

Chương 2:

PHÂN TÍCH MẠCH KHẾCH ĐẠI TÍN HIỆU NHỎ TẦN SỐ THẤP SỬ DỤNG BJT

2.1. Khái quát về Transistor

2.2. Transistor lưỡng cực

2.3. Phân cực và ổn định phân cực

2.4. Đường tải một chiều, xoay chiều và điều kiện max-swing

2.5. Các kiểu mạch khuếch đại

2.1. Khái quát về Transistor

1. Tên gọi transistor là từ ghép trong Tiếng Anh của “Transfer” và “resistor” tức là điện trở chuyển đổi. Nó có ý nghĩa rằng thực hiện khuếch đại thông qua chuyển đổi điện trở.



Transistor đầu tiên

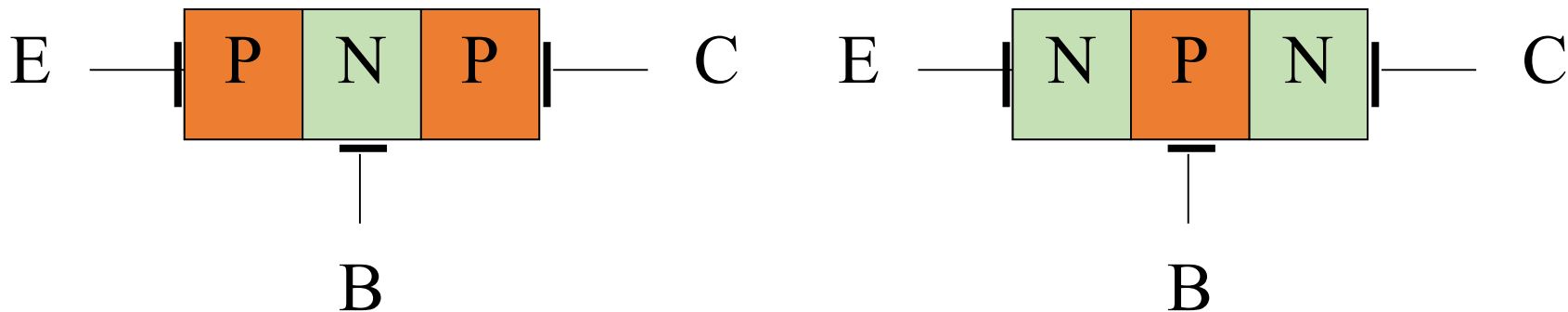
2. Transistor có các loại cơ bản sau:

- **BJT** (Bipolar Junction Transistor): Transistor lưỡng cực
- **FET** (Field Effect Transistor): Transistor hiệu ứng trường. FET chia làm hai loại:
 - + JFET (Junction FET): FET cổng tiếp giáp
 - + MOSFET (Metal Oxide Semiconductor FET): FET cổng cách điện
- **UJT** (Unijunction Transistor): Transistor tiếp giáp

2.2. Transistor lưỡng cực (BJT)

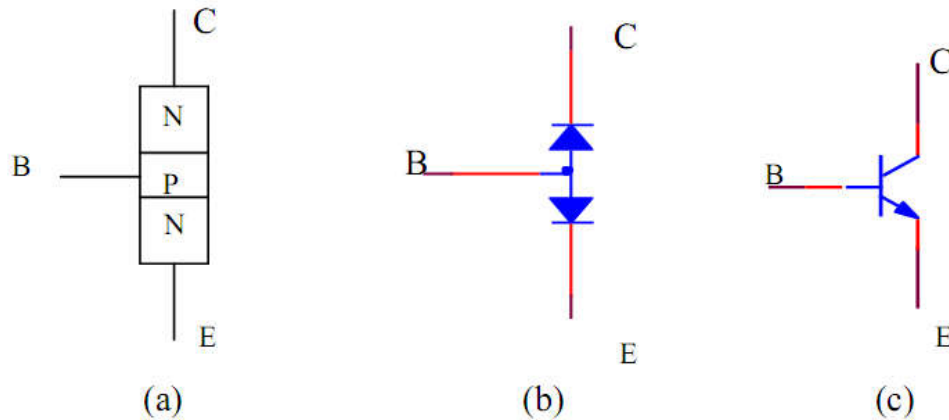
2.2.1. Cấu tạo, kí hiệu, phân loại BJT

a) Cấu tạo: Transistor BJT là linh kiện bán dẫn gồm 3 lớp bán dẫn tiếp giáp nhau tạo thành 2 mối nối P-N.

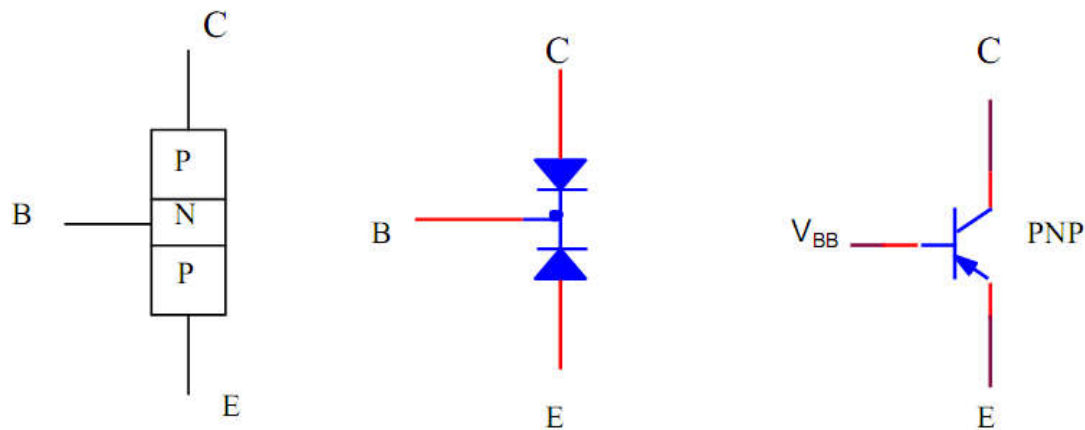


- Ba vùng bán dẫn được nối ra ba chân gọi là cực phát E(Emitter), cực nền B(Base) và cực thu C(collector).
- Lớp bán dẫn B rất mỏng và nồng độ tạp chất thấp. Lớp E và C có cùng loại bán dẫn (N hoặc P) nhưng có kích thước và nồng độ tạp chất khác nhau nên không hoán vị được.
- J_E là tiếp giáp giữa miền Emiteer và Base, gọi là tiếp giáp EB.
 J_C là tiếp giáp giữa miền Collector và Base, gọi là tiếp giáp CB.

2.2.1. Cấu tạo, kí hiệu, phân loại BJT

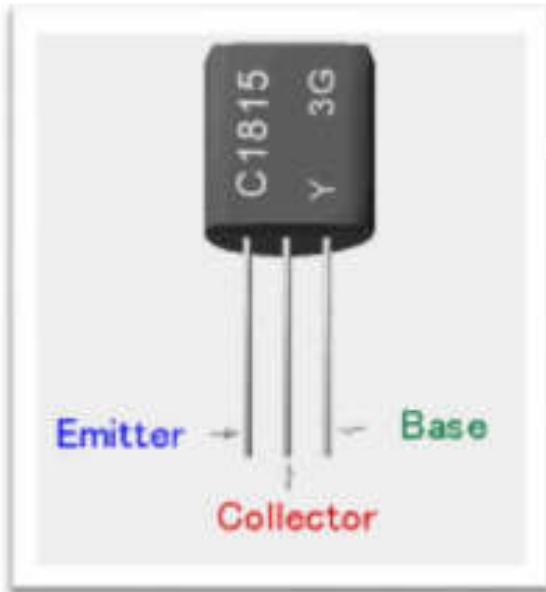


Cấu tạo (a) – mạch tương đương với cấu tạo (b) – kí hiệu (c) của BJT loại NPN.



Cấu tạo (a) – mạch tương đương với cấu tạo (b) – kí hiệu (c) của BJT loại PNP.

2.2.1. Cấu tạo, kí hiệu, phân loại BJT



2.2.1. Cấu tạo, kí hiệu, phân loại BJT

- Hiện nay trên thị trường có nhiều loại Transistor của nhiều nước sản xuất nhưng thông dụng nhất là các transistor của Nhật bản, Mỹ và Trung quốc.
- **Transistor Nhật bản** : thường ký hiệu là A..., B..., C..., D... Ví dụ A564, B733, C828, D1555 trong đó các Transistor ký hiệu là A và B là Transistor thuận PNP còn ký hiệu là C và D là Transistor ngược NPN. các Transistor A và C thường có công suất nhỏ và tần số làm việc cao còn các Transistor B và D thường có công suất lớn và tần số làm việc thấp hơn.
- **Transistor do Mỹ sản xuất**:
2N3055, 2N4073 vv...
- **Transistor do Trung quốc sản xuất** : Bắt đầu bằng số 3, tiếp theo là hai chữ cái. Chữ cái thứ nhất cho biết loại bóng : Chữ A và B là Transistor thuận , chữ C và D là Transistor ngược, chữ thứ hai cho biết đặc điểm : X và P là loại âm tần, A và G là loại cao tần. Các chữ số ở sau chỉ thứ tự sản phẩm.
Thí dụ : 3CP25 , 3AP20 vv..

2.2.2. CÁC LOẠI ĐẶC TUYẾN CỦA BJT

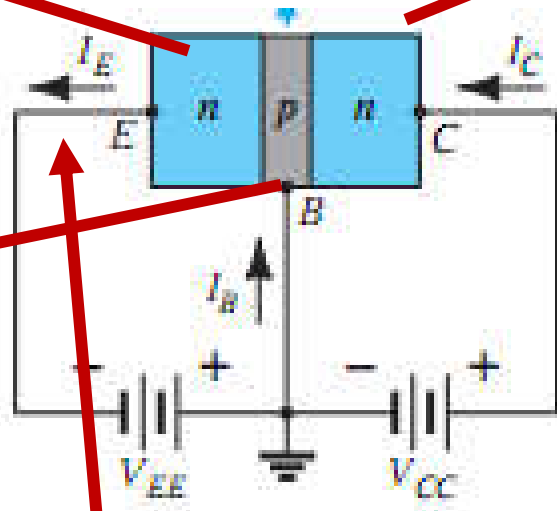
a) Nguyên lí hoạt động của BJT

1. Dưới tác dụng của điện trường phân cực từ nguồn V_{EE} các electron từ miền E sẽ chuyển động theo hướng từ E đến C qua tiếp giáp J_E và sang miền B

2. Tại miền B: Một số rất ít electron tái hợp với lỗ trống tạo thành dòng I_B

4. Electron từ nguồn V_{EE} chảy vào miền E tạo thành dòng I_E . Và quá trình lại tiếp tục như trên

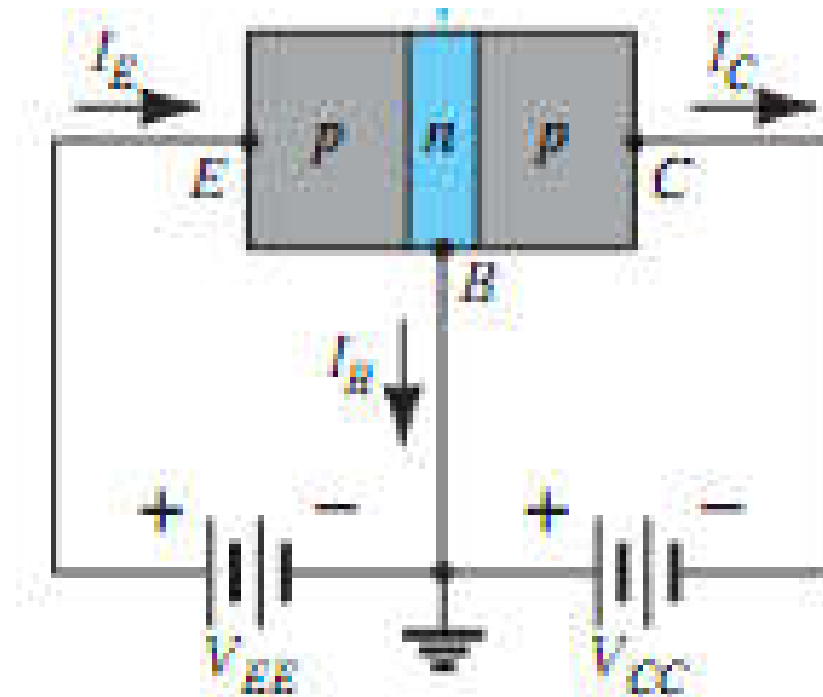
3. Đa số electron chuyển động qua tiếp giáp J_C sang miền C (do $V_C > V_B$); dưới tác dụng của điện trường của nguồn V_{CC} electron tiếp tục chạy về cực thu tạo dòng thu I_C



J_E phân cực thuận,
 J_C phân cực ngược
($V_B > V_E$ và $V_B < V_C$)

$$I_E = I_C + I_B$$

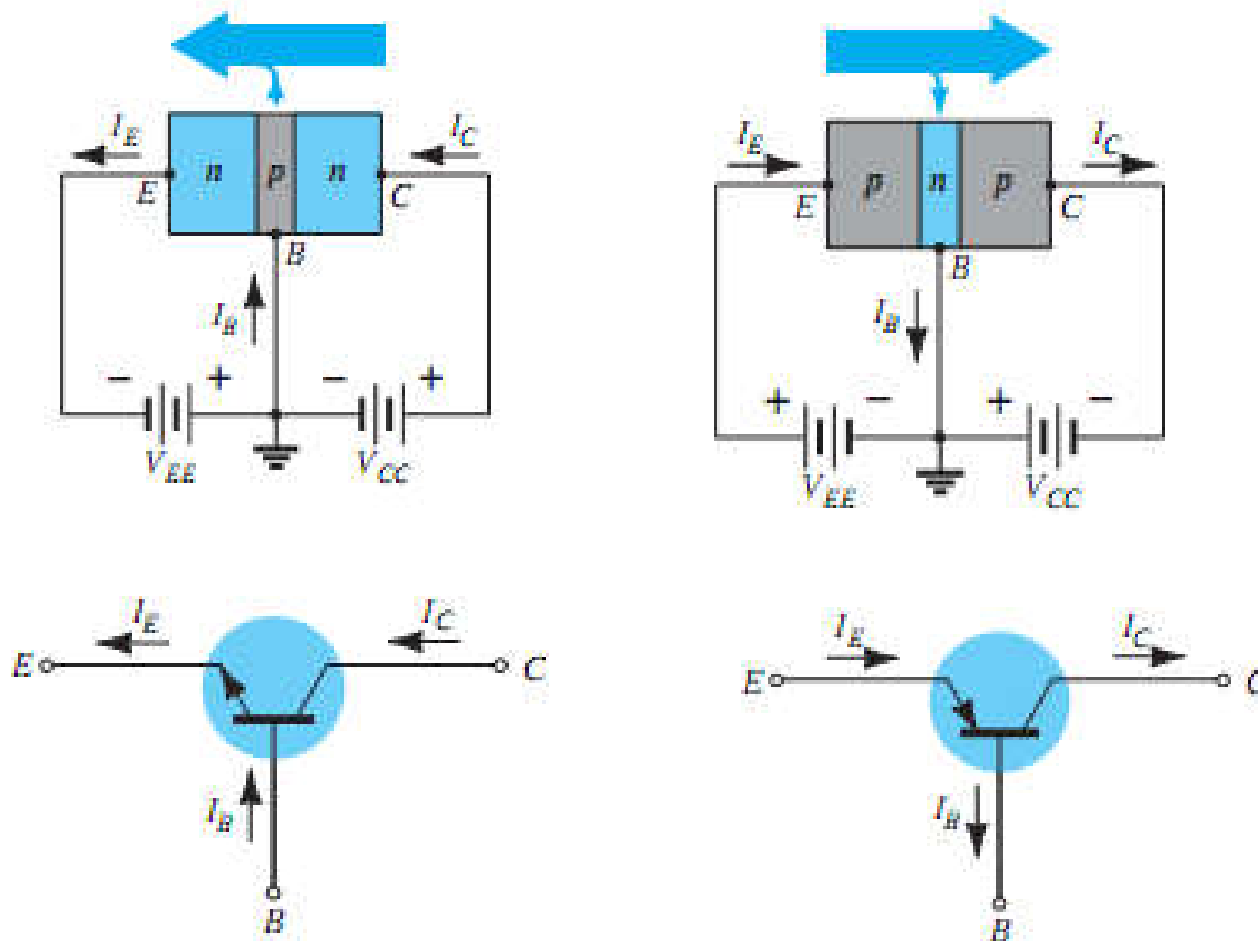
a) Nguyên lí hoạt động của BJT



$$I_E = I_C + I_B$$

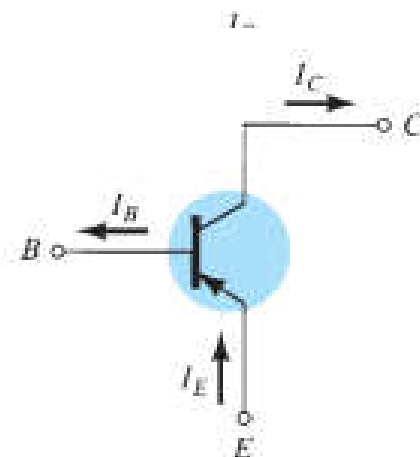
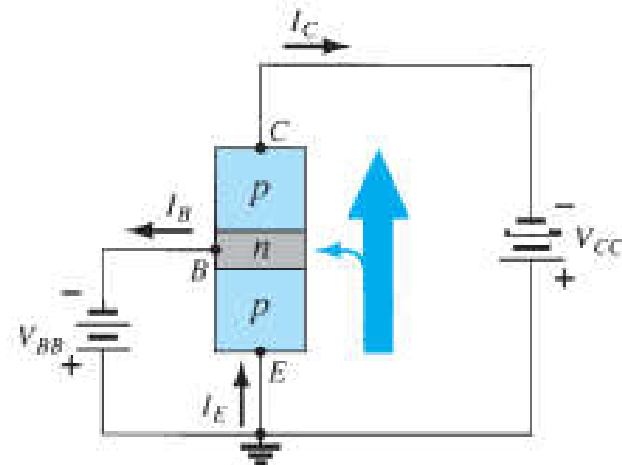
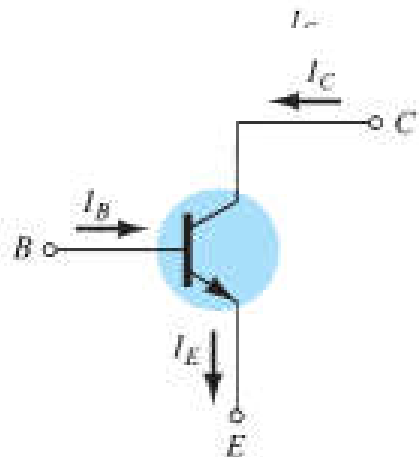
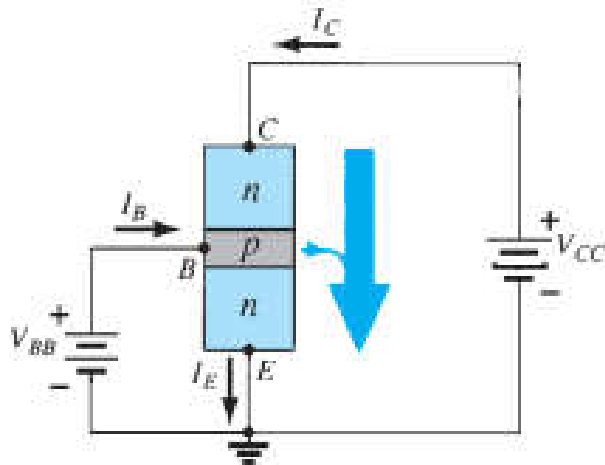
b. Các cách mắc BJT cơ bản

Kiểu Bazo' chung (CB)



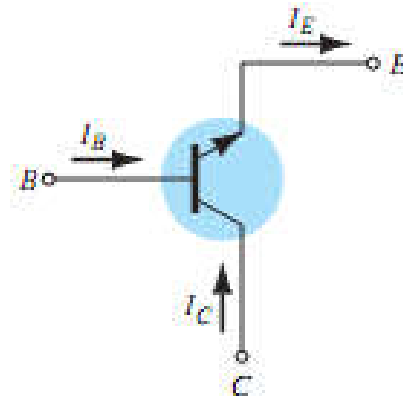
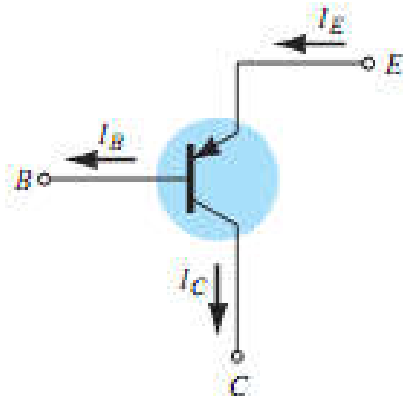
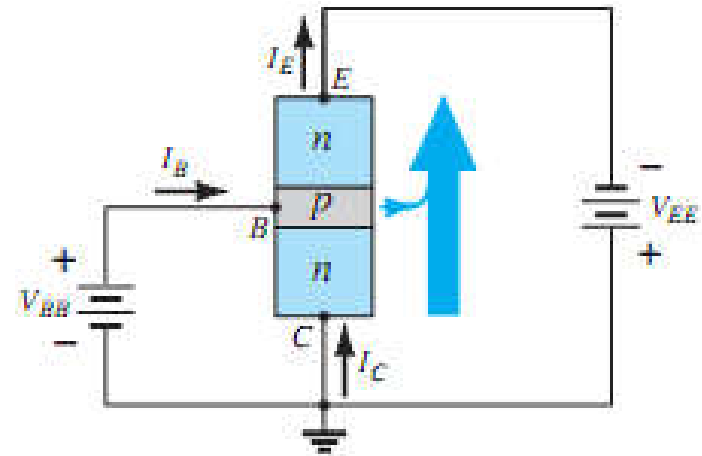
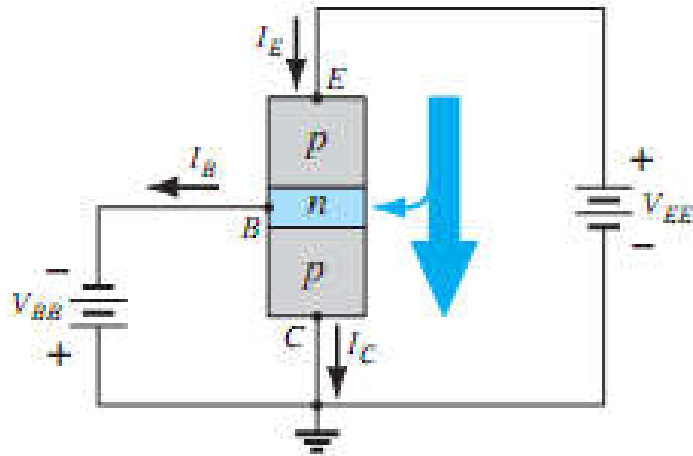
b. Các cách mắc cơ bản

Kiểu Emite chung (CE)

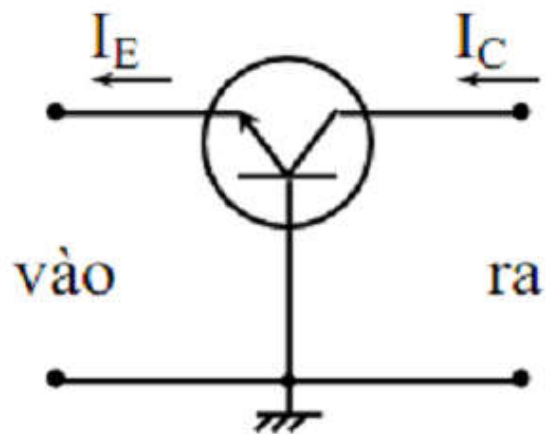


b. Các cách mắc cơ bản

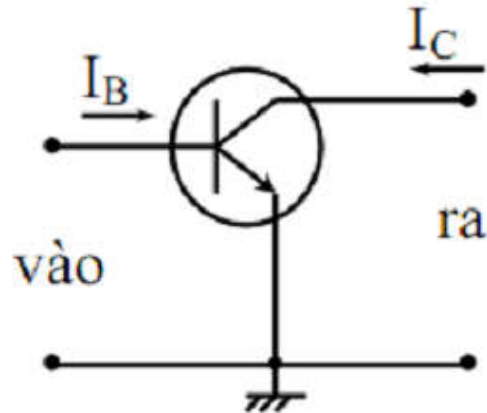
Kiểu Colector chung (CC)



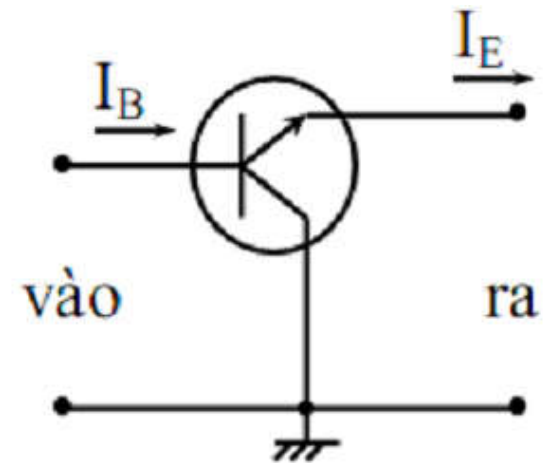
c. Các loại đặc tuyến của BJT



Kiểu cực nền chung



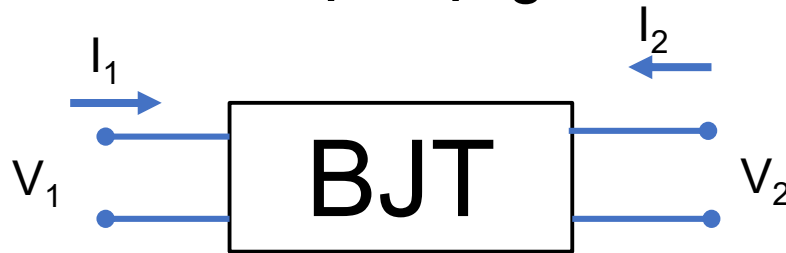
Kiểu cực phát chung



Kiểu cực thu chung

c. Các loại đặc tuyến của BJT

Mô hình hóa BJT như một mạng hai cửa tuyến tính sau:



Giữa các đại lượng vào V_1 , I_1 và các đại lượng ra V_2 , I_2 có thể viết được 6 cặp phương trình quan hệ:

Biến	I_1, I_2	V_1, V_2	I_1, V_2	V_1, I_2	V_2, I_2	V_1, I_1
Hàm	V_1, V_2	I_1, I_2	V_1, I_2	I_1, V_2	V_1, I_1	V_2, I_2

Tuy nhiên trong thực tế thường hay sử dụng hai hệ phương trình hỗn hợp sau:

$$I_1 = f(V_1, V_2)$$

$$I_2 = f(I_1, V_2)$$

c. Các loại đặc tuyến của BJT

- ❖ Khi khảo sát đặc tuyến tĩnh của Transistor người ta giữ một đại lượng không đổi và khảo sát sự phụ thuộc hàm số giữa hai đại lượng còn lại, trên cơ sở đó ta có các đặc tuyến sau:

Đặc tuyến vào (quan hệ dòng điện và điện áp ở lối vào)

$$I_1 = f(V_1) \text{ khi } V_2 = \text{const}$$

Đặc tuyến ra (quan hệ dòng điện và điện áp ở lối ra)

$$I_2 = f(V_2) \text{ khi } I_1 = \text{const}$$

Đặc tuyến truyền đạt (sự phụ thuộc của dòng điện ra theo dòng điện vào)

$$I_2 = f(I_1) \text{ khi } V_2 = \text{const}$$

Đặc tuyến phản hồi: $V_1 = f(V_2) \text{ khi } I_1 = \text{const}$

- ❖ 3 dạng đặc tuyến đầu được sử dụng nhiều nhất. Tùy thuộc kiểu mắc mà các chỉ số 1 và 2 sẽ chỉ dòng hoặc thế tại các chân cực tương ứng.

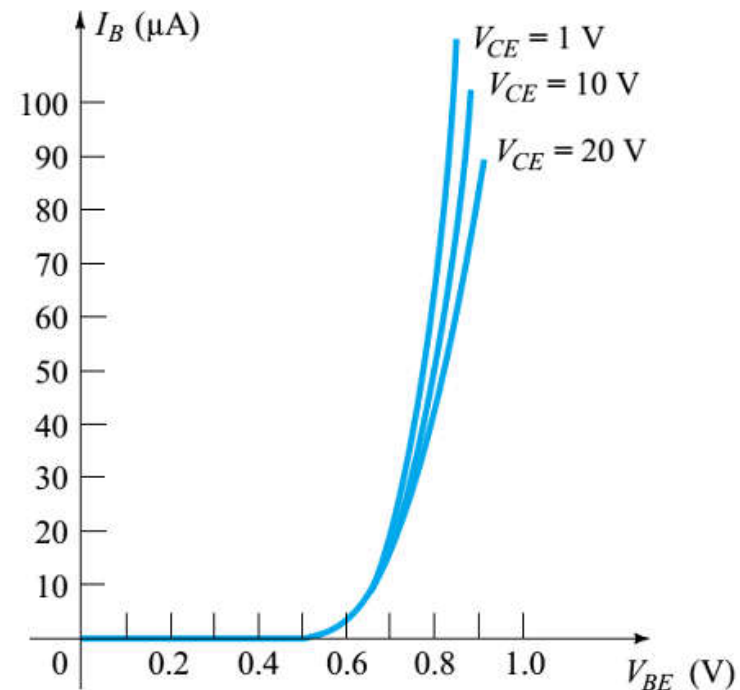
c. Các loại đặc tuyến của BJT

c1. Đặc tuyến ngõ vào

Mạch Emítơ chung

$$I_B = f(V_{BE})$$

Khi $V_{CE} = \text{const}$



- + V_{CE} không đổi
- + Thay đổi nguồn áp V_{BB} để thay đổi V_{BE}
- + Khi V_{BE} có giá trị từ 0 đến V_k : $I_B = 0$
- + Khi $V_{BE} \geq V_k$: I_B tăng theo hàm số mũ.

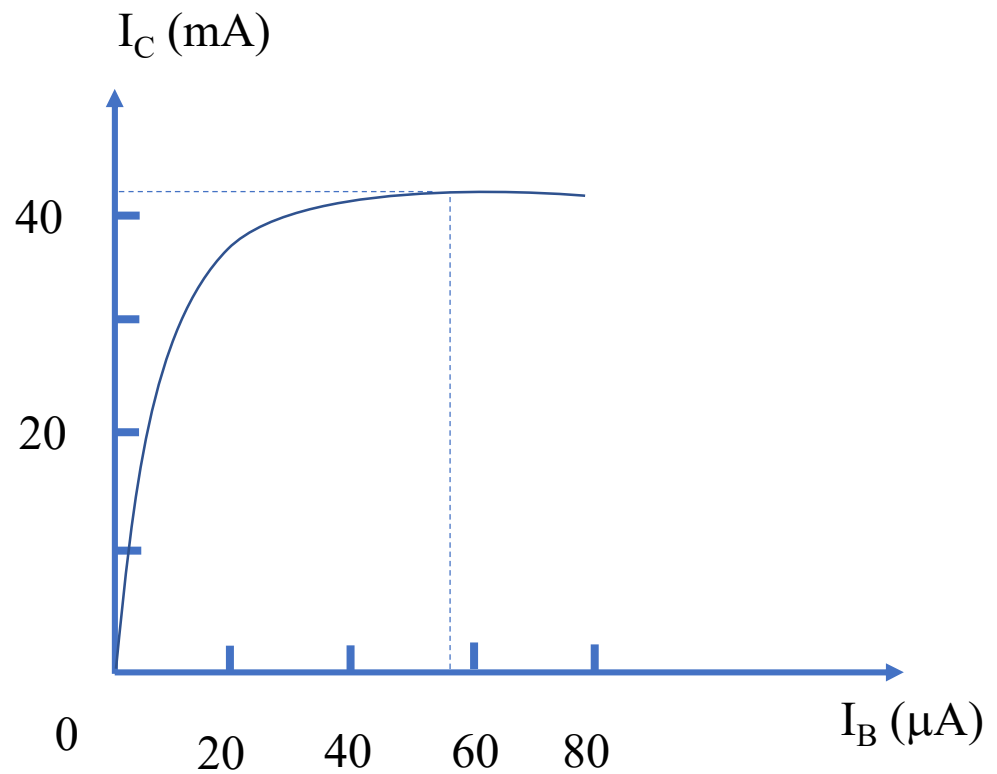
c. Các loại đặc tuyến của BJT

c2. Đặc tuyến truyền dẫn

Mạch mắc Emítơ chung

$$I_C = f(I_B)$$

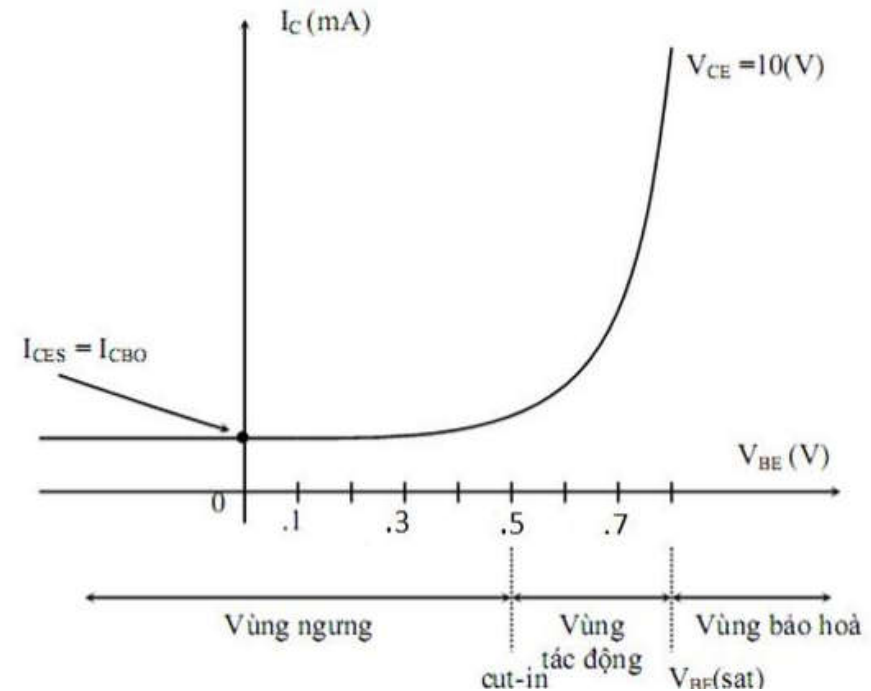
Khi $V_{CE} = \text{const}$



c. Các loại đặc tuyến của BJT

Đặc tuyến truyền dẫn

Đặc tuyến truyền dẫn I_C / V_{BE} Biểu thị mối quan hệ giữa dòng I_C và điện áp V_{BE} khi V_{CE} không đổi.

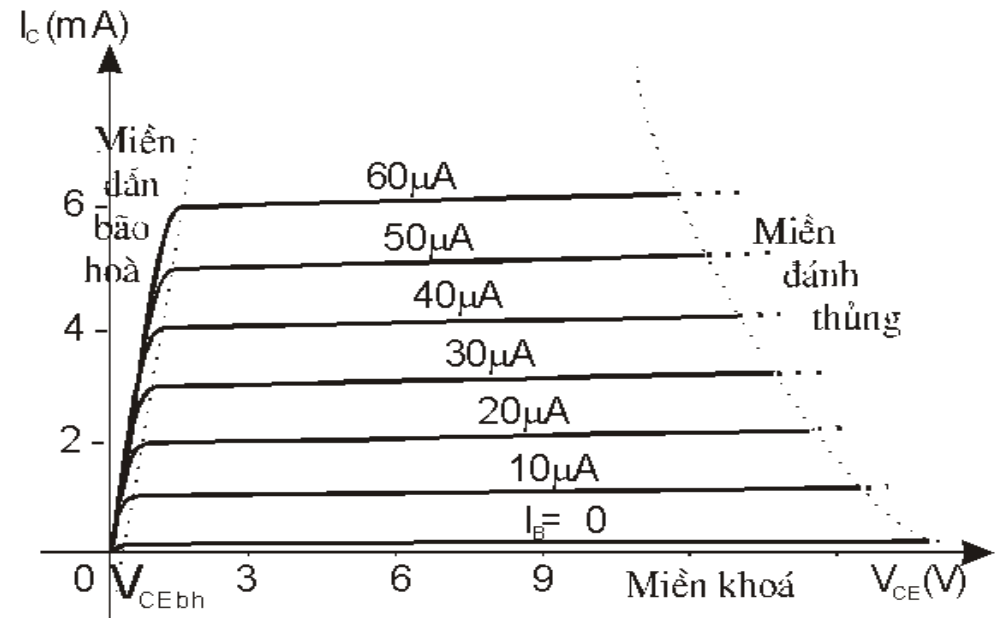


- + Chỉnh dòng tương tự đặc tuyến ngõ vào.
- + Dạng giống như đặc tuyến ngõ vào nhưng I_C lớn hơn nhiều lần: $I_C = \beta I_B$.

c. Các loại đặc tuyến của BJT

c3. Đặc tuyến ngõ ra (sơ đồ E chung)

$$I_C = f(V_{CE})|_{I_B = \text{const}}$$

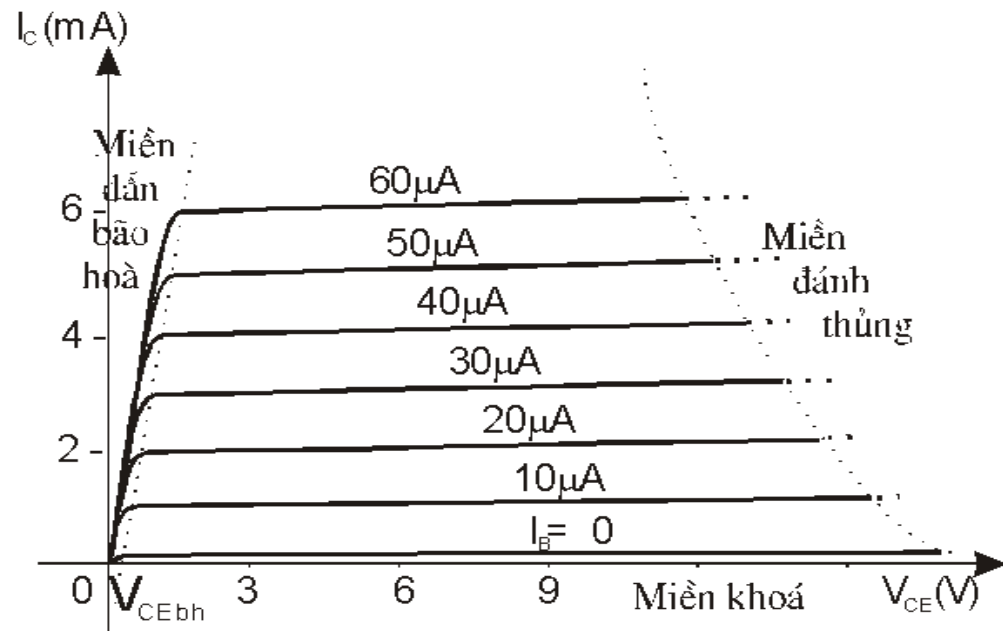


Đặc tuyến ra tĩnh của BJT mắc E.C

- + điều chỉnh nguồn V_{CC} để thay đổi điện áp V_{CE} .
- + nếu $V_B < V_k$ thì $I_B = 0$; $I_C = 0$
- + đầu tiên phải tạo điện áp phân cực V_{BE} để tạo dòng I_B sau đó tăng V_{CE} để đo dòng I_C

c. Các loại đặc tuyến của BJT

Đặc tuyến ngõ ra



Đặc tuyến ra tĩnh của BJT mắc E.C

- Vùng có $I_B = 0$ gọi là chế độ cắt dòng, lúc đó $I_C \approx 0$.
- Vùng có I_B vừa phải, I_C chịu sự điều khiển của I_B : chế độ khuếch đại tích cực.
- Vùng có I_B tương đối lớn, do đó I_C cũng lớn, I_B mất tác dụng điều khiển I_C : chế độ bão hòa.
- Vùng có V_{CE} quá lớn, I_C tăng mạnh: chế độ đánh thủng.

- **Các thông số kĩ thuật của BJT**

- loại cấu trúc BJT: NPN hay PNP
- Độ lợi dòng một chiều β_{DC}
- Tần số giới hạn (tần số cắt) f_B (mạch CE); f_α (mạch CB)
- Dòng rò ngược I_{CBO} ; I_{EBO}
- Thế bão hòa $V_{CE(sat)}$; $V_{BE(sat)}$
- Tạp âm NF

- **Các thông số giới hạn bao gồm:**

- Điện áp làm việc tối đa: $(V_{CEO}; V_{CBO}; V_{EBO})_{max}$;
- Dòng tải tối đa $(I_C)_{max}$;
- Dòng phân cực $(I_B)_{max}$;
- Công suất tiêu tán cực đại P_{cmax} ;
- Dải nhiệt độ làm việc cho phép $(T_j; T_{st})_{max}$.

- Ảnh hưởng của nhiệt độ đối với các thông số của transistor

Ảnh hưởng đối với I_{CBO}

Dòng điện rỉ I_{CBO} là dòng các hạt tải thiểu số, khi nhiệt độ tăng thì dòng I_{CBO} sẽ tăng theo hàm mũ.

Ảnh hưởng đối với độ khuếch đại: độ khuếch đại thay đổi theo dòng điện I_C . Khi nhiệt độ tăng làm dòng điện I_C tăng và β tăng theo.

Ảnh hưởng đối với phân cực V_{BE}

Điện áp phân cực V_{BE} khoảng 0,6V đến 0,7V cho transistor Si và khoảng 0,1V đến 0,3V cho transistor Ge. Khi nhiệt độ tăng, V_{BE} sẽ bị giảm. Thông thường khi nhiệt độ tăng 1°C thì V_{BE} giảm khoảng 2,4mV.

Trong ba thông số trên, dòng điện rỉ I_{CBO} có ảnh hưởng quan trọng nhất.

TOSHIBA Transistor Silicon NPN Epitaxial Type (PCT Process)

2SC2655

Power Amplifier Applications
Power Switching Applications

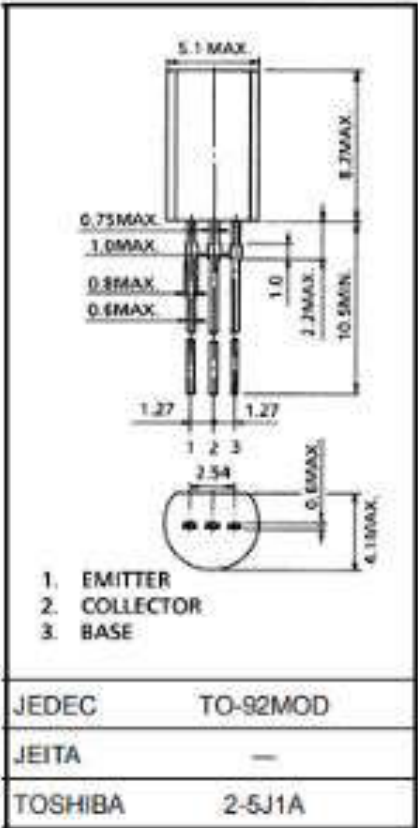
- Low saturation voltage: $V_{CE(sat)} = 0.5\text{ V (max)}$ ($I_C = 1\text{ A}$)
- High collector power dissipation: $P_C = 900\text{ mW}$
- High-speed switching: $t_{stg} = 1.0\text{ }\mu\text{s (typ.)}$
- Complementary to 2SA1020.

Maximum Ratings ($T_a = 25^\circ\text{C}$)

Characteristics	Symbol	Rating	Unit
Collector-base voltage	V_{CBO}	50	V
Collector-emitter voltage	V_{CEO}	50	V
Emitter-base voltage	V_{EBO}	5	V
Collector current	I_C	2	A
Base current	I_B	0.5	A
Collector power dissipation	P_C	900	mW
Junction temperature	T_j	150	$^\circ\text{C}$
Storage temperature range	T_{stg}	-55 to 150	$^\circ\text{C}$

Industrial Applications

Unit: mm



Weight: 0.36 g (typ.)





Thông số kỹ thuật:

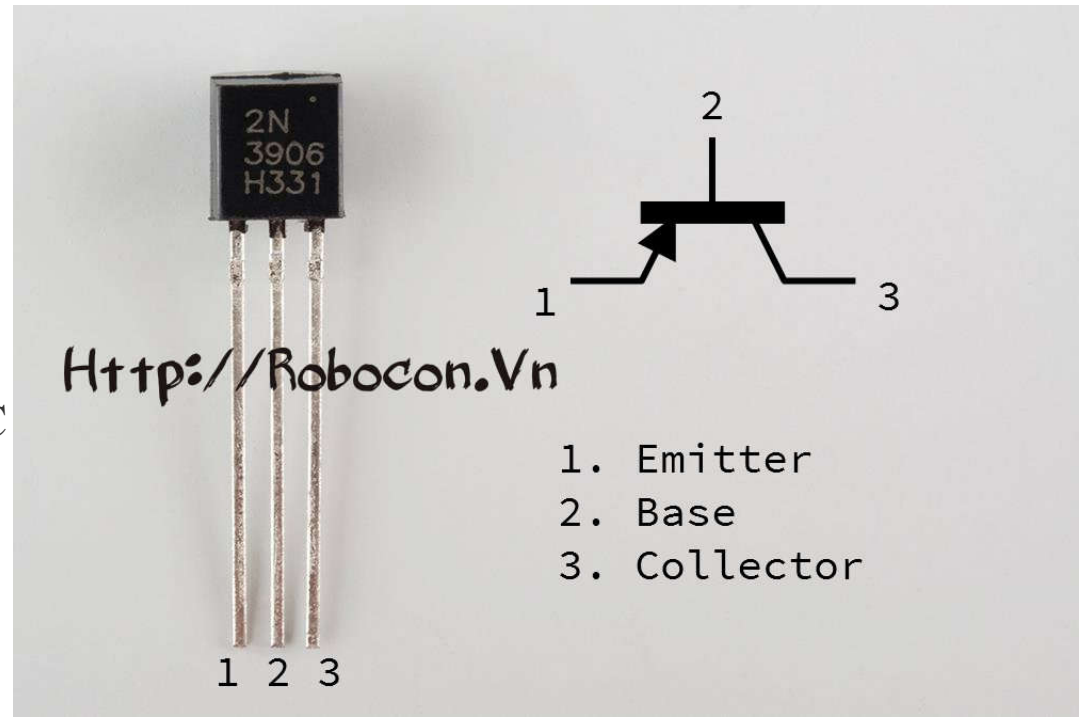
Điện áp cực đại: $V_{CBO} = 40V$

$V_{CEO} = 40V$

$V_{EBO} = 5V$

Dòng điện cực đại: $I_C = 200mA$

Nhiệt độ làm việc: $-55^{\circ}C \sim 150^{\circ}C$



Transistor 2N3906 có cấu tạo gồm 3 lớp bán dẫn ghép với nhau thành 2 mối nối P-N, thuộc loại transistor thuận PNP. **Transistor 2N3906** được sản xuất theo chuẩn TO92, thứ tự các chân từ trái qua phải: E B C.

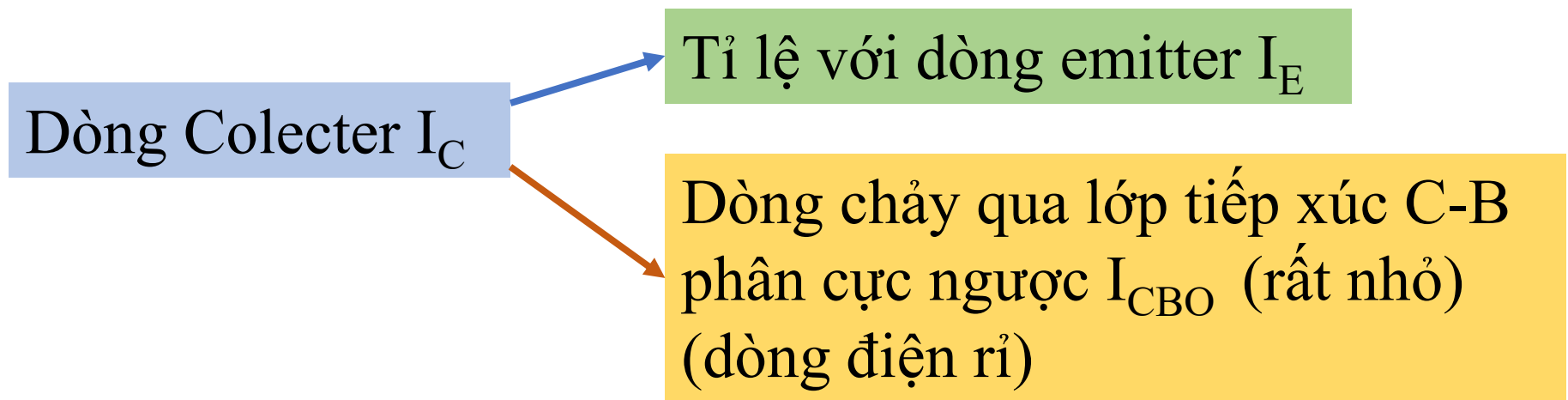
Transistor **2N3906** là một transistor công suất 1.5W, tuy nhiên tần số làm việc cao.

Transistor **2N3906** được sử dụng rộng rãi trong việc thiết kế mạch khuếch đại cơ bản.

2.3. Phân cực và ổn định phân cực

2.3.1. Quan hệ dòng điện

$$I_E = I_B + I_C$$



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

2.3.1. Quan hệ dòng điện

Hệ số truyền đạt dòng điện α , có giá trị bằng số electron đến được collector chia cho số electron phát ra từ cực phát

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

Hệ số khuếch đại dòng điện β

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

Các công thức liên hệ

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

$$I_C = \beta I_B$$

$$\begin{aligned} I_E &= I_C + I_B \\ &= \beta I_B + I_B \end{aligned}$$

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

$$I_E = I_B + I_C \approx I_C = \beta I_B$$

2.3. Phân cực và ổn định phân cực

Phân cực transistor là cung cấp điện áp nguồn một chiều cho các cực của nó. Để BJT làm việc ở chế độ khuếch đại cần phân cực cho tiếp giáp BE phân cực thuận, tiếp giáp CE phân cực ngược.

Điều kiện dẫn mở của transistor:

Loại npn, $V_{BE} = 0,6V \div 0,7V$ với Si
 $= 0,2V \div 0,3V$ với Ge

$$V_{CE} = 1/3 \div 2/3 V_{CC}$$

Loại pnp, $V_{EB} = 0,6V \div 0,7V$ với Si
 $= 0,2V \div 0,3V$ với Ge

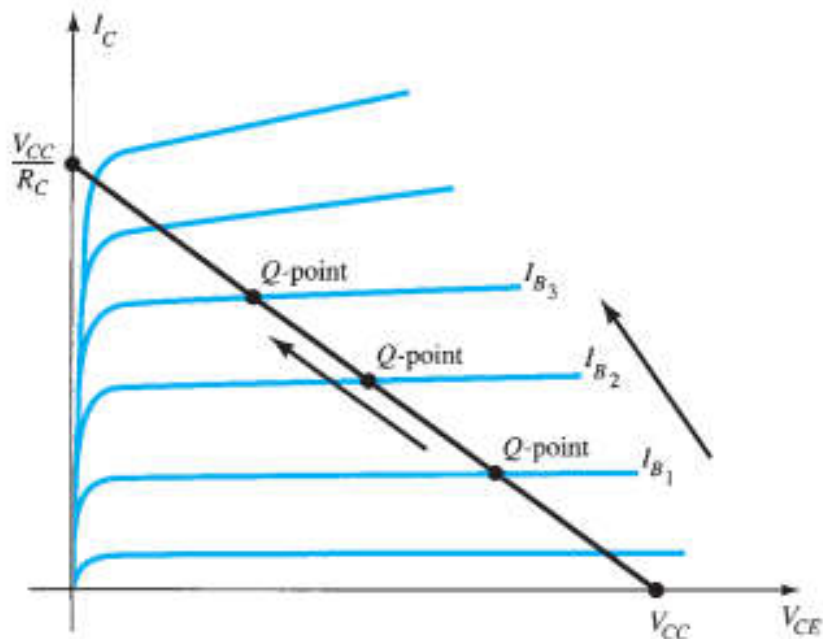
$$V_{CE} = 1/3 \div 2/3 V_{CC}$$

2.3. Phân cực và ổn định phân cực

Cách tạo áp phân cực V_{BB} (kiểu mắc E chung):

- Phân cực từ hai nguồn riêng rẽ V_{BB} và V_{CC}
- Phân cực từ một nguồn V_{CC} và dùng mạch điện trở để lấy áp V_{BB} đặt vào cực B. Có các dạng sau:
 - + Dùng điện trở R_B tạo phân cực kiểu nguồn dòng cố định
 - + Dùng điện trở R_B tạo phân cực kiểu hồi tiếp điện áp;
 - + Dùng cầu phân áp R_{B1} - R_{B2} để phân cực.

2.3. Phân cực và ổn định phân cực



Điểm làm việc Q ở trạng thái tĩnh của BJT theo thiết kế:

- Nằm trên đặc tuyến ngõ ra ứng với giá trị dòng tĩnh I_B
- Có tọa độ V_{CEQ} ; I_{CQ}
- Kí hiệu: $Q(V_{CEQ}; I_{CQ})$

2.3.2. Phân cực bằng hai nguồn điện riêng.

a. Mạch phân cực bằng hai nguồn điện riêng không có R_E

Áp dụng định luật K2 cho mạch vòng (1)

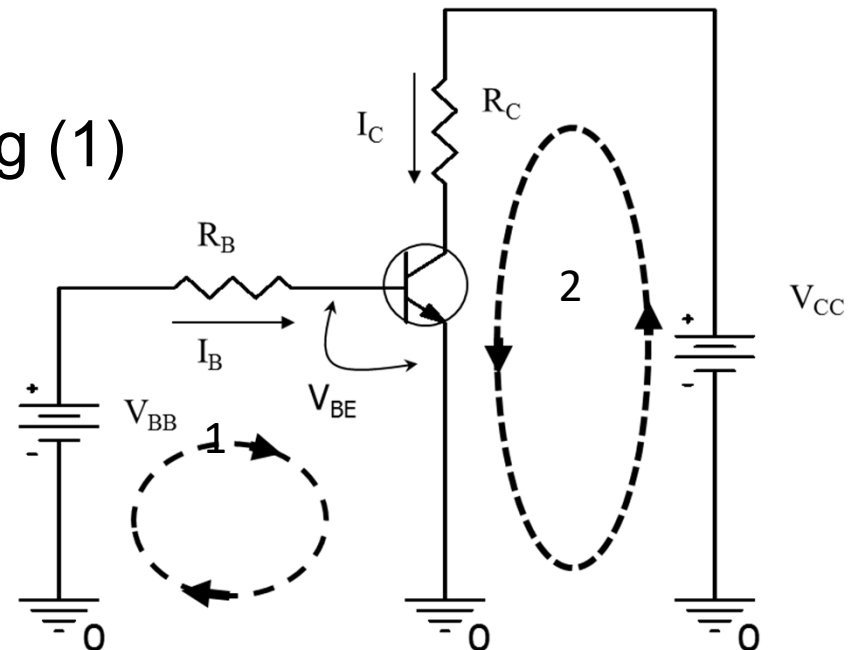
$$\begin{aligned}I_B R_B + V_{BE} &= V_{BB} \\ \Rightarrow I_B &= \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B} \\ I_C &= \beta I_B\end{aligned}$$

Áp dụng định luật K2 cho mạch vòng (2)

$$\begin{aligned}I_C R_C + V_{CE} &= V_{CC} \\ \Rightarrow V_{CE} &= V_{CC} - I_C R_C\end{aligned}$$

Tọa độ điểm làm việc tĩnh:

$$Q \begin{cases} I_{BQ} = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B} \\ I_{CQ} = \beta I_{BQ} \\ V_{CEQ} = V_{CC} - I_{CQ} R_C \end{cases}$$



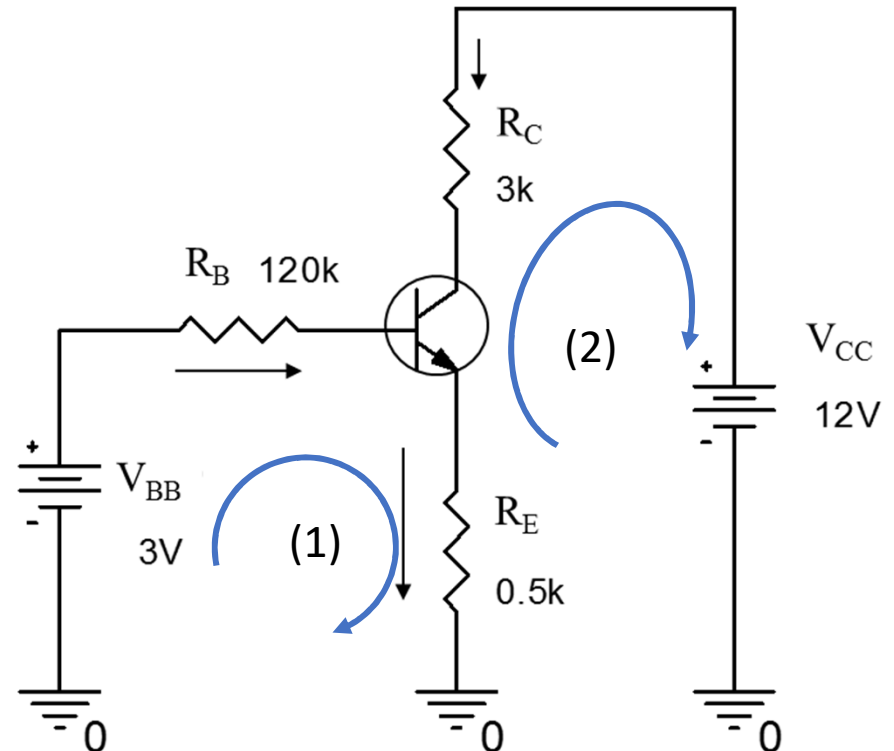
b. Mạch phân cực bằng hai nguồn điện riêng có R_E

Áp dụng định luật Kiêcshop cho mạch vòng 1

$$\begin{aligned}I_B R_B + V_{BE} + I_E R_E &= V_{BB} \\ \Rightarrow I_B R_B + V_{BE} + \beta I_B R_E &= V_{BB} \\ \Rightarrow I_B &= \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B + \beta R_E}\end{aligned}$$

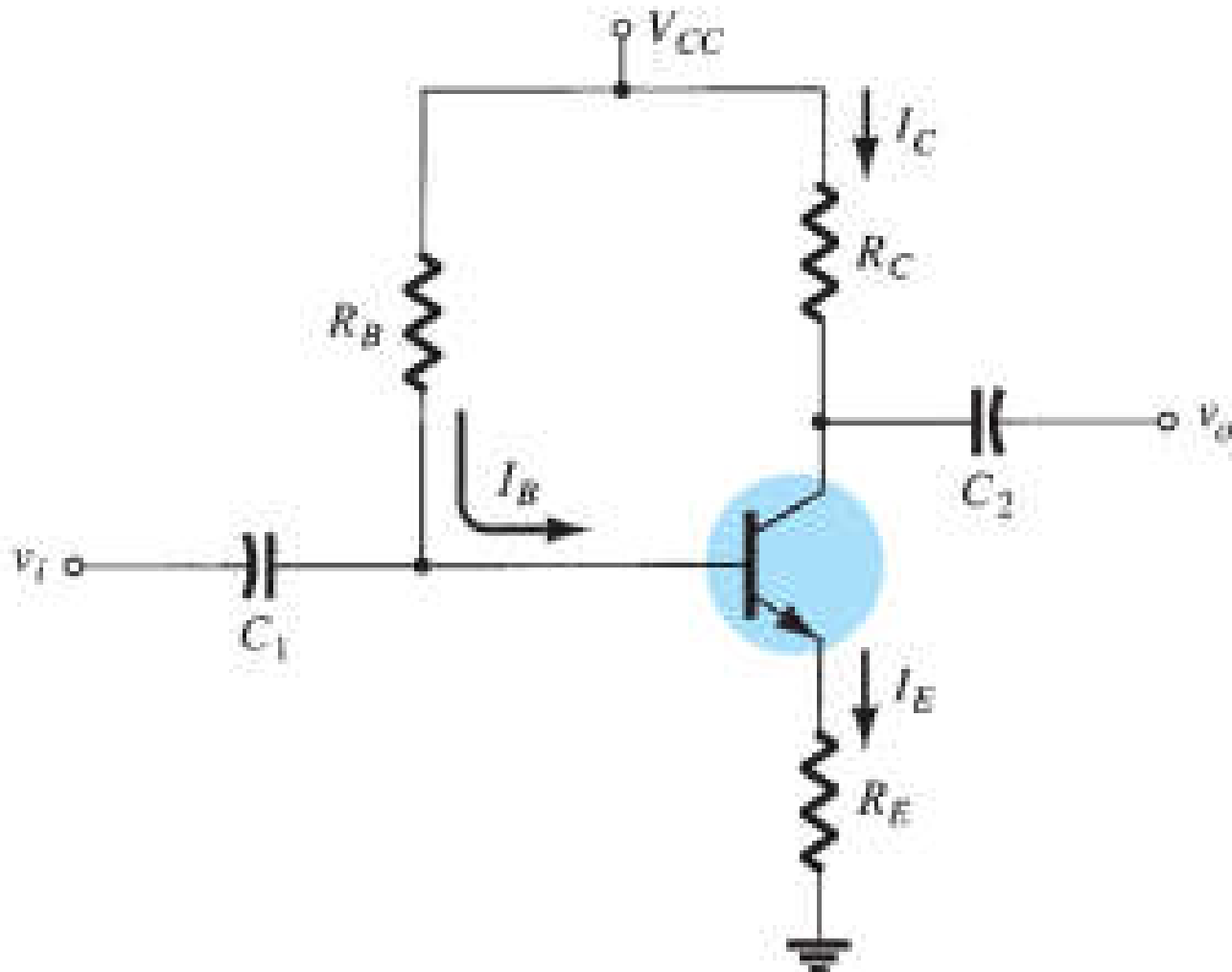
Áp dụng định luật Kiêcshop cho mạch vòng 2

$$\begin{aligned}I_C R_C + V_{CE} + I_E R_E &= V_{CC} \\ \Rightarrow V_{CE} &= V_{CC} - I_C R_C - I_C R_E \\ \Rightarrow V_{CE} &= V_{CC} - I_C (R_C + R_E)\end{aligned}$$



Tọa độ điểm làm việc tĩnh: $Q \left\{ \begin{aligned} I_{BQ} &= \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B + \beta R_E} \\ I_{CQ} &= \beta I_{BQ} \\ V_{CEQ} &= V_{CC} - I_{CQ} (R_C + R_E) \end{aligned} \right.$

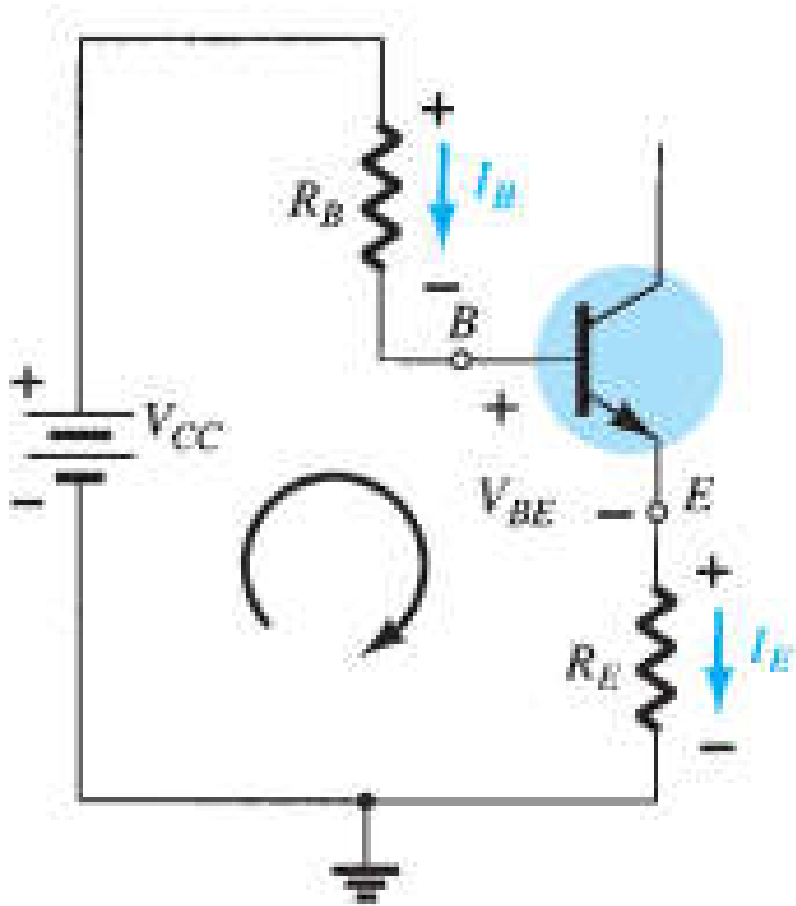
2.2.3. Phân cực bằng nguồn điện chung, kiểu điện trở cố định R_B



Sơ đồ phân cực bằng nguồn điện chung, kiểu điện trở cố định R_B , mắc CE, loại npn)

2.2.3. Phân cực bằng nguồn điện chung, kiểu điện trở cố định R_B

Mạch vòng nền -phát



$$I_B R_B + V_{BE} + I_E R_E = V_{CC} \quad (1)$$

- Vì: $I_E = I_B + I_C = (1 + \beta)I_B$ nên:

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

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

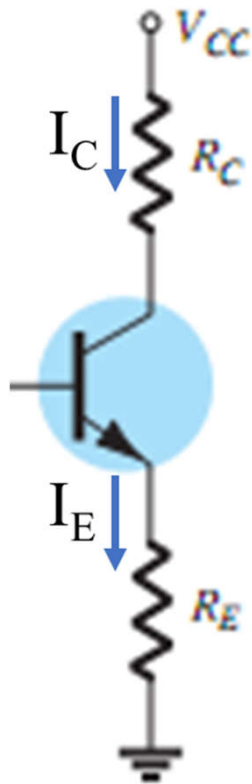
- Nếu lấy gần đúng: $I_E \approx I_C = \beta I_B$

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

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

2.2.3. Phân cực bằng nguồn điện chung, kiểu điện trở cố định R_B

Mạch vòng thu -phát

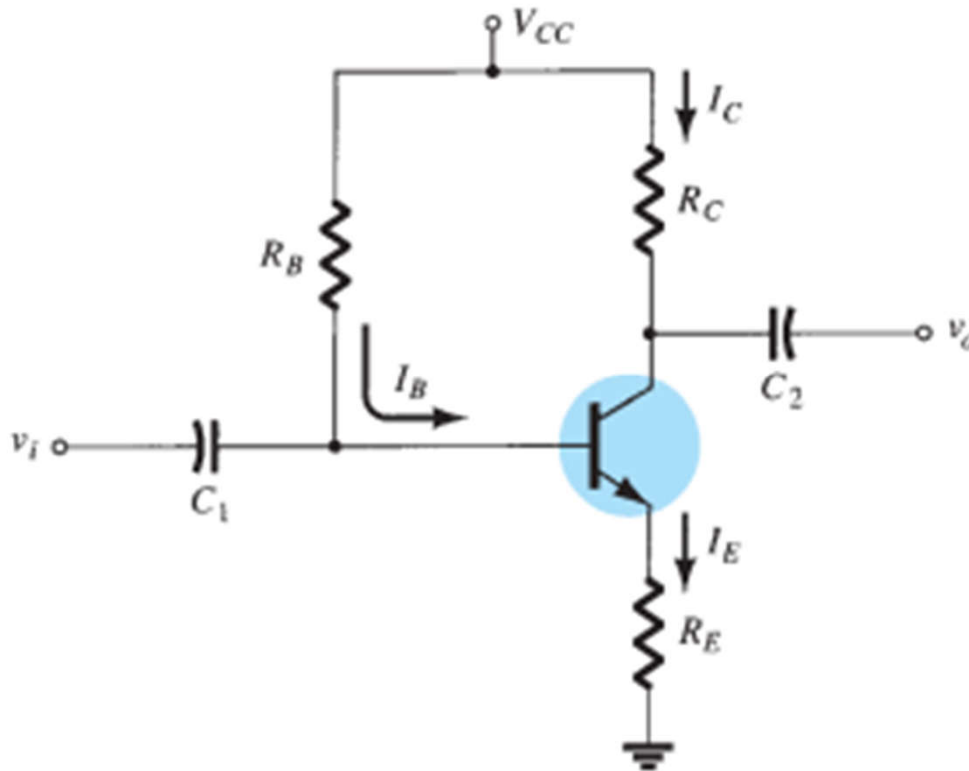


$$I_C R_C + V_{CE} + I_E R_E = V_{CC} \quad (2)$$

Với: $I_E = I_B + I_C \approx I_C$

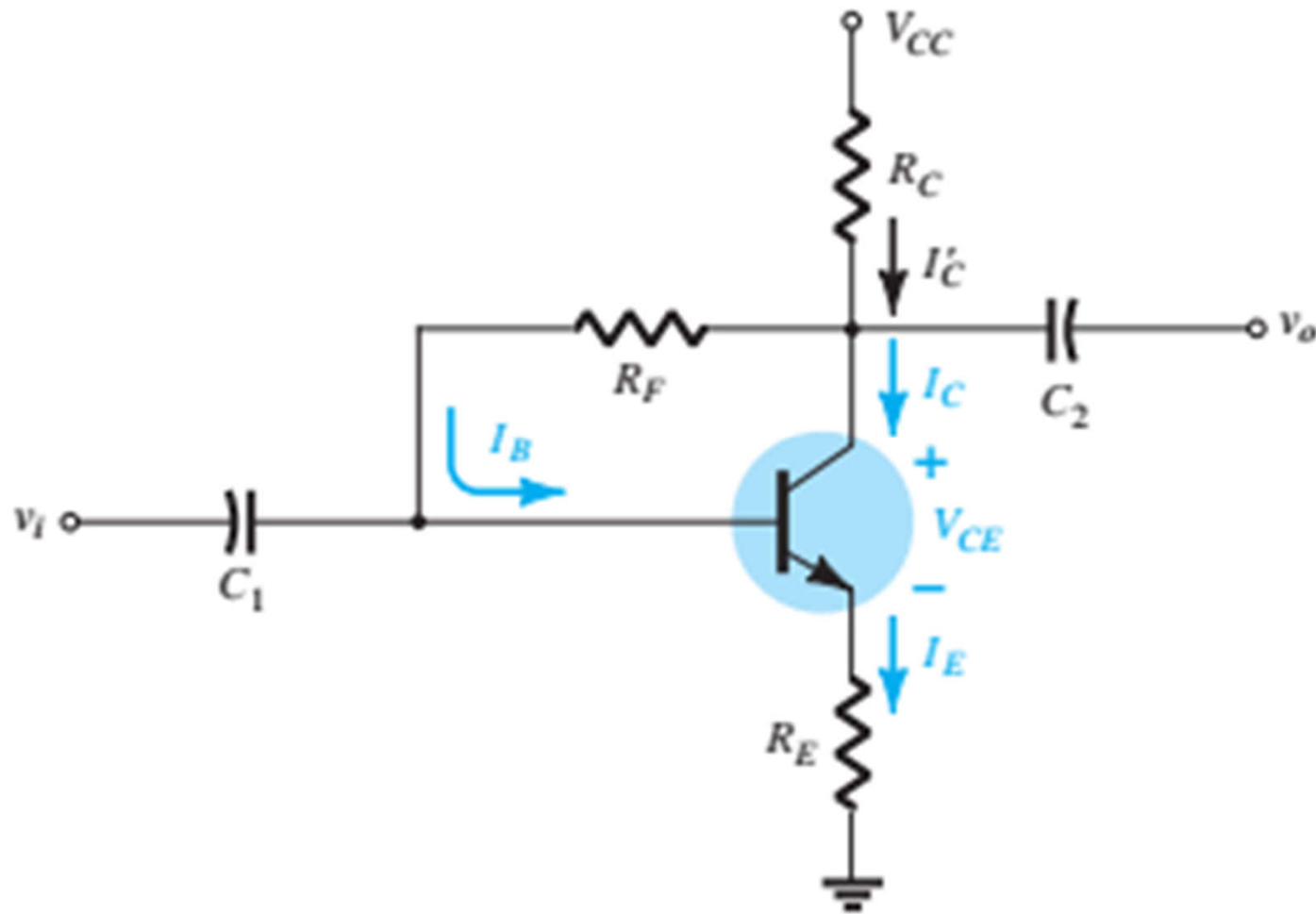
$$(2) \Rightarrow V_{CE} = V_{CC} - I_C (R_C + R_E)$$

2.2.3. Phân cực bằng nguồn điện chung, kiểu điện trở cố định R_B



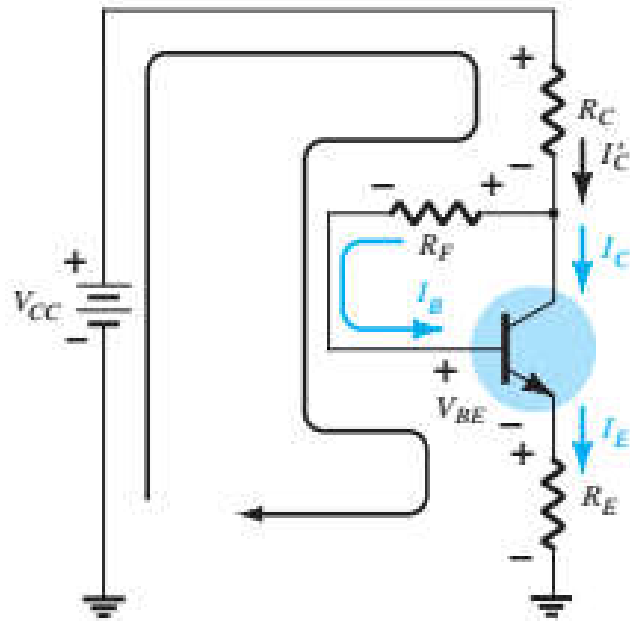
Tọa độ điểm làm việc tĩnh: Q $\left\{ \begin{array}{l} I_{BQ} = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B + \beta R_E} \\ I_{CQ} = \beta I_{BQ} \\ V_{CEQ} = V_{CC} - I_{CQ}(R_C + R_E) \end{array} \right.$

2.3.4. Phân cực kiểu hồi tiếp điện áp



Sơ đồ phân cực kiểu hồi tiếp điện áp, mắc CE, loại npn

2.3.4. Phân cực kiểu hồi tiếp điện áp



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

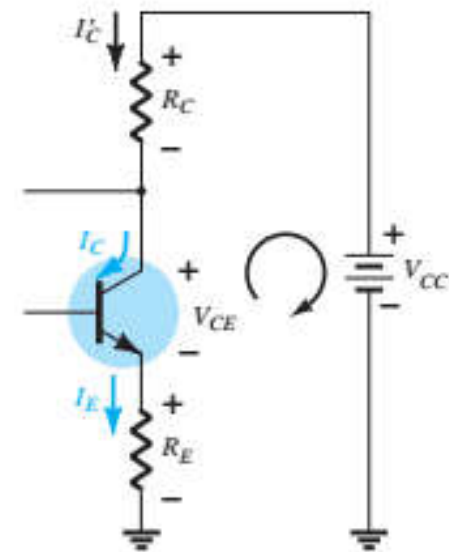
$$V_{CC} - \beta I_B R_C - I_B R_F - V_{BE} - \beta I_B R_E = 0$$

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

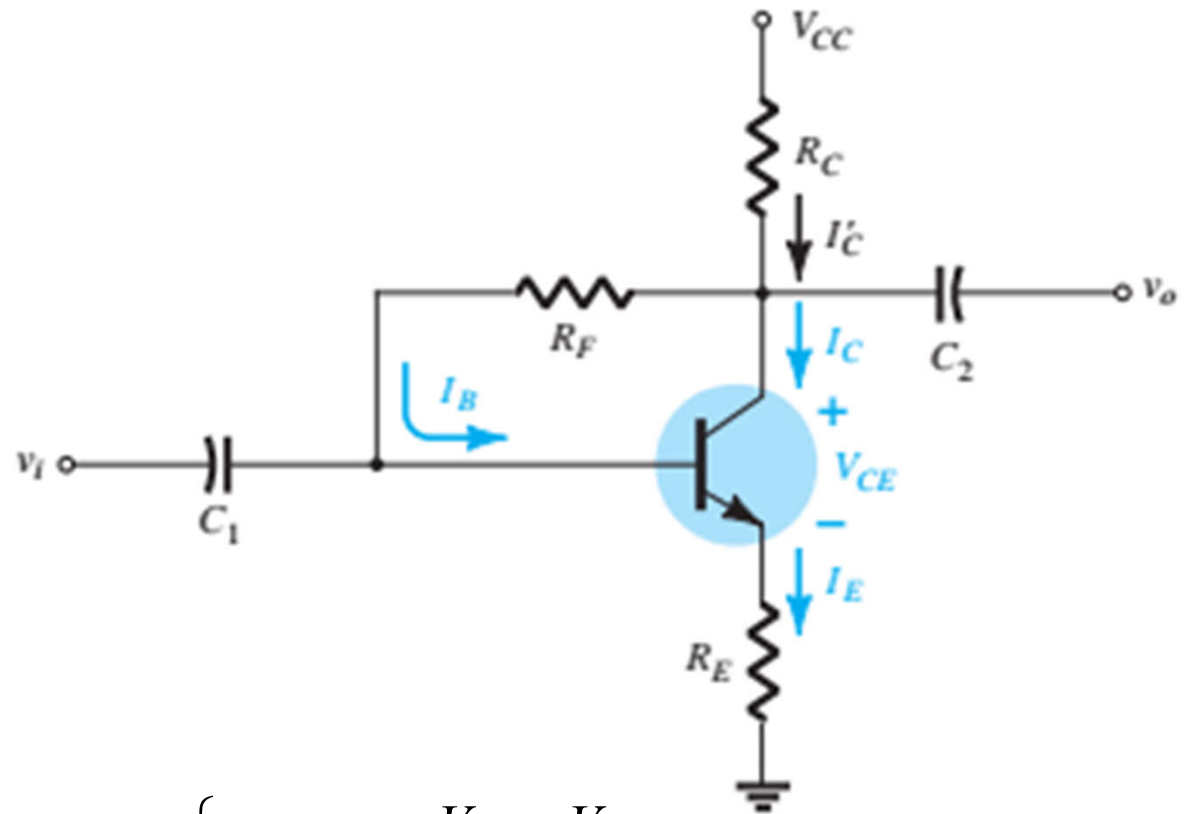
$$I_E R_E + V_{CE} + I'_C R_C - V_{CC} = 0$$

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

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

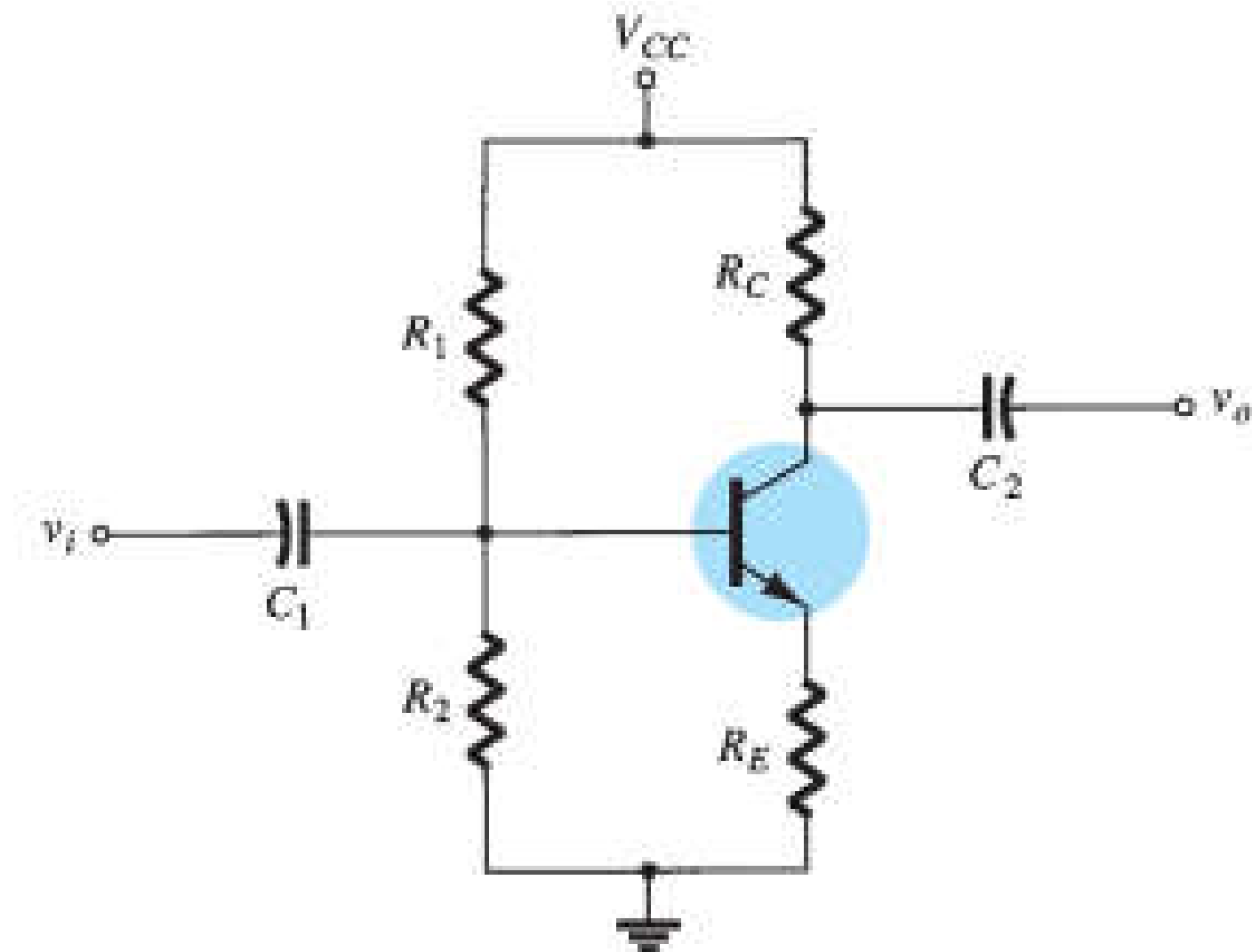


2.3.4. Phân cực kiểu hồi tiếp điện áp



Tọa độ điểm làm việc tĩnh: Q
$$\begin{cases} I_{BQ} = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_F + \beta(R_C + R_E)} \\ I_{CQ} = \beta I_{BQ} \\ V_{CEQ} = V_{CC} - I_{CQ}(R_C + R_E) \end{cases}$$

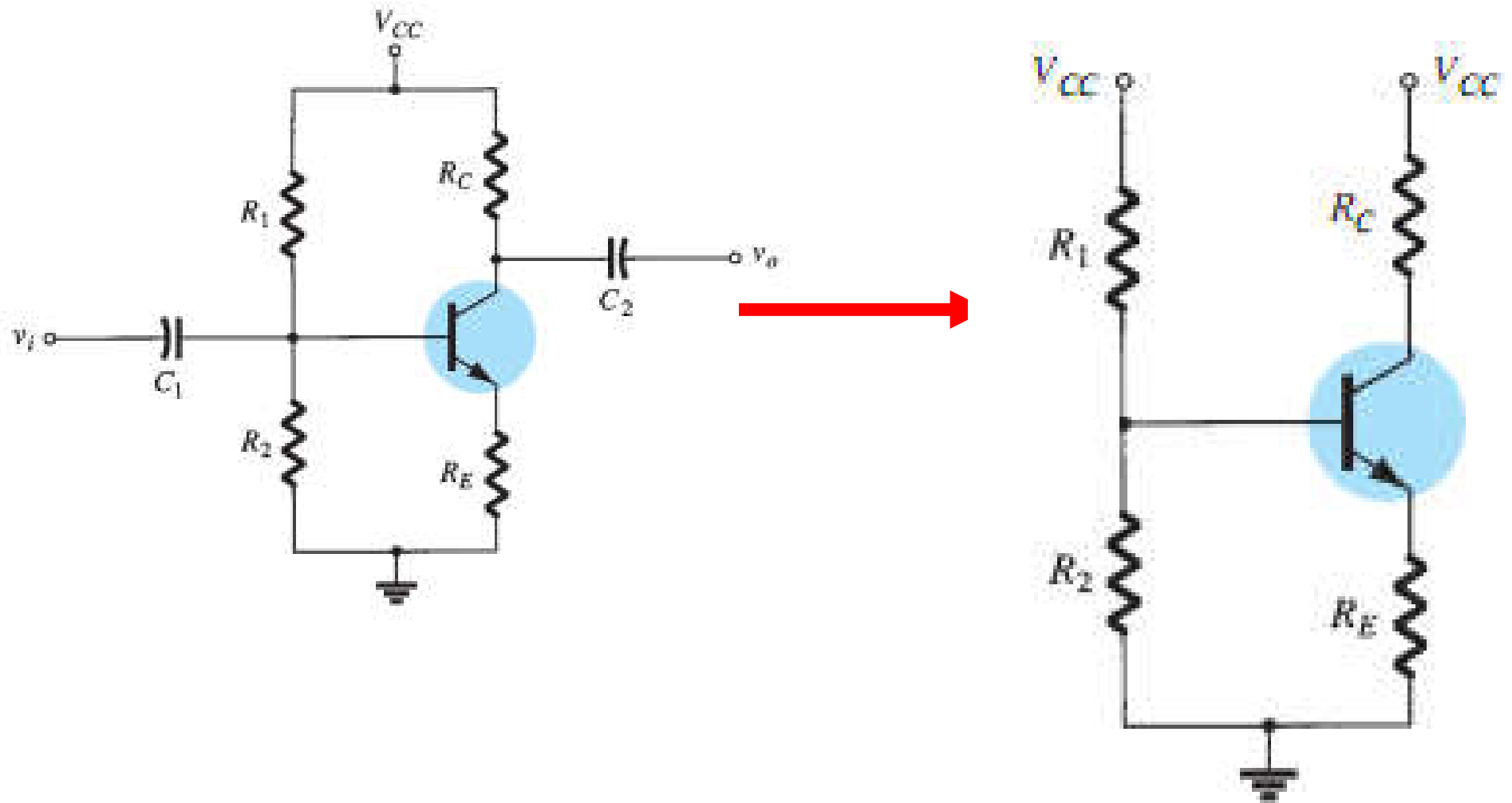
2.3.5. Phân cực bằng cầu phân áp



Sơ đồ phân cực bằng cầu phân áp, mắc CE, loại npn

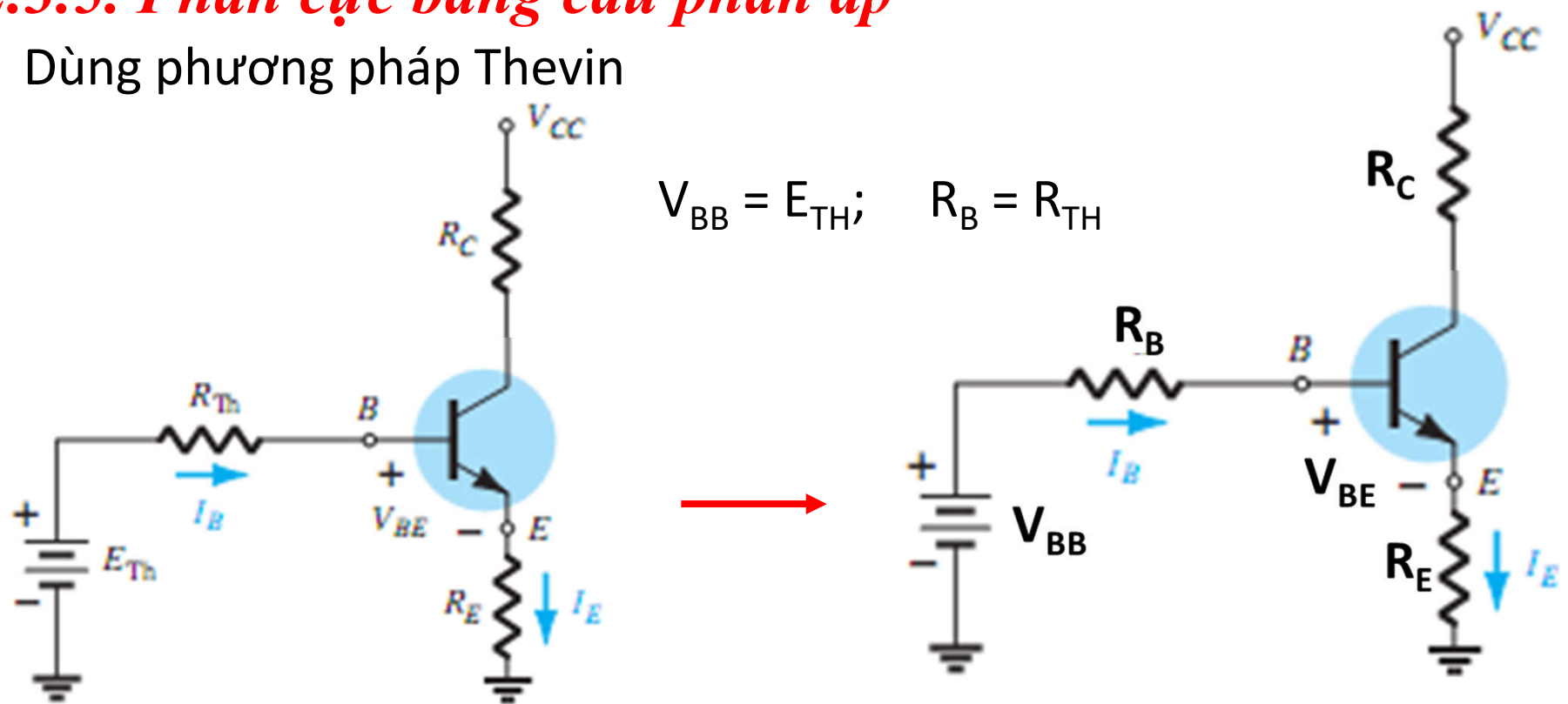
2.3.5. Phân cực bằng cầu phân áp

- Phân tích mạch



2.3.5. Phân cực bằng cầu phân áp

- Dùng phương pháp Thevin



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

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

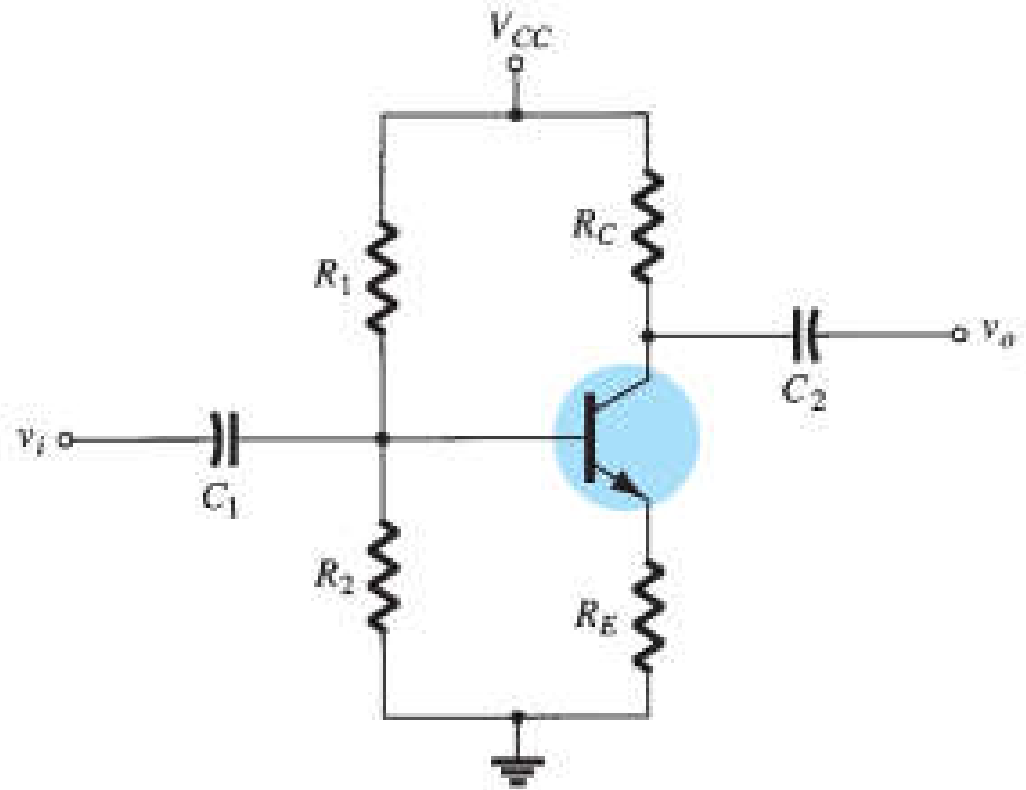
$$V_{BB} = I_B R_B + V_{BE} + I_E R_E$$

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

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

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

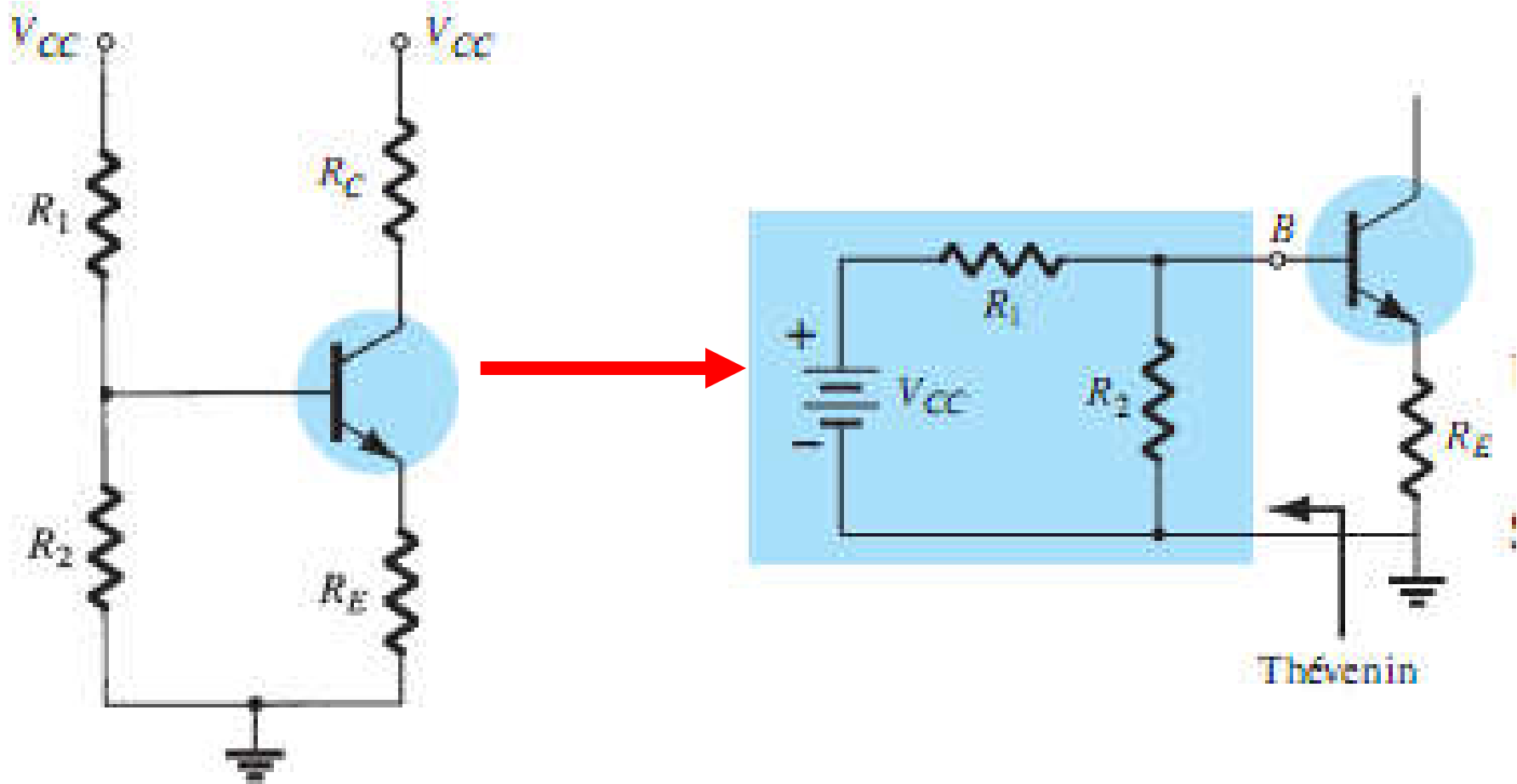
2.3.5. Phân cực bằng cầu phân áp



Tọa độ điểm làm việc tĩnh: Q
$$\begin{cases} I_{BQ} = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B + (1 + \beta)R_E} \\ I_{CQ} = \beta I_{BQ} \\ V_{CEQ} = V_{CC} - I_{CQ}(R_C + R_E) \end{cases}$$

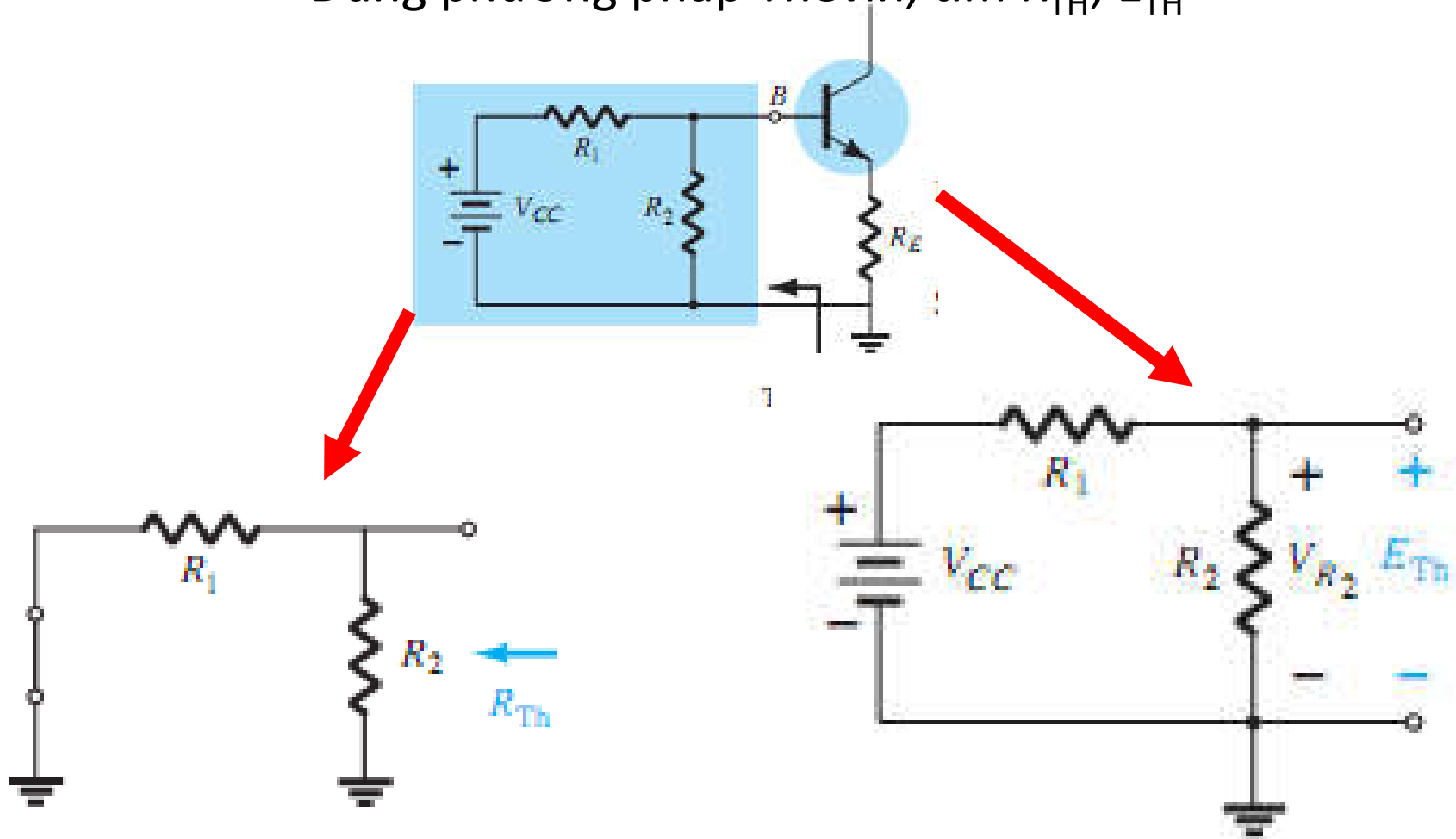
Phần đọc thêm

- Dùng phương pháp Thevin, tìm R_{TH} ; E_{TH}



Phần đọc thêm

- Dùng phương pháp Thevin, tìm R_{TH} ; E_{TH}

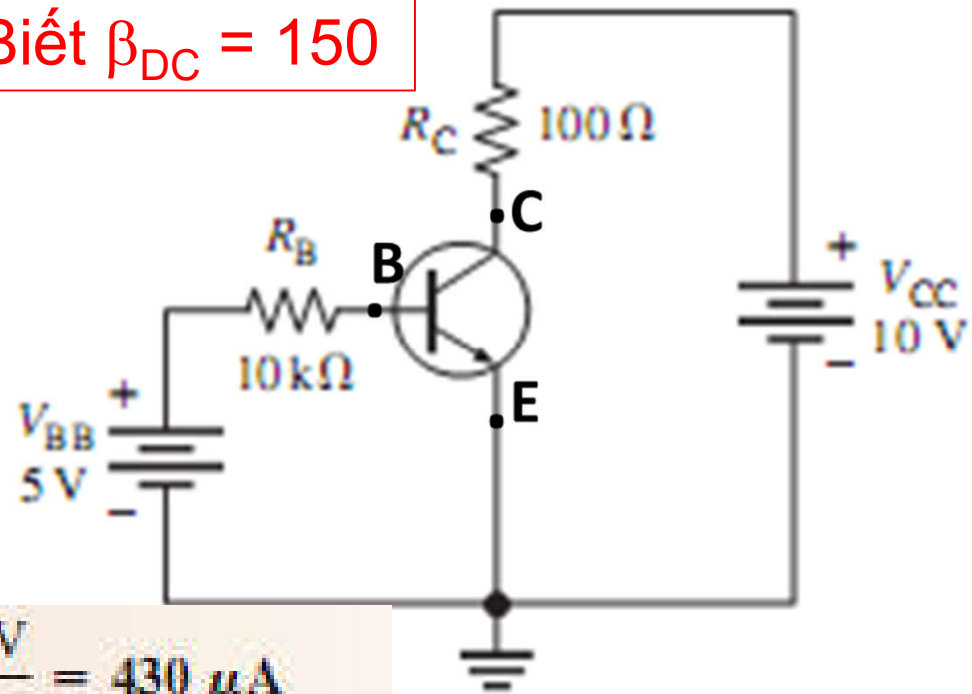


$$R_{TH} = R_1 \parallel R_2$$

$$E_{TH} = V_{R_2} = \frac{R_2 V_{CC}}{R_1 + R_2}$$

Ví dụ 1:

Xác định I_B ; I_C ; I_E ; V_{CE} ; V_{CB} . Biết $\beta_{DC} = 150$



$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B} = \frac{5\text{ V} - 0.7\text{ V}}{10\text{ k}\Omega} = 430\text{ }\mu\text{A}$$

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

$$I_E = I_C + I_B = 64.5\text{ mA} + 430\text{ }\mu\text{A} = 64.9\text{ mA}$$

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

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

?

Ví dụ 2:

Cho mạch phân cực BJT như hình vẽ.

- Tìm tọa độ điểm làm việc tĩnh Q
- Xác định điện thế tại các chân cực

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B + (\beta + 1)R_E} = \frac{20 \text{ V} - 0.7 \text{ V}}{430 \text{ k}\Omega + (51)(1 \text{ k}\Omega)}$$

$$= \frac{19.3 \text{ V}}{481 \text{ k}\Omega} = 40.1 \mu\text{A}$$

$$I_C = \beta I_B$$

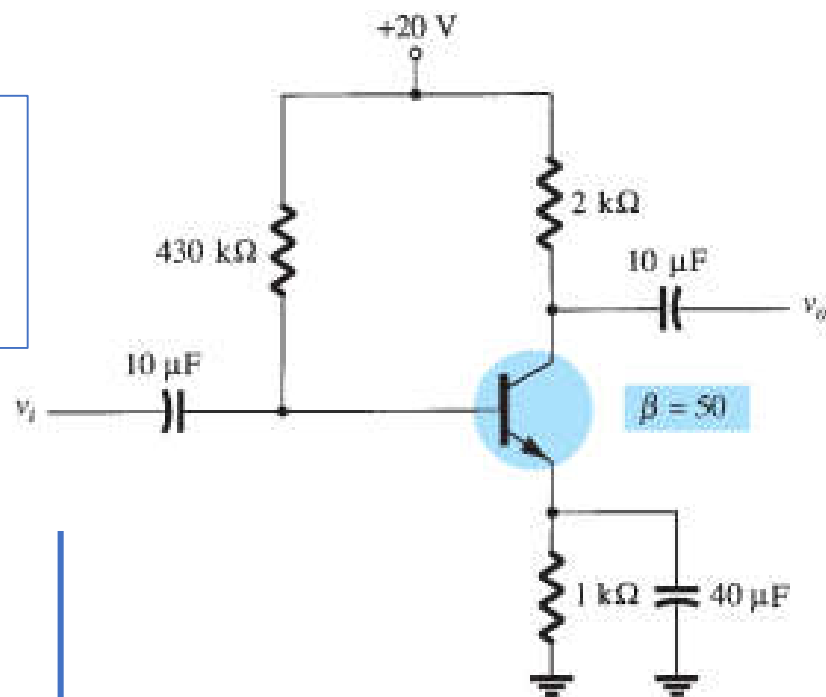
$$= (50)(40.1 \mu\text{A})$$

$$\cong 2.01 \text{ mA}$$

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

$$= 20 \text{ V} - (2.01 \text{ mA})(2 \text{ k}\Omega + 1 \text{ k}\Omega) = 20 \text{ V} - 6.03 \text{ V}$$

$$= 13.97 \text{ V}$$



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

$$= 20 \text{ V} - (2.01 \text{ mA})(2 \text{ k}\Omega) = 20 \text{ V} - 4.02 \text{ V}$$

$$= 15.98 \text{ V}$$

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

$$= 15.98 \text{ V} - 13.97 \text{ V}$$

$$= 2.01 \text{ V}$$

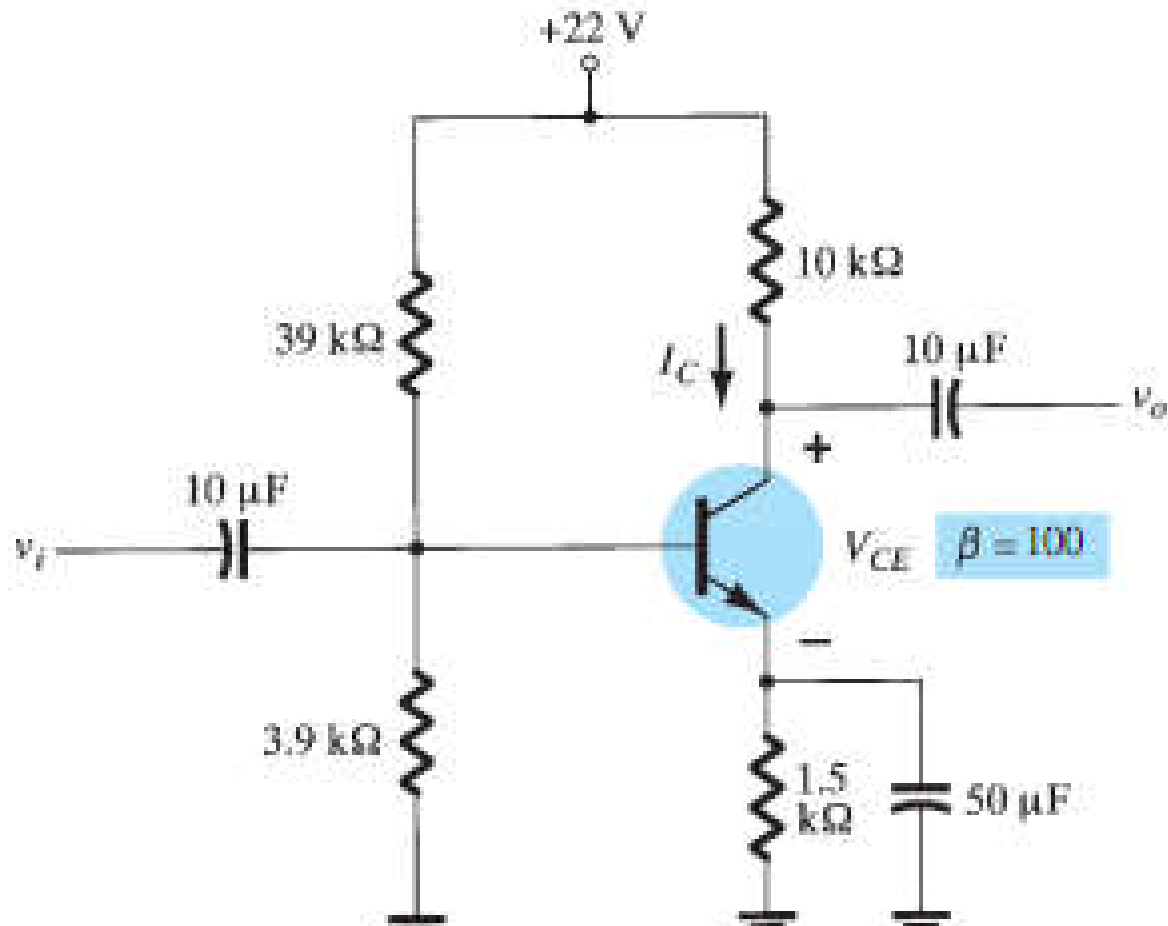
$$V_B = V_{BE} + V_E$$

$$= 0.7 \text{ V} + 2.01 \text{ V}$$

$$= 2.71 \text{ V}$$

? Ví dụ 3:

Cho mạch phân cực BJT như hình vẽ. Tìm tọa độ điểm làm việc tĩnh Q



? Ví dụ 3:

Dùng phương pháp Thevin, biến đổi tương đương mạch thành sơ đồ dưới đây:

$$R_B = R_{B1} \parallel R_{B2} \Rightarrow R_B = \frac{R_{B1} R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}} = \frac{(39 \text{ k}\Omega)(3.9 \text{ k}\Omega)}{39 \text{ k}\Omega + 3.9 \text{ k}\Omega} = 3.55 \text{ k}\Omega$$

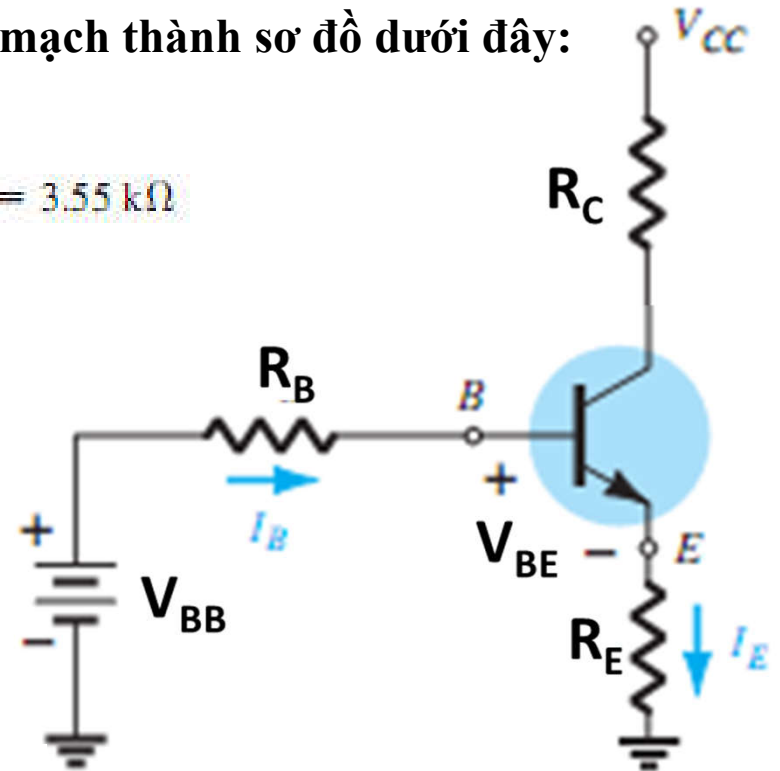
$$V_{BB} = \frac{R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}} V_{CC} = \frac{(3.9 \text{ k}\Omega)(22 \text{ V})}{39 \text{ k}\Omega + 3.9 \text{ k}\Omega} = 2 \text{ V}$$

$$V_{BB} = I_B R_B + V_{BE} + R_E I_E$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow I_B &= \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B + (1 + \beta) R_E} \\ &= \frac{2 \text{ V} - 0.7 \text{ V}}{3.55 \text{ k}\Omega + (101)(1.5 \text{ k}\Omega)} = \frac{1.3 \text{ V}}{3.55 \text{ k}\Omega + 151.5 \text{ k}\Omega} \\ &= 8.38 \mu\text{A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_C &= \beta I_B \\ &= (100)(8.38 \mu\text{A}) \\ &= 0.84 \text{ mA} \end{aligned}$$

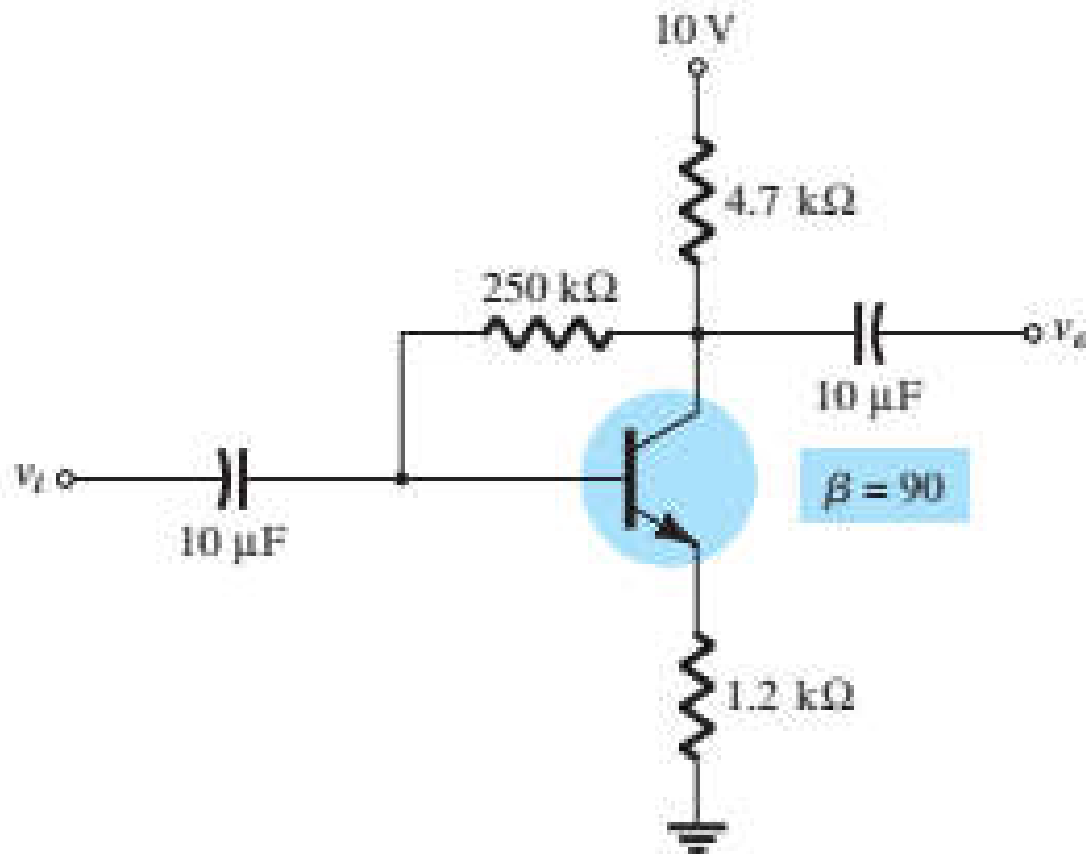
$$\begin{aligned} V_{CE} &= V_{CC} - I_C(R_C + R_E) \\ &= 22 \text{ V} - (0.84 \text{ mA})(10 \text{ k}\Omega + 1.5 \text{ k}\Omega) \\ &= 22 \text{ V} - 9.66 \text{ V} \\ &= 12.34 \text{ V} \end{aligned}$$



?

Ví dụ 4:

Cho mạch phân cực BJT như hình vẽ. Tìm tọa độ điểm phân cực Q



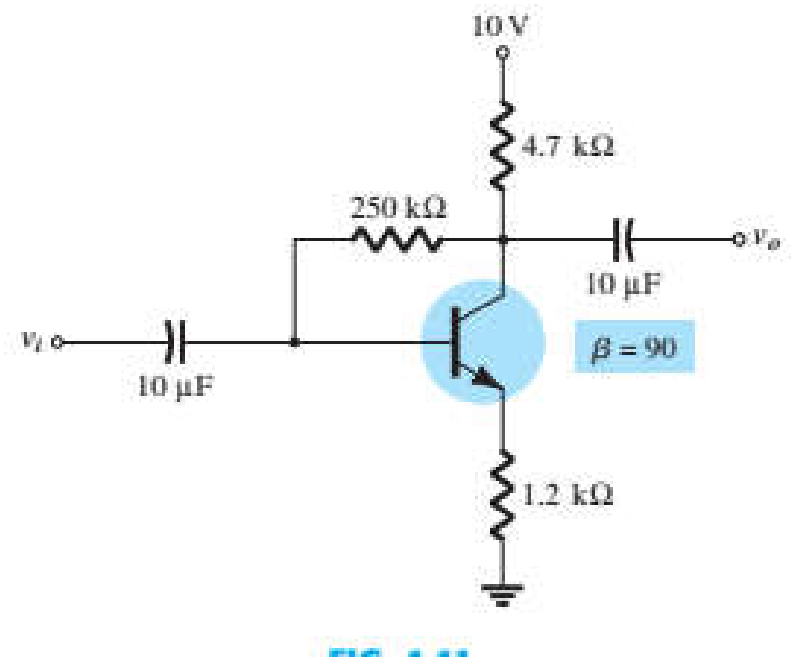
?

Ví dụ 4:

$$\begin{aligned}
 \therefore I_B &= \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_F + \beta(R_C + R_E)} \\
 &= \frac{10 \text{ V} - 0.7 \text{ V}}{250 \text{ k}\Omega + (90)(4.7 \text{ k}\Omega + 1.2 \text{ k}\Omega)} \\
 &= \frac{9.3 \text{ V}}{250 \text{ k}\Omega + 531 \text{ k}\Omega} = \frac{9.3 \text{ V}}{781 \text{ k}\Omega} \\
 &= 11.91 \mu\text{A}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_{CQ} &= \beta I_B = (90)(11.91 \mu\text{A}) \\
 &= \mathbf{1.07 \text{ mA}}
 \end{aligned}$$

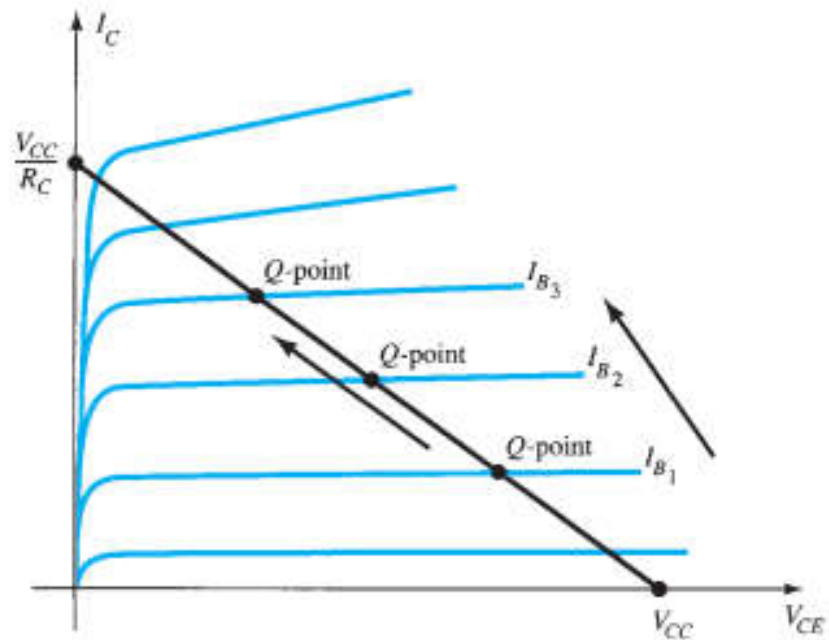
$$\begin{aligned}
 V_{CEQ} &= V_{CC} - I_C(R_C + R_E) \\
 &= 10 \text{ V} - (1.07 \text{ mA})(4.7 \text{ k}\Omega + 1.2 \text{ k}\Omega) \\
 &= 10 \text{ V} - 6.31 \text{ V} \\
 &= \mathbf{3.69 \text{ V}}
 \end{aligned}$$



2.4. Đường tải một chiều, đường tải xoay chiều và điều kiện max-swing

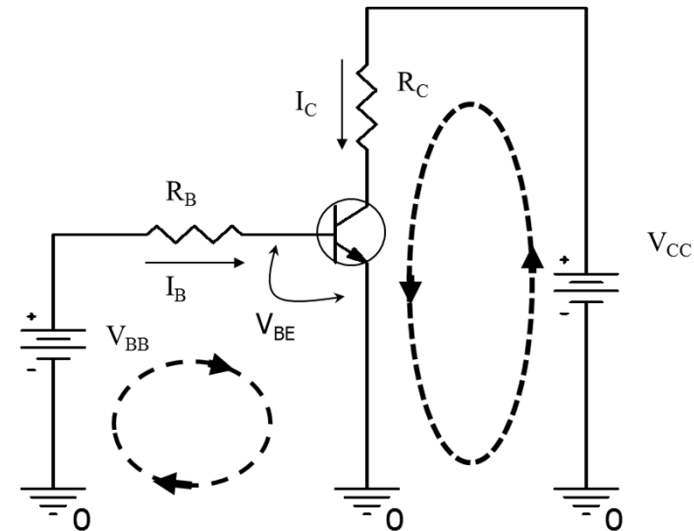
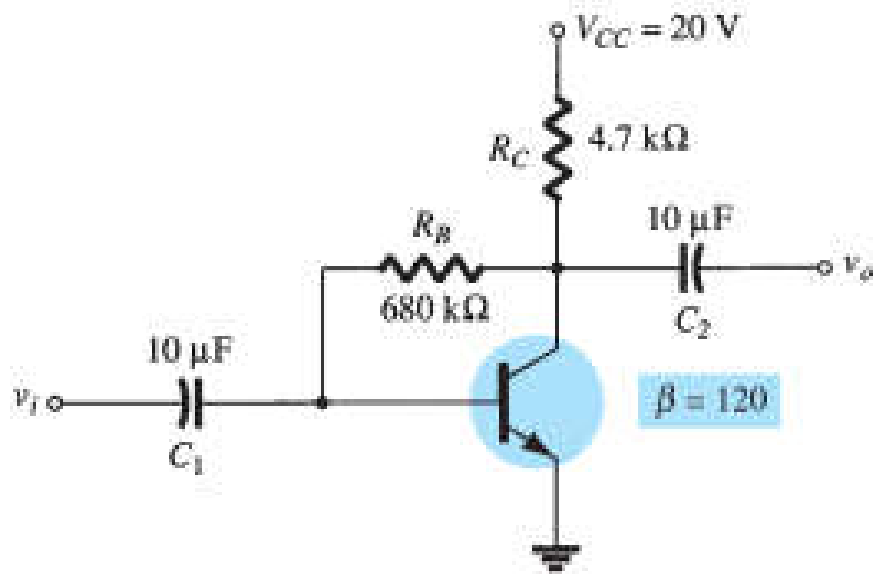
2.4.1. Đường tải một chiều (Đường tải tĩnh (DCLL))

- Đường tải 1 chiều (DC Load Line - DCLL) là đường biểu diễn mối quan hệ giữa điện áp và dòng điện 1 chiều qua BJT.



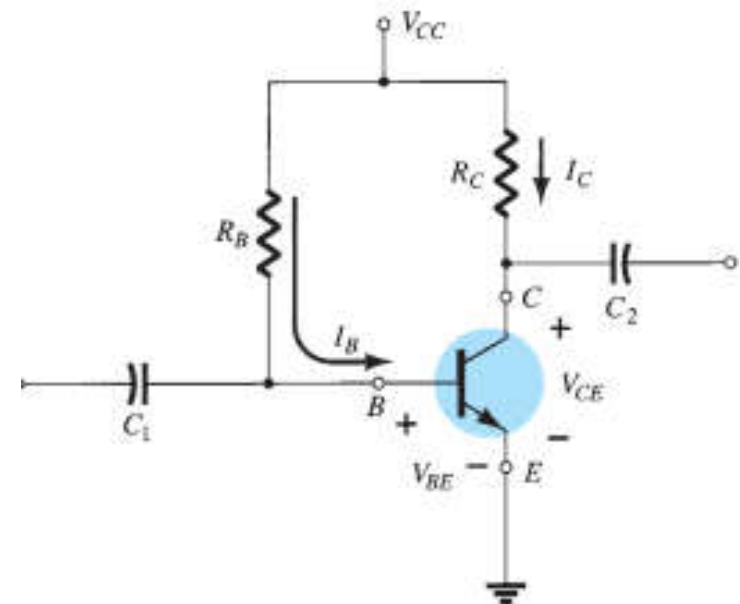
2.4.1. Đường tải một chiều (Đường tải tĩnh (DCLL))

Mạch phân cực không có R_E



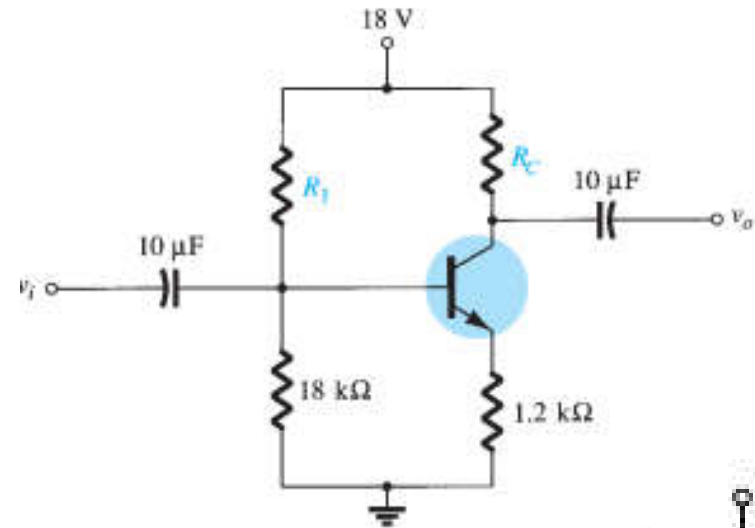
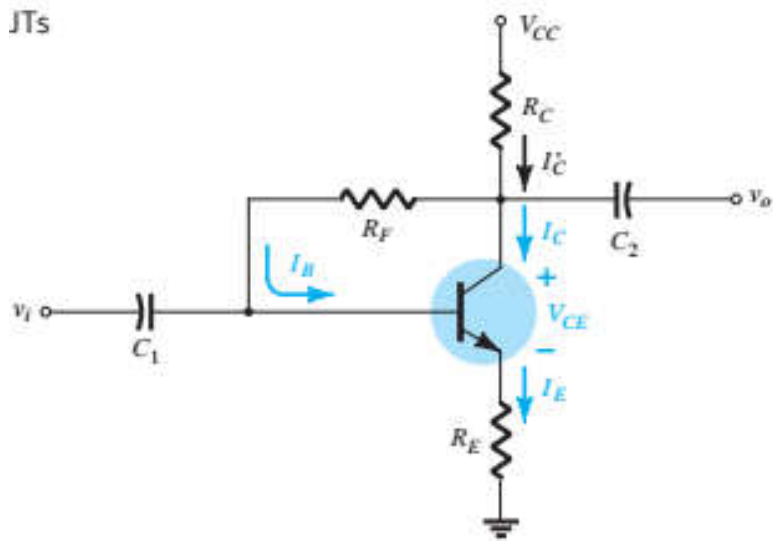
Phương trình đường tải tĩnh:

$$I_C = -\frac{1}{R_C} V_{CE} + \frac{V_{CC}}{R_C}$$



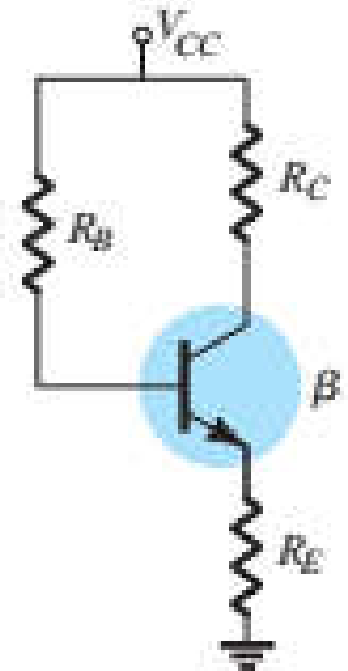
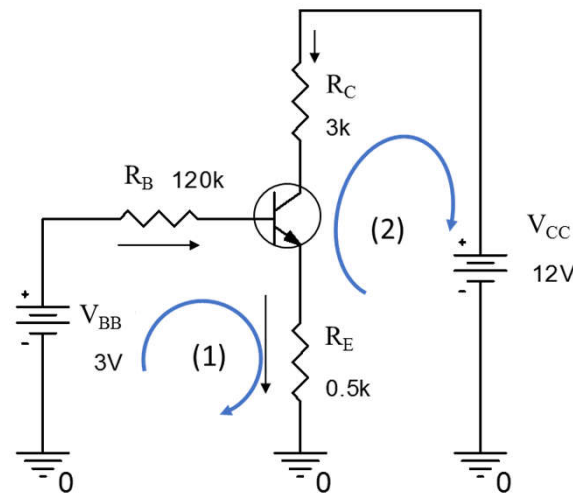
2.4.1. Đường tải một chiều (Đường tải tĩnh (DCLL))

Mạch phân cực có R_E



Phương trình đường tải tĩnh:

$$I_C = -\frac{1}{R_C + R_E} V_{CE} + \frac{V_{CC}}{R_C + R_E}$$

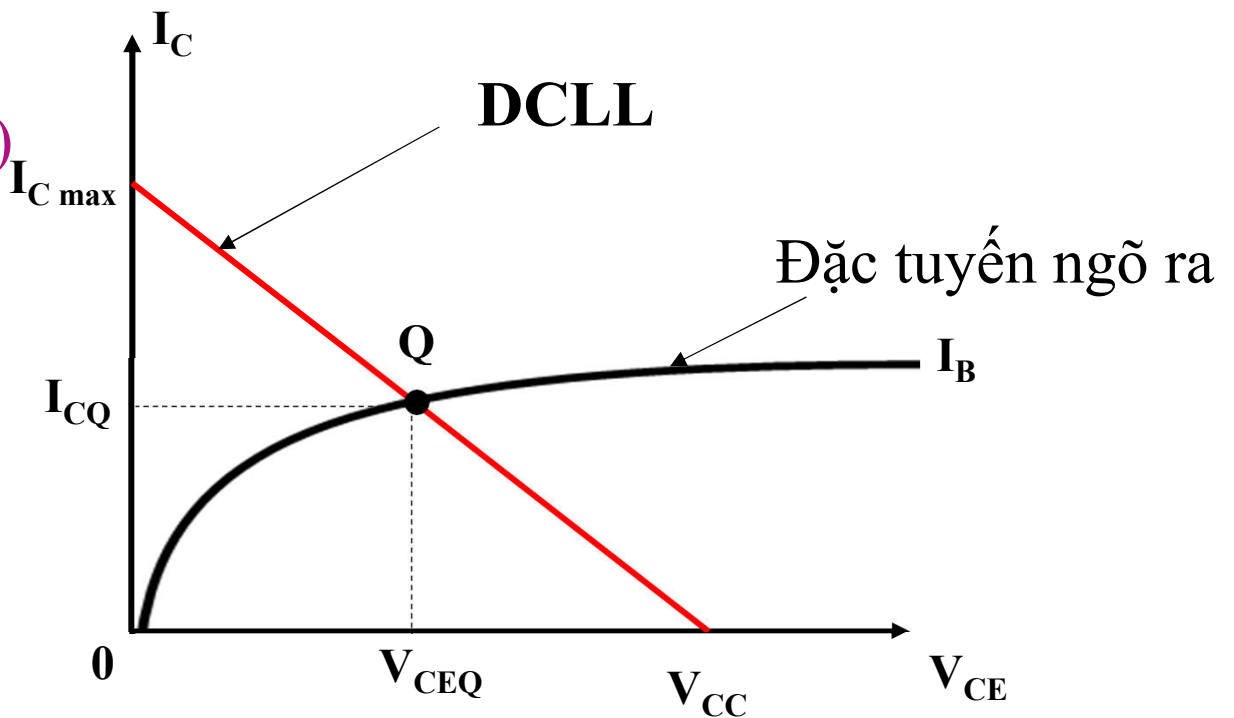


2.4.1. Đường tải một chiều (Đường tải tĩnh (DCLL))

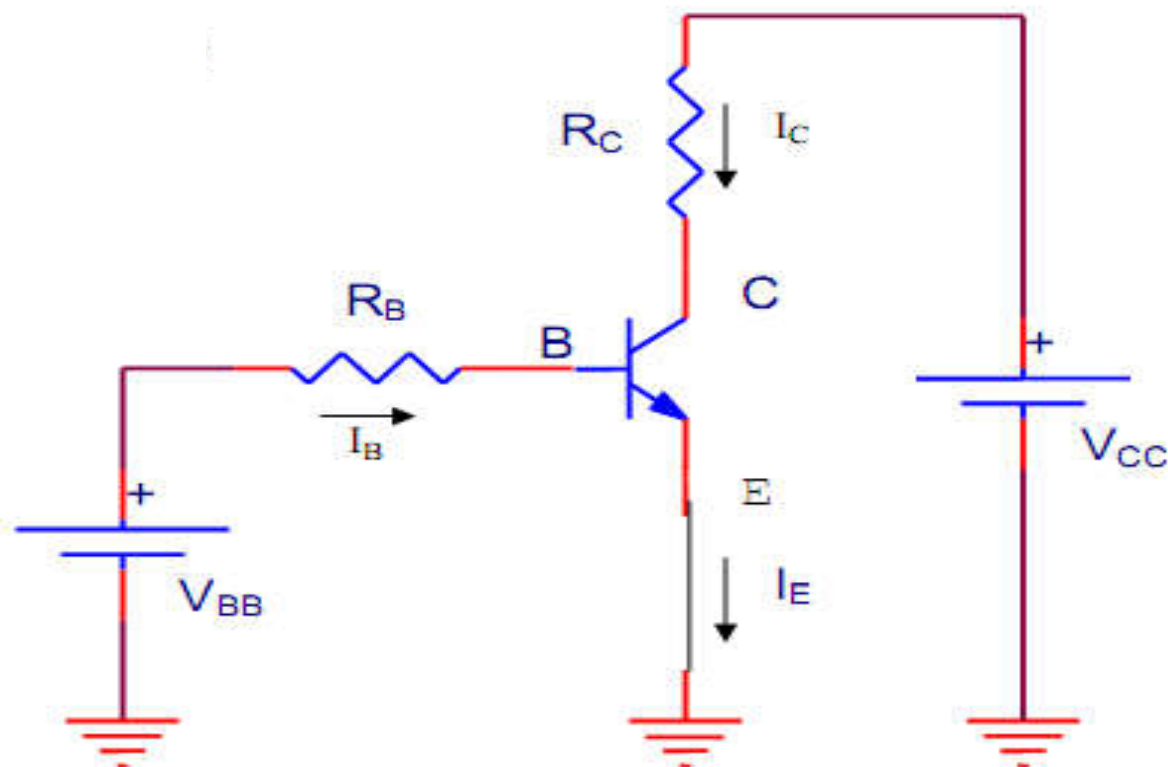
Vẽ đồ thị đường tải tĩnh $I_C = -\frac{1}{R_C} V_{CE} + \frac{V_{CC}}{R_C}$

- Xác định tọa độ giao điểm của đường tải tĩnh với trục tung:
 $V_{CE} = 0; I_{C \max} = V_{CC}/R_C$
- Xác định tọa độ giao điểm của đường tải tĩnh với trục hoành:
 $I_C = 0; V_{CE} = V_{CC}$

- ❖ Đường tải tĩnh (DCLL) là tập hợp quỹ tích điểm làm việc Q
- ❖ Điểm làm việc Q là giao điểm của đường tải tĩnh DCLL với đặc tuyến ngõ ra



Ví dụ 5 : Cho mạch phân cực BJT như hình vẽ



với $V_{CC} = 12V$;

$\beta = 100$;

$V_{BB} = 3V$;

$R_C = 3k$;

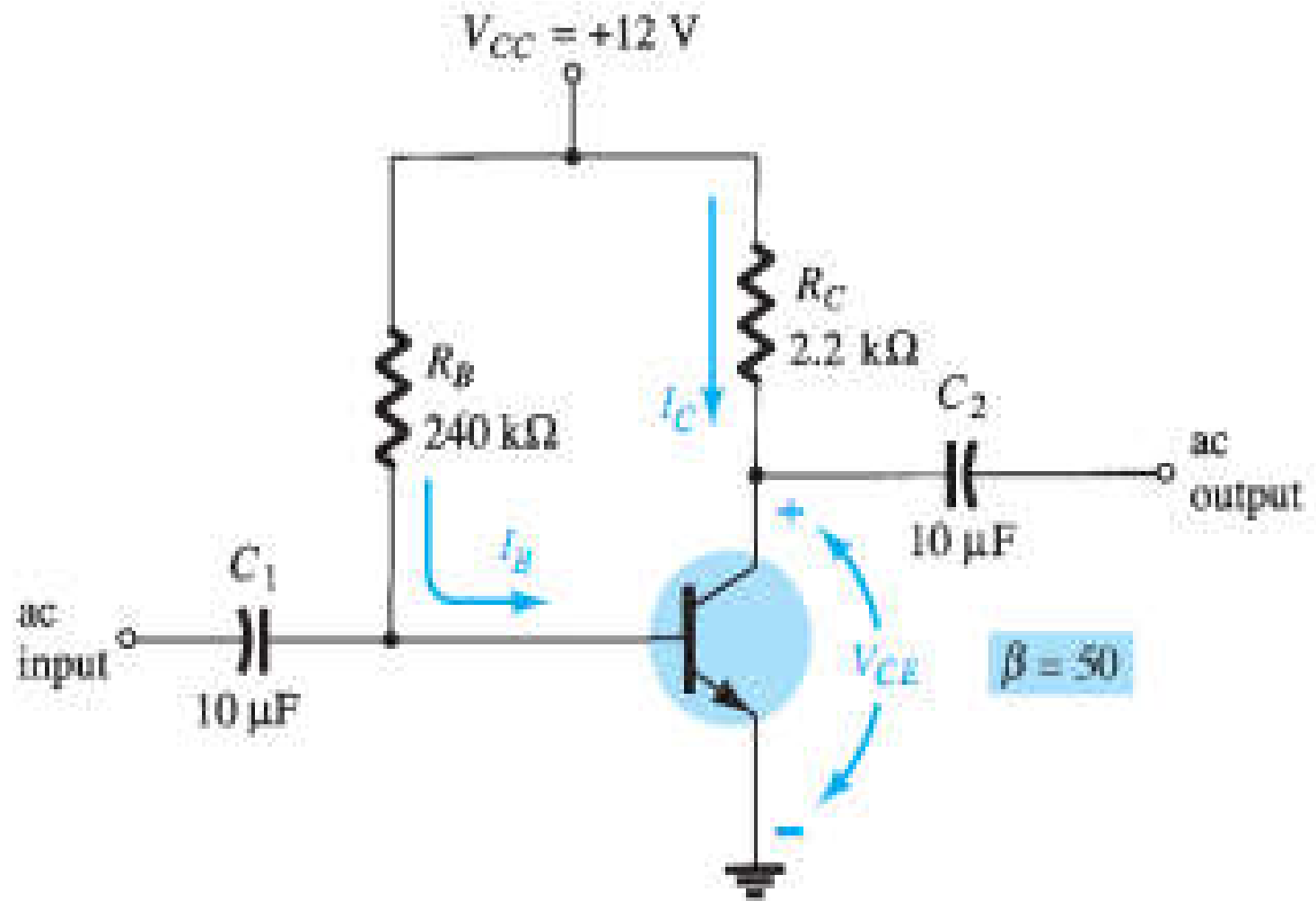
$V_{BE} = 0,6V$;

$R_B = 120k$

- Xác định tọa độ điểm phân cực Q.
- Viết phương trình đường tải tĩnh, vẽ đường tải tĩnh.
- Xác định điện thế tại các cực của BJT.

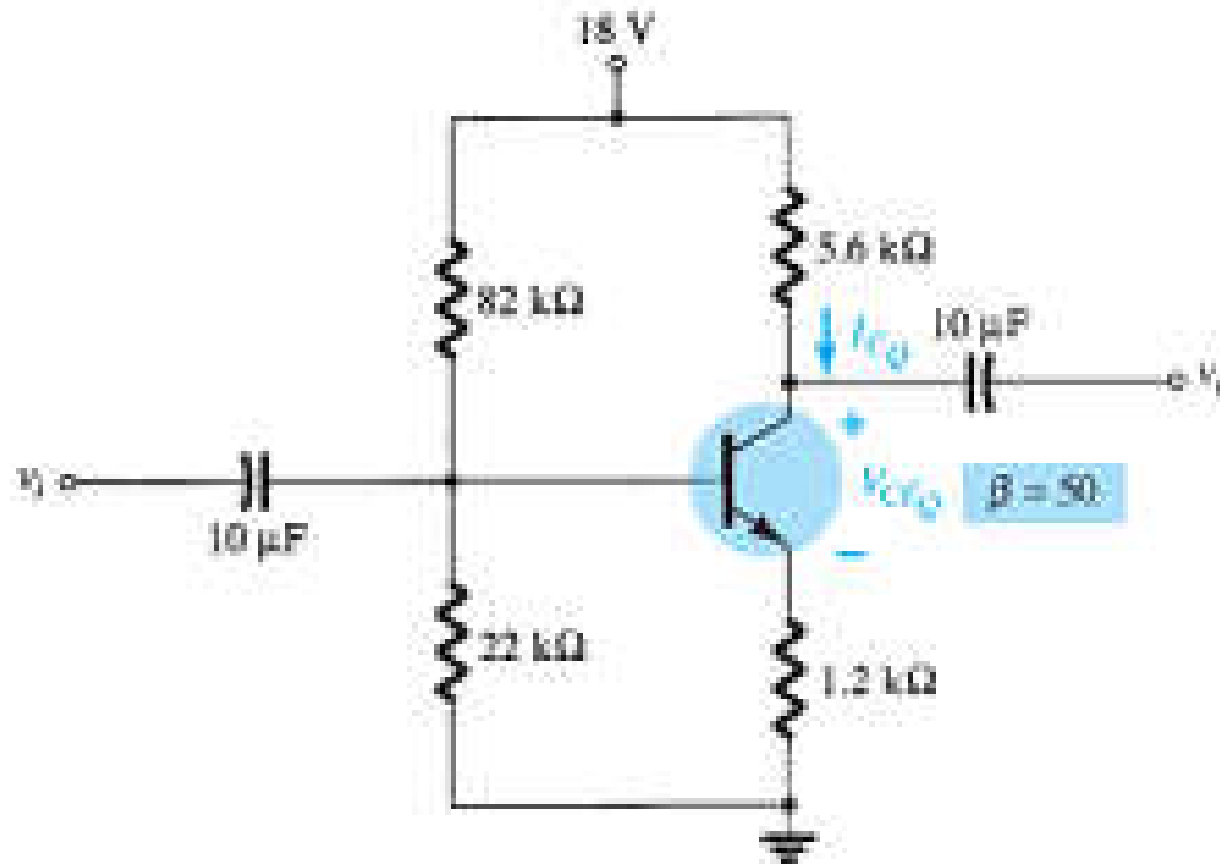
Ví dụ 6 : Cho mạch phân cực BJT như hình vẽ

- Tìm tọa độ điểm Q
- Viết phương trình và vẽ đồ thị đường tải tĩnh



Ví dụ 7 : Cho mạch phân cực BJT như hình vẽ

- Tìm tọa độ điểm Q
- Viết phương trình và vẽ đồ thị đường tải tĩnh DCLL



2.4.2. Đường tải xoay chiều (ACLL)

- Đường tải xoay chiều (AC Load Line – ACLL) là đường thể hiện mối quan hệ giữa điện áp và dòng điện tức thời qua BJT.

Quy ước:

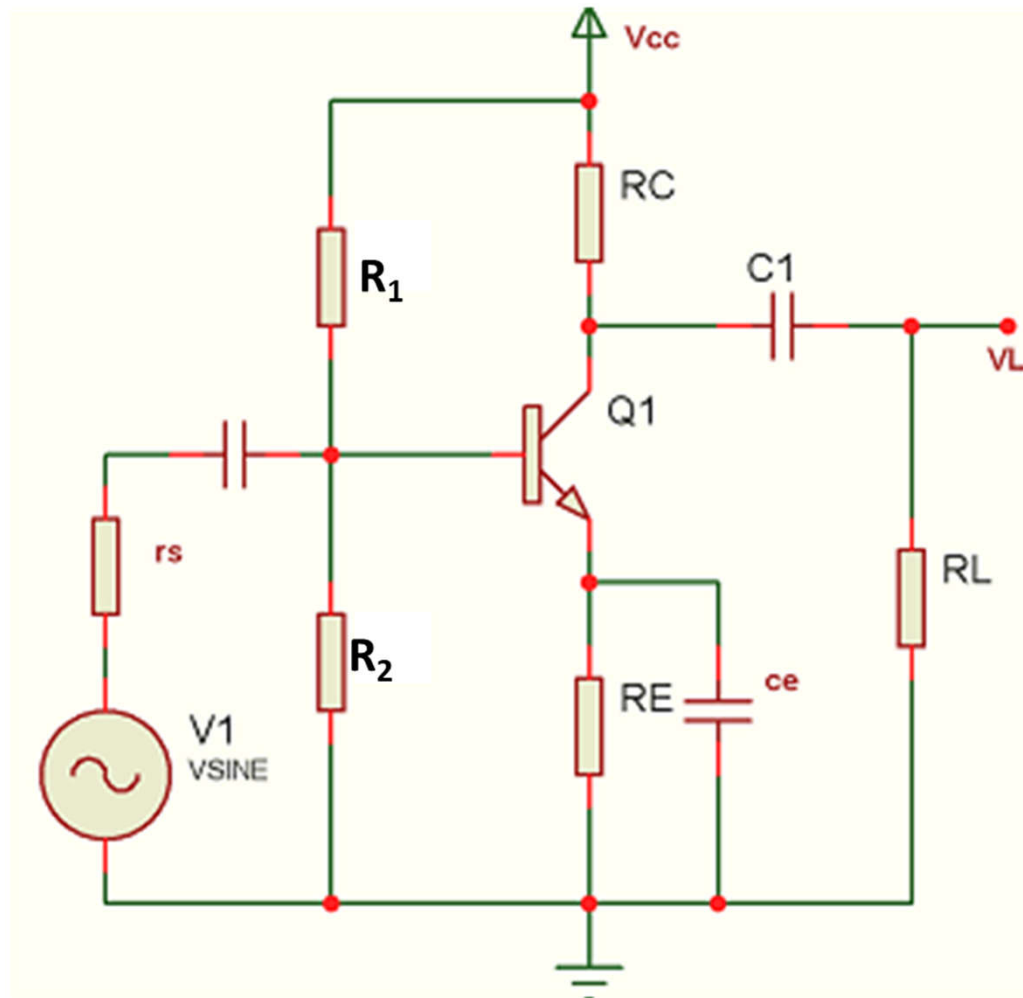
- $i_C(t)$, $v_{CE}(t)$: giá trị dòng điện và điện áp tức thời qua BJT
- I_{CQ} , V_{CEQ} : giá trị dòng điện và điện áp DC qua BJT
- $i_c(t)$, $v_{ce}(t)$: giá trị dòng điện và điện áp xoay chiều (ac) qua BJT

$$i_C(t) = I_{CQ} + i_c(t)$$

$$v_{CE}(t) = V_{CEQ} + v_{ce}(t)$$

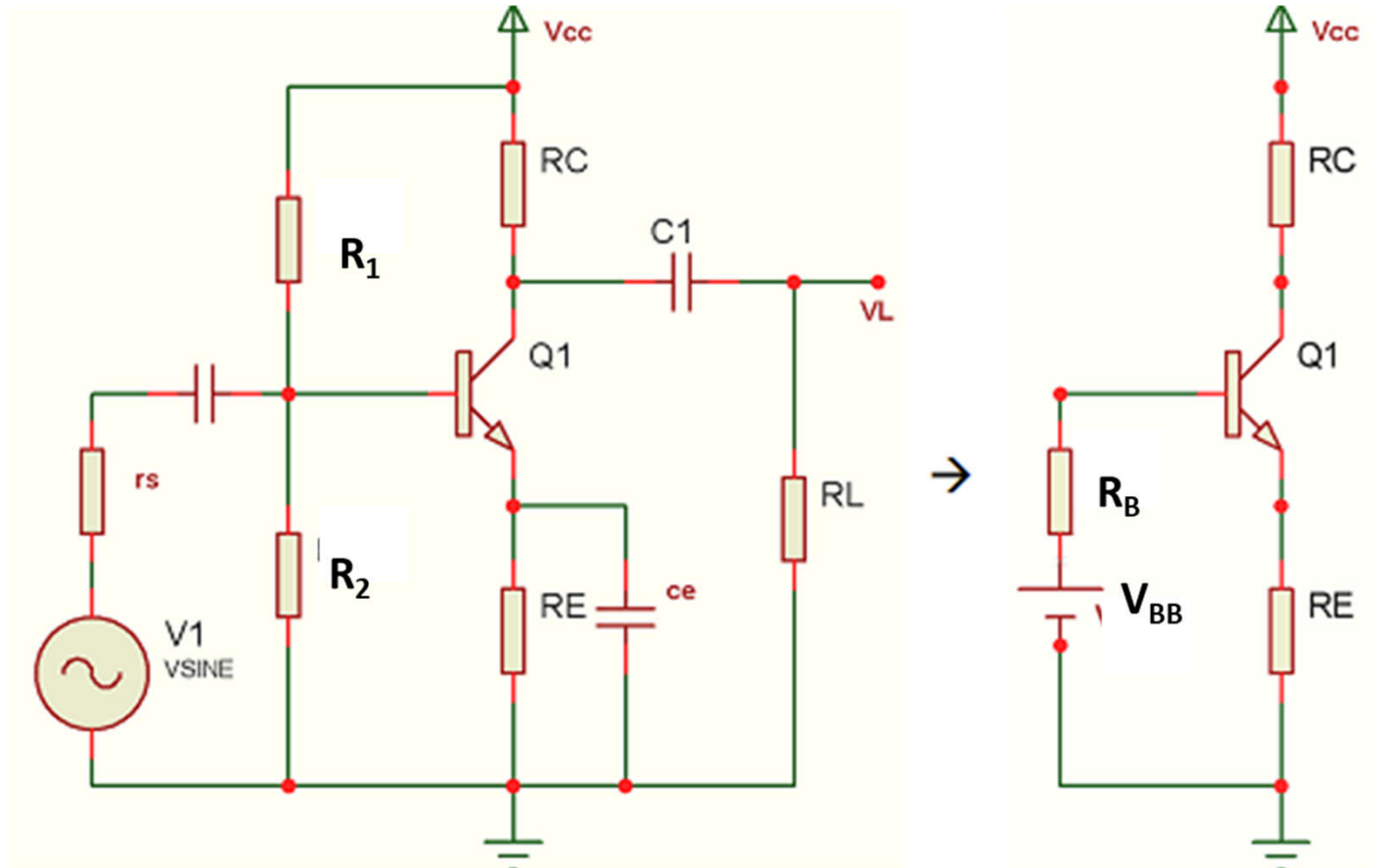
2.4.2. Đường tải xoay chiều (ACLL)

Cho sơ đồ BJT như hình vẽ sau. Viết phương trình và vẽ đồ thị DCLL và ACLL



2.4.2. Đường tải xoay chiều (ACLL)

Dùng PP Thevin biến đổi tương đương mạch



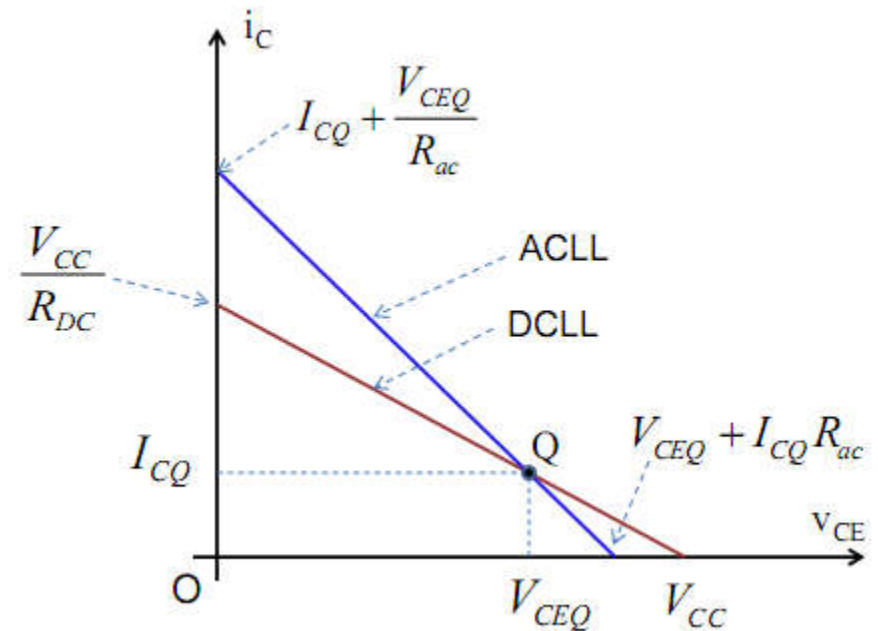
2.4.2. Đường tải xoay chiều (ACLL)

- DCLL

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

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C R_{DC} \quad \rightarrow \quad R_{DC} = R_C + R_E$$

$$I_C = -\frac{1}{R_{DC}} V_{CE} + \frac{V_{CC}}{R_{DC}}$$



- ACLL

$$i_c(R_L // R_C) + v_{ce} = 0$$

$$i_c R_{ac} + v_{ce} = 0 \quad \rightarrow \quad R_{ac} = R_L // R_C$$

$$(i_C - I_{CQ})R_{ac} + (v_{CE} - V_{CEQ}) = 0$$

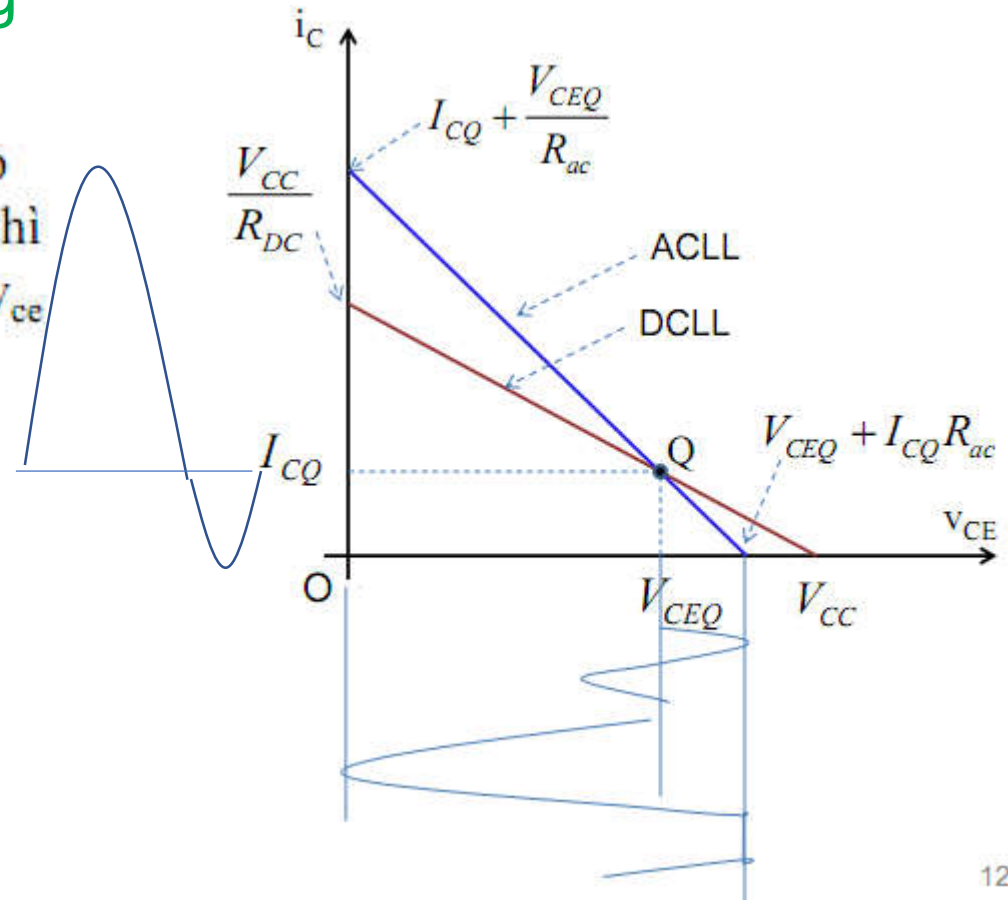
$$\rightarrow \text{ACLL} \quad v_{CE} = V_{CEQ} - (i_C - I_{CQ})R_{ac}$$

$$i_C = -\frac{1}{R_{ac}} v_{CE} + \frac{V_{CEQ} + I_{CQ}R_{ac}}{R_{ac}}$$

2.4.3. Điều kiện max swing

Với mạch phân cực có sẵn, để dao động cực đại không bị méo dạng thì phải chọn biên độ của dòng i_c và v_{ce} thỏa điều kiện:

$$\begin{cases} i_{cm} = \min(I_{CQ}, \frac{V_{CEQ}}{R_{ac}}) \\ v_{cm} = \min(V_{CEQ}, I_{CQ}R_{ac}) \end{cases}$$



2.4.3. Điều kiện max swing

Điều kiện maxswing: Là điều kiện để cho mạch có dao động cực đại mà không bị méo dạng:

→ Chọn điểm Q là điểm nằm giữa của đường tải ACLL

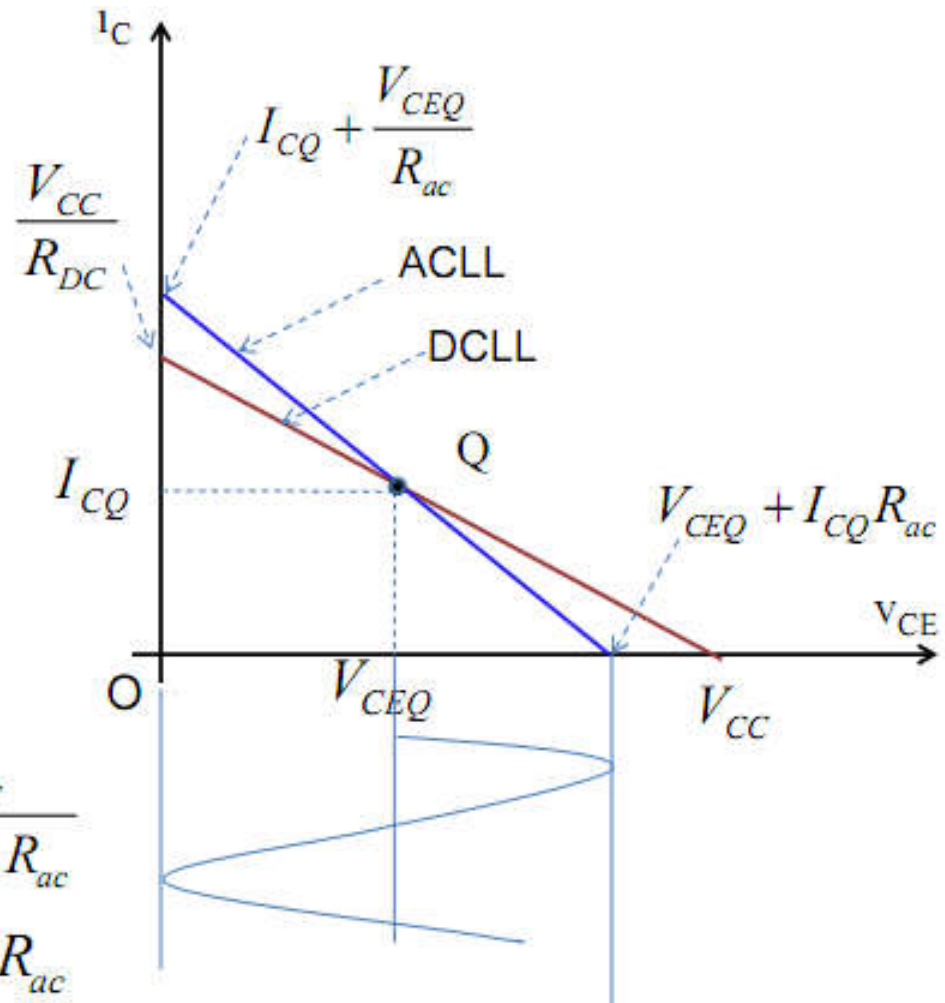
$$V_{CEQ} = I_{CQ} R_{ac}$$

Từ phương trình DCLL:

$$V_{CEQ} = V_{CC} - I_{CQ} R_{DC}$$

$$\rightarrow I_{CQ} = \frac{V_{CC}}{R_{DC} + R_{ac}}$$

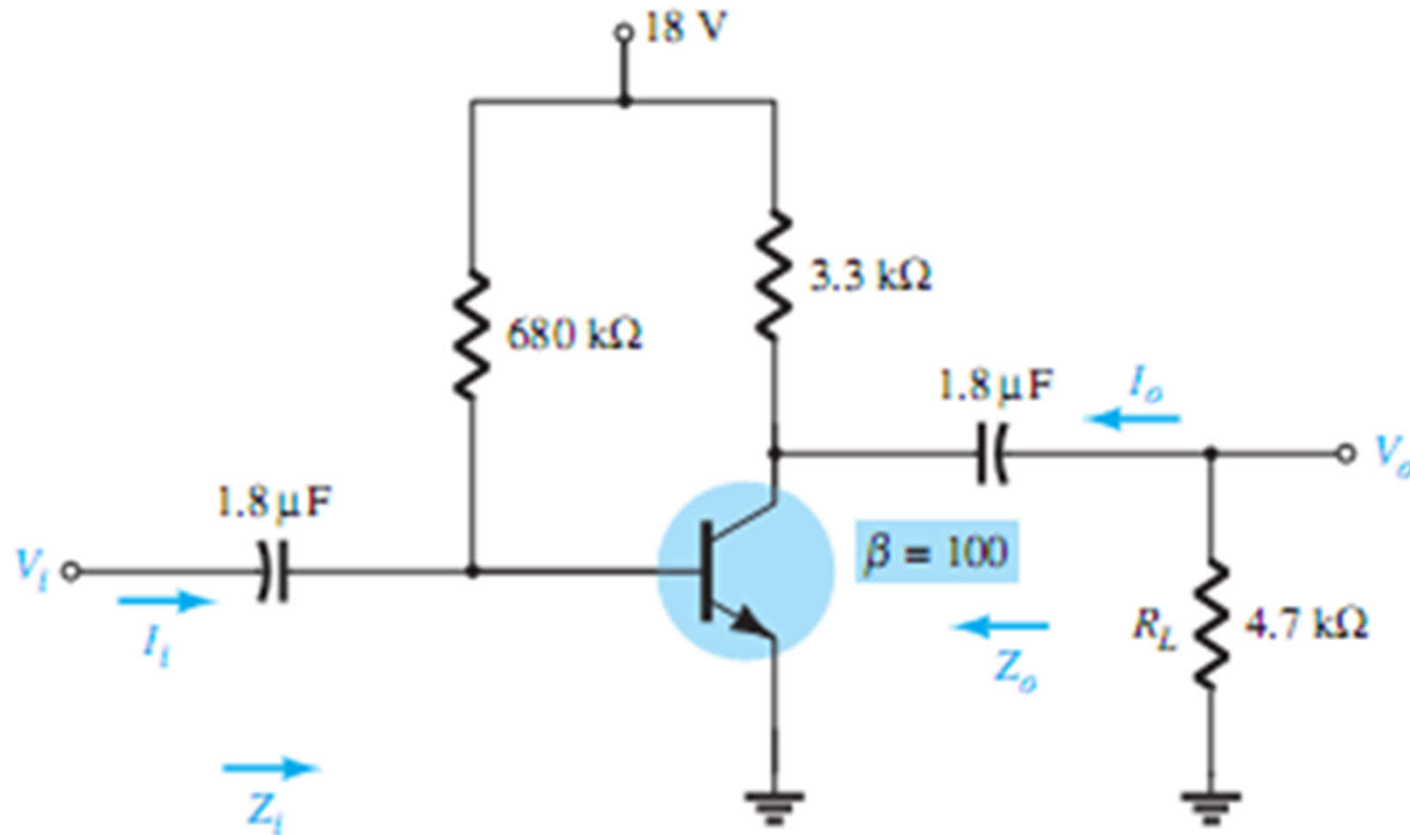
Điều kiện maxswing:
$$\begin{cases} I_{CQ} = \frac{V_{CC}}{R_{DC} + R_{ac}} \\ V_{CEQ} = I_{CQ} R_{ac} \end{cases}$$



Bộ khuếch đại thông thường được thiết kế ở chế độ tối ưu hay điều kiện đối xứng tốt nhất (max swing: Maximum symmetrical swing). Đây là chế độ sao cho sóng ra lớn nhất và không bị méo (I_{CQ} hoặc V_{LQ}).

Ví dụ 8 : Cho mạch BJT như hình vẽ

- Tìm tọa độ điểm Q
- Viết phương trình và vẽ đồ thị đường tải tĩnh DCLL và ACLL



Ví dụ 9 : Cho mạch BJT như hình vẽ

- Tìm tọa độ điểm Q
- Viết phương trình và vẽ đồ thị đường tải tĩnh DCLL và ACLL

