

Pokok Bahasan 4:

Bipolar Junction Transistors (BJT)

Pendahuluan

- Transistor adalah jenis piranti elektronik yang mampu melakukan penguatan sinyal lemah yang lebih unggul daripada yang dihasilkan oleh vacuum tubes.
- Ukuran transistor jauh lebih kecil dari vacuum tubes, tidak memiliki filamen sehingga tidak memerlukan daya pemanas dan dapat dioperasikan dalam posisi apapun.
- Konstruksi transistor kuat secara mekanis, memiliki masa pakai yang praktis tidak terbatas dan dapat melakukan beberapa pekerjaan lebih baik daripada vacuum tubes.
- Diciptakan tahun 1948 oleh J. Bardeen dan W.H. Brattain dari Bell Telephone Laboratories, U.S.A .
- Transistor kini telah menjadi jantung dari sebagian besar aplikasi elektronik, yang dengan cepat menggantikan vacuum tubes di hampir semua aplikasi.

Transistor

- Transistor terdiri dari dua pn junction yang dibentuk dengan mengapit semikonduktor tipe-p atau tipe-n di antara sepasang tipe yang berlawanan.
- Dengan demikian ada dua jenis transistor yaitu;
 - a) transistor n-p-n
 - b) transistor p-n-p
- Transistor n-p-n terdiri dari dua semikonduktor tipe-n yang dipisahkan oleh bagian tipis tipe-p, sebaliknya transistor p-n-p dibentuk oleh dua bagian-p yang dipisahkan oleh bagian tipis tipe-n

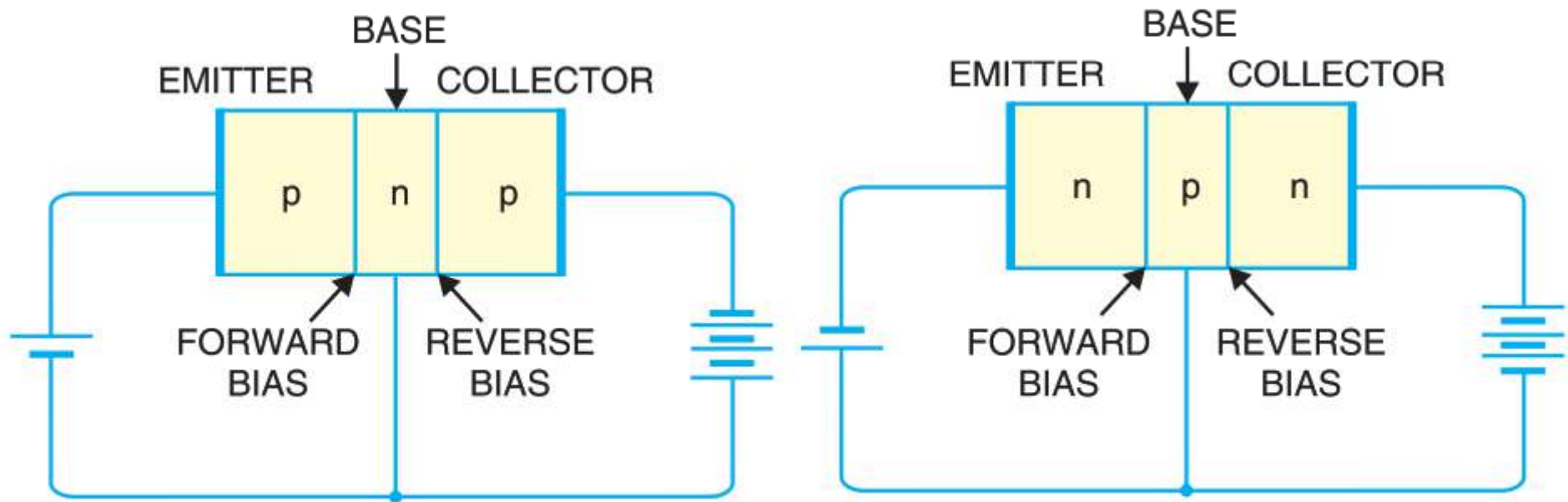


Asal Nama Transistor

- Ketika piranti ini baru ditemukan, para ilmuwan memberikan nama yang akan mendeskripsikan piranti dengan tepat.
- Transistor memiliki dua pn junction.
- Satu junction forward bias dan yang lainnya reverse.
- Junction forward bias memiliki jalur resistansi rendah sedangkan junction reverse bias memiliki jalur resistansi tinggi.
- Sinyal lemah diumpankan di rangkaian resistansi rendah dan output diambil dari rangkaian resistansi tinggi.
- Sehingga transistor mentransfer sinyal dari resistansi rendah ke resistansi tinggi.
- Awalan 'trans' berarti transfer sinyal, sementara 'istor' sama dengan resistor.

Penamaan Terminal Transistor

- Transistor (pnp atau npn) memiliki tiga bagian semikonduktor yang di doping.
- Bagian sisi-sisinya adalah emitter dan collector, dan bagian tengah nya adalah base, dan membentuk dua junction antara emitter dan collector.



Penamaan Terminal Transistor

Emitter

- Bagian yang memasok pembawa muatan (electrons atau hole) disebut emitter.
- Emitter selalu di bias forward terhadap base, sehingga dapat memasok sejumlah besar mayoritas carriers.
- Gambar kiri, emitor (tipe-p) transistor pnp dibiaskan forward dan memasok muatan hole ke junctionnya dengan base.
- Demikian pula, pada gambar kanan, emitter (tipe-n) dari transistor npn dengan forward bias dan memasok elektron bebas ke junctionnya dengan base.

Collector

- Bagian yang mengumpulkan muatan disebut collector.
- Collector selalu reverse bias.
- Fungsinya untuk menghilangkan muatan dari junctionnya dengan base.

Penamaan Terminal Transistor

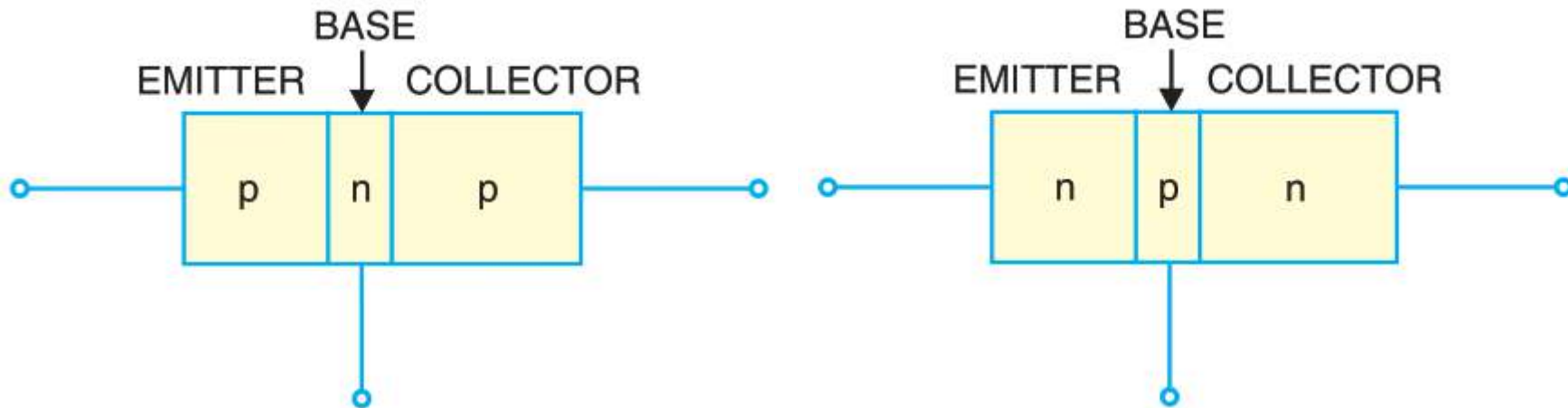
- Gambar kiri menunjukkan bahwa collector (p-type) dari transistor pnp di bias reverse dan menerima muatan hole yang mengalir ke output rangkaian.
- Dengan cara yang sama, gambar kanan menunjukkan collector (n-type) dari transistor npn dengan bias reverse menerima electron.

Base

- Bagian tengah yang membentuk dua pn-junctions antara emitter dan collector disebut base.
- Junction base-emitter di bias forward, memungkinkan resistansi rendah untuk rangkaian emitter.
- Junction base-collector di bias reverse biased dan menyediakan resistansi tinggi pada rangkaian collector.

Beberapa Fakta tentang Transistor

- a) Transistor memiliki tiga daerah, yaitu; emitter, base dan collector. Base nya jauh lebih tipis dari pada emitter dan collector, sedangkan collector lebih lebar dari keduanya.
- b) Emitter doping nya lebih banyak sehingga dapat memberikan sejumlah besar pembawa muatan (elektron atau hole) ke dalam base. Base nya doping nya sedikit dan sangat tipis; yang melewatkan sebagian besar pembawa muatan dari emitter ke collector. Collector doping nya secukupnya.



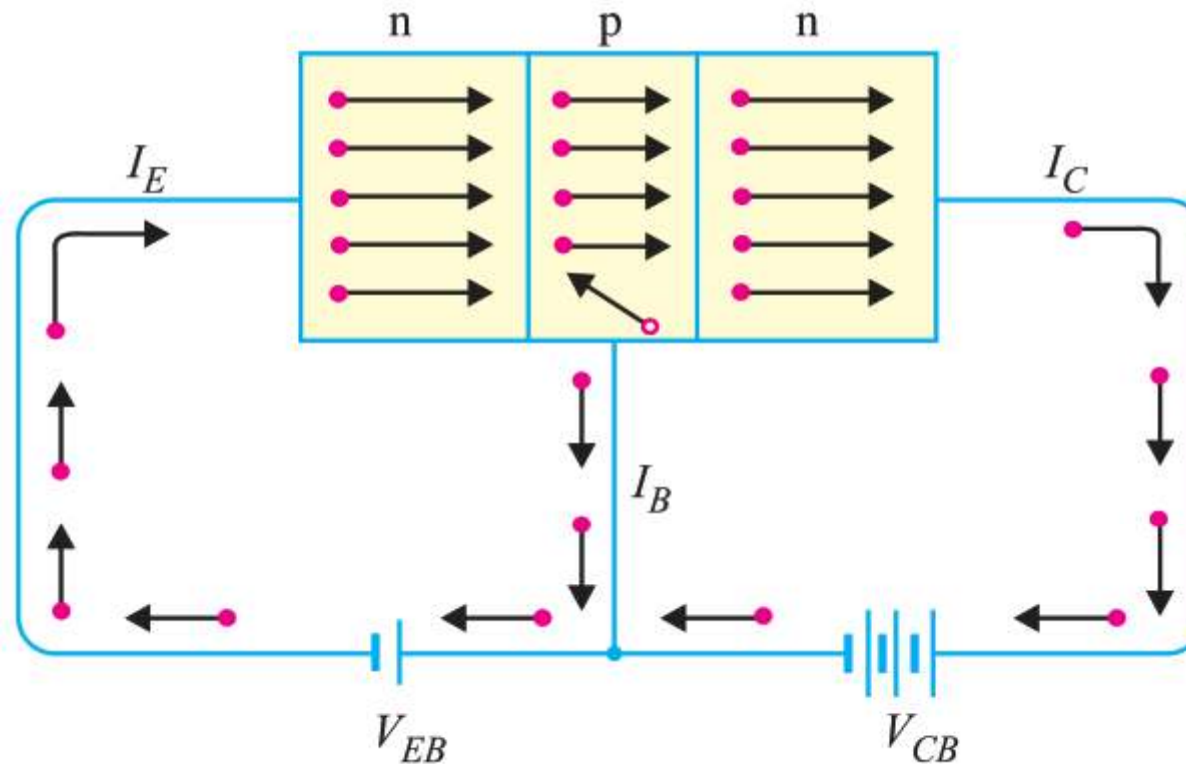
Beberapa Fakta tentang Transistor

- c) Transistor memiliki dua pn junction, yaitu seperti dua dioda. Junction antara emitter dan base disebut dioda base-emitter, atau diode emitter saja. Junction antara base dan collector disebut dioda collector-base, atau dioda collector saja.
- d) Dioda emitter selalu forward bias, sedangkan dioda collector selalu reverse bias.
- e) Hambatan dioda emitter (forward bias) sangat kecil dibandingkan dengan dioda collector (reverse bias). Oleh karena itu, forward bias yang diberikan pada dioda emitter umumnya sangat kecil, sedangkan reverse bias pada dioda collector jauh lebih tinggi.

Transistor Action

- Junction base-emitter dari transistor adalah forward bias, sedangkan junction base-collector adalah reverse bias.
- Jika untuk sesaat, diabaikan keberadaan junction base-emitter, maka secara praktis tidak ada arus yang akan mengalir di rangkaian collector karena reverse bias.
- Namun, jika junction base-emitter ada, maka forward bias menyebabkan arus emitor mengalir.
- Terlihat bahwa arus emitter ini hampir seluruhnya mengalir di rangkaian collector.
- Oleh karena itu, arus dalam rangkaian collector bergantung pada arus emitter.
- Jika arus emitter nol, maka arus collector hampir nol.
- Namun, jika arus emitter 1 mA, maka arus collector juga sekitar 1 mA.

Kerja Transistor npn



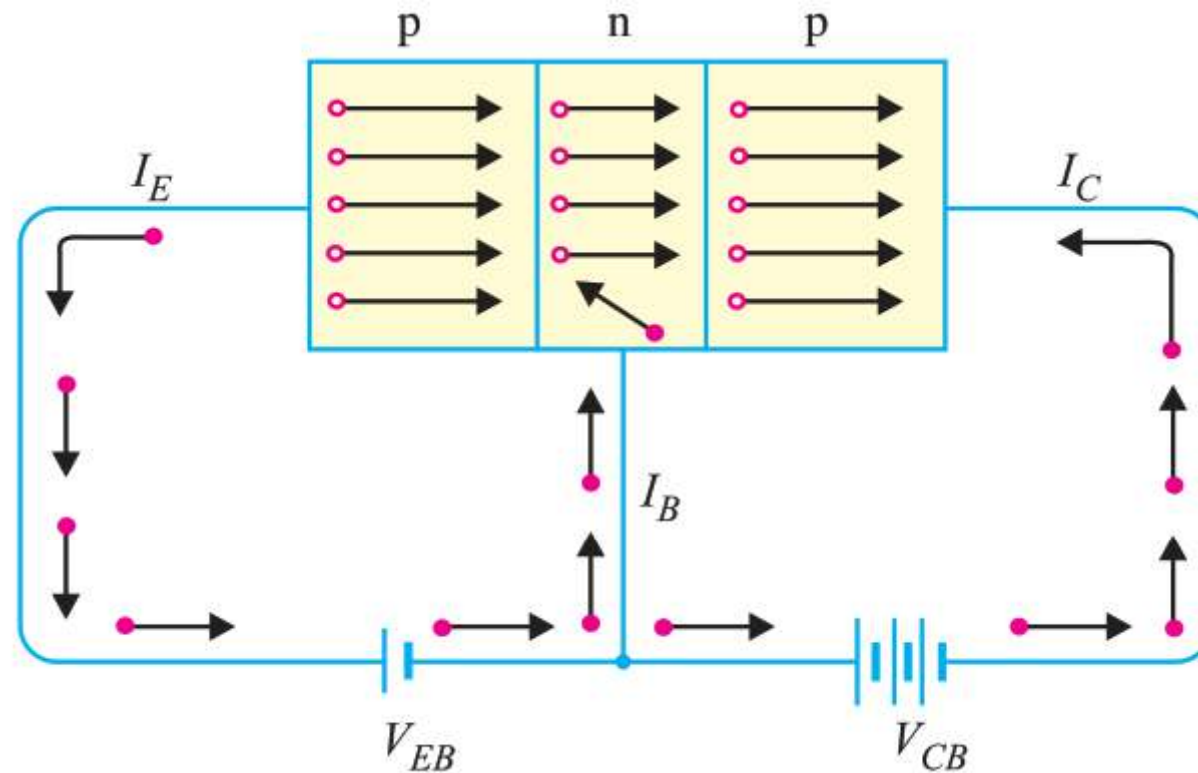
- Transistor npn dengan forward bias ke junction base emitter dan reverse bias ke junction base collector.
- Forward bias menyebabkan elektron dalam emitter tipe-n mengalir menuju base, yang selanjutnya disebut arus emitter I_E .

Kerja Transistor npn

- Karena elektron-elektron ini mengalir melalui base tipe-p, mereka cenderung bergabung dengan hole.
- Karena base dikotori ringan dan sangat tipis, oleh karena itu, hanya beberapa elektron (kurang dari 5%) yang bergabung dengan hole untuk membentuk arus basis I_B .
- Sisanya (lebih dari 95%) menyeberang ke daerah collector untuk membentuk arus kolektor I_C .
- Dengan cara ini, hampir seluruh arus emitor mengalir di rangkaian collector.
- Jelas bahwa arus emitor adalah jumlah arus collector dan arus base yaitu :

$$I_E = I_B + I_C$$

Kerja Transistor pnp



- Forward bias menyebabkan hole di emitter tipe-p mengalir menuju base, yang selanjutnya merupakan arus emitter I_E .
- Saat hole-hole ini menyeberang ke base tipe-n, mereka cenderung bergabung dengan elektron.

Kerja Transistor pnp

- Karena base nya dikotori ringan dan sangat tipis, oleh karena itu, hanya beberapa lubang (kurang dari 5%) yang bergabung dengan elektron.
- Sisanya (lebih dari 95%) menyeberang ke daerah collector untuk membentuk arus collector I_C .
- Dengan cara ini, hampir seluruh arus emitor mengalir di rangkaian collector.
- Dapat dicatat bahwa konduksi arus dalam transistor pnp adalah dengan hole.
- Namun, pada kabel penghubung eksternal, arusnya masih oleh elektron.

Importance of transistor action.

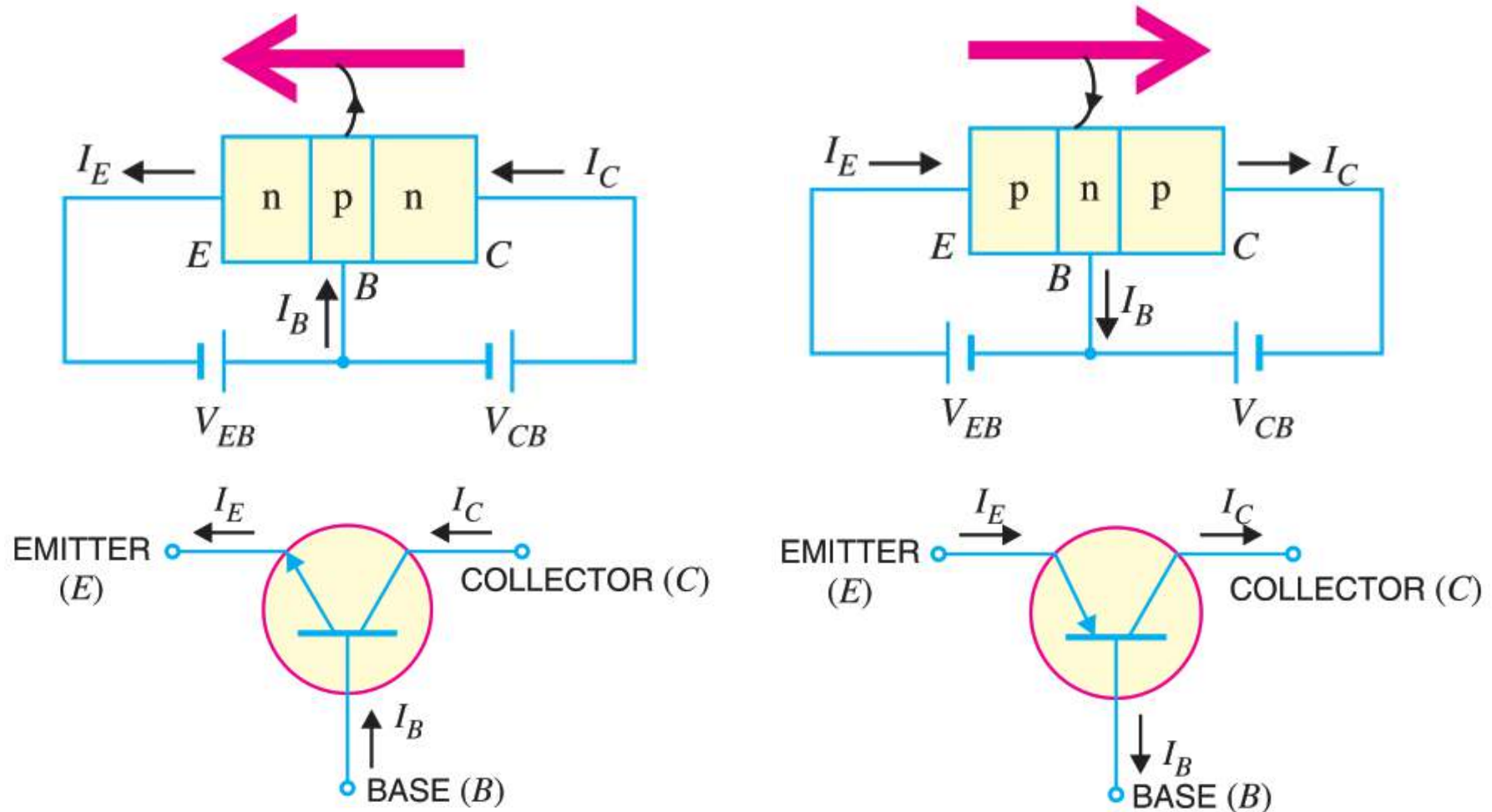
- Rangkaian input (yaitu junction base-emitor) memiliki resistansi rendah karena forward bias, sedangkan rangkaian output (yaitu junction base collector) memiliki resistansi tinggi karena reverse bias.
- Arus input emitter hampir seluruhnya mengalir di rangkaian collector.
- Oleh karena itu, transistor mentransfer arus sinyal input dari rangkaian resistansi rendah ke rangkaian resistansi tinggi.
- Ini adalah faktor kunci untuk memperkuat kemampuan transistor.

Catatan.

- Ada dua tipe transistor dasar : bipolar junction transistor (BJT) dan field effect transistor (FET).
- Kedua tipe transistor ini berbeda dalam karakteristik operasi dan konstruksi internalnya.
- Ketika kita menggunakan istilah transistor, itu berarti bipolar junction transistor (BJT) .
- Istilah transistor bipolar, karena ada dua jenis pembawa muatan yang berperan dalam konduksi arus, yaitu elektron dan hole.
- Bi berarti dua dan polar mengacu pada polaritas.
- Field effect transistor secara sederhana disebut sebagai FET.

Transistor Symbols

Pada diagram sebelumnya, transistor telah ditampilkan dalam bentuk diagram. Namun, demi kenyamanan, transistor diwakili oleh diagram skematik. Simbol yang digunakan untuk transistor npn dan pnp adalah :

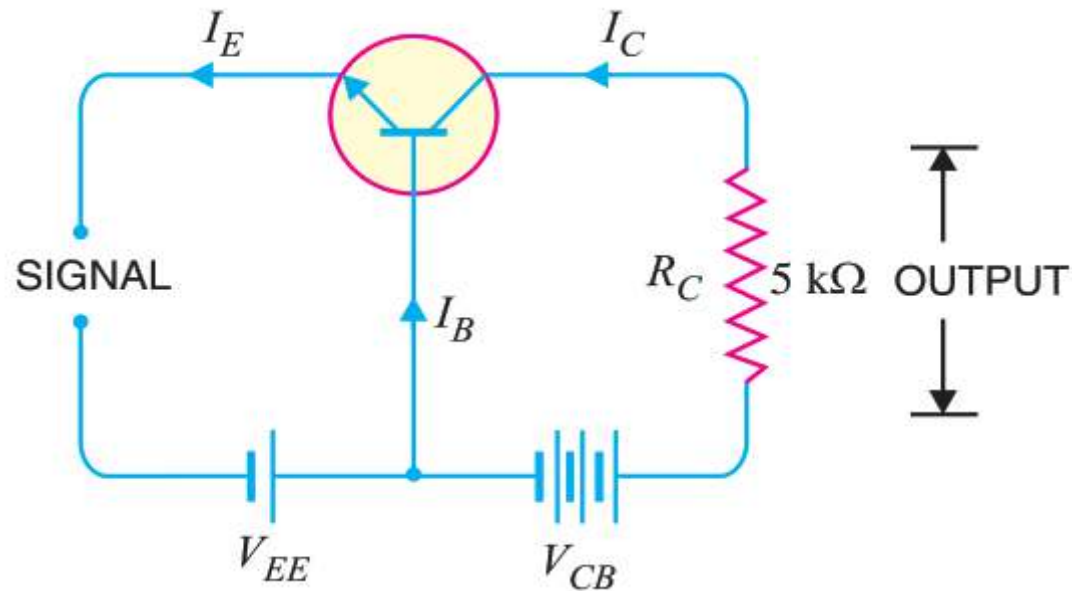


Transistor Symbols

- Dari gambar diatas emitor ditunjukkan oleh panah yang menunjukkan arah aliran arus konvensional dengan forward bias.
- Untuk koneksi npn, jelas bahwa arus konvensional mengalir keluar dari emitor, yang ditunjukkan oleh panah keluar.
- Demikian pula untuk koneksi pnp, arus konvensional mengalir ke emitor seperti yang ditunjukkan oleh panah ke dalam.

Transistor Circuit as an Amplifier

- Transistor menguatkan sinyal yang lemah, sehingga dapat dikatakan bahwa transistor bertindak sebagai amplifier.
- Sinyal yang lemah dicatukan diantara junction emitter-base, dan output nya diambil di beban R_C yang terhubung ke rangkaian collector.
- Untuk mencapai amplifikasi yang tepat, rangkaian input harus selalu diberi bias forward.



Transistor Circuit as an Amplifier

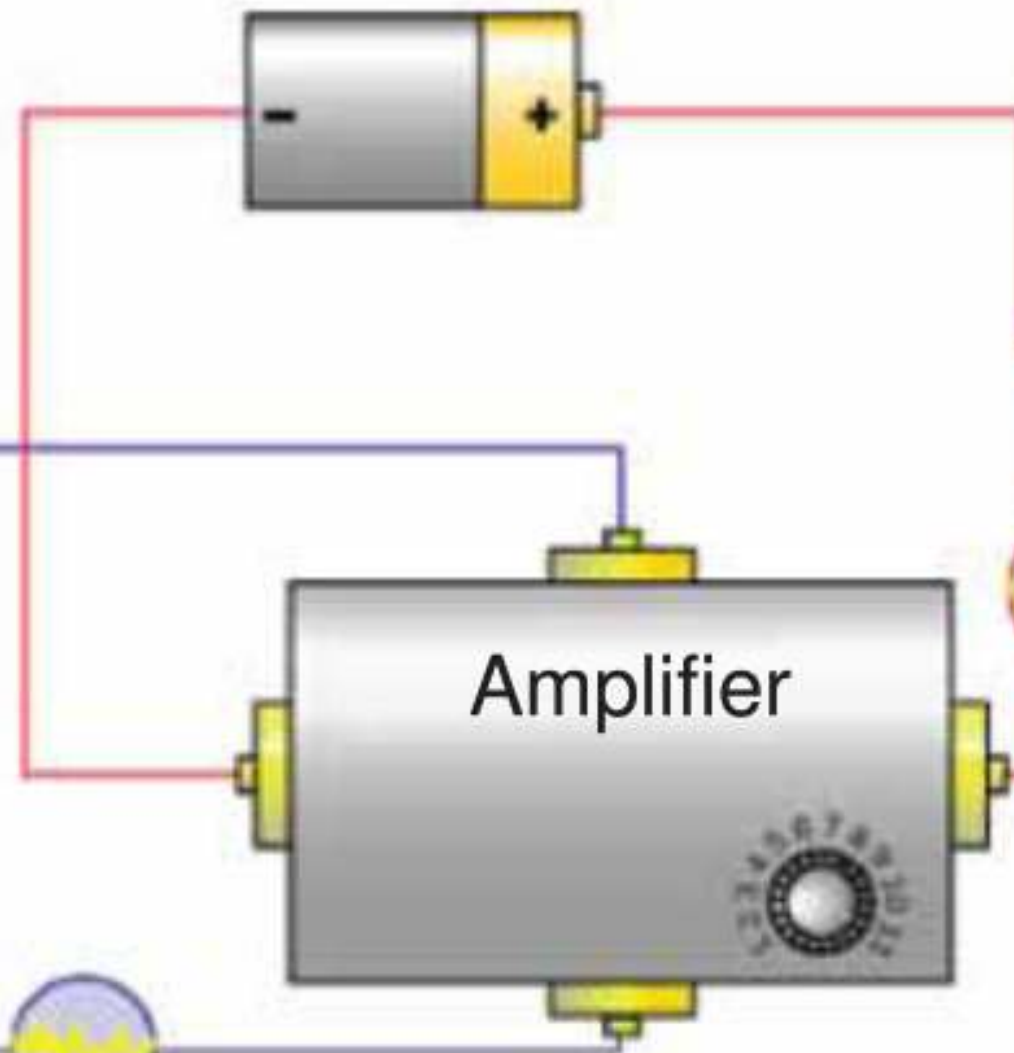
- Untuk itu tegangan dc V_{EE} dicatukan di rangkaian input, selain sinyalnya itu sendiri.
- Tegangan dc ini dikenal dengan tegangan bias dan besarnya sedemikian sehingga selalu membuat rangkaian input forward bias, terlepas dari polaritas sinyal.
- Karena rangkaian input memiliki resistansi rendah, maka perubahan kecil pada tegangan sinyal menyebabkan perubahan yang cukup besar pada arus emitter.
- Hal ini menyebabkan perubahan arus collector yang hampir sama dengan arus emitter.
- Arus collector yang mengalir melalui R_C (resistansi beban tinggi) akan menghasilkan tegangan yang besar.
- Dengan demikian, sinyal lemah di rangkaian input, muncul dalam bentuk yang sudah diperkuat di rangkaian collector.

How Amplifiers Work

circuit carrying
large electrical
current



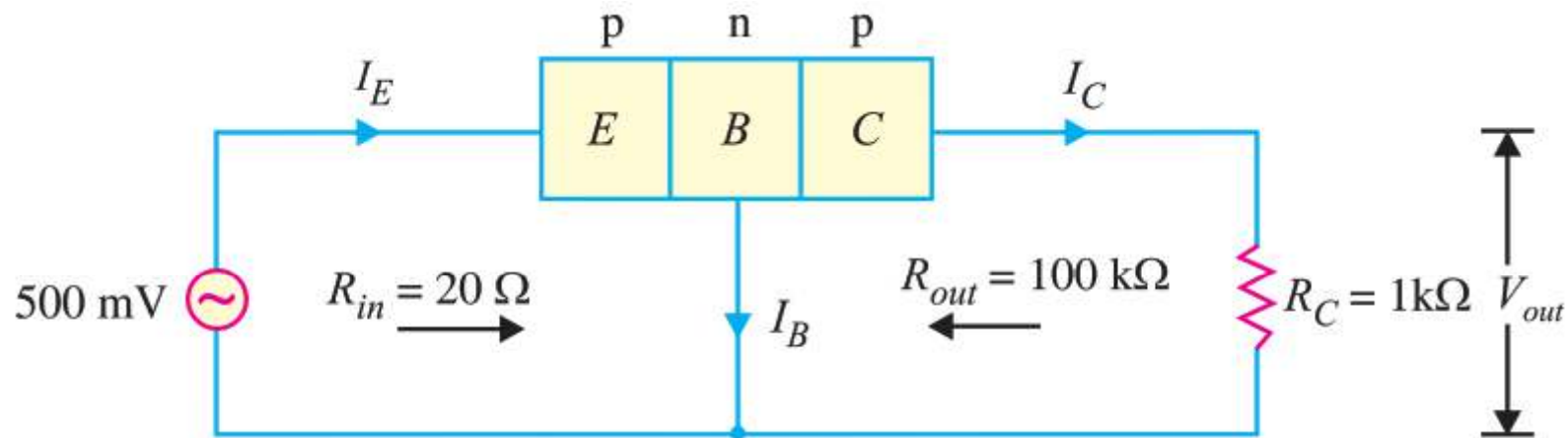
circuit carrying
small electrical
current



amplifier
modifies larger
current based
on smaller
current

Contoh 1.

Suatu amplifier transistor common base, mempunyai resistansi input $20\ \Omega$ dan resistansi output $100\ \text{k}\Omega$. Resistansi beban di collector $1\ \text{k}\Omega$. Apabila suatu sinyal $500\ \text{mV}$ dicatukan antara emitter dan base, carilah penguatan tegangannya, Diasumsikan nilai α_{ac} mendekati satu.



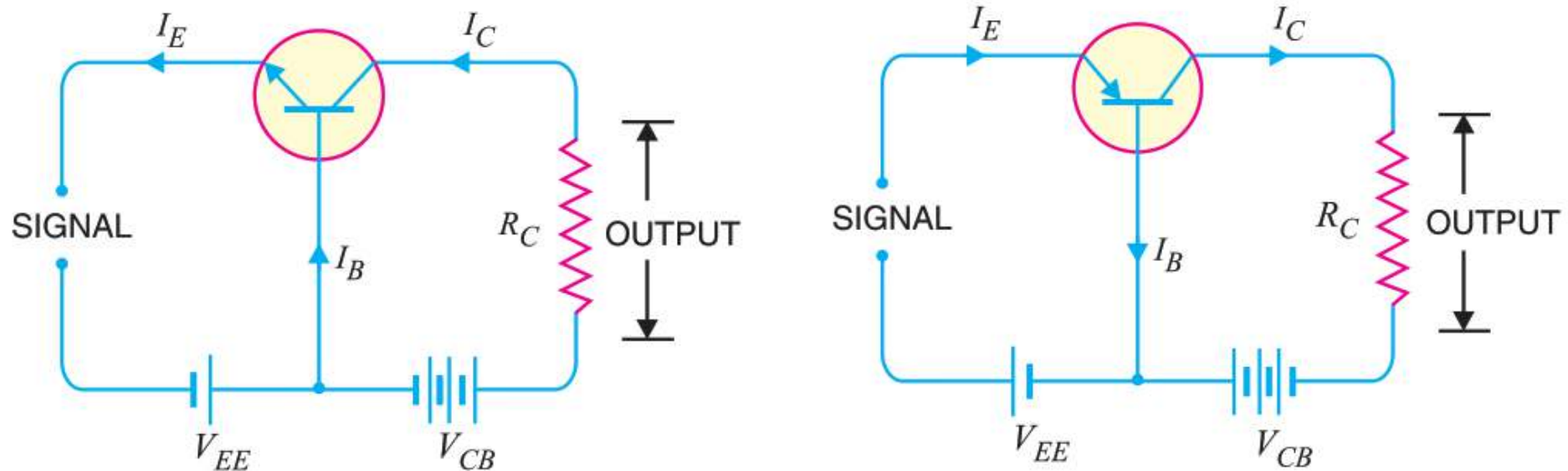
- Solusi :**
- Arus input, $I_E = \frac{\text{Sinyal}}{R_{in}} = \frac{500\ \text{mV}}{20\ \Omega} = 25\ \text{mA}$
 - Karena α_{ac} mendekati satu, maka arus output, $I_C = I_E = 25\ \text{mA}$.
 - Tegangan output, $V_{out} = I_C \times R_C = 25\ \text{mA} \times 1\ \text{k}\Omega = 25\ \text{V}$
 - Penguatan tegangan, $A_V = \frac{V_{out}}{\text{Sinyal}} = \frac{25\ \text{V}}{500\ \text{mV}} = 50$

Transistor Connections

- Ada tiga cabang dalam transistor yaitu, terminal emitter, base dan collector.
- Namun, ketika transistor akan dihubungkan dalam sebuah rangkaian, seringkali dibutuhkan empat terminal; dua untuk input dan dua untuk output.
- Kesulitan ini diatasi dengan membuat satu terminal common (bersama) untuk input dan output.
- Input diumpankan antara terminal common dengan salah satu dari dua terminal lainnya.
- Output diperoleh antara terminal common dan terminal yang tersisa.
- Shg. transistor dapat dihubungkan ke rangkaian dengan 3 cara, yaitu :
 - a) Koneksi common base
 - b) Koneksi common emitter
 - c) Koneksi common collector
- Setiap koneksi memiliki kelebihan dan kekurangan tertentu.
- Dari tiga koneksi rangkaian tsb., emitter selalu forward bias, dan collector selalu reverse bias.

Common Base Connection

Dalam susunan rangkaian ini, input diberikan antara emitter dan base, sedangkan output diambil dari collector dan base. Gambar berikut untuk common base npn dan pnp.



Current amplification factor (α).

- Adalah rasio antara arus output dengan arus input.
- Arus input = arus emitter, I_E dan arus output = arus collector, I_C

Common Base Connection

- Rasio dari perubahan arus collector dengan arus emitter, untuk tegangan collector-base, V_{CB} konstan :

$$\alpha = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_E} \text{ pada } V_{CB} \text{ konstan.}$$

- Dari persamaan diatas bahwa faktor amplifikasi arus kurang dari satu.
- Nilai ini dapat ditingkatkan (tetapi tidak lebih dari satu) dengan mengurangi arus basis.
- Ini dicapai dengan membuat base-nya tipis dan menggunakan doping ringan.
- Nilai praktis α dalam transistor komersial berkisar antara 0,9 hingga 0,99.

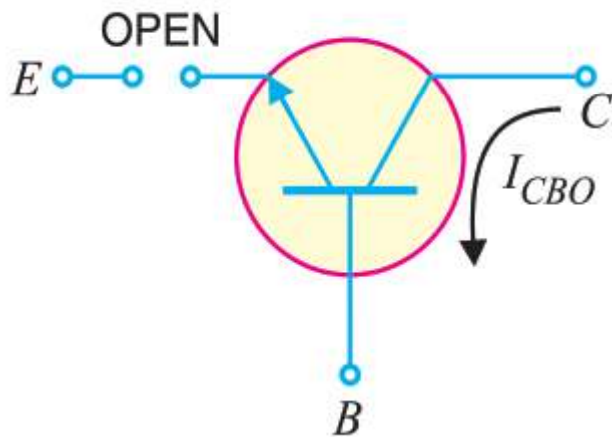
Expression for collector current.

- Tidak seluruh arus emitter mencapai collector.
- Sebagian kecil menjadi arus base, sebagai akibat dari kombinasi electron-hole yang terjadi di daerah base.
- Selain itu, karena junction collector-base reverse bias, sehingga, beberapa arus bocor mengalir, karena minority carriers.
- Sehingga arus collector total terdiri dari:
 - a) Bagian dari arus emitter yang mencapai terminal kolektor yaitu αI_E .
 - b) Kebocoran arus $I_{leakage}$, disebabkan oleh pergerakan minority carriers yg melintasi junction base-collector karena reverse bias. Ini biasanya jauh lebih kecil daripada αI_E

$$\therefore \text{Total arus collector, } I_C = \alpha I_E + I_{leakage}$$

Expression for collector current.

- Jika $I_E = 0$ (rangkaian emitor terbuka), arus bocor kecil masih mengalir di rangkaian collector.
- I_{CBO} artinya arus collector base dengan emitter terbuka. $I_{leakage}$ disingkat I_{CBO}



$$I_C = \alpha I_E + I_{CBO}$$

$$I_E = I_C + I_B$$

$$I_C = \alpha (I_C + I_B) + I_{CBO}$$

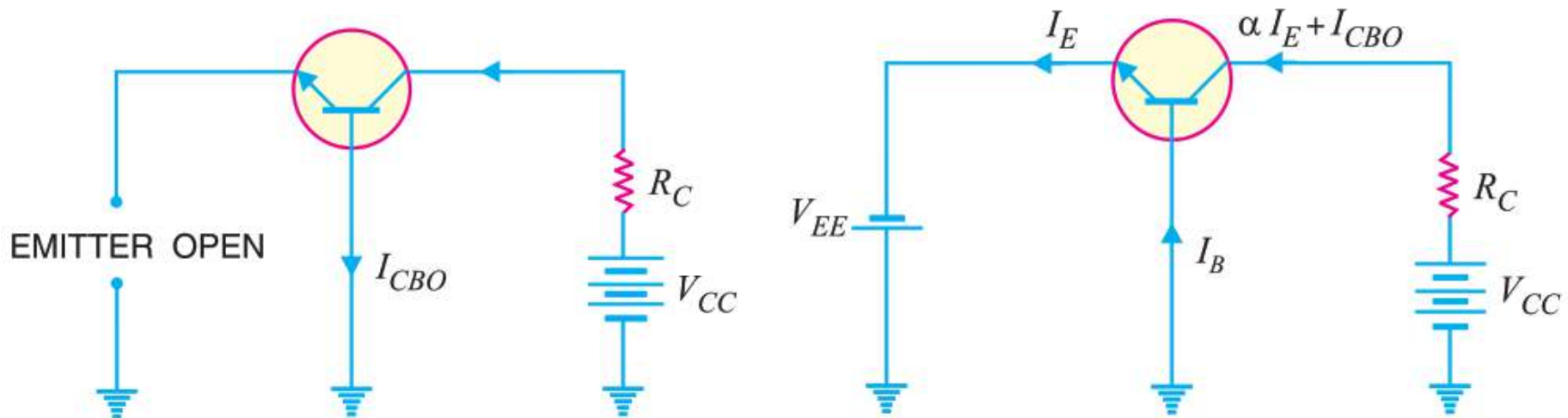
$$I_C (1 - \alpha) = \alpha I_B + I_{CBO}$$

$$I_C = \frac{\alpha}{1 - \alpha} I_B + \frac{I_{CBO}}{1 - \alpha}$$

- Persamaan diatas dapat digunakan untuk mencari I_C .
- Arus collector dapat dikontrol oleh arus emitter atau base.

Expression for collector current.

- Dalam konfigurasi CB, arus collector kecil mengalir meskipun arus emitter nol.
- Ini adalah arus collector bocor (arus collector saat emitter terbuka) dan dilambangkan dengan I_{CBO} .
- Ketika tegangan emitor V_{EE} juga diberikan, berbagai arus muncul.



Contoh 2.

Pada koneksi common base, $I_E = 1\text{mA}$ dan $I_C = 0.95\text{mA}$. Hitunglah nilai arus I_B

Solusi : Dengan menggunakan hubungan, $I_E = I_B + I_C$
maka : $1 = I_B + 0,95$
jadi : $I_B = 1 - 0,95 = 0,05 \text{ mA}$

Contoh 3.

Pada koneksi common base, faktor penguatan arusnya adalah 0.9. Jika arus emitter adalah 1 mA, tentukan besarnya arus base.

Solusi : $\alpha = \frac{I_C}{I_E}$ atau $I_C = \alpha I_E = 0,9 \times 1 = 0,9 \text{ mA}$

Padahal, $I_E = I_B + I_C$

sehingga : $I_B = I_E - I_C = 1 - 0,9 = 0,1 \text{ mA}$

Contoh 4.

Pada koneksi common base, $I_C = 0.95 \text{ mA}$ dan $I_B = 0.05 \text{ mA}$. Carilah nilai dari α .

Solusi : Dengan menggunakan hubungan, $I_E = I_B + I_C$

maka : $I_E = 0,95 + 0,05 = 1 \text{ mA}$

Sehingga faktor penguatan arus : $\alpha = \frac{I_C}{I_E} = \frac{0,95}{1} = 0,95$

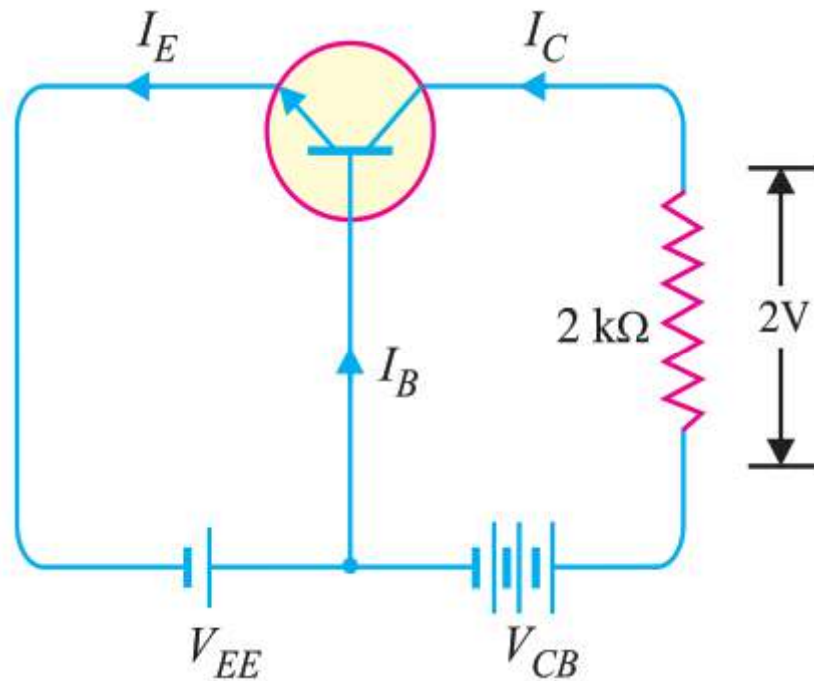
Contoh 5.

Pada koneksi common base, arus emitter adalah 1 mA . Apabila rangkaian emitter terbuka, dan arus collector nya adalah $50 \mu\text{A}$. Carilah total arus collector. Diberikan $\alpha = 0.92$.

Solusi : Total arus collector, $I_C = \alpha I_E + I_{CBO} = 0,92 \times 1 + 50 \times 10^{-3}$
 $= 0,92 + 0,05 = 0,97 \text{ mA}$

Contoh 6.

Pada koneksi common base, $\alpha = 0.95$. Tegangan pada resistor $2\text{ k}\Omega$ yang terhubung ke collector adalah 2V . Carilah besarnya arus base.



Solusi :

The voltage drop across $R_C (=2\text{ k}\Omega)$ adalah 2V , maka :

$$I_C = \frac{2\text{ V}}{2\text{ k}\Omega} = 1\text{ mA}$$

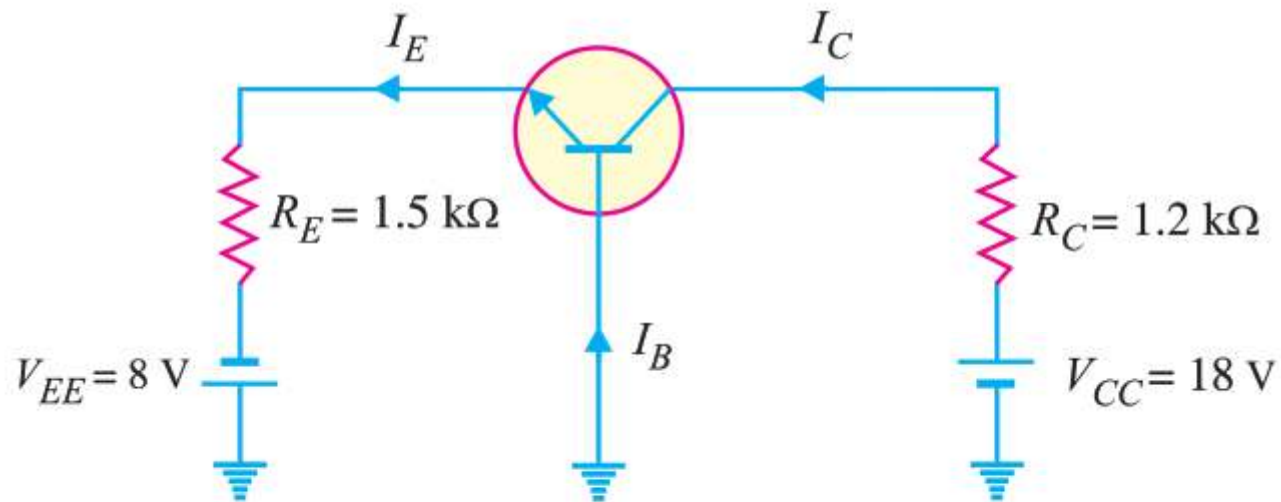
Dimana : $\alpha = \frac{I_C}{I_E}$

$$I_E = \frac{I_C}{\alpha} = \frac{1}{0,95} = 1,05\text{ mA}$$

$$\text{Atau : } I_E = I_C + I_B \rightarrow I_B = I_E - I_C = 1,05 - 1 = 0,05\text{ mA}$$

Contoh 7.

Untuk rangkaian common base dibawah ini, tentukan I_C dan V_{CB} .
Asumsikan transistor adalah silicon.



Solusi :

Karena transistor silicon, $V_{BE} = 0.7 \text{ V}$.

Dengan menggunakan hukum Kirchhoff's tegangan untuk loop sisi emitter, didapat,

$$\begin{aligned} V_{EE} &= I_E R_E + V_{BE} \\ I_E &= \frac{V_{EE} - V_{BE}}{R_E} \\ &= \frac{8\text{V} - 0.7\text{V}}{1.5 \text{ k}\Omega} = 4.87 \text{ mA} \end{aligned}$$

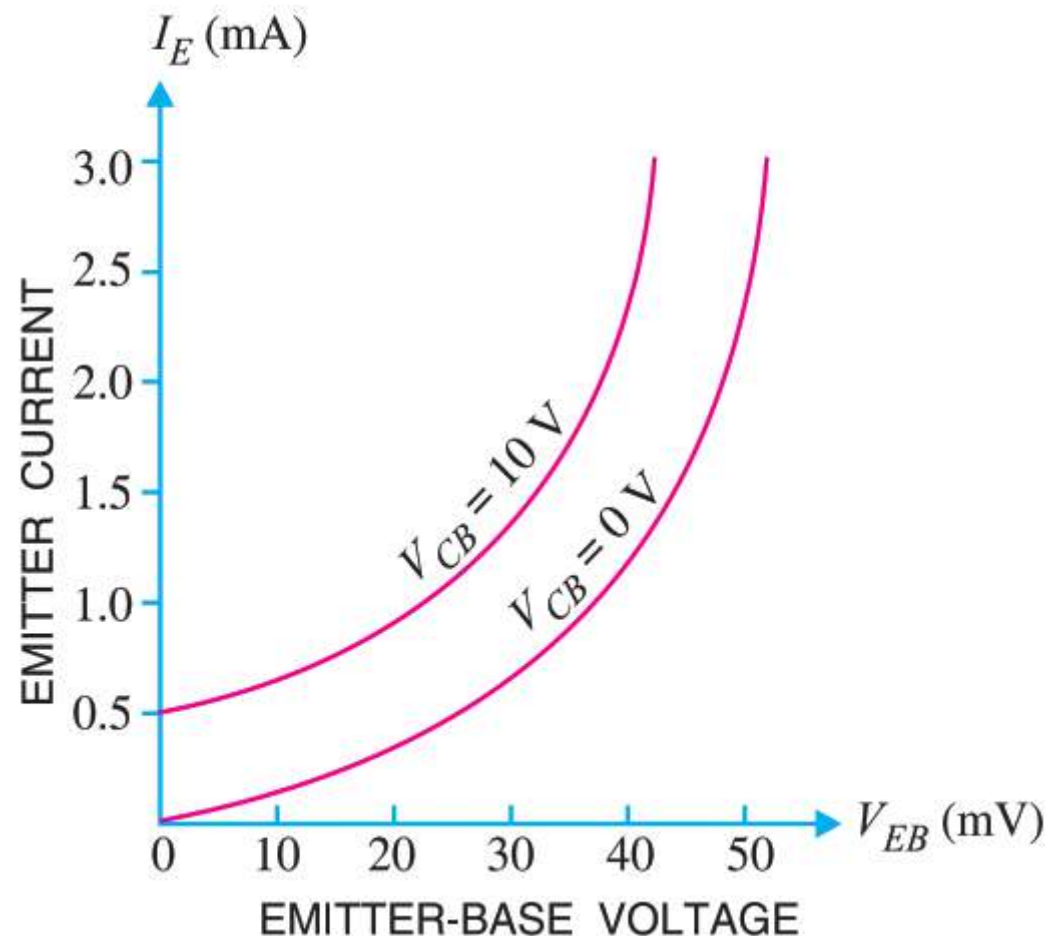
$$\therefore I_C \simeq I_E = \mathbf{4.87 \text{ mA}}$$

Dengan menggunakan hukum Kirchhoff's tegangan untuk loop sisi collector, didapat,

$$\begin{aligned} V_{CC} &= I_C R_C + V_{CB} \\ V_{CB} &= V_{CC} - I_C R_C \\ &= 18 \text{ V} - 4.87 \text{ mA} \times 1.2 \text{ k}\Omega = \mathbf{12.16 \text{ V}} \end{aligned}$$

Karakteristik Common Base

- Perilaku kelistrikan transistor dijelaskan secara grafis melalui kurva arus dan tegangan yang dikenal sebagai karakteristik transistor.
- Karakteristik yang paling penting dari common base adalah karakteristik input dan output.
- **Karakteristik input** adalah kurva antara arus emitter I_E dan tegangan emitter-base V_{EB} , untuk tegangan collector-base V_{CB} constant.
- I_E meningkat dengan cepat dengan peningkatan kecil pada V_{EB} , artinya resistansi masukan sangat kecil.



Karakteristik Common Base

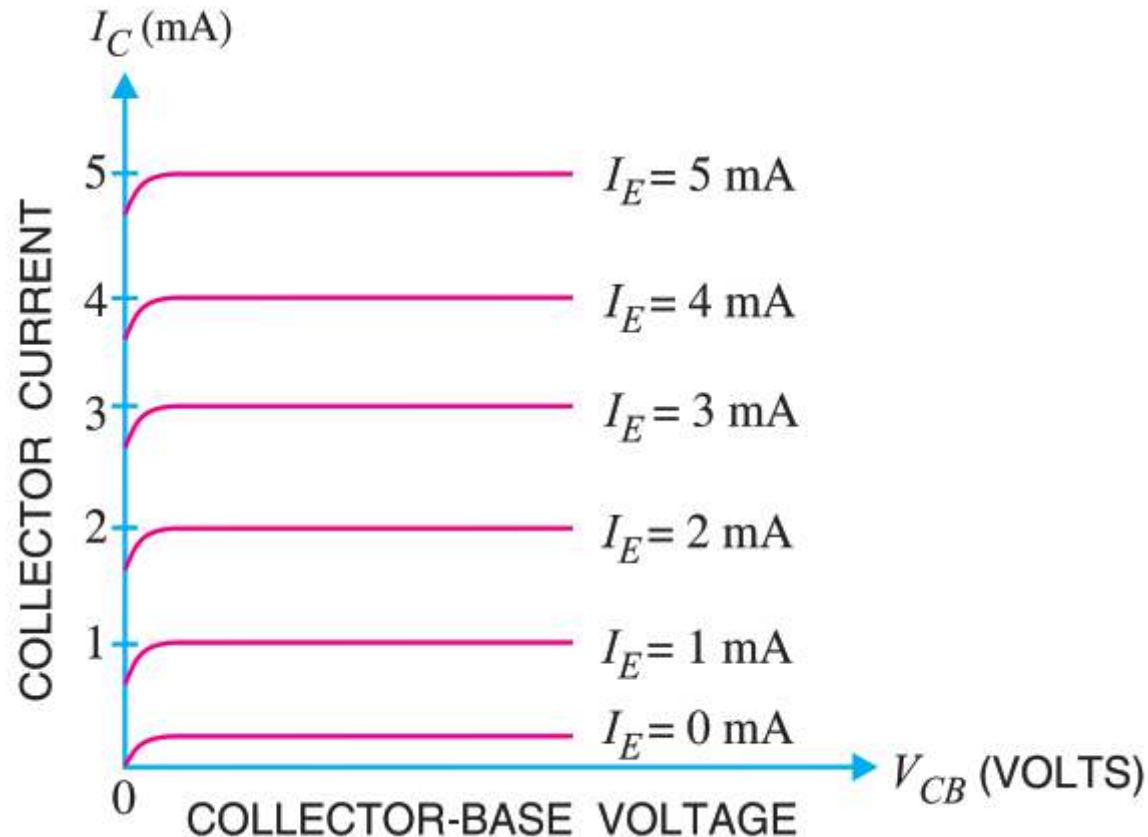
- I_E hampir tidak bergantung pada V_{CB} . Hal ini mengarah pada kesimpulan bahwa I_E (dan juga I_C) hampir tidak tergantung pada V_C .
- Resistansi Input adalah rasio dari ΔV_{EB} dengan ΔI_E untuk V_{CB} konstan.

$$r_i = \frac{\Delta V_{BE}}{\Delta I_E} \quad \text{untuk } V_{CB} \text{ konstan}$$

- Resistansi input adalah oposisi yang ditawarkan terhadap arus sinyal. Karena V_{EB} yang sangat kecil sudah cukup untuk menghasilkan aliran arus emitor yang besar yaitu I_E , oleh karena itu, resistansi input cukup kecil, dengan orde beberapa ohm saja.

Karakteristik Common Base

- **Karakteristik output** adalah kurva antara arus collector I_C dan tegangan collector-base V_{CB} , untuk arus emitter I_E constant.
- I_C bervariasi dengan V_{CB} hanya pada tegangan yang sangat rendah ($<1V$). Transistor tidak pernah dioperasikan di wilayah ini.



- Ketika nilai V_{CB} dinaikkan di atas 1 - 2 V, arus kolektor menjadi konstan seperti yang ditunjukkan oleh kurva horizontal lurus.
- Ini berarti bahwa sekarang I_C tidak bergantung pada V_{CB} dan hanya bergantung pada I_E .
- Sesuai dengan teori bahwa arus emitter mengalir hampir seluruhnya ke terminal kolektor. Transistor selalu dioperasikan di wilayah ini.
- Perubahan tegangan kolektor-basis yang sangat besar hanya menghasilkan perubahan kecil pada arus kolektor. Ini berarti resistansi keluaran sangat tinggi.

Output resistance.

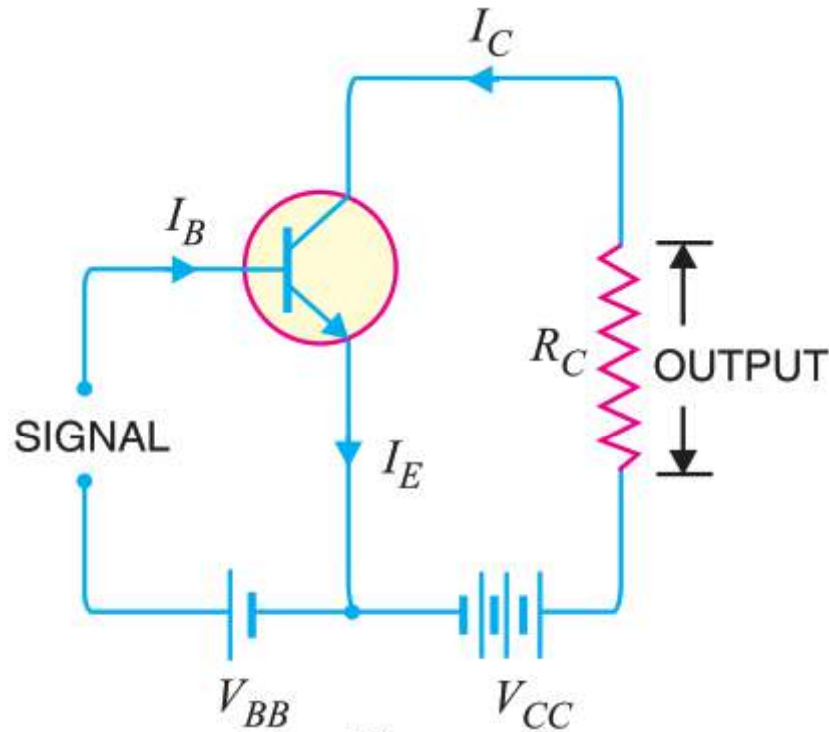
- Adalah rasio dari ΔV_{CB} terhadap ΔI_C pada arus emitter constant, yaitu:

$$r_o = \frac{\Delta V_{CB}}{\Delta I_C} \text{ at constant } I_E$$

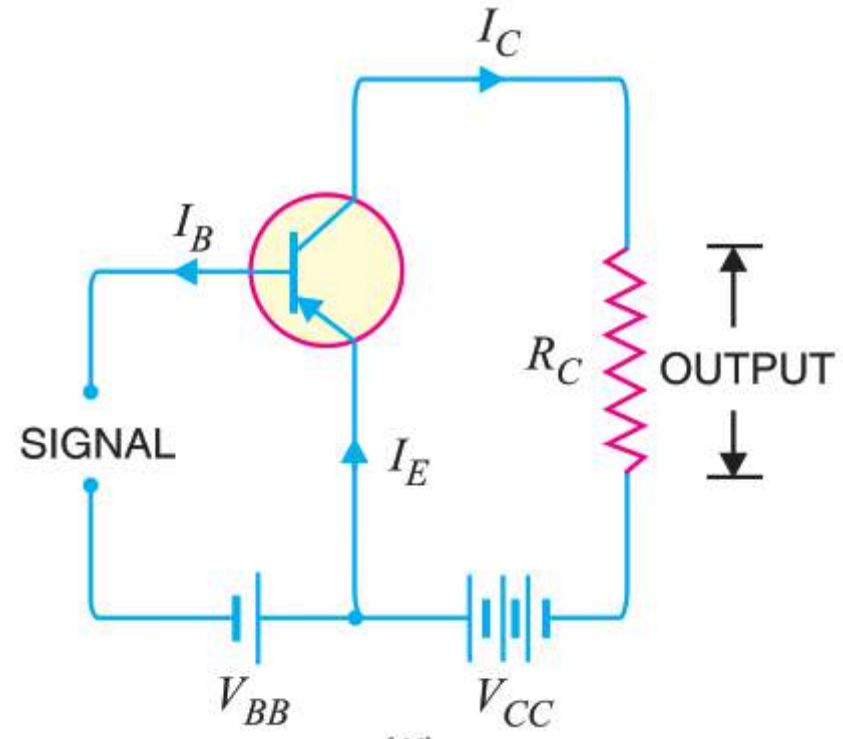
- Resistansi output rangkaian CB sangat tinggi, sekitar puluhan kilo-ohms. Hal ini karena arus kolektor berubah sangat sedikit dengan perubahan V_{CB} .

Common Emitter Connection

Transistor npn



Transistor pnp



- Pada koneksi common emitter, arus input adalah I_B dan arus output adalah I_C .
- Ratio perubahan arus collector (ΔI_C) terhadap perubahan arus base (ΔI_B) dikenal dengan **faktor penguatan arus base** (β).

Common Emitter Connection

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

- Pada hampir semua transistor, kurang dari 5% arus emitor mengalir sebagai arus basis.
- Oleh karena itu, nilai β umumnya lebih besar dari 20, nilainya berkisar dari 20 hingga 500.
- Koneksi CE ini sering digunakan untuk penguatan arus dan tegangan yang cukup besar.
- Hubungan antara β and α :
$$\beta = \frac{\alpha}{1 - \alpha}$$
- Dari persamaan diatas, saat α mendekati satu, maka β mendekati tak terhingga

Common Emitter Connection

Expression for collector current.

- Pada rangkaian CE, I_B adalah arus input, sedangkan I_C adalah arus output

$$I_E = I_B + I_C$$

$$I_C = \alpha I_E + I_{CBO}$$

$$I_C = \alpha I_E + I_{CBO} = \alpha (I_B + I_C) + I_{CBO}$$

$$I_C (1 - \alpha) = \alpha I_B + I_{CBO}$$

$$I_C = \frac{\alpha}{1 - \alpha} I_B + \frac{1}{1 - \alpha} I_{CBO}$$

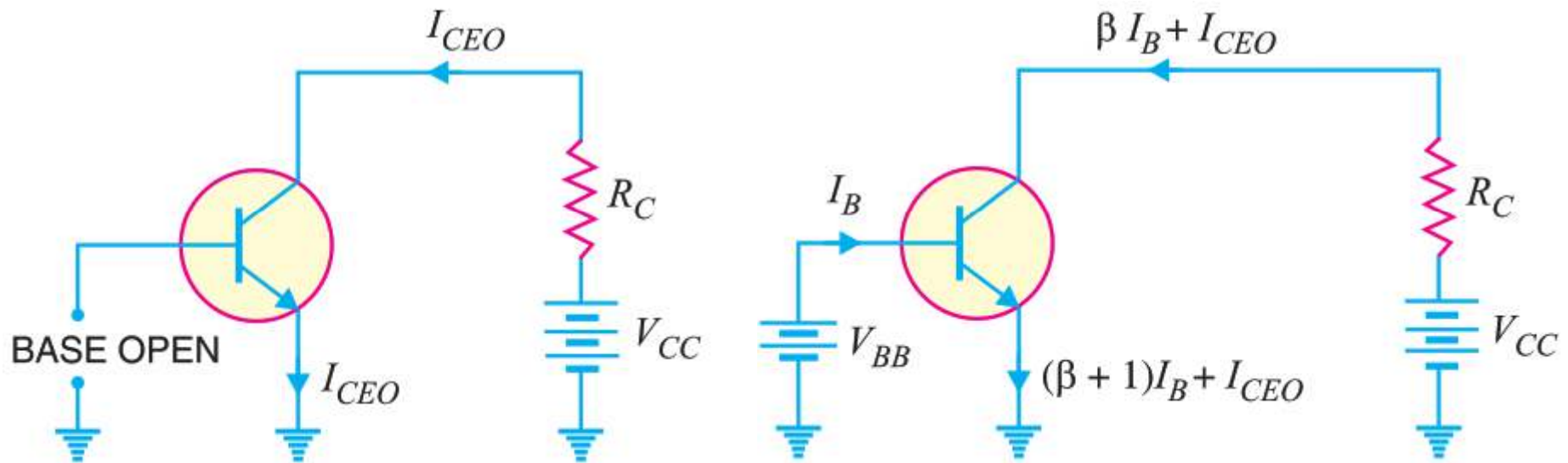
- Dari persamaan terakhir, jika $I_B = 0$ (arus rangkaian base open), maka arus collector = arus emitter, sehingga :

$$I_{CEO} = \frac{1}{1 - \alpha} I_{CBO}$$

Common Emitter Connection

Expression for collector current.

- Karena : $\beta = \frac{\alpha}{1 - \alpha}$ maka : $I_C = \beta I_B + I_{CEO}$

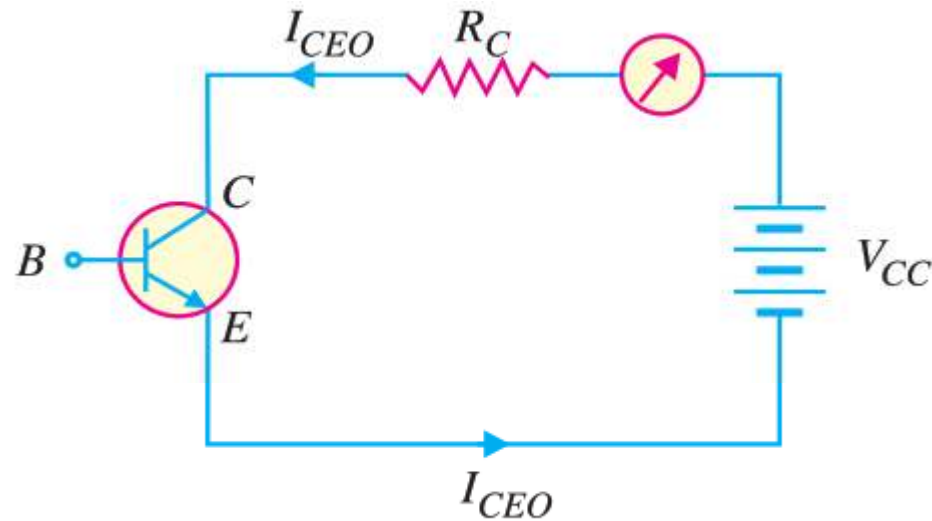


- Karena : $\frac{1}{1 - \alpha} = \beta + 1$

maka :
$$I_{CEO} = \frac{1}{1 - \alpha} I_{CBO} = (\beta + 1) I_{CBO}$$

Measurement of Leakage Current

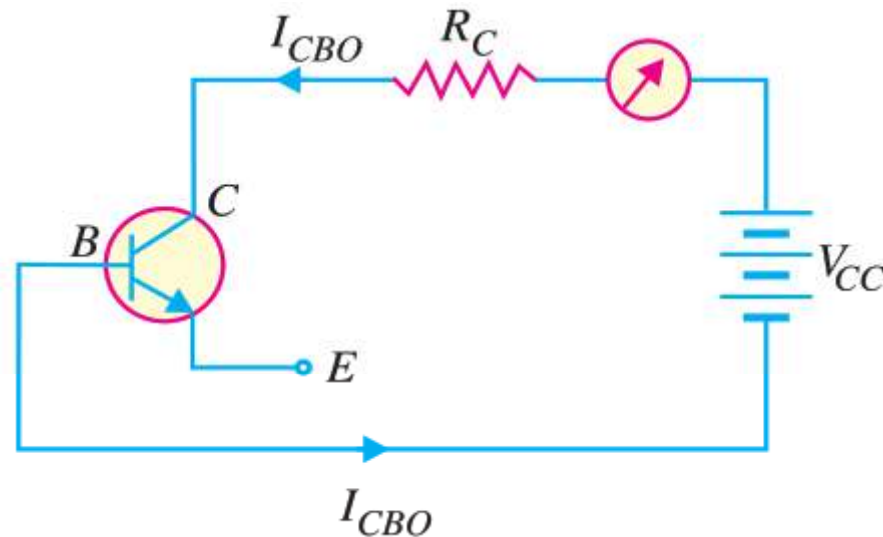
a) Circuit for I_{CEO} test



Karena base open ($I_B = 0$), maka transistor dalam kondisi cut off. Idealnya $I_C = 0$, tetapi kenyataannya ada arus kecil dari collector ke emitter yang disebabkan oleh minority carriers, yang disebut I_{CEO} . Arus ini biasanya dalam range nA untuk silicon. Transistor yang rusak sering kali memiliki arus bocor yang berlebihan..

Measurement of Leakage Current

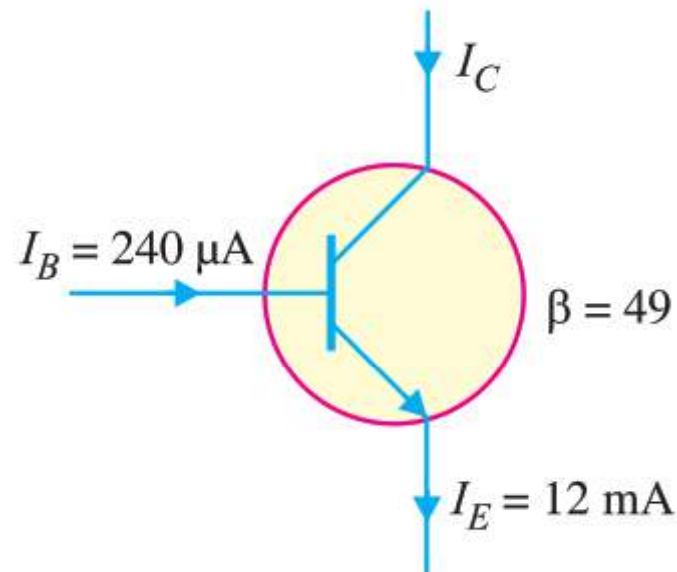
b) Circuit for I_{CBO} test



Karena emitter open ($I_E = 0$), ada arus kecil dari kolektor ke basis, yang disebut I_{CBO} . Arus ini disebabkan oleh pergerakan dari minority carriers melintasi base collector junction. Nilai dari I_{CBO} juga kecil. Jika dalam pengukuran I_{CBO} berlebihan, maka ada kemungkinan collector-base mengalami korsleting.

Contoh 8.

Temukan nilai α transistor pada gambar rangkaian dibawah, dan tentukan I_C dengan menggunakan nilai α dan β transistor.



Solusi :

$$\alpha = \frac{\beta}{1 + \beta} = \frac{49}{1 + 49} = \mathbf{0.98}$$

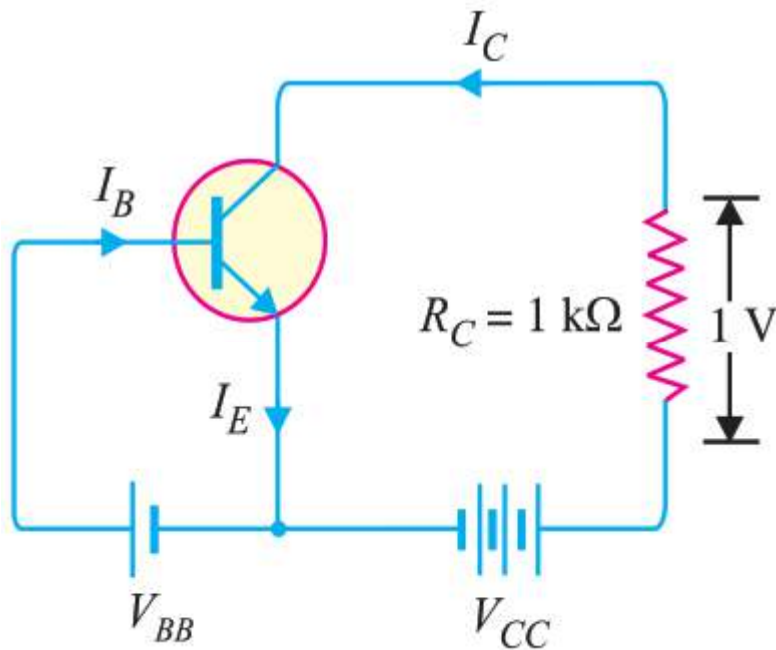
Besar arus I_C dapat dicari dengan menggunakan α dan β sbb :

$$I_C = \alpha I_E = 0.98 (12 \text{ mA}) = \mathbf{11.76 \text{ mA}}$$

$$I_C = \beta I_B = 49 (240 \mu\text{A}) = \mathbf{11.76 \text{ mA}}$$

Contoh 9.

Untuk suatu transistor dengan $\beta = 45$ dan tegangan pada resistor $1\text{ k}\Omega$ adalah 1 volt. Carilah arus base untuk koneksi common emitter tsb.



Solusi :

$$I_C = \frac{1\text{ V}}{1\text{ k}\Omega} = 1\text{ mA}$$

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

$$I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{1}{45} = \mathbf{0.022\text{ mA}}$$

Contoh 10.

Suatu transistor terhubung dengan konfigurasi CE seperti pada gambar dibawah. Jika $\alpha = 0.96$, tentukan :

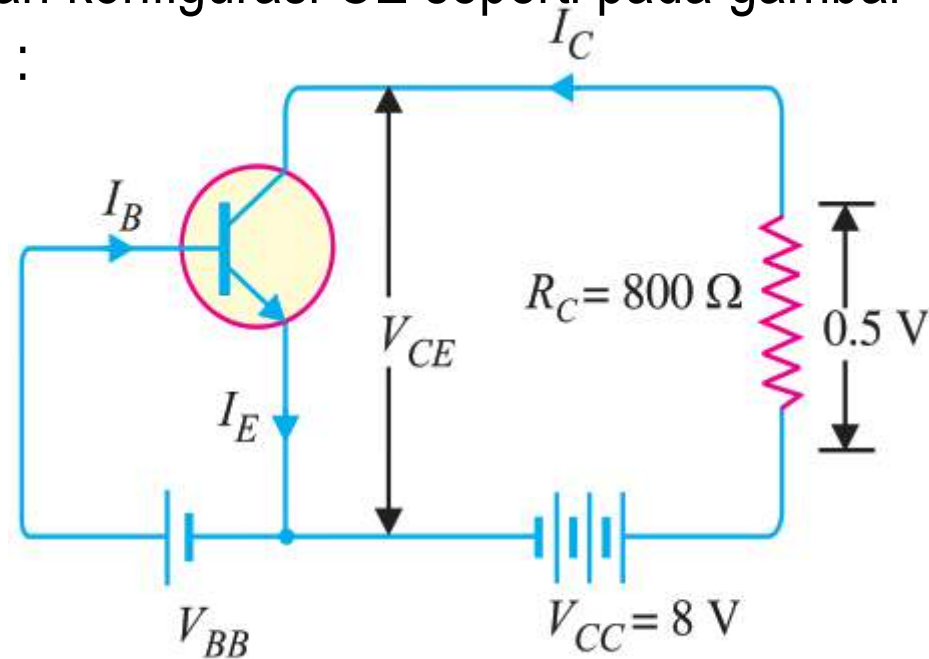
- a) Tegangan collector-emitter
- b) Arus base

Solusi :

- a) Tegangan collector-emitter

$$V_{CE} = V_{CC} - 0.5$$

$$V_{CE} = 8 - 0.5 = \mathbf{7.5\text{ V}}$$



b) Arus base :

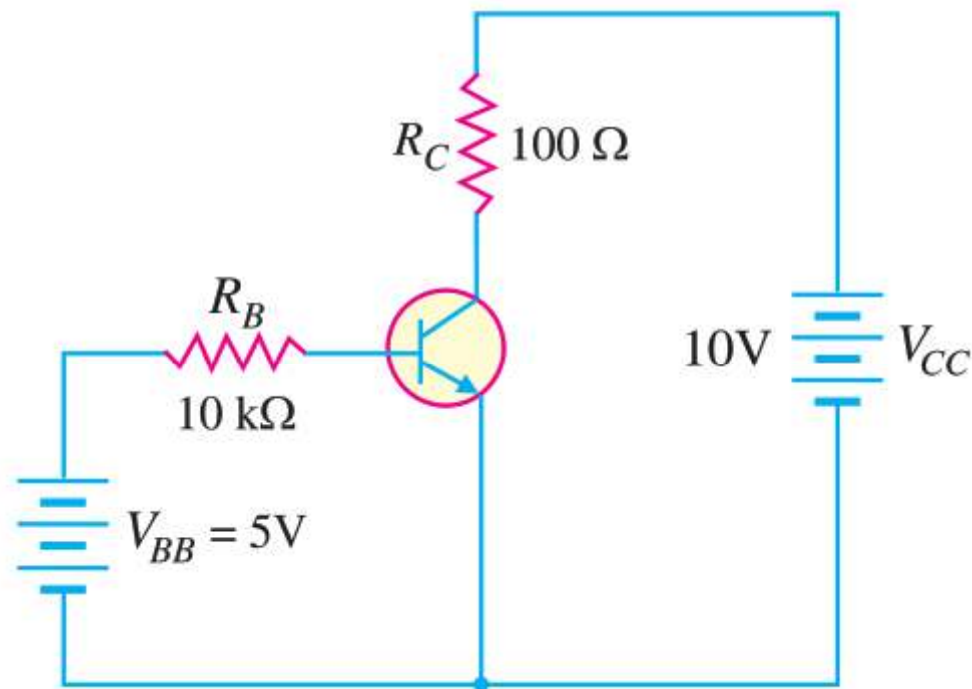
$$I_C = \frac{0.5\text{ V}}{800\ \Omega} = \frac{5}{8}\text{ mA} = 0.625\text{ mA}$$

$$\beta = \frac{\alpha}{1 - \alpha} = \frac{0.96}{1 - 0.96} = 24$$

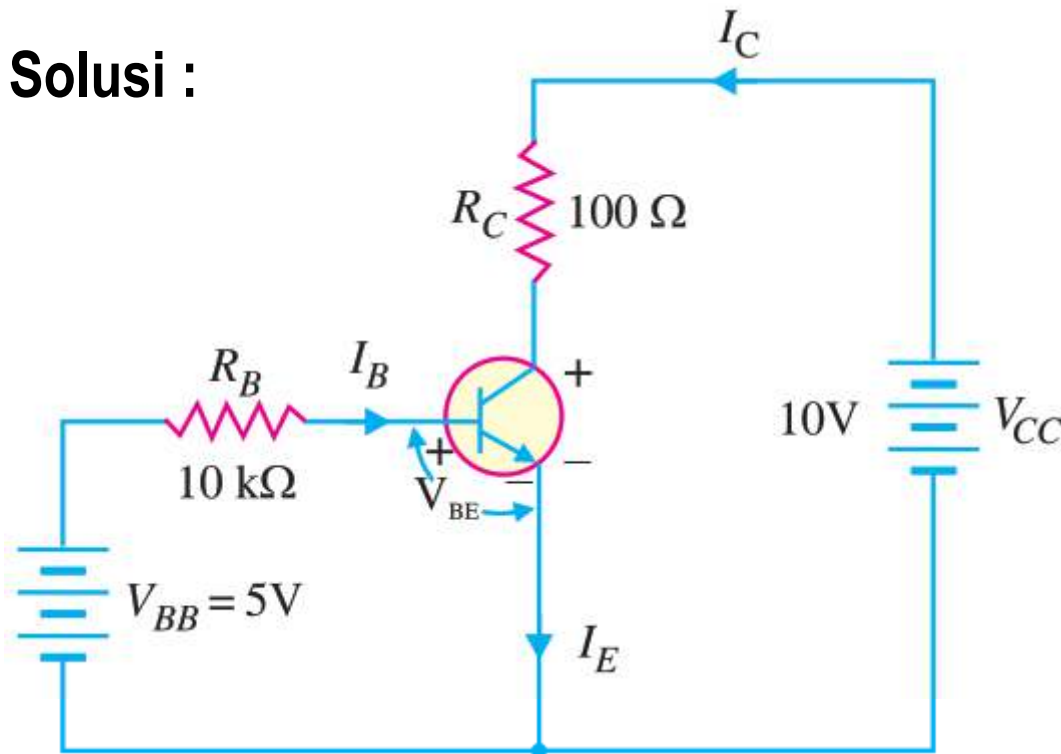
$$I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{0.625}{24} = \mathbf{0.026\text{ mA}}$$

Contoh 11.

Tentukan V_{CB} pada rangkaian transistor dibawah ini. Transistor adalah silicon dan nilai $\beta = 150$.



Solusi :



Dengan menggunakan Hukum Kirchhoff's tegangan pada loop base-emitter loop, didapat,

$$V_{BB} - I_B R_B - V_{BE} = 0$$

$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B}$$

$$I_B = \frac{5V - 0.7V}{10 k\Omega} = 430 \mu A$$

$$I_C = \beta I_B = (150)(430 \mu A) = 64.5 \text{ mA}$$

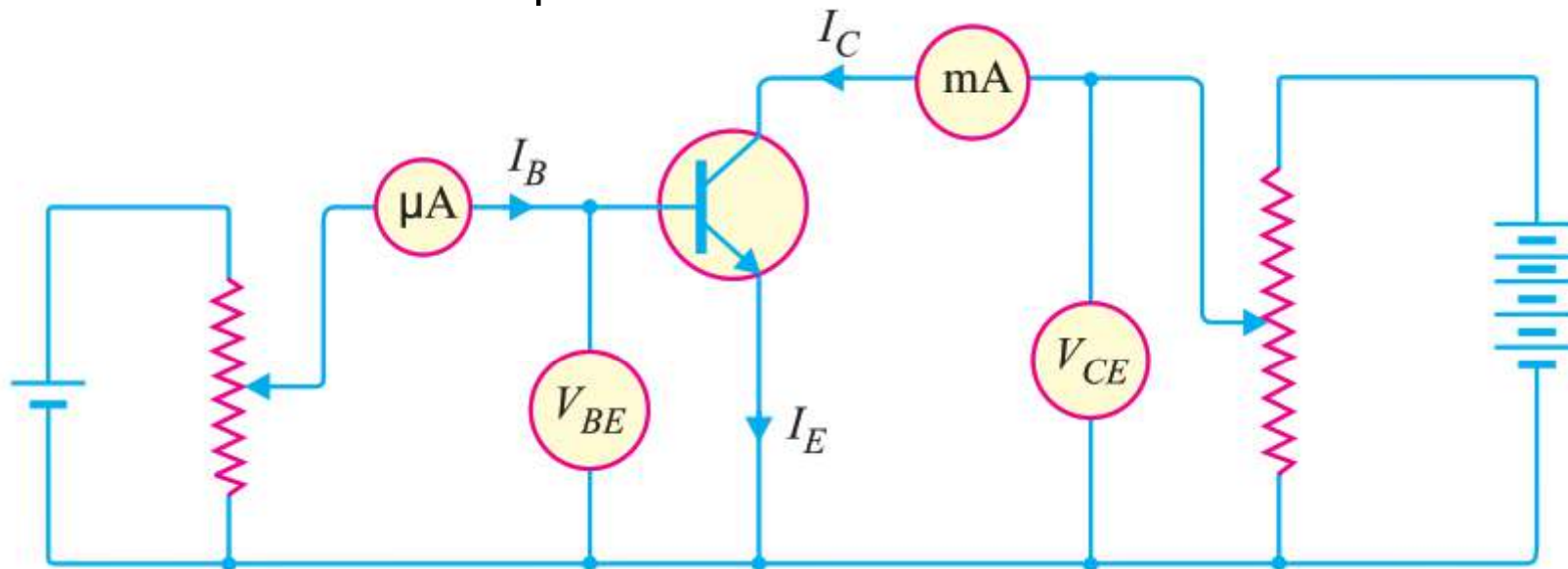
$$\begin{aligned} V_{CE} &= V_{CC} - I_C R_C \\ &= 10V - (64.5 \text{ mA})(100\Omega) = 10V - 6.45V = 3.55V \end{aligned}$$

$$V_{CE} = V_{CB} + V_{BE}$$

$$V_{CB} = V_{CE} - V_{BE} = 3.55 - 0.7 = \mathbf{2.85V}$$

Characteristics of Common Emitter Connection

Karakteristik yang penting dari susunan rangkaian ini adalah karakteristik input dan karakteristik output.



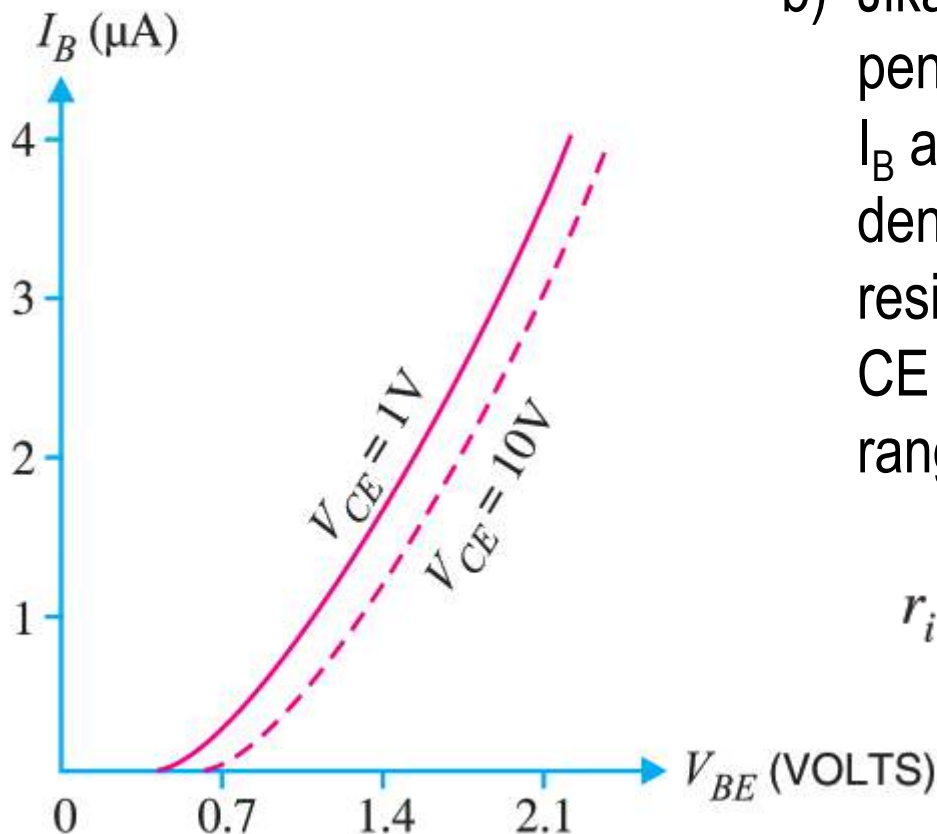
Karakteristik Input : Adalah kurva antara arus base I_B dan tegangan base-emitter V_{BE} pada tegangan collector-emitter V_{CE} konstan.

Karakteristik Output : Adalah kurva antara arus collector I_C dan tegangan collector-emitter V_{CE} pada arus base I_B konstan.

1. Karakteristik input

Berikut catatan untuk karakteristik ini :

a) Karakteristik ini menyerupai kurva bias forward diode. Karena bagian basis-emitor dari transistor adalah dioda bias forward.



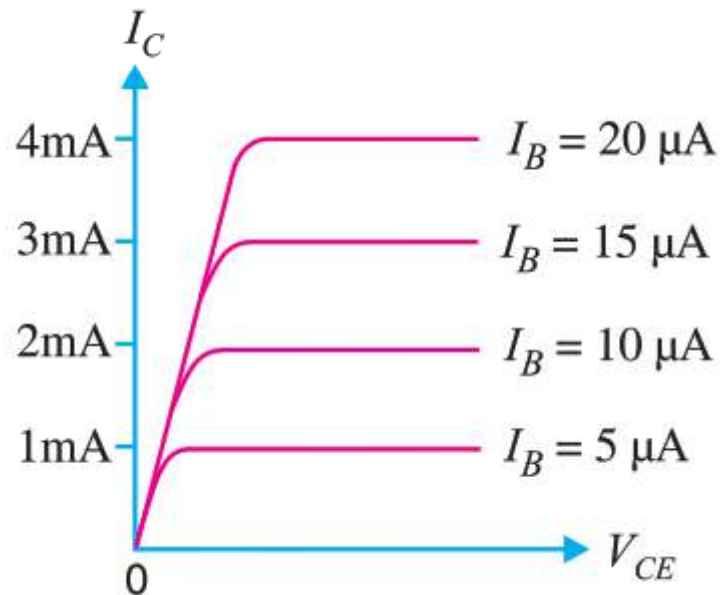
b) Jika dibandingkan dengan pengaturan CB, peningkatan I_B agak lambat dibanding dengan V_{BE} . Sehingga resistansi input dari rangkaian CE lebih besar daripada rangkaian CB.

$$r_i = \frac{\Delta V_{BE}}{\Delta I_B} \text{ at constant } V_{CE}$$

2. Karakteristik output

Berikut catatan untuk karakteristik ini :

- a) Arus collector I_C bervariasi terhadap V_{CE} untuk V_{CE} antara 0 dan 1 V saja. Setelah itu, arus collector menjadi hampir konstan. Transistors selalu beroperasi diatas tegangan knee.

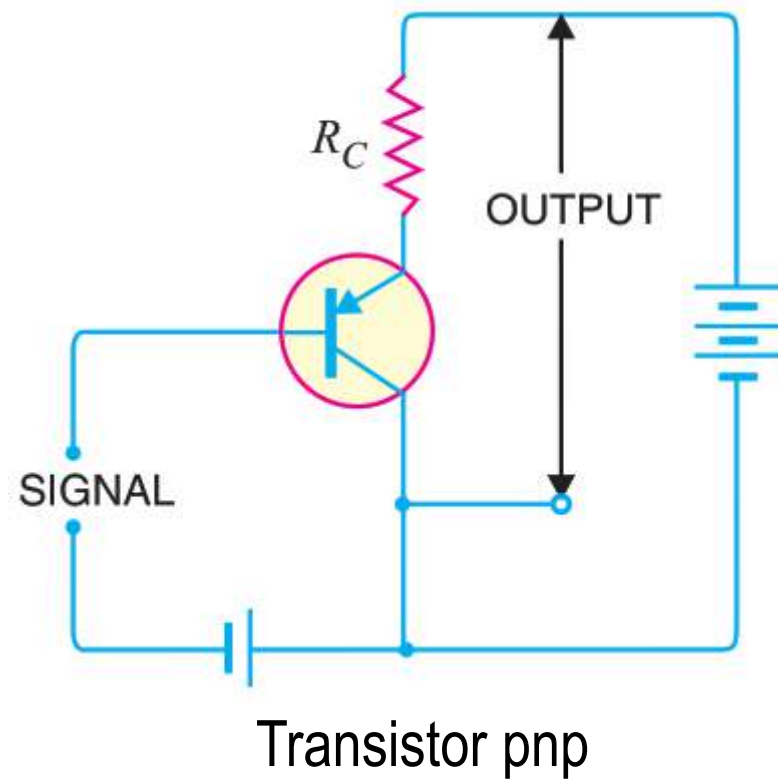
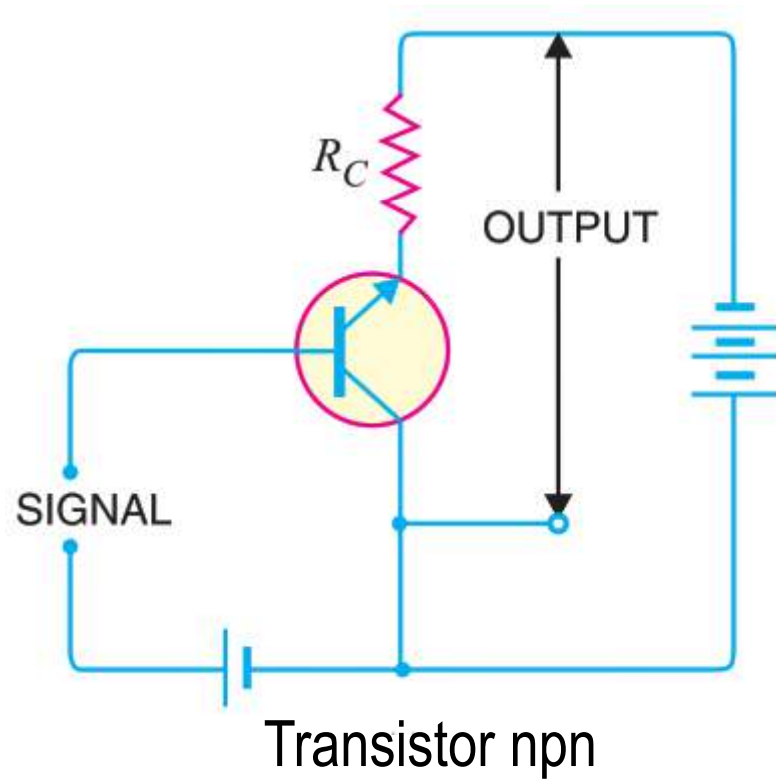


- b) Untuk sembarang nilai dari VCE diatas tegangan knee, arus collector I_C adalah mendekati sama dengan $\beta \times I_B$.
- c) Resistansi output :

$$r_o = \frac{\Delta V_{CE}}{\Delta I_C} \text{ at constant } I_B$$

Common Collector Connection

Dalam CC, input diambil antara base dan collector dan outputnya antara emitter dan collector.



Common Collector Connection

Ratio perubahan arus emitter (ΔI_E) dengan perubahan arus (ΔI_B) dikenal sebagai faktor penguatan arus pada CC.

$$\gamma = \frac{\Delta I_E}{\Delta I_B}$$

Hubungannya dengan α :

$$\gamma = \frac{1}{1 - \alpha}$$

Pernyataan arus collector : $I_C = \alpha I_E + I_{CBO}$

$$I_E = I_B + I_C = I_B + (\alpha I_E + I_{CBO})$$

$$I_E = \frac{I_B}{1 - \alpha} + \frac{I_{CBO}}{1 - \alpha}$$

Resistansi input tinggi (about 750 k Ω) dan resistansi output sangat rendah (about 25 Ω). Penguatan tegangan <1 (less than 1), sehingga sering digunakan sebagai impedance matching.

Comparison of Transistor Connections

| S. No. | Characteristic | Common base | Common emitter | Common collector |
|--------|-------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| 1. | Input resistance | Low (about 100 Ω) | Low (about 750 Ω) | Very high (about 750 k Ω) |
| 2. | Output resistance | Very high (about 450 k Ω) | High (about 45 k Ω) | Low (about 50 Ω) |
| 3. | Voltage gain | about 150 | about 500 | less than 1 |
| 4. | Applications | For high frequency applications | For audio frequency applications | For impedance matching |
| 5. | Current gain | No (less than 1) | High (β) | Appreciable |

Summary

Rangkaian CB

Resistansi input (r_i) rendah karena I_E tinggi. Resistansi output (r_o) tinggi karena tegangan reverse pada collector. CB tidak memiliki penguatan arus ($\alpha < 1$) tetapi penguatan tegangan bisa tinggi. CB jarang digunakan. Satu-satunya keunggulan CB adalah memberikan stabilitas yang baik terhadap kenaikan suhu.

Rangkaian CE

Resistansi input (r_i) tinggi karena I_B kecil. Sehingga r_i untuk CE jauh lebih tinggi daripada CB. Resistansi output (r_o) CE lebih kecil dari pada CB. Penguatan arus CE besar karena I_C jauh lebih besar dari I_B . Penguatan tegangan CE lebih besar dari pada CB. CE umumnya digunakan karena memiliki kombinasi terbaik dari penguatan tegangan dan arus. Kerugian dari rangkaian CE adalah arus bocor diperkuat di rangkaian, tetapi metode stabilisasi bias dapat digunakan.

Rangkaian CC

Resistansi input (r_i) dan output (r_o) masing-masing tinggi dan rendah dibandingkan dengan CE dan CB. Tidak ada penguatan tegangan ($A_v < 1$). CC ini sering digunakan untuk matching impedance.

Commonly Used Transistor Connection

Dari ketiga koneksi transistor, rangkaian CE adalah yang paling efisien, dan digunakan sekitar 90% - 95% dari semua aplikasi transistor. Alasan utama meluasnya penggunaan CE ini adalah sbb:

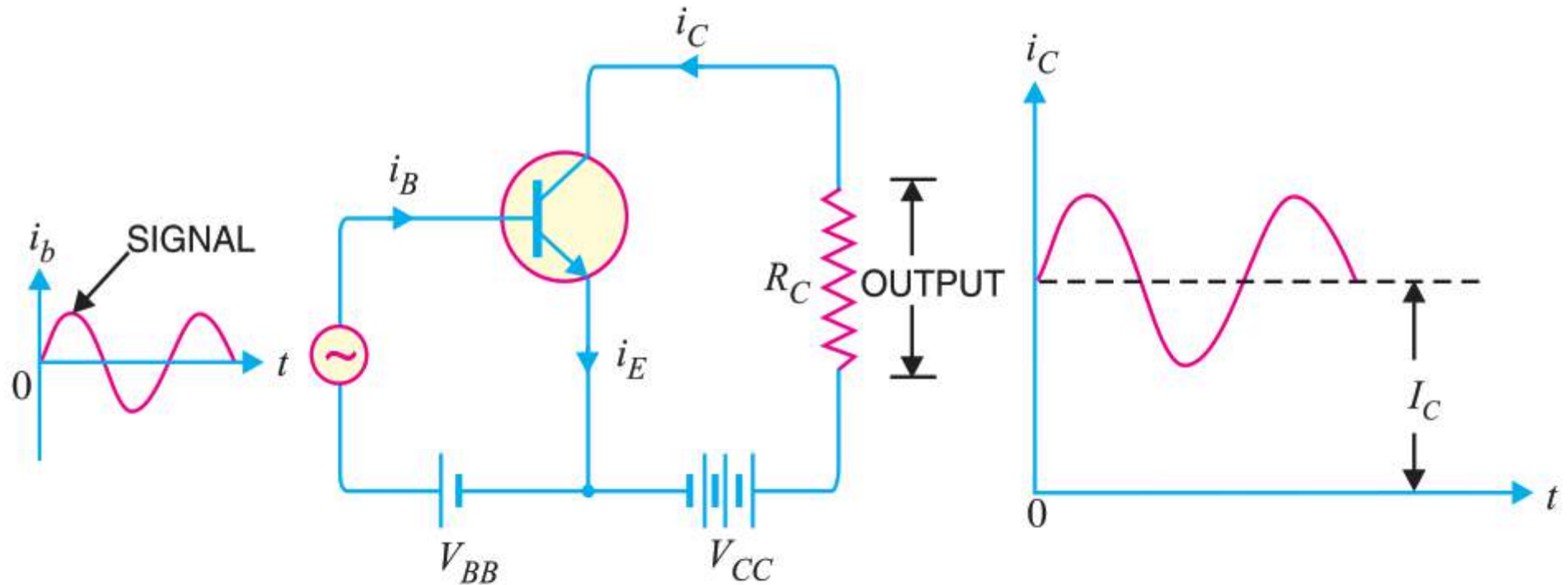
- **Penguatan arus tinggi.** Pada koneksi CE, arus output I_C dan arus input I_B . Hubungan antara I_C dan I_B :

$$I_C = \beta I_B + I_{CEO}$$

Nilai β sangat besar yaitu sekitar 20 - 500.

- **Penguatan tegangan & daya tinggi.** Karena penguatan arus yang tinggi, maka CE memiliki penguatan tegangan & daya yang paling tinggi diantara 3 koneksi tsb.
- **Cakupan rasio impedansi output ke input.** Pada CE, rasio impedansi output ke input kecil (sekitar 50). Hal ini membuat rangkaian menjadi ideal untuk disambungkan diantara variasi tahapan transistor.

Amplifier Transistor CE



- Ketika tidak ada sinyal input, forward bias V_{BB} menyebabkan I_C mengalir di rangkaian kolektor, yang disebut arus kolektor sinyal nol.
- Ketika ada sinyal, forward bias pada junction emitter-base meningkat atau menurun bergantung pada sinyal input.

Amplifier Transistor CE

Kurva dari arus collector total i_C versus waktu. Dari kurva terlihat bahwa arus collector terdiri dari dua komponen, yaitu :

- a) Arus collector dc I_C yang disebabkan bias V_{BB}
- b) Arus collector ac i_c yang disebabkan oleh signal

$$\therefore \text{ arus collector total } i_C = I_C + i_c$$

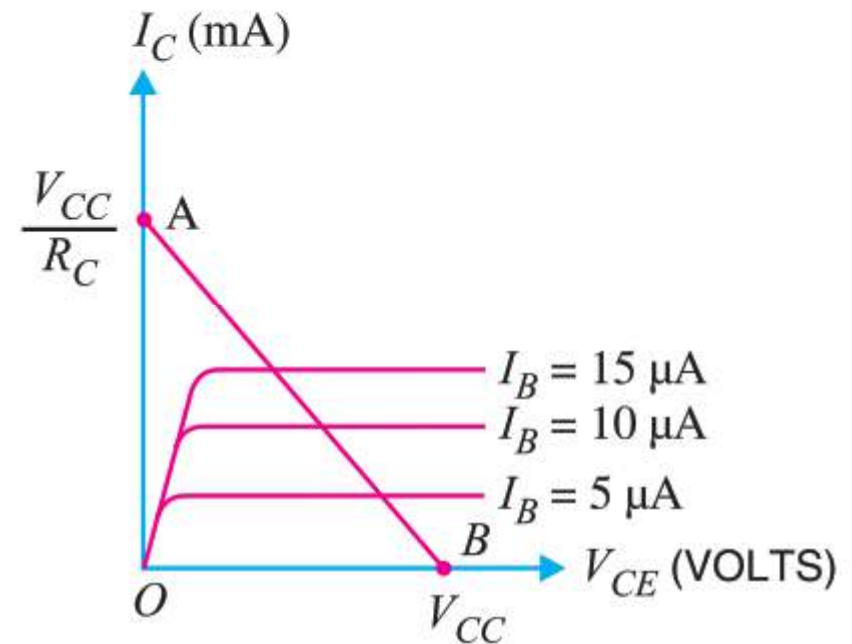
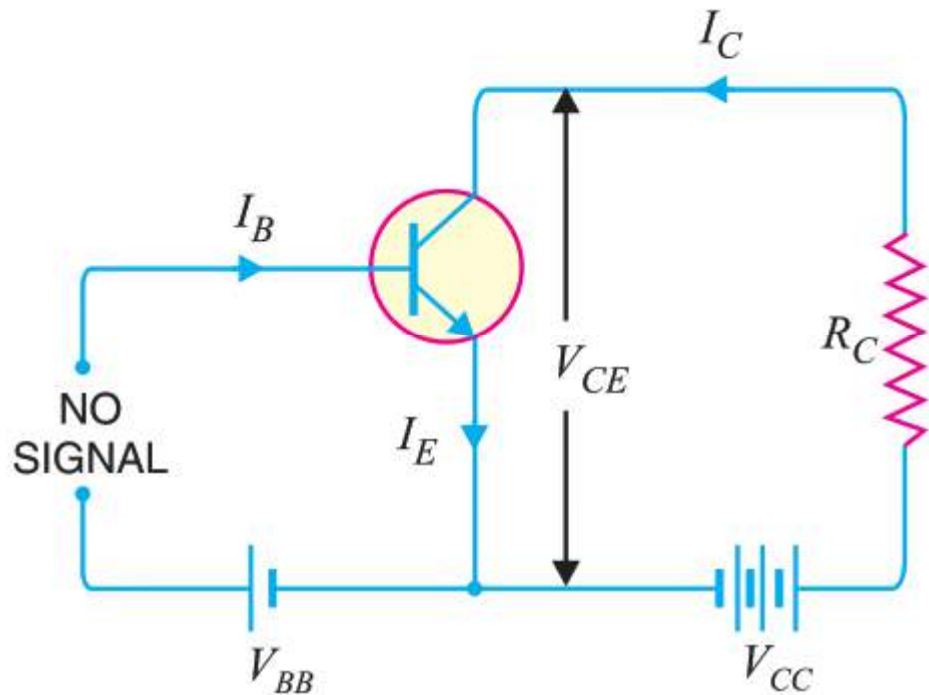
Symbols untuk arus dan tegangan pada aplikasi transistor

| S. No. | Particular | Instantaneous a.c. | d.c. | Total |
|--------|---------------------------|--------------------|----------|----------|
| 1. | Emitter current | i_e | I_E | i_E |
| 2. | Collector current | i_c | I_C | i_C |
| 3. | Base current | i_b | I_B | i_B |
| 4. | Collector-emitter voltage | v_{ce} | V_{CE} | v_{CE} |
| 5. | Emitter-base voltage | v_{eb} | V_{EB} | v_{EB} |

Transistor Load Line Analysis

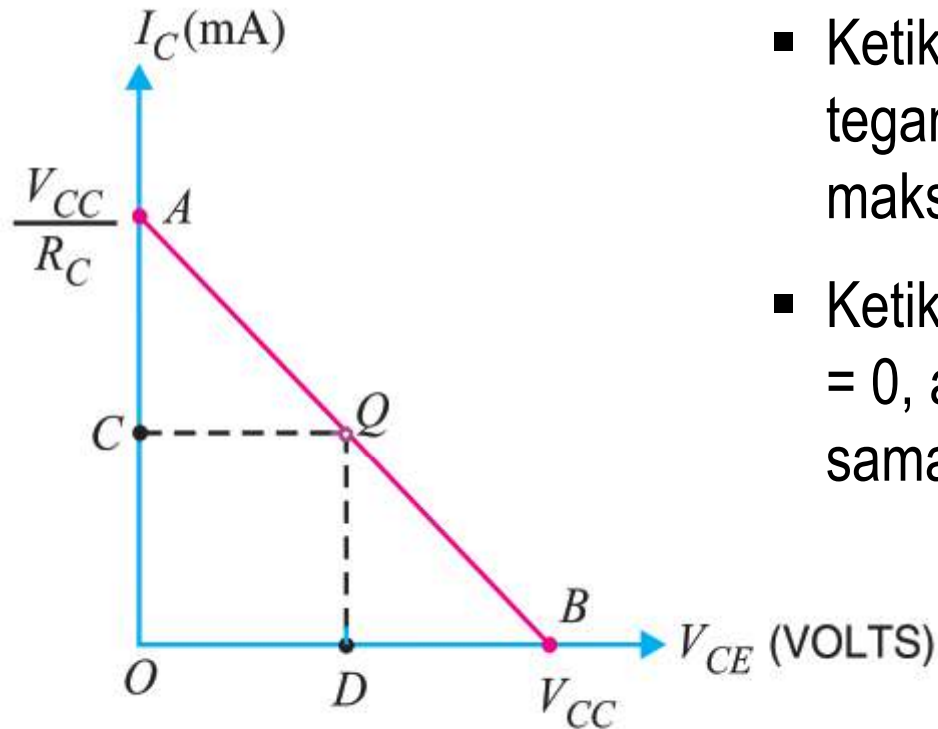
Tegangan dari collector-emitter V_{CE} pada setiap saat diberikan oleh :

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



Untuk nilai V_{CC} dan R_C tetap, persamaan adalah linier, yang ditunjukkan dengan garis lurus pada karakteristik output. Ini dikenal sebagai garis beban dc (*dc load line*), yang menentukan posisi titik V_{CE} & I_C untuk sembarang nilai R_C .

Transistor Load Line Analysis

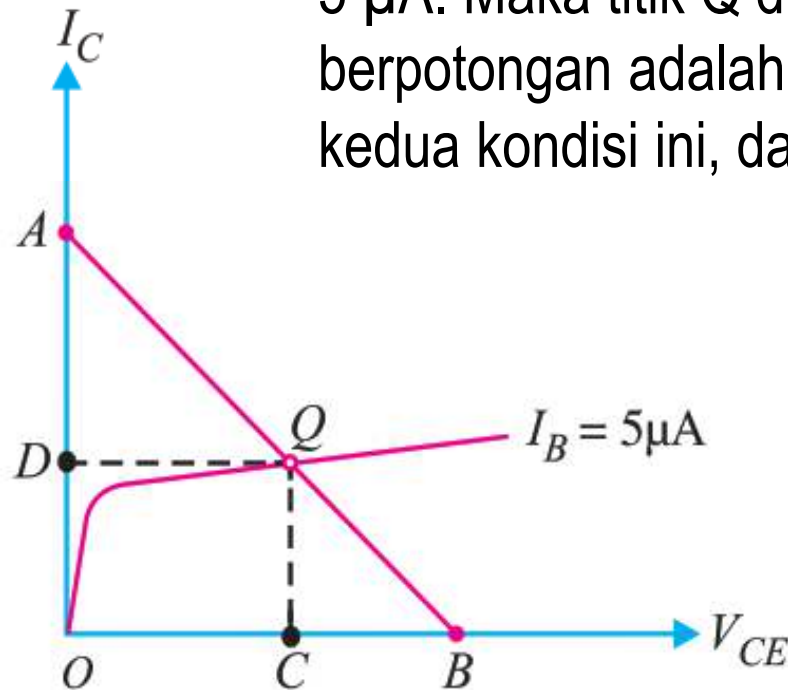


- Ketika arus collector $I_C = 0$, maka tegangan collector-emitter V_{CE} maksimum yang sama dengan V_{CC}
 - Ketika tegangan collector-emitter $V_{CE} = 0$, arus collector I_C maksimum yang sama dengan V_{CC} / R_C .
-
- Untuk nilai arus collector I_C lainnya, misalnya OC, maka tegangan collector-emitter $V_{CE} = OD$. Sehingga garis beban tersebut dapat memberikan solusi yang langsung ke masalah tersebut.

Operating Point

Nilai sinyal nol dari I_C and V_{CE} dikenal sebagai titik kerja (operating point).

Misalkan dengan tidak adanya sinyal, arus base adalah $5 \mu\text{A}$. Maka titik Q dimana garis beban dan karakteristik berpotongan adalah satu-satunya titik yang memenuhi kedua kondisi ini, dan disebut titik operasi.



Dari gambar, untuk $I_B = 5 \mu\text{A}$,
nilai sinyal nol adalah :

$V_{CE} = OC \text{ volts}$

$I_C = OD \text{ mA}$

Contoh 11.

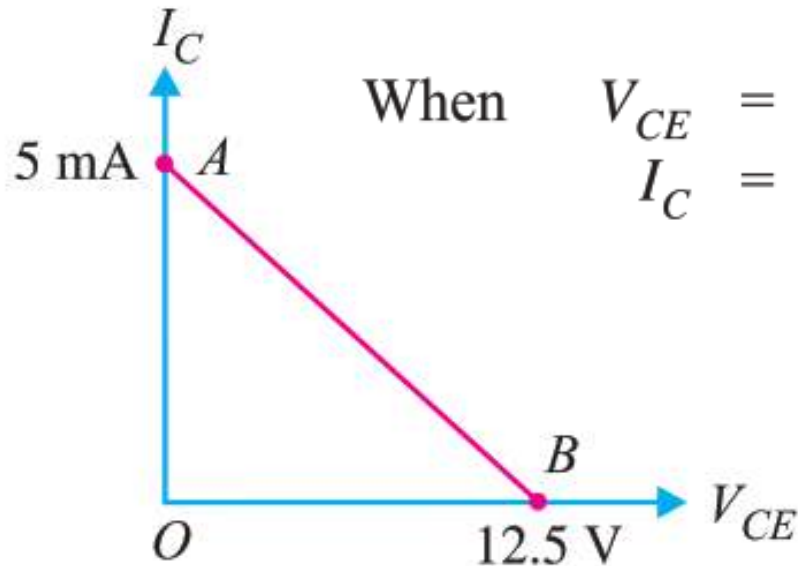
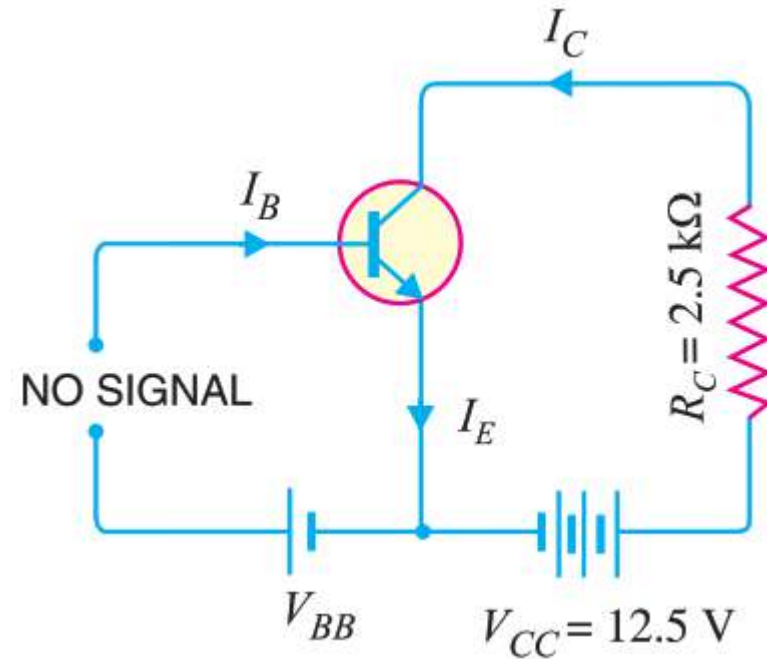
Untuk rangkaian tersebut, gambarkan garis beban d.c. nya.

Solusi.

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

When $I_C = 0$, then,

$$V_{CE} = V_{CC} = 12.5 \text{ V}$$



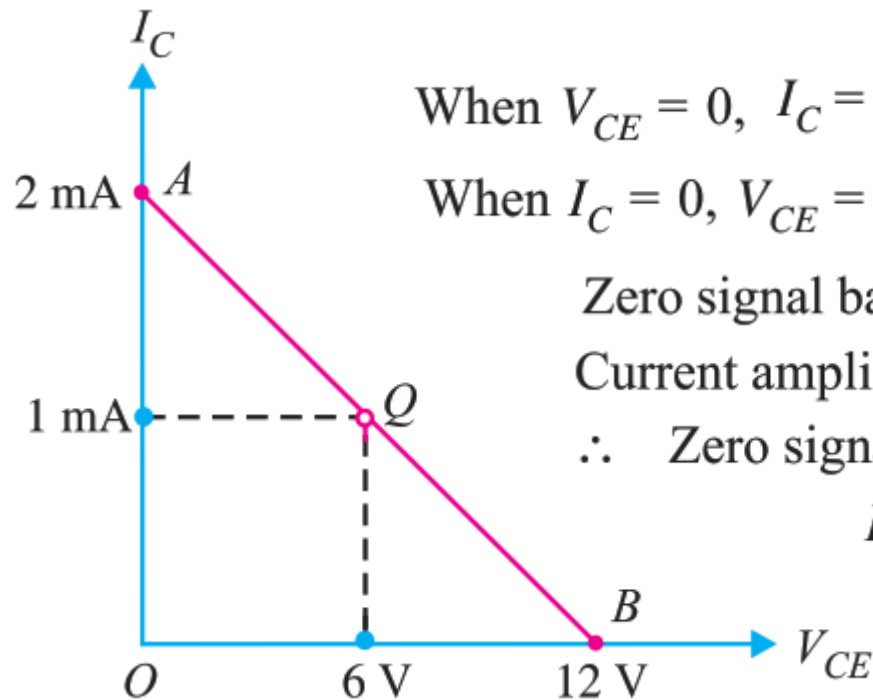
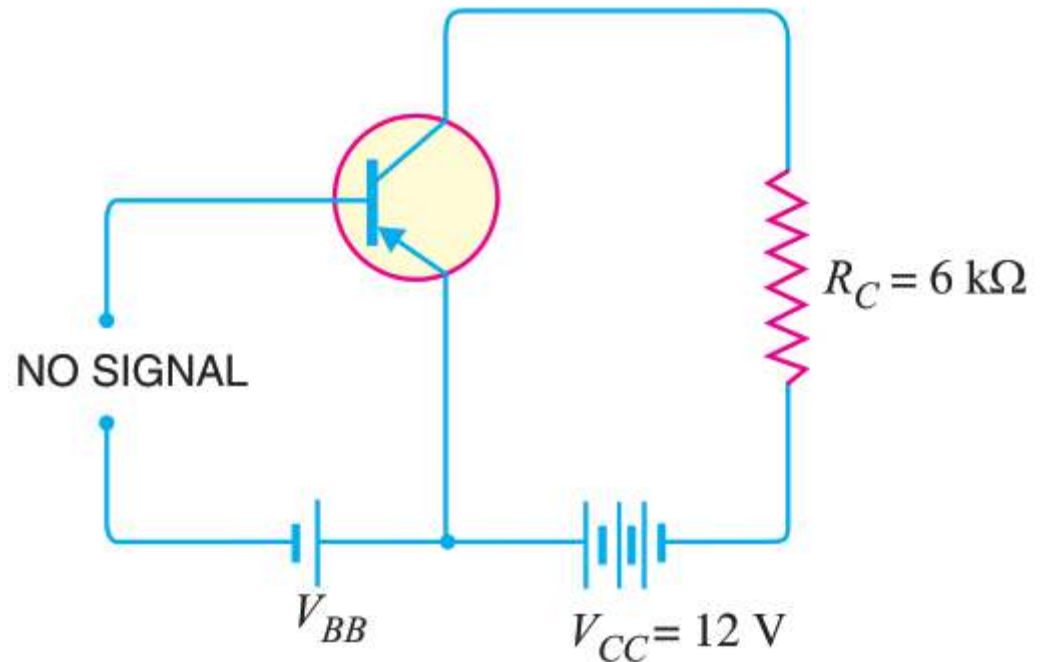
When $V_{CE} = 0$, then,

$$I_C = V_{CC}/R_C = 12.5 \text{ V}/2.5 \text{ k}\Omega = 5 \text{ mA}$$

Contoh 12.

Untuk rangkaian tersebut, jika $V_{CC} = 12\text{ V}$ and $R_C = 6\text{ k}\Omega$, gambarkan garis beban d.c. nya. Berapakah titik Q jika arus base sinyal nol adalah $20\text{ }\mu\text{A}$ dan $\beta = 50$?

Solusi.



When $V_{CE} = 0$, $I_C = V_{CC}/R_C = 12\text{ V}/6\text{ k}\Omega = 2\text{ mA}$.

When $I_C = 0$, $V_{CE} = V_{CC} = 12\text{ V}$.

Zero signal base current, $I_B = 20\text{ }\mu\text{A} = 0.02\text{ mA}$

Current amplification factor, $\beta = 50$

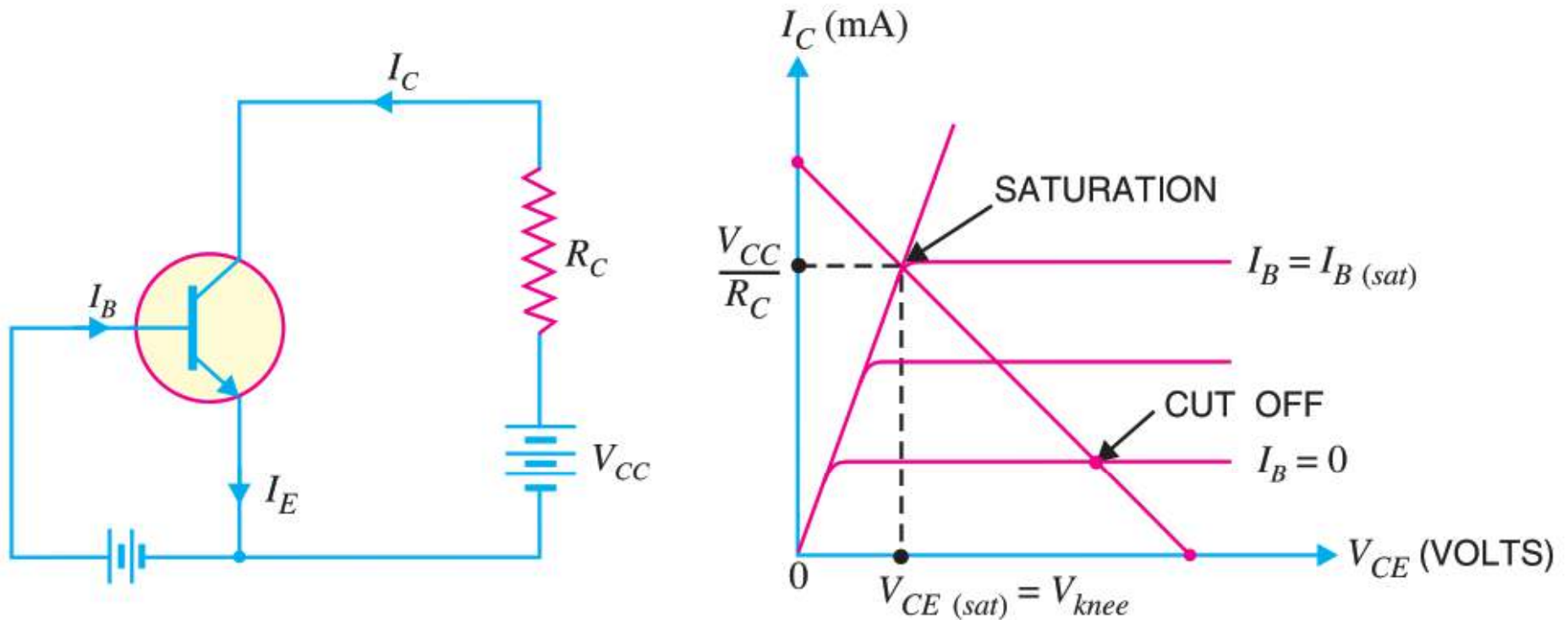
\therefore Zero signal collector current,

$$I_C = \beta I_B = 50 \times 0.02 = 1\text{ mA}$$

Zero signal collector-emitter voltage is

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C = 6\text{ V}$$

Cut off and Saturation Points



a) Cut off

Titik di mana garis beban memotong kurva $I_B = 0$ disebut sebagai cut off. Pada titik ini yang ada hanya arus bocor kolektor I_{CE0} , dan transistor tidak dapat bekerja seperti biasa.

$$V_{CE (cut\ off)} = V_{CC}$$

Cut off and Saturation Points

b) Saturation

Titik di mana garis beban memotong kurva $I_B = I_{B(sat)}$ disebut saturation. Pada titik ini, arus base maksimum dan begitu juga arus collector. Pada saat saturation, sambungan basis kolektor tidak lagi reverse bias dan transistor tidak dapat bekerja seperti biasa.

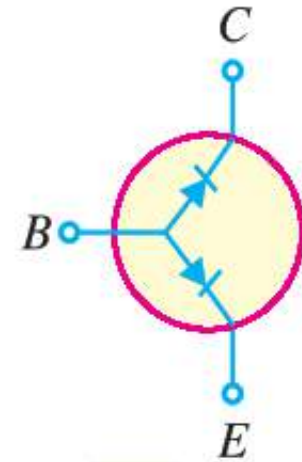
$$I_{C(sat)} \simeq \frac{V_{CC}}{R_C}; \quad V_{CE} = V_{CE(sat)} = V_{knee}$$

c) Active region

Daerah diantara cut off dan saturation dikenal sebagai active region. Pada active region, junction collector-base tetap bias reverse, sedangkan junction base-emitter tetap bias forward. Akibatnya, transistor akan berfungsi normal di daerah ini.

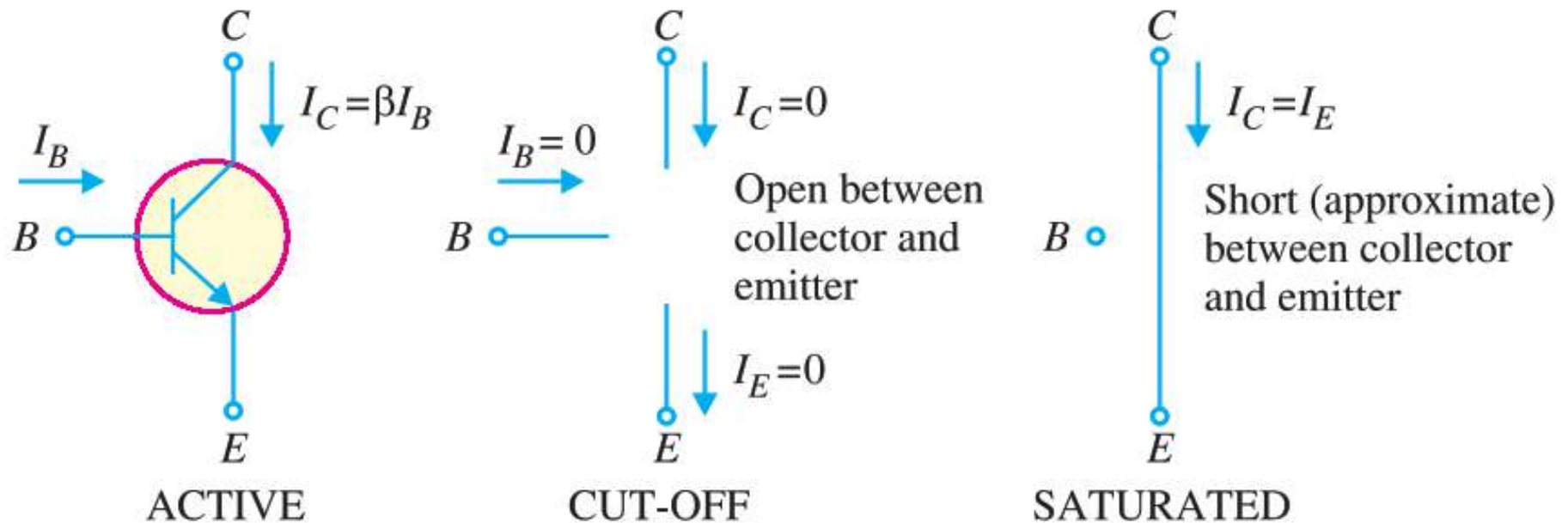
Summary

- Transistor mempunyai dua pn junctions, yaitu seperti dua diode.
- Junction antara base-emitter disebut diode emitter, dan antara base-collector disebut diode collector.
- Transistor dapat bekerja pada salah satu dari tiga kondisi: cut-off, saturation dan active region.
- Keadaan transistor sepenuhnya ditentukan oleh keadaan dioda emitor dan dioda kolektor.
- Hubungan antara status dioda dan status transistor adalah:
 - **CUT-OFF** : diode emitter dan diode collector adalah OFF.
 - **ACTIVE** : diode emitter ON dan diode collector OFF.
 - **SATURATED** : diode emitter dan diode collector ON.



Summary

- Pada active state, arus collector adalah β kali arus base ($I_C = \beta I_B$).
- Pada transistor cut-off, tidak ada arus base, sehingga tidak ada arus collector atau emitter. Artinya jalur collector - emitter terbuka.
- Pada saturation, transistor berperilaku seolah-olah sakelar telah ditutup antara collector and emitter



Contoh 13.

Find $I_{C(sat)}$ dan $V_{CE(cut\ off)}$ untuk rangkaian gambar disamping.

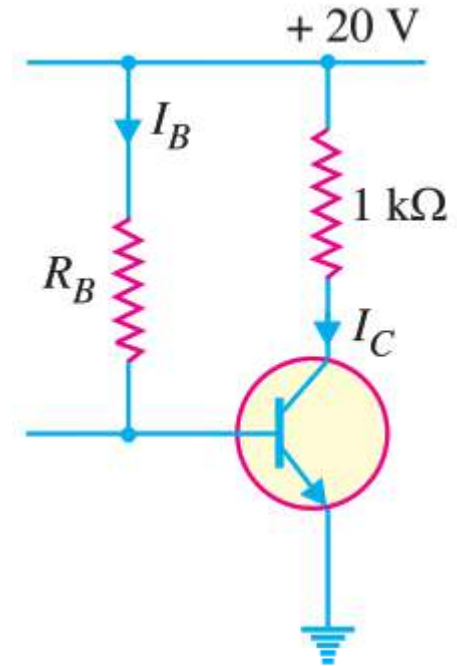
Solusi.

Saat R_B dikurangi, arus base dan collector meningkat, tegangan pada R_C meningkat, tegangan collector-emitter menurun. Akhirnya pada suatu nilai R_B tertentu, V_{CE} menurun menjadi V_{knee} .

Pada titik ini, junction base-collector tidak lagi bias reverse dan aksi transistor hilang. Akibatnya, arus collector tidak bisa dinaikkan lagi. Transistor menghantarkan arus collector maksimum, atau dengan kata lain transistor saturated.

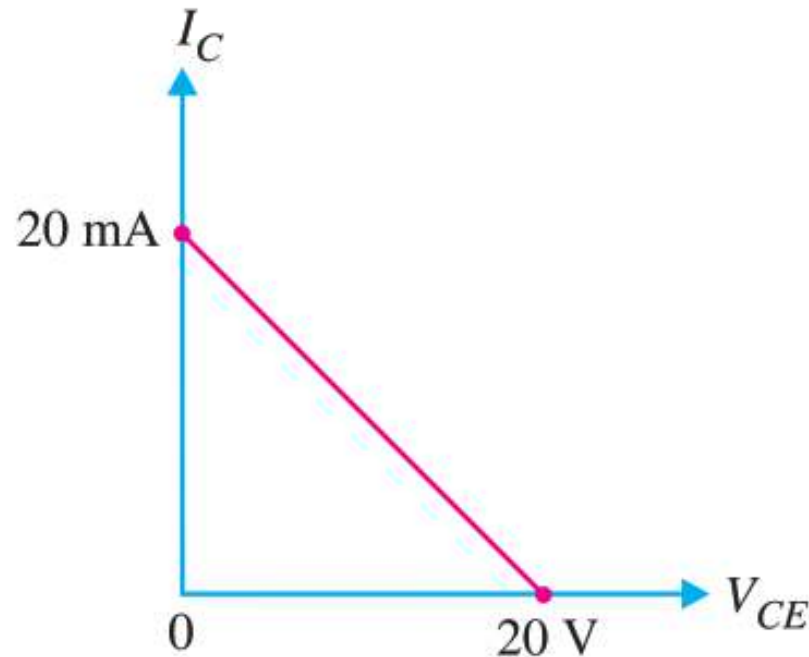
$$I_{C(sat)} = \frac{V_{CC} - V_{knee}}{R_C} = \frac{V_{CC}}{R_C} = \frac{20\text{ V}}{1\text{ k}\Omega} = \mathbf{20\text{mA}}$$

V_{knee} can be neglected as compared to V_{CC} (= 20 V in this case).



Saat R_B dinaikkan, arus base dan collector menurun, tegangan pada R_C menurun, tegangan collector-emitter meningkat. Akhirnya ketika $I_B = 0$, junction emitter-base tidak lagi bias forward dan aksi transistor hilang. Akibatnya, tegangan collector-emitter V_{CE} tidak bisa dinaikkan lagi, sehingga $V_{CE} = V_{CC}$.

$$V_{CE(\text{cut-off})} = V_{CC} = 20 \text{ V}$$



Contoh 14.

Tentukan nilai $V_{CE(off)}$ dan $I_{C(sat)}$ untuk rangkaian gambar dibawah.

Solusi.

Dengan hukum Kirchof tegangan pada sisi collector :

$$V_{CC} - I_C R_C - V_{CE} - I_C R_E + V_{EE} = 0$$

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

$$V_{CE(off)} \text{ when } I_C = 0.$$

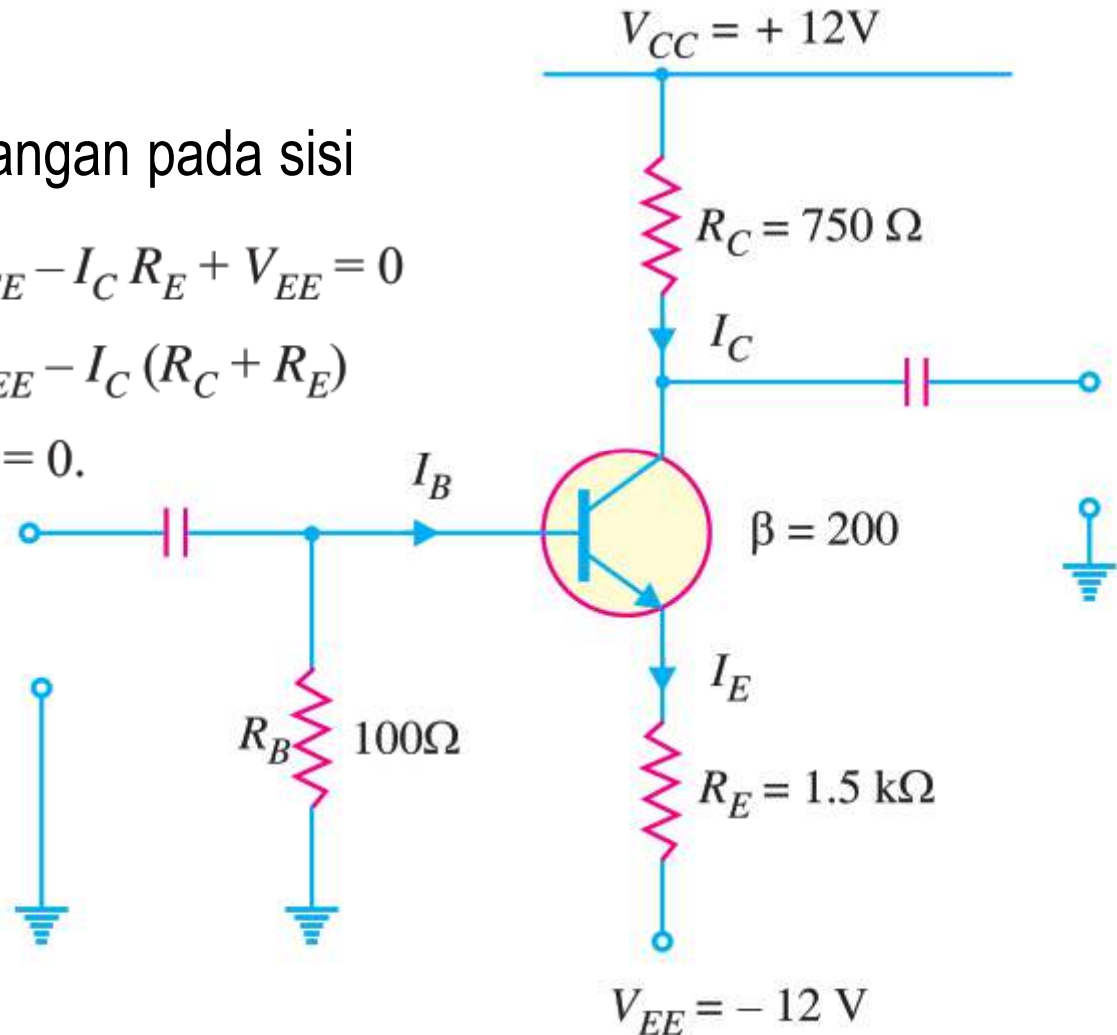
$$V_{CE(off)} = V_{CC} + V_{EE}$$

$$V_{CE(off)} = 12 + 12 = \mathbf{24V}$$

$$I_{C(sat)} \text{ when } V_{CE} = 0.$$

$$I_{C(sat)} = \frac{V_{CC} + V_{EE}}{R_C + R_E}$$

$$= \frac{(12 + 12) V}{(750 + 1500) \Omega} = \mathbf{10.67 \text{ mA}}$$



Power Rating of Transistor

Maksimum daya yang masih bisa di handle oleh transistor tanpa menimbulkan kerusakan dikenal dengan power rating dari transistor. Ketika transistor beroperasi, hampir semua daya didissipasi kan pada junction base collector bias reverse. Power rating atau dissipasi daya maksimum diberikan oleh:

$$\begin{aligned} P_{D (max)} &= \text{Collector current} \times \text{Collector-base voltage} \\ &= I_C \times V_{CB} \end{aligned}$$

$$V_{CE} = V_{CB} + V_{BE}. \text{ Since } V_{BE} \text{ is very small, } V_{CB} \simeq V_{CE}]$$

$$\therefore P_{D (max)} = I_C \times V_{CE}$$

Saat merangkai transistor, harus dipastikan bahwa power rating nya tidak terlampaui, jika tidak transistor dapat rusak karena panas yang berlebihan.

Misalnya, dissipasi daya maksimum transistor adalah 300 mW. Jika arus collector adalah 30 mA, maka V_{CE} maksimum yang diperbolehkan adalah :

$$P_{D(max)} = I_C \times V_{CE(max)}$$

$$300 \text{ mW} = 30 \text{ mA} \times V_{CE(max)}$$

$$V_{CE(max)} = \frac{300 \text{ mW}}{30 \text{ mA}} = 10 \text{ V}$$

Artinya untuk $I_C = 30 \text{ mA}$, maksimum V_{CE} yang diijinkan adalah 10 V. Jika V_{CE} melebihi nilai ini, transistor akan rusak karena panas yang berlebihan.

Maximum power dissipation curve

Untuk menggambar kurva dissipasi daya maksimum pada karakteristik output pada power transistor, maka perlu diketahui power rating transistor. Misalkan peringkat daya transistor adalah 30 mW.

$$P_{D(max)} = V_{CE} \times I_C$$

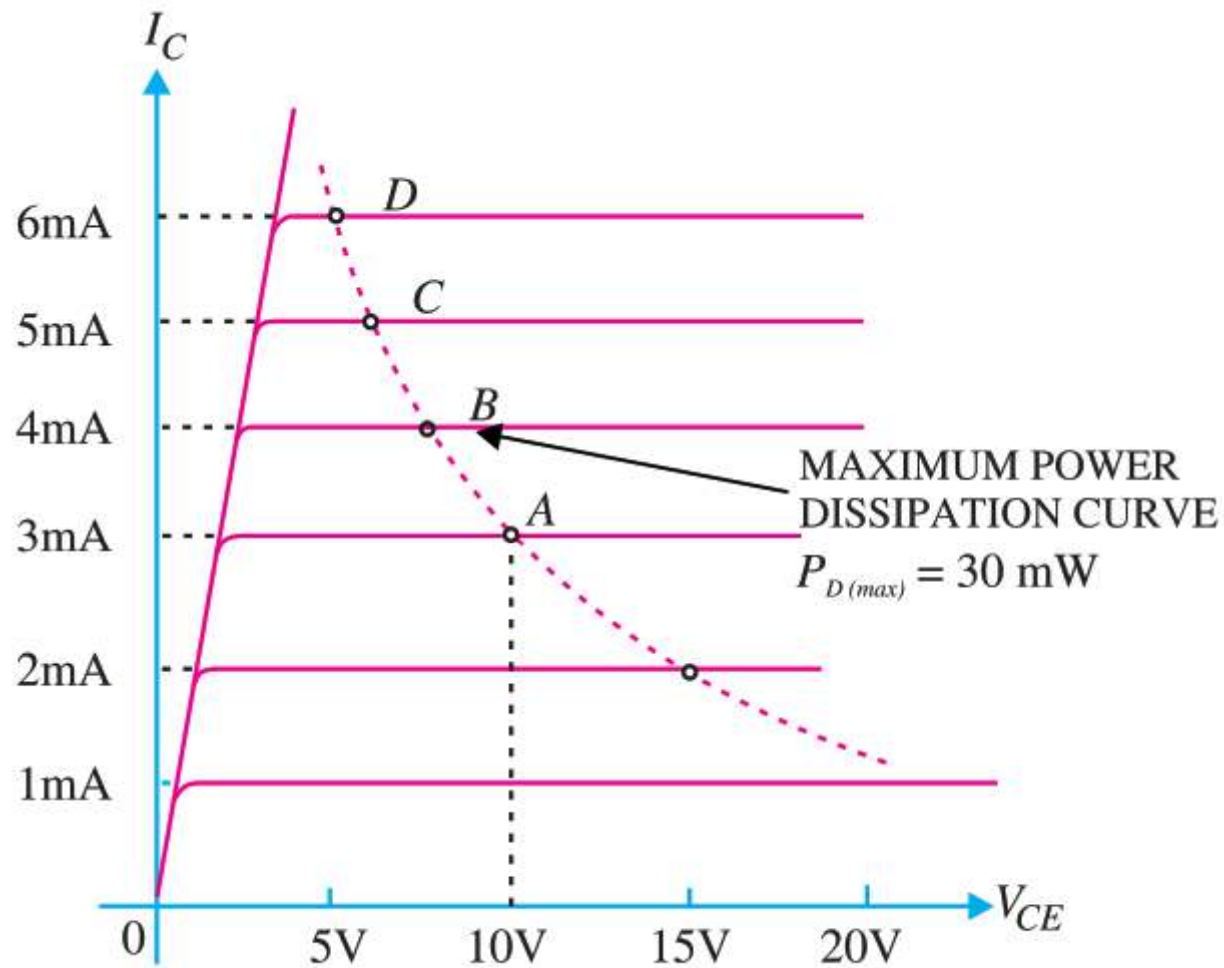
$$30 \text{ mW} = V_{CE} \times I_C$$

Misal dengan mengambil nilai $V_{CE} = 10 \text{ V}$, maka arus kolektor yang sesuai dapat dihitung untuk disipasi daya maksimum :

$$I_C(max) = \frac{P_{D(max)}}{V_{CE}} = \frac{30 \text{ mW}}{10 \text{ V}} = 3 \text{ mA}$$

Ini merupakan titik A (10 V, 3 mA) pada karakteristik output. Selanjutnya dengan cara yang sama dibuat titik B, C, D dst.

Kemudian digambarkan kurvanya melalui titik-titik tsb.



Agar transistor tidak rusak, maka nilai V_{CE} dan I_C harus di bawah kurva disipasi daya maksimum.

Contoh 15.

Disipasi daya maksimum transistor adalah 100 mW. Jika $V_{CE} = 20 \text{ V}$, berapakah arus collector maksimum tanpa merusak transistor?

Solusi.

$$\begin{aligned}P_{D(max)} &= V_{CE} \times I_{C(max)} \\100 \text{ mW} &= 20 \text{ V} \times I_{C(max)} \\I_{C(max)} &= \frac{100 \text{ mW}}{20 \text{ V}} = \mathbf{5 \text{ mA}}\end{aligned}$$

Jadi untuk $V_{CE} = 20\text{V}$, arus collector maksimum yang diperbolehkan adalah 5 mA. Jika arus collector melebihi nilai ini, transistor dapat terbakar karena panas yang berlebihan.

Contoh 16.

Untuk rangkaian gambar disamping, carilah find dissipasi daya power transistor tsb. Assumsikan bahwa $\beta = 200$.

Solusi.

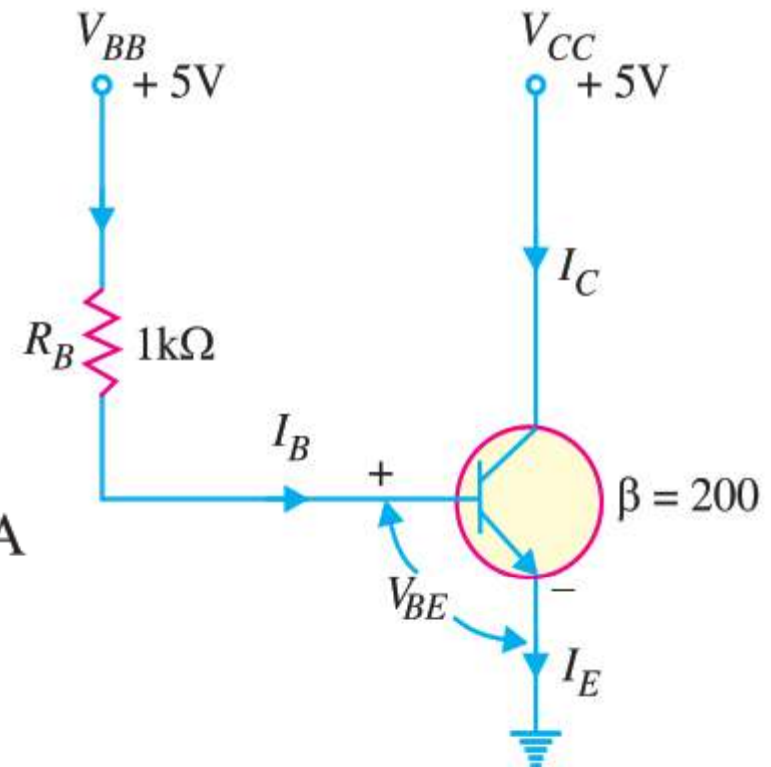
$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B} = \frac{(5 - 0.7) V}{1 k\Omega} = 4.3 \text{ mA}$$

$$I_C = \beta I_B = 200 \times 4.3 = 860 \text{ mA}$$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C = 5 - I_C \times 0 = 5V$$

Dissipasi daya : $P_D = V_{CE} \times I_C$

$$P_D = 5V \times 860 \text{ mA} = 4300 \text{ mW} = \mathbf{4.3W}$$



Contoh 17.

Untuk gambar rangkaian disamping,
carilah dissipasi daya transistor.
Assumsikan nilai $\beta = 100$.

Solusi.

Antara collector dan V_{CC} biasanya dipasang R_C , yang bertujuan untuk mengontrol V_C dan melindungi transistor dari I_C yang berlebihan.

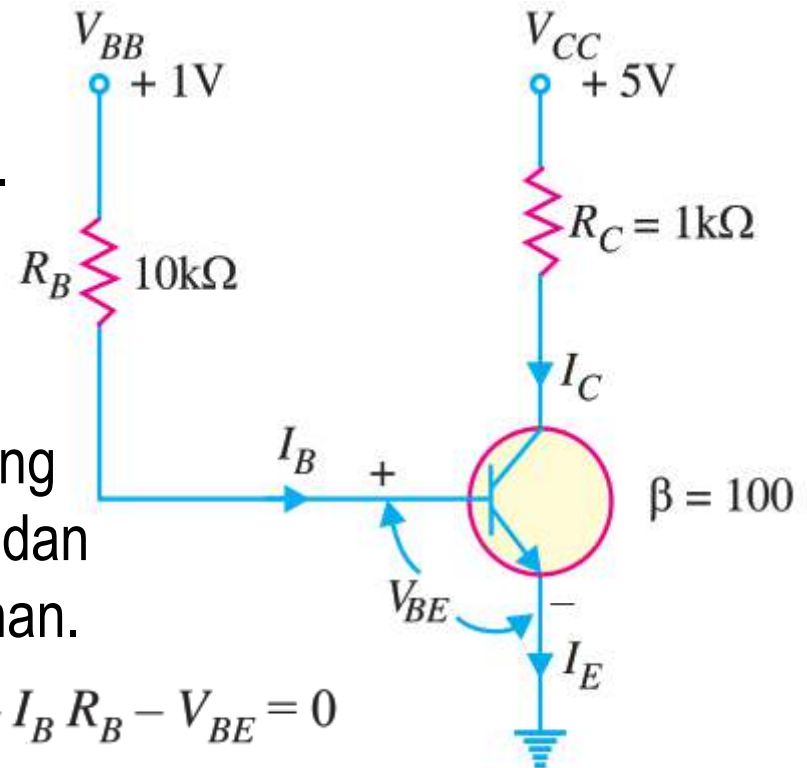
Dengan hukum Kirchoff tegangan : $V_{BB} - I_B R_B - V_{BE} = 0$
maka :

$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B} = \frac{1V - 0.7V}{10k\Omega} = \frac{0.3V}{10k\Omega} = 0.03 \text{ mA}$$

$$I_C = \beta I_B = 100 \times 0.03 = 3 \text{ mA}$$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C = 5V - 3 \text{ mA} \times 1k\Omega = 5V - 3V = 2V$$

$$P_D = V_{CE} \times I_C = 2V \times 3 \text{ mA} = \mathbf{6 \text{ mW}}$$



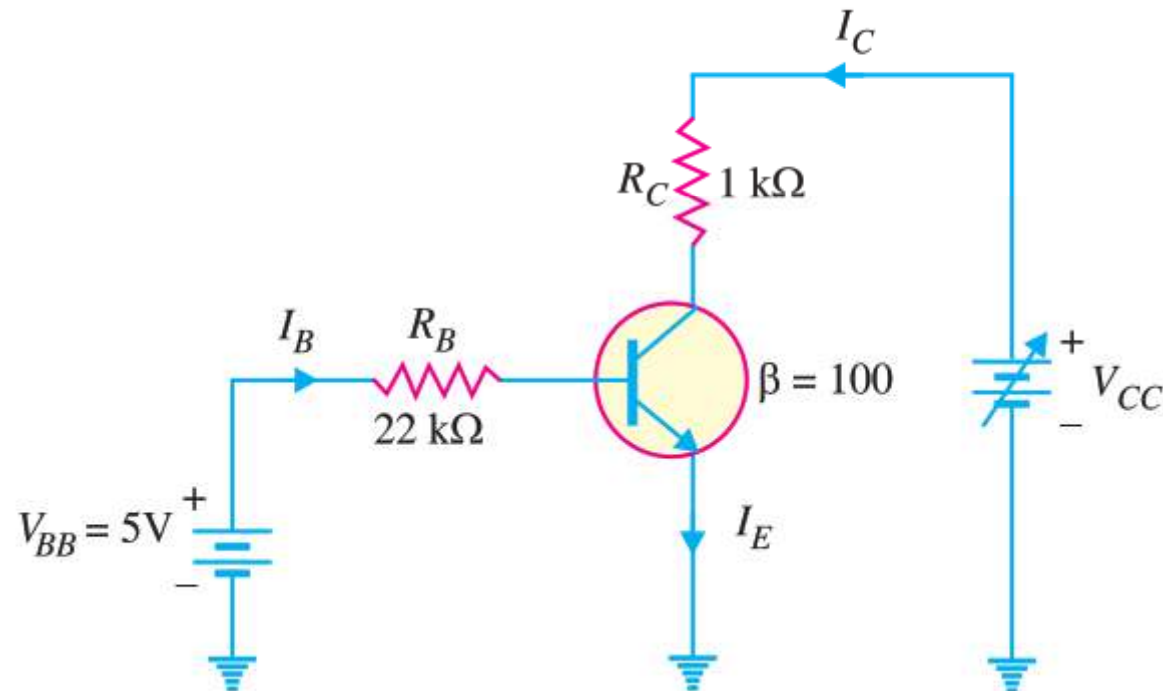
Contoh 18.

Transistor pada rangkaian dibawah mempunyai maksimum rating :

$P_{D(max)} = 800 \text{ mW}$; $V_{CE(max)} = 15\text{V}$; dan $I_{C(max)} = 100 \text{ mA}$. Tentukan nilai

V_{CC} maksimum tanpa melebihi batas-batas maksimumnya.

Batas maksimum apakah yang akan dilampaui lebih dulu ?



Solusi.

$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B} = \frac{5V - 0.7V}{22\text{ k}\Omega} = \frac{4.3\text{ V}}{22\text{ k}\Omega} = 195\text{ }\mu\text{A}$$

$$I_C = \beta I_B = 100 \times 195\text{ }\mu\text{A} = 19.5\text{ mA}$$

Ternyata I_C masih lebih kecil dari $I_{C(\text{maks})}$ dan tidak bergantung pada V_{CC} , melainkan bergantung pada I_B dan β .

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

$$V_{CC(\text{max})} = V_{CE(\text{max})} + I_C R_C$$

$$V_{CC(\text{max})} = 15V + 19.5\text{ mA} \times 1\text{ k}\Omega = 15V + 19.5\text{ V} = 34.5V$$

$$P_D = V_{CE(\text{max})} I_C = (15V)(19.5\text{ mA}) = 293\text{ mW}$$

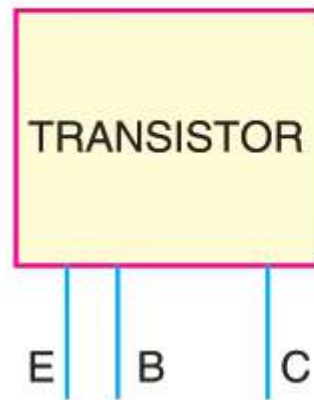
Since $P_{D(\text{max})} = 800\text{ mW}$, maka belum terlampaui saat $V_{CC} = 34.5V$.

Jika V_{BB} dilepas sehingga tidak ada arus base, maka transistor off, dan $V_{CE(\text{maks})}$ akan terlampaui karena seluruh tegangan suplai V_{CC} akan melintasi transistor.

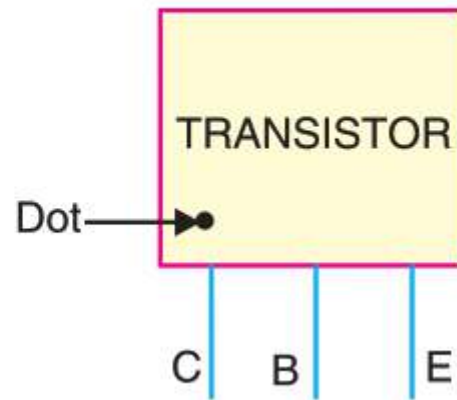
Identifikasi Lead Transistor

Ada tiga lead transistor yaitu collector, emitter, dan base. Identifikasi lead transistor berbeda-beda tergantung pabrikan. Namun, ada tiga sistem yang umum digunakan, yaitu :

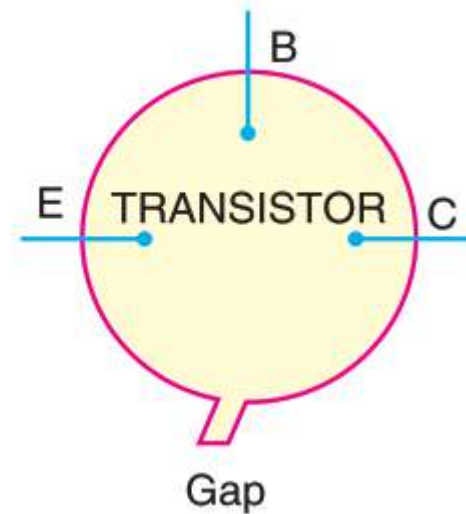
- Lead tengah adalah base, lead collector dengan jarak yang lebih besar, yang tersisa adalah emitter.
- Lead tengah adalah base, lead yang ada titiknya adalah collector, dan lead yang tersisa adalah emitter.
- Dari gap, searah jarum jam dengan urutan E-B-C



(a)



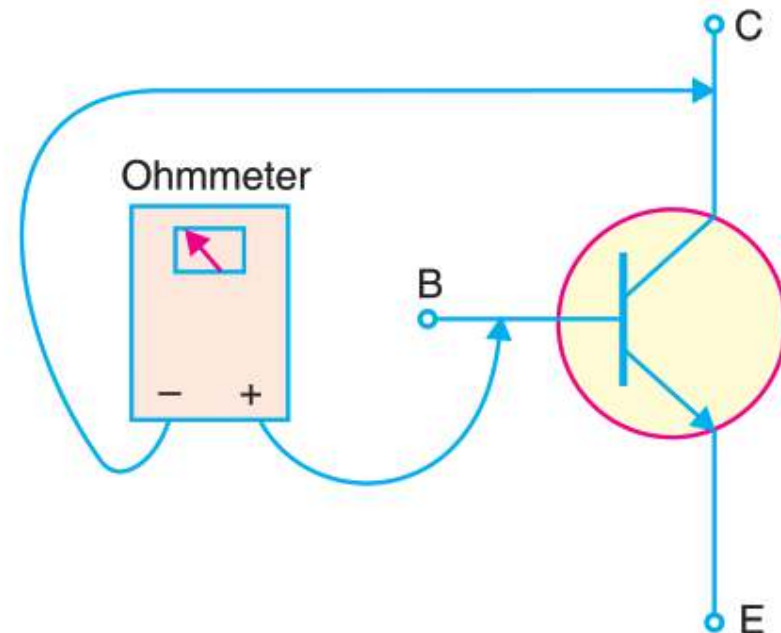
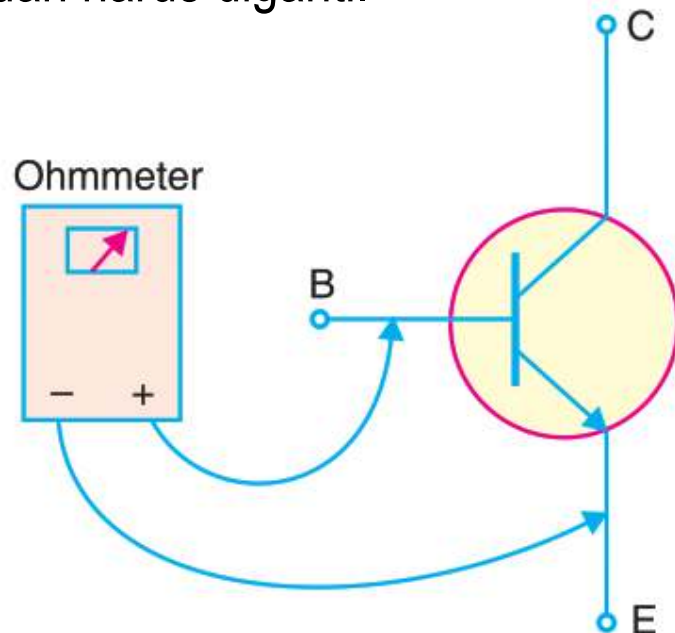
(b)



(c)

Transistor Testing

- Ohmmeter dpt digunakan untuk menguji transistor, apakah kondisinya baik/tidak.
- Misalnya pengujian transistor npn, junction base-emitter bias forward (memiliki resistansi rendah, $100\ \Omega$ - $1\ \text{k}\Omega$), sedangkan junction collector-base bias reverse (resistansi tinggi, $100\ \text{k}\Omega$ atau lebih).
- Untuk menguji transistor pnp, maka kabel ohmmeter harus dibalik, dan hasil akan tetap sama.
- Namun jika hasilnya tidak seperti diatas, maka dapat dikatakan transistor rusak dan harus diganti.



Pertanyaan Pilihan Ganda

1. A transistor has ...
(i) one pn junction (iii) three pn junctions
(ii) two pn junctions (iv) four pn junctions
2. The number of depletion layers in a transistor is ...
(i) Four (iii) one
(ii) Three (iv) two
3. The base of a transistor is ... doped.
(i) Heavily (iii) lightly
(ii) Moderately (iv) none of the above
4. The element that has the biggest size in a transistor is ...
(i) Collector (iii) emitter
(ii) Base (iv) collector-base junction

Pertanyaan Pilihan Ganda

5. In a pnp transistor, the current carriers are ...
(i) acceptor ions (ii) donor ions
(iii) free electrons (iv) holes
6. The collector of a transistor is ... doped.
(i) Heavily (iii) lightly
(ii) Moderately (iv) none of the above
7. A transistor is a ... operated device.
(i) Current (iii) both voltage and current
(ii) Voltage (iv) none of the above
8. In an npn transistor, are the minority carriers.
(i) free electrons (ii) holes
(iii) donor ions (iv) acceptor ions

Pertanyaan Pilihan Ganda

9. The emitter of a transistor is doped.
(i) lightly (iii) moderately
(ii) Heavily (iv) none of the above
10. In a transistor, the base current is about ... of emitter current.
(i) 25% (iii) 35%
(ii) 20% (iv) 5%
11. At the base-emitter junction of a transistor, one finds ...
(i) reverse bias (iii) low resistance
(ii) a wide depletion layer (iv) none of the above
12. The input impedance of a transistor is
(i) High (iii) very high
(ii) Low (iv) almost zero

Pertanyaan Pilihan Ganda

13. Most of the majority carriers from the emitter ...
(i) recombine in the base
(ii) recombine in the emitter
(iii) pass through the base region to the collector
(iv) none of the above
14. The current I_B is ...
(i) electron current (iii) donor ion current
(ii) hole current (iv) acceptor ion current
15. In a transistor, ...
(i) $I_C = I_E + I_B$ (iii) $I_E = I_C - I_B$
(ii) $I_B = I_C + I_E$ (iv) $I_E = I_C + I_B$
16. The value of α of a transistor is ...
(i) more than 1 (iii) 1
(ii) less than 1 (iv) none of the above

Pertanyaan Pilihan Ganda

17. $I_C = \alpha I_E + \dots$

- (i) I_B
- (ii) I_{CEO}
- (iii) I_{CBO}
- (iv) βI_B

18. The output impedance of a transistor is ...

- (i) High
- (ii) zero
- (iii) low
- (iv) very low

19. In a transistor, $I_C = 100$ mA and $I_E = 100.5$ mA. The value of β is ...

- (i) 100
- (ii) 50
- (iii) about 1
- (iv) 200

20. In a transistor if $\beta = 100$ and collector current is 10 mA, then I_E is ...

- (i) 100 mA
- (ii) 100.1 mA
- (iii) 110 mA
- (iv) none of the above

Pertanyaan Pilihan Ganda

21. The relation between β and α is
- | | |
|------------------------------------|-------------------------------------|
| (i) $\beta = 1/(1 - \alpha)$ | (iii) $\beta = \alpha/(1 - \alpha)$ |
| (ii) $\beta = (1 - \alpha)/\alpha$ | (iv) $\beta = \alpha/(1 + \alpha)$ |
22. The value of β for a transistor is generally ...
- | | |
|------------------|--------------------------|
| (i) 1 | (iii) between 20 and 500 |
| (ii) less than 1 | (iv) above 500 |
23. The most commonly used transistor arrangement is ... arrangement.
- | | |
|--------------------|------------------------|
| (i) common emitter | (iii) common collector |
| (ii) common base | (iv) none of the above |
24. The input impedance of a transistor connected in ... Arrangement is The highest.
- | | |
|-----------------------|------------------------|
| (i) common emitter | (iii) common base |
| (ii) common collector | (iv) none of the above |

Pertanyaan Pilihan Ganda

25. The output impedance of a transistor connected in ... arrangement is the highest.
- | | |
|-----------------------|------------------------|
| (i) common emitter | (iii) common base |
| (ii) common collector | (iv) none of the above |
26. The phase difference between the input and output voltages in a common base arrangement is ...
- | | |
|-----------------|-------------------|
| (i) 180° | (iii) 270° |
| (ii) 90° | (iv) 0° |
27. The power gain of a transistor connected in ... arrangement is the highest.
- | | |
|--------------------|------------------------|
| (i) common emitter | (iii) common collector |
| (ii) common base | (iv) none of the above |

Pertanyaan Pilihan Ganda

28. The phase difference between the input and output voltages of a transistor connected in common emitter arrangement is ...
- (i) 0°
 - (ii) 180°
 - (iii) 90°
 - (iv) 270°
29. The voltage gain of a transistor connected in ... arrangement is the highest.
- (i) common base
 - (ii) common collector
 - (iii) common emitter
 - (iv) none of the above
30. As the temperature of a transistor goes up, the base-emitter resistance ...
- (i) Decreases
 - (ii) Increases
 - (iii) remains the same
 - (iv) none of the above

Pertanyaan Pilihan Ganda

31. The voltage gain of a transistor connected in common collector arrangement is ...
- (i) equal to 1 (iii) more than 100
(ii) more than 10 (iv) less than 1
32. The phase difference between the input and output voltages of a transistor connected in common collector arrangement is ...
- (i) 180° (iii) 90°
(ii) 0° (iv) 270°
33. $I_C = \beta I_B + \dots$
- (i) I_{CBO} (iii) I_{CEO}
(ii) I_C (iv) αI_E
34. $I_C = (\alpha/1-\alpha) I_B + \dots$
- (i) I_{CEO} (iii) I_C
(ii) I_{CBO} (iv) $(1 - \alpha) I_B$

Pertanyaan Pilihan Ganda

35. $I_C = ((\alpha/(1-\alpha)) I_B + \dots)/(1-\alpha)$

(i) I_{CBO}

(iii) I_C

(ii) I_{CEO}

(iv) I_E

37. $I_{CEO} = (\dots) I_{CBO}$

(i) β

(iii) $1 + \beta$

(ii) $1 + \alpha$

(iv) none of the above

38. A transistor is connected in CB mode. If it is now connected in CE mode with same bias voltages, the values of I_E , I_B and I_C will

(i) remain the same

(iii) decrease

(ii) Increase

(iv) none of the above

39. If the value of α is 0.9, then value of β is ...

(i) 9

(iii) 900

(ii) 0.9

(iv) 90

Pertanyaan Pilihan Ganda

40. In a transistor, signal is transferred from a ... circuit.
- (i) high resistance to low resistance
 - (ii) low resistance to high resistance
 - (iii) high resistance to high resistance
 - (iv) low resistance to low resistance
41. The arrow in the symbol of a transistor indicates the direction of ...
- (i) electron current in the emitter
 - (ii) electron current in the collector
 - (iii) hole current in the emitter
 - (iv) donor ion current
42. The leakage current in CE arrangement is ... that in CB arrangement.
- (i) more than
 - (ii) less than
 - (iii) the same as
 - (iv) none of the above

Pertanyaan Pilihan Ganda

43. A heat sink is generally used with a transistor to ...
- (i) increase the forward current
 - (ii) decrease the forward current
 - (iii) compensate for excessive doping
 - (iv) prevent excessive temperature rise
44. The most commonly used semiconductor in the manufacture of a transistor is ...
- (i) Germanium
 - (ii) Silicon
 - (iii) carbon
 - (iv) none of the above
45. The collector-base junction in a transistor has ...
- (i) forward bias at all times
 - (ii) reverse bias at all times
 - (iii) low resistance
 - (iv) none of the above

Review Topics

1. What is a transistor ? Why is it so called ?
2. Draw the symbol of npn and pnp transistor and specify the leads.
3. Show by means of a diagram how you normally connect external batteries in (a) pnp transistor (b) npn transistor.
4. Describe the transistor action in detail.
5. Explain the operation of transistor as an amplifier.
6. Name the three possible transistor connections.
7. Define α . Show that it is always less than unity.
8. Draw the input and output characteristics of CB connection. What do you infer from these characteristics ?
9. Define β . Show that : $\beta = \frac{\alpha}{1 - \alpha}$

Review Topics

10. How will you determine the input and output characteristics of CE connection experimentally ?
11. How will you draw d.c. load line on the output characteristics of a transistor ? What is its importance?
12. Explain the following terms : (i) voltage gain (ii) power gain (iii) effective collector load.
13. Write short notes on the following : (i) advantages of transistors (ii) operating point (iii) d.c. load line.

Discussion Questions

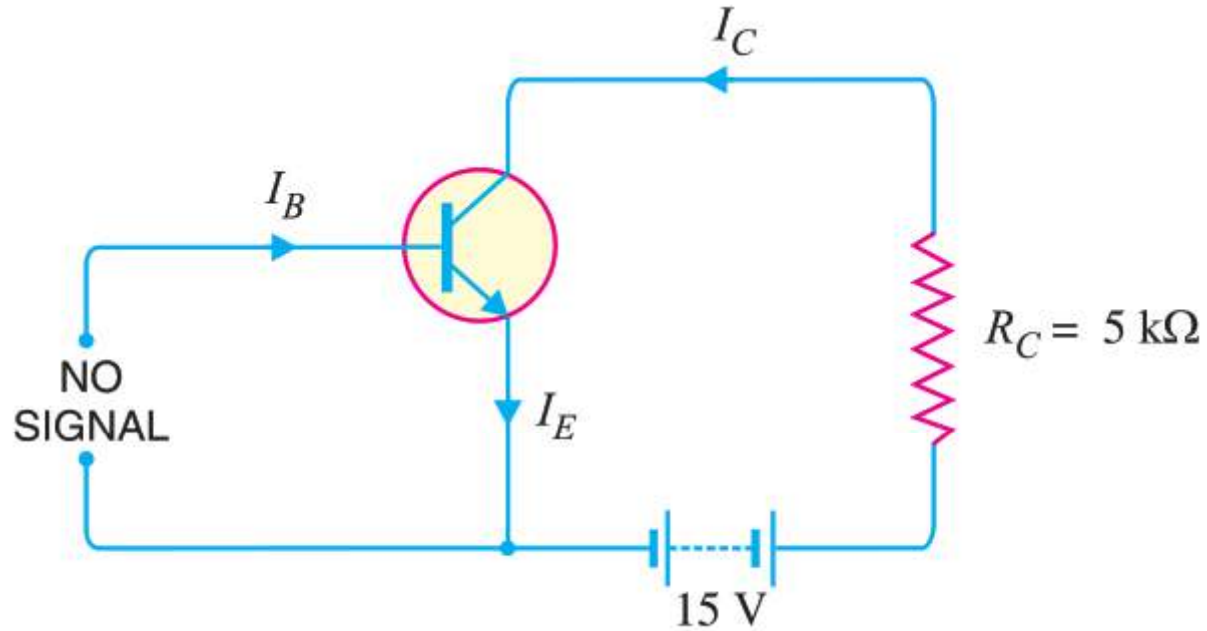
1. Why is a transistor low powered device ?
2. What is the significance of arrow in the transistor symbol ?
3. Why is collector wider than emitter and base ?
4. Why is collector current slightly less than emitter current ?
5. Why is base made thin ?

Problems

1. In a transistor if $I_C = 4.9 \text{ mA}$ and $I_E = 5 \text{ mA}$, what is the value of α ?
2. In a transistor circuit, $I_E = 1 \text{ mA}$ and $I_C = 0.9 \text{ mA}$. What is the value of I_B ?
3. Find the value of β if $\alpha = 0.99$.
4. In a transistor, $\beta = 45$, the voltage across $5 \text{ k}\Omega$ resistance which is connected in the collector circuit is 5 volts. Find the base current.
5. In a transistor, $I_B = 68 \text{ }\mu\text{A}$, $I_E = 30 \text{ mA}$ and $\beta = 440$. Find the value of α . Hence determine the value of I_C
6. The maximum collector current that a transistor can carry is 500 mA. If $\beta = 300$, what is the maximum allowable base current for the device ?

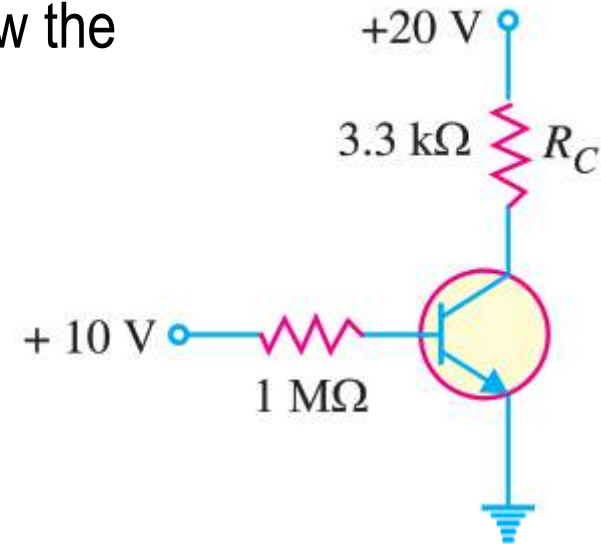
Problems

7. For the circuit shown in the figure, draw the d.c. load line.

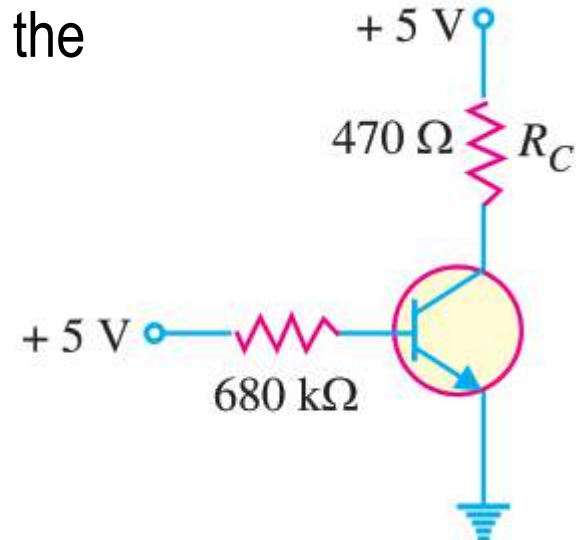


Problems

8. For the circuit shown in the figure, draw the d.c. load line.

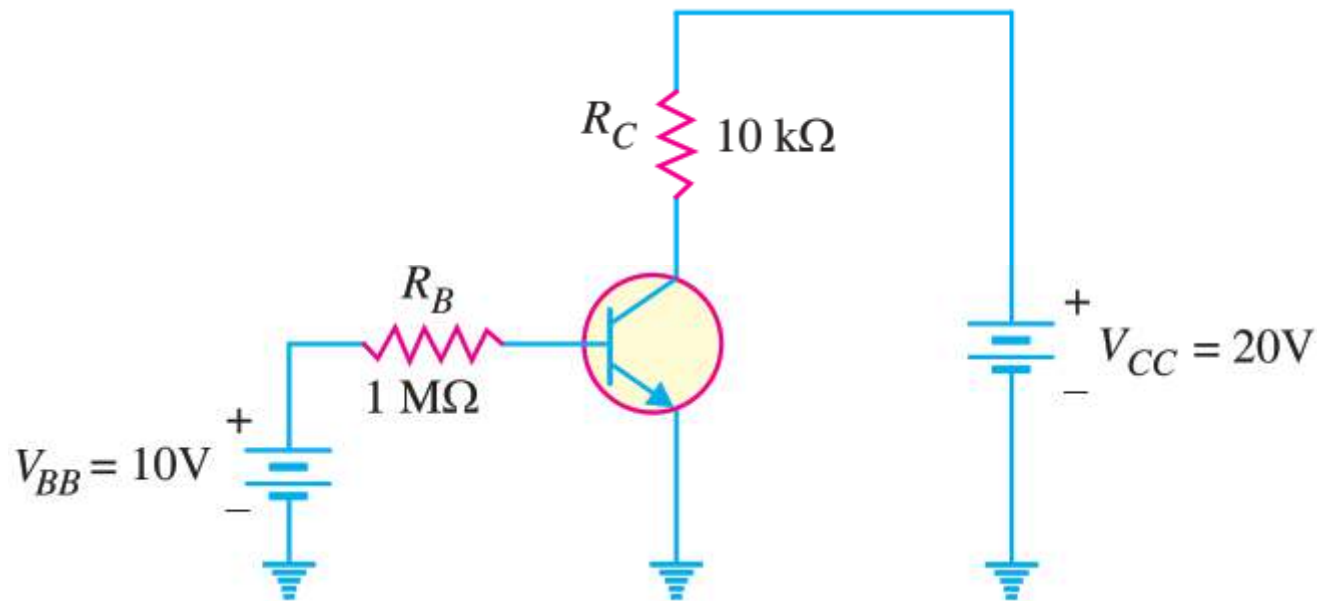


9. For the circuit shown in the figure, draw the d.c. load line.



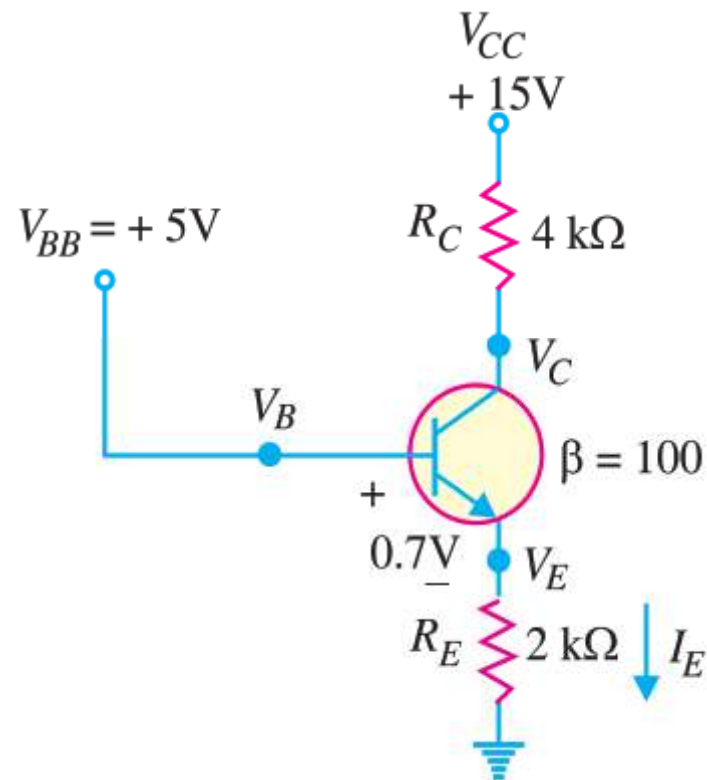
Problems

10. Determine the intercept points of the d.c. load line on the vertical and horizontal axes of the collector curves in the figure.



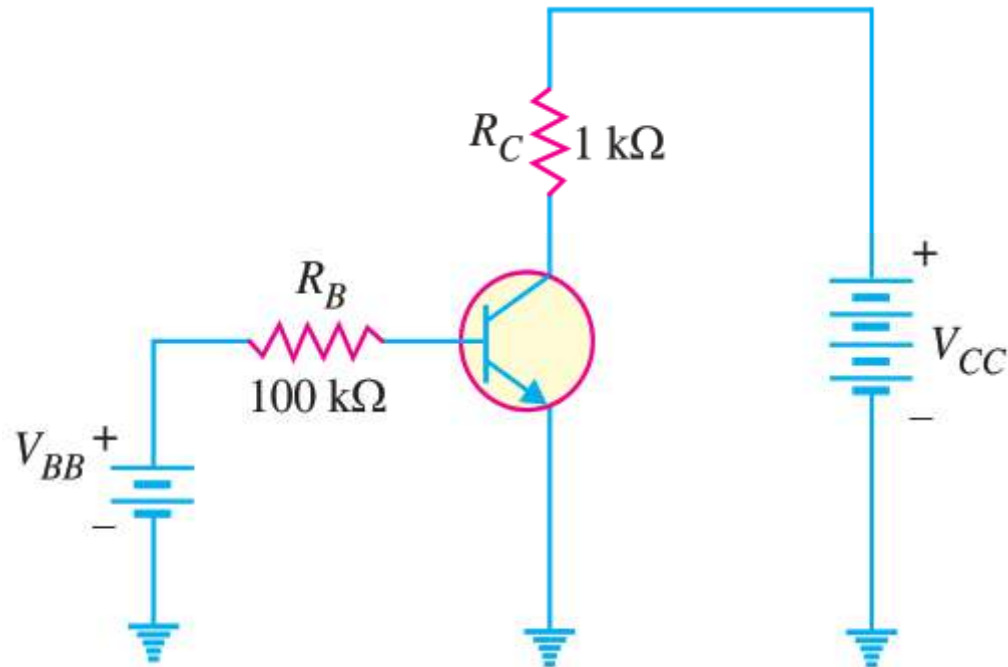
Problems

11. For the circuit shown in figure, find (i) the state of the transistor and (ii) transistor power.



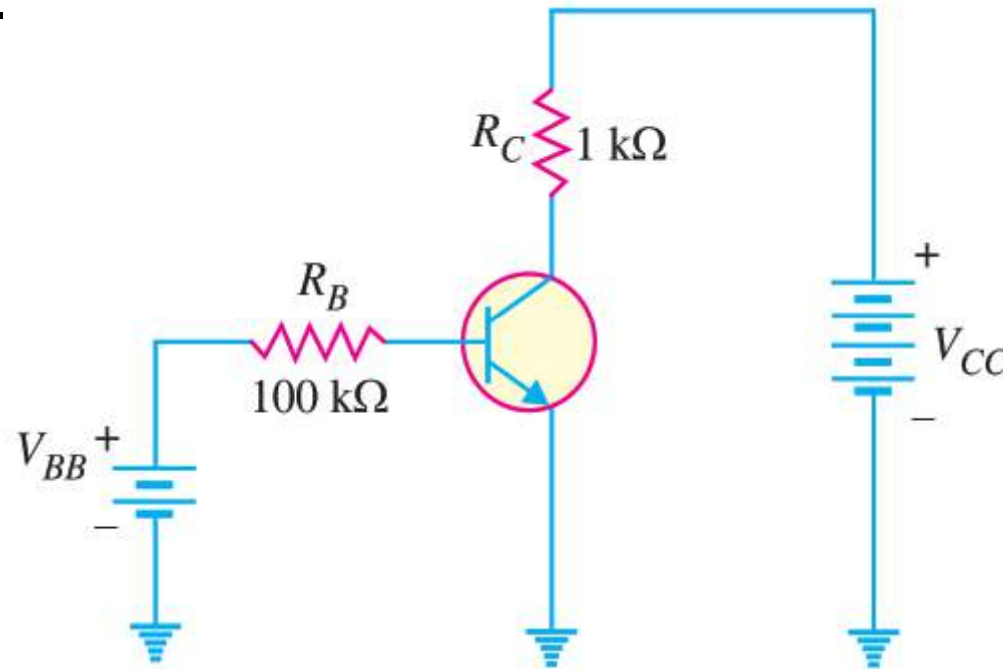
Problems

12. A base current of $50\text{ }\mu\text{A}$ is applied to the transistor in the figure, and a voltage of 5 V is dropped across R_C . Calculate α for the transistor.



Problems

13. A base current of $50\text{ }\mu\text{A}$ is applied to the transistor in the figure, and a voltage of 5 V is dropped across R_C . Calculate α for the transistor.



14. A certain transistor is to be operated at a collector current of 50 mA . How high can V_{CE} go without exceeding $P_D(\text{max})$ of 1.2 W ?