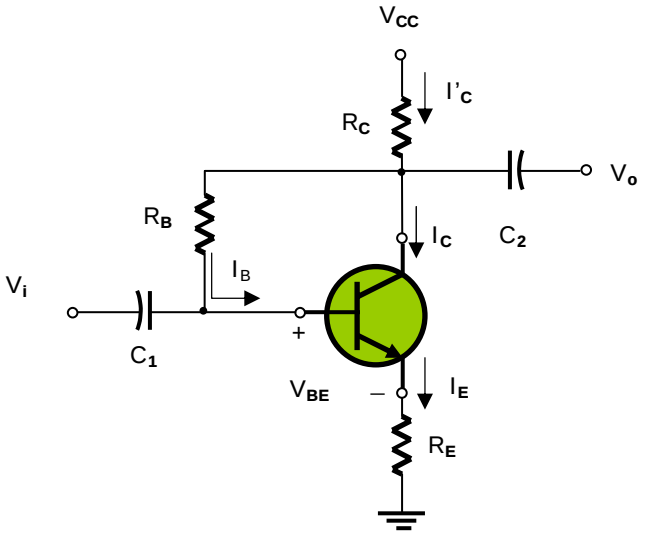


Bias Pembagi Tegangan



Bias dengan umpan balik

Untuk meningkatkan stabilitas bisa dilakukan dengan memberikan umpan balik dari collector menuju base.



Persamaan tegangan untuk loop di sebelah kiri (loop base-emitter) :

$V_{CC} - I'_C R_C - I_B R_B - V_{BE} - I_E R_E = 0$

Perhatikan bahwa arus I_C yang masuk ke kaki collector berbeda dengan I'_C, dimana :

$I'_C = I_B + I_C$

Tapi nilai I_B yang jauh lebih kecil bisa diabaikan untuk memperoleh persamaan yang lebih sederhana (asumsi $I'_C \cong I_C \cong \beta I_B$ dan $I_C \cong I_E$):

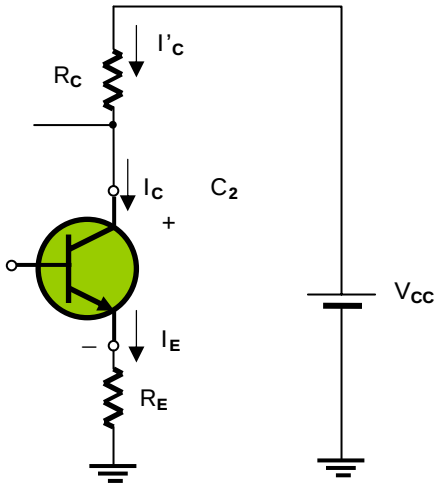
$V_{CC} - \beta I_B R_C - I_B R_B - V_{BE} - \beta I_B R_E = 0$

$V_{CC} - V_{BE} - \beta I_B (R_C + R_E) - I_B R_B = 0$

Sehingga :

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B + \beta(R_C + R_E)}$$

Loop collector-emitter

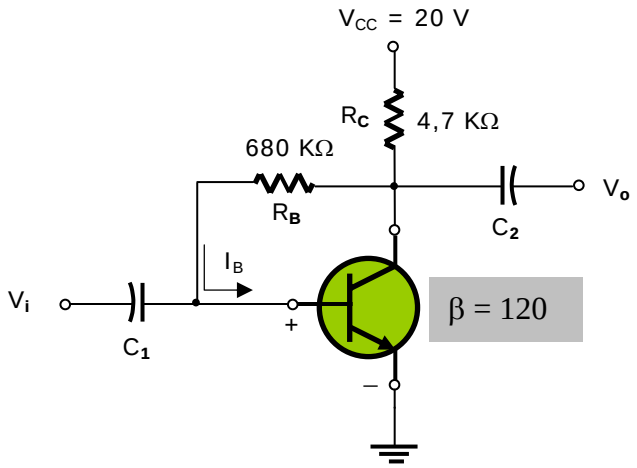


$I_E R_E + V_{CE} + I'_C R_C = V_{CC}$

Dengan $I'_C \cong I_C$ dan $I_C \cong I_E$ maka

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

Soal-soal :



Untuk rangkaian di atas
a. Hitung I_{CQ} dan V_{CEQ}
b. Cari V_B, V_C, V_E dan V_{BC}

Solusi :

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B + \beta R_C}$$

$$I_B = \frac{19{,}3V}{1{,}244M\Omega} = 15{,}51\mu A$$

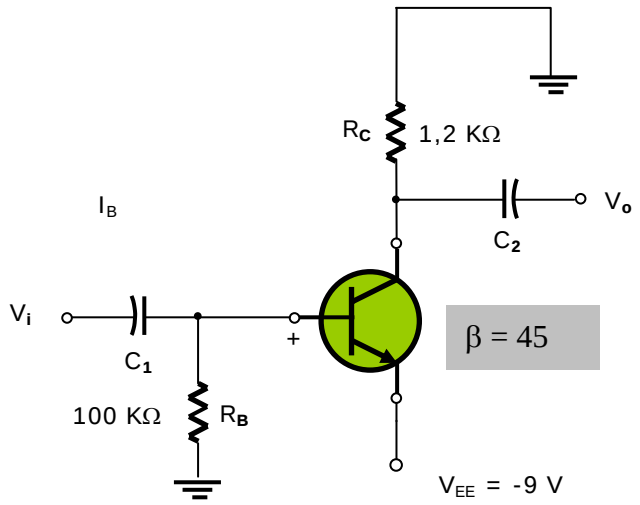
I_{CQ} = βI_B = 120 x 15,51µA
= **1,86 mA**

V_{CEQ} = $V_{CC} - I_C R_C$
= 20 V – 1,86 mA x 4,7 KΩ
= **11,26 V**

V_E = 0 V

$V_B = V_{BE} = 0,7$ V
$V_C = V_{CE} = 11,26$ V
$V_{BC} = V_B - V_C$
$= 0,7 \text{ V} - 11,26 \text{ V}$
$= \mathbf{-10,56\ V}$

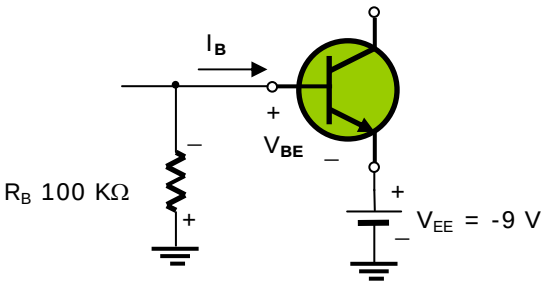
Soal :



Hitung V_C dan V_B dari gambar di atas

Solusi :

Dengan hukum tegangan kirchhoff di loop base-emitter :



$+I_BR_B + V_{BE} + V_{EE} = 0$

$$I_B = \frac{-V_{EE} - V_{BE}}{R_B} = \frac{-(-9) - 0{,}7}{100K\Omega}$$

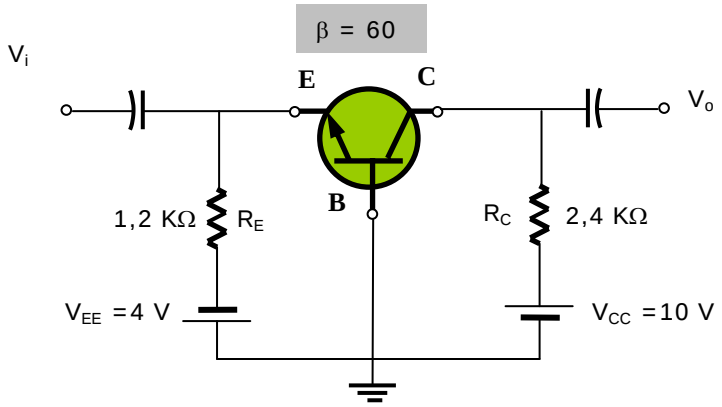
I_B = **83 µA**

$I_C = \beta I_B$ = 45 x 83 µA = **3,735 mA**

V_C = - I_CR_C
= - 3,735 mA x 1,3 KΩ = **-4,48 V**

V_B = - IBRB = - 83 µA x 100 KΩ
= **-8,3 V**

Soal :
Tentukan V_{CB} dan I_B untuk konfigurasi common base berikut :



Hukum kirchhoff pada bagian input :

V_{EE} - I_ER_E - V_{BE} = 0

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

$$I_E = \frac{4V - 0{,}7V}{1{,}2K\Omega}$$

I_E = **2,75 mA**

Hukum kirchhoff pada bagian output :

$-V_{CB} - I_C R_C + V_{CC} = 0$

$V_{CB} = V_{CC} - I_C R_C$

Dengan asumsi $I_C \cong I_E$

Maka :

$V_{CB} = 10 - 2{,}75\ mA \times 2{,}4\ K\Omega$

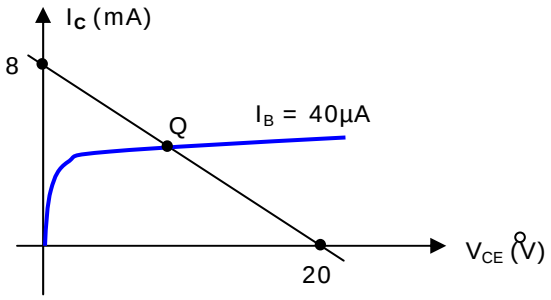
$= \mathbf{3{,}4\ V}$

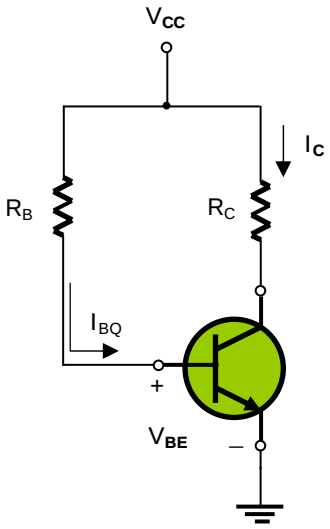
$I_B = I_C/\beta = \mathbf{45{,}8\ \mu A}$

Disain.

Proses disain adalah proses sintesis dimana diberikan nilai tegangan atau arus, dan berdasar itu dihitung elemen yang diperlukan untuk bisa memenuhi syarat yang diberikan.

Contoh :





Solusi :

Dari garis beban diperoleh :

VCC = 20 V

$$I_C = \frac{V_{CC}}{R_C} \Big|_{V_{CE} = 0\ V}$$

Dan

$R_C = V_{CC} / I_C = 20\ V / 8\ mA$

$R_C =$ **2,5 KΩ**

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B} \quad \rightarrow \quad R_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{I_B}$$

$$R_B = \frac{20 - 0{,}7}{40\mu A}$$

= **482,5 KΩ**

Dengan nilai standar :

$R_C = 2{,}4\ K\Omega$

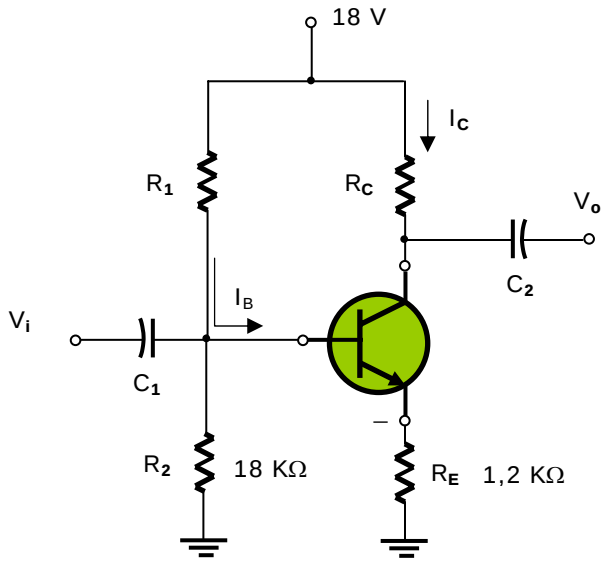
$R_B = 470\ K\Omega$

Diperoleh :

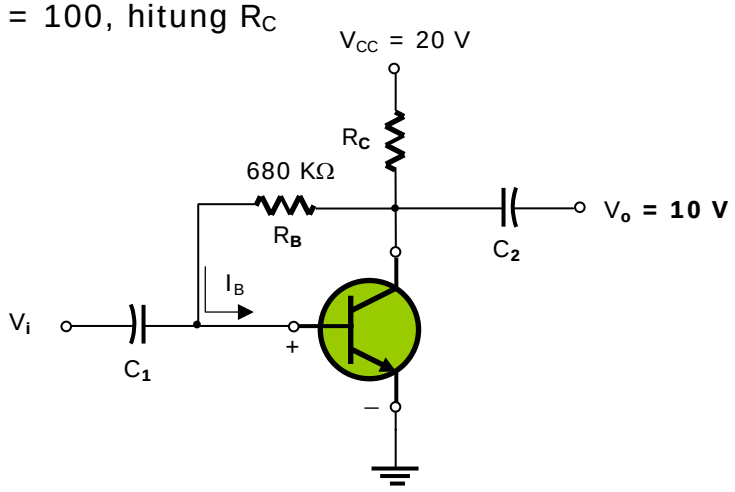
$I_B =$ **41,1 µA**

Soal :

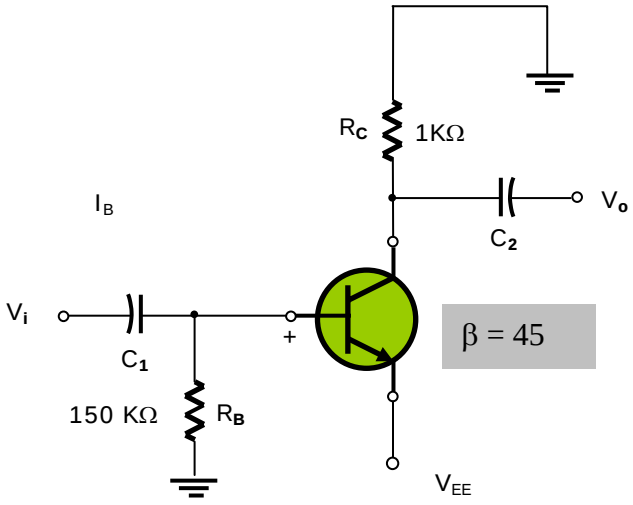
1. Diberikan $I_{CQ} = 4$ mA dan $V_{CEQ} = 10$ V, tentukan nilai R_1 dan R_C untuk rangkaian di bawah.



2. Jika β = 100, hitung R_C



3.



Untuk Vo = - 6 Volt, tentukan V_{EE} !