

# CHƯƠNG 5 TRANSISTOR LƯỠNG CỰC

## NỘI DUNG

- 5.11 Điểm làm việc tĩnh
- 5.12 Phương pháp phân tích mạch phân cực
- 5.13 Mạch phân cực cố định
- 5.14 Mạch phân cực hồi tiếp Emitter
- 5.15 Mạch phân cực bằng phân áp
- 5.16 Mạch phân cực hồi tiếp Collector



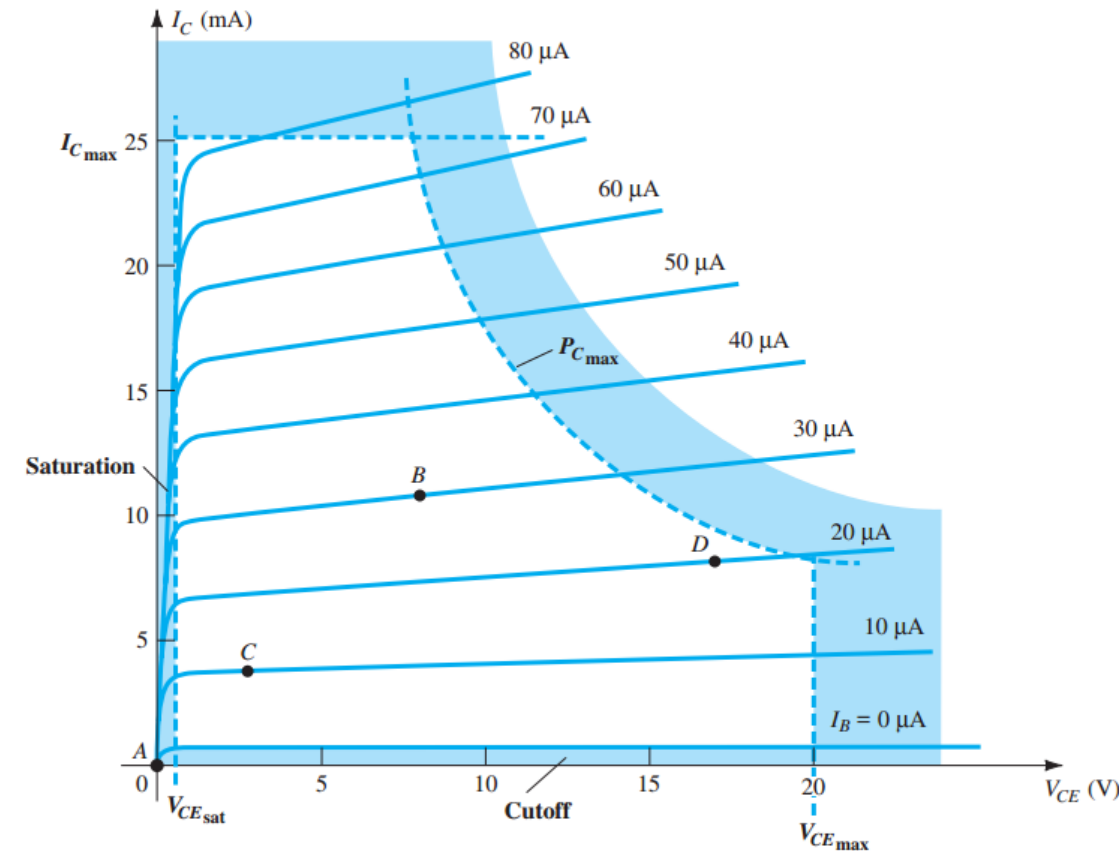
## 5.11 ĐIỂM LÀM VIỆC TĨNH

# Điểm làm việc tĩnh

- **Phân cực** (biasing) là sử dụng các nguồn điện áp DC để thiết lập các điện áp và dòng cố định.
- Đối với transistor, các điện áp và dòng cố định này sẽ tương ứng với một **điểm làm việc** (operating point) trên đặc tuyến của transistor và xác định vùng hoạt động của tín hiệu đưa vào.
- Bởi vì điểm làm việc là cố định trên đặc tuyến nên được gọi là **điểm làm việc tĩnh** (quiescent point) và được viết tắt là **điểm Q**.
- Khi đưa tín hiệu vào BJT đã phân cực, thì các dòng và điện áp trên các cực của BJT sẽ biến đổi theo tín hiệu vào, tuy nhiên chỉ xoay quanh điểm làm việc đã được thiết lập.

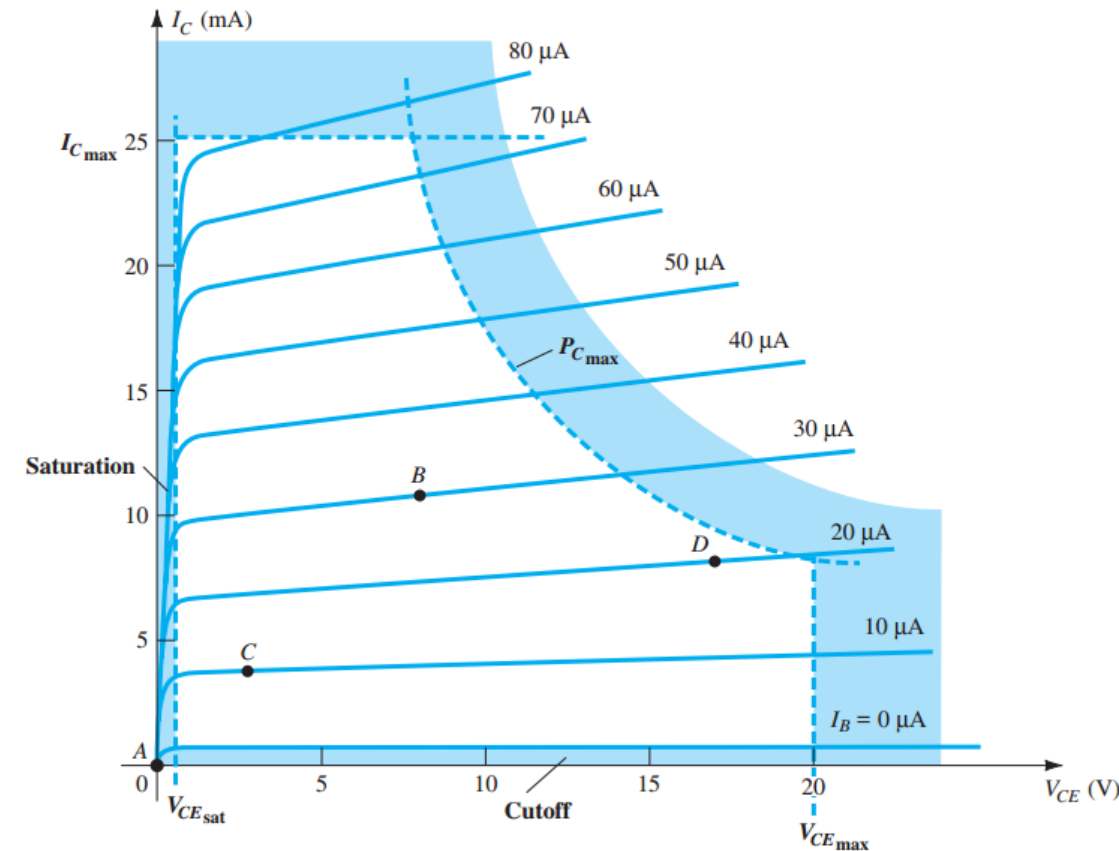
# Điểm làm việc tĩnh

- Cho đồ thị đặc tuyến của BJT với phạm vi vùng hoạt động được xác định.
- BJT có thể được phân cực để làm việc ngoài phạm vi hoạt động, tuy nhiên khi đó, sẽ ảnh hưởng không tốt đến BJT.
- Giả sử BJT cần được phân cực để hoạt động với chức năng khuếch đại. Ta tiến hành xem xét mức độ phù hợp của các điểm Q khác nhau (A, B, C, và D) đối với yêu cầu trên.



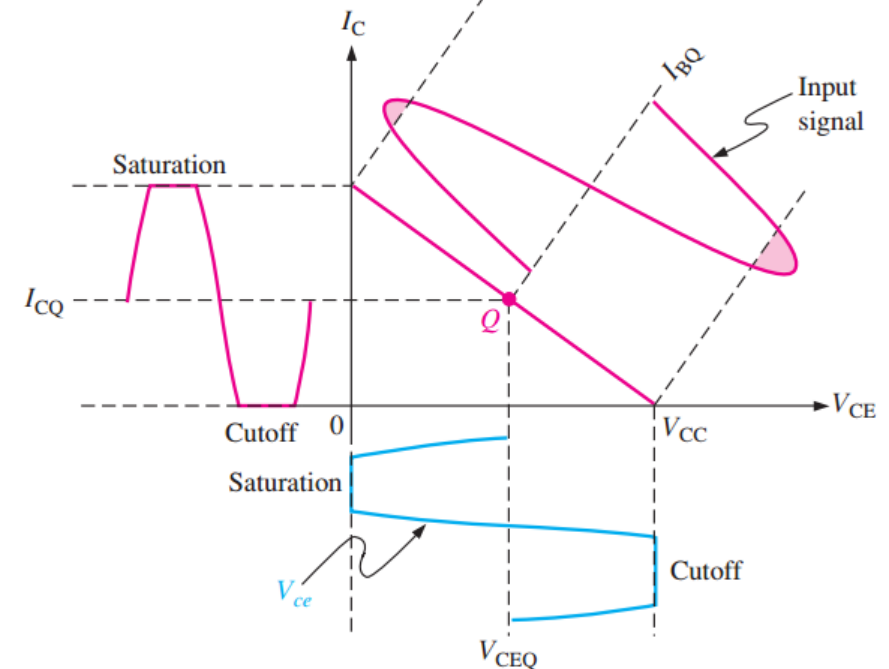
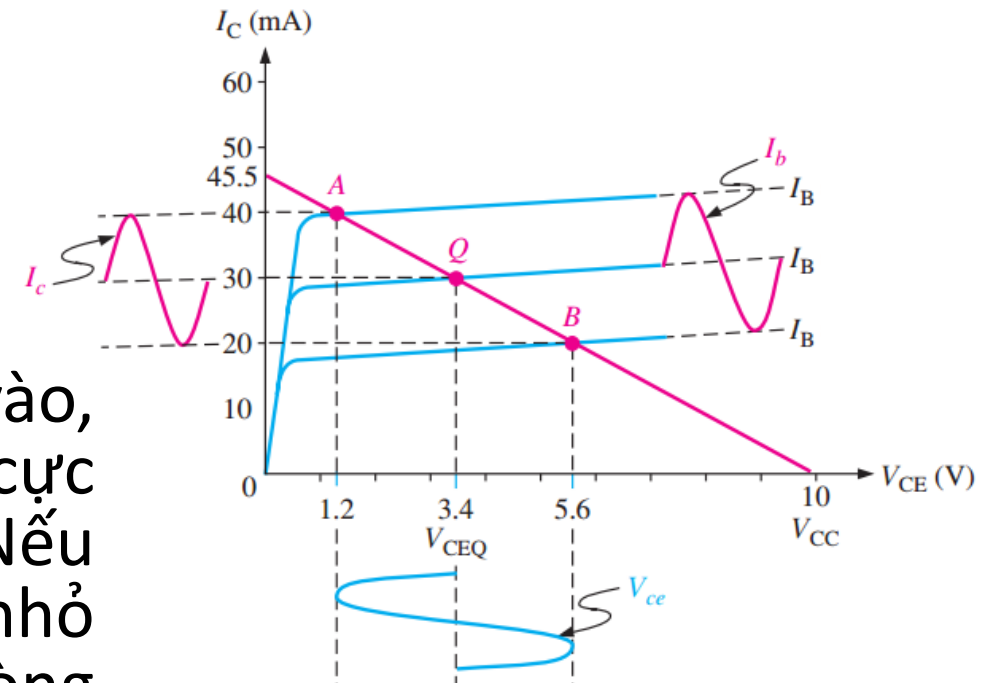
# Điểm làm việc tĩnh

- Để BJT có thể thực hiện chức năng khuếch đại, BJT cần được phân cực sao cho toàn bộ tín hiệu vào được nằm trong vùng tích cực, như vậy tín hiệu ra sẽ có dạng sóng giống tín hiệu vào với biên độ được khuếch đại mà không bị biến dạng hay bị xén.
- Điểm làm việc A tương ứng với không có dòng và điện áp trên các cực của BJT, tức là BJT ngắt. Do đó, điểm A không phù hợp cho chức năng khuếch đại.



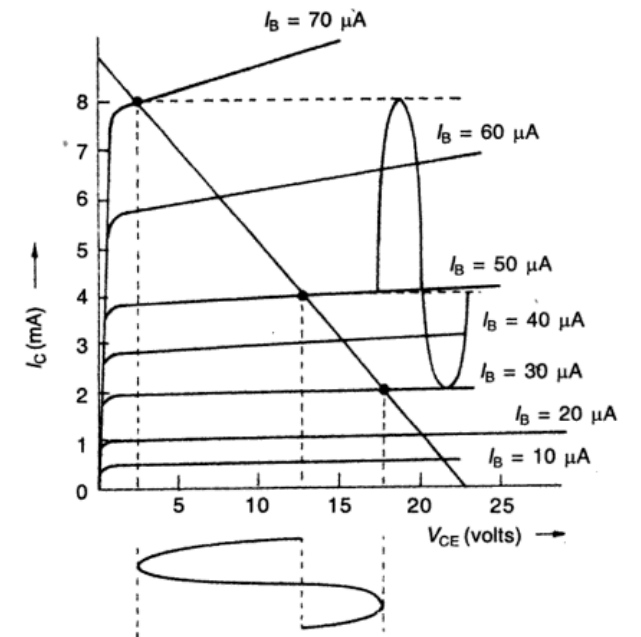
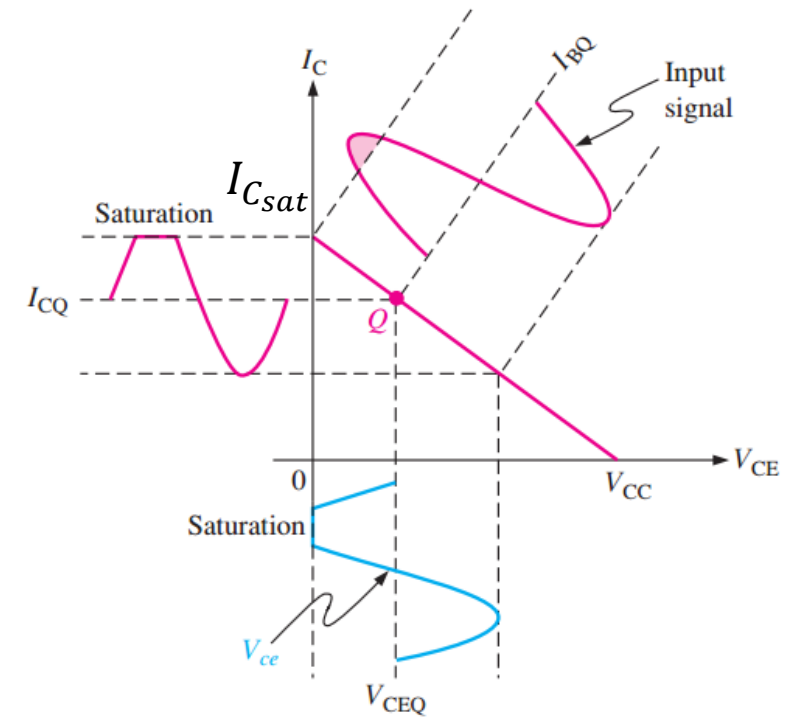
# Điểm làm việc tĩnh

- Đối với điểm làm việc B, khi cho tín hiệu vào, dòng và điện áp ( $i_B$ ,  $i_C$  và  $v_{CE}$ ) trên các cực BJT sẽ dao động quanh điểm làm việc B. Nếu tín hiệu đưa vào ( $i_B$ ) có biên độ đủ nhỏ (được gọi là **tín hiệu nhỏ**), thì các giá trị dòng và điện áp này sẽ biến thiên trong vùng tích cực mà không đi vào vùng ngắt hay vùng bão hòa.
- Tuy nhiên, nếu tín hiệu có biên độ lớn thì tín hiệu ngõ ra có thể đi vào vùng ngắt hay vùng bão hòa.
- Như vậy, điểm làm việc B phù hợp với chức năng khuếch đại tín hiệu nhỏ.



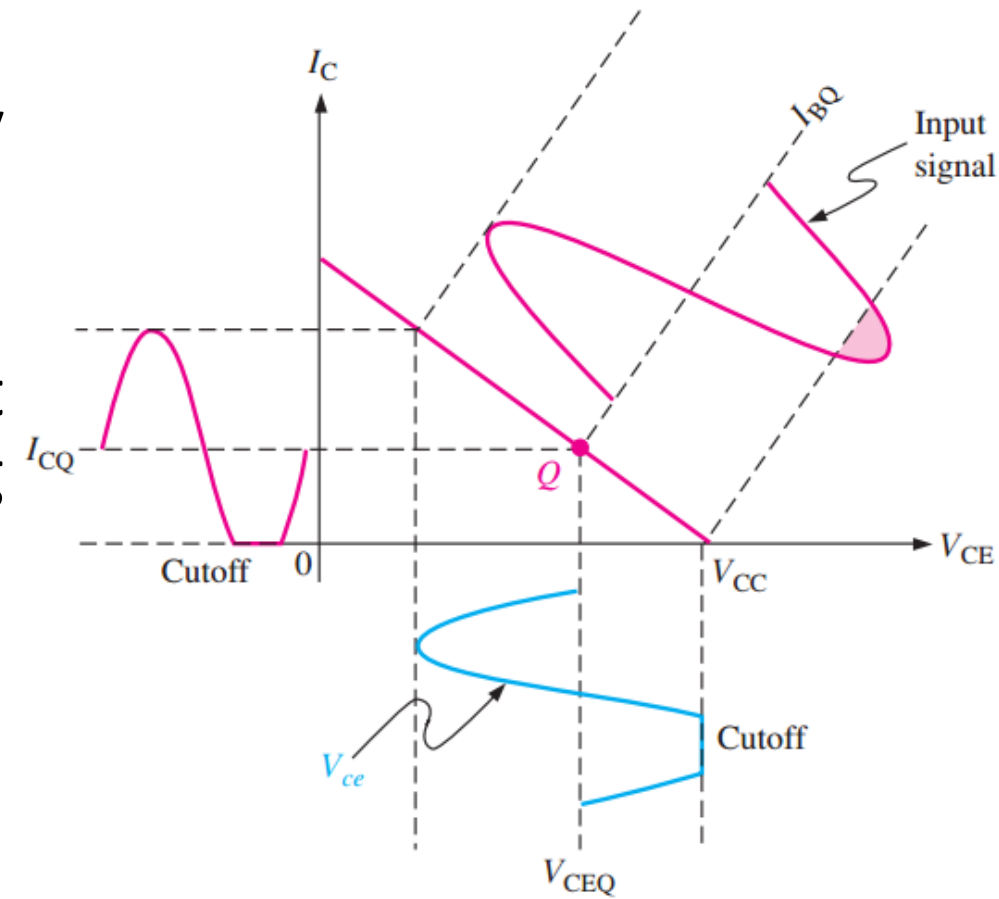
# Điểm làm việc tĩnh

- Đối với điểm làm việc C, khi cho tín hiệu vào, các dòng và điện áp các cực của BJT có thể dao động quanh điểm làm việc C. Tuy nhiên, sự dao động của dòng và điện áp của BJT bị giới hạn bởi  $V_{CE} = 0$  và  $I_{Cmax}$ , tức là bán kỳ âm của  $v_{CE}$  và bán kỳ dương  $i_C$  lần lượt bị xén ở mức  $V_{CE} \approx 0$  và  $I_{Cmax}$ .
- Ngoài ra, hoạt động của BJT tại điểm làm việc C bị ảnh hưởng của **méo phi tuyến** do khoảng cách giữa các đường đặc tuyến (tương ứng với các giá trị  $I_B$  khác nhau) thay đổi nhanh trong vùng này.
- Nhìn chung, để giảm méo phi tuyến, cần đảm bảo hệ số khuếch đại đối với toàn bộ tín hiệu vào phải không đổi (hoặc tuyến tính). Do đó, điểm làm việc B sẽ có độ méo phi tuyến ít hơn.



# Điểm làm việc tĩnh

- Điểm làm việc D nằm ở vị trí gần với giới hạn hoạt động của BJT. Do đó, bán kỳ dương của  $v_{CE}$  bị giới hạn bởi  $V_{CC}$  và bán kỳ âm của  $i_C$  bị giới hạn bởi  $I_C = 0$ .
- Như vậy, điểm làm việc B là lựa chọn tốt nhất để BJT hoạt động với chức năng khuếch đại.
- Tuy nhiên, điểm B chỉ phù hợp với khuếch đại **tín hiệu nhỏ** (small signal); còn đối với khuếch đại công suất (tương ứng với tín hiệu lớn), thì điểm B không phải là sự lựa chọn tốt nhất.





# Điểm làm việc tĩnh

- Đối với BJT loại *nnp*, điểm  $Q$  được thiết lập bởi các giá trị một chiều của dòng Base  $I_B$ , dòng Collector  $I_C$  và điện áp  $V_{CE}$  giữa cực Collector và cực Emitter; còn đối với BJT loại *pnp*, điểm  $Q = (I_B, I_C, V_{EC})$ .
- Để phân cực cho BJT, ta sử dụng các mạch phân cực gồm nguồn điện áp một chiều và các điện trở.
- Lưu ý: đối với các mạch phân cực, cần xét đến ảnh hưởng của nhiệt độ đến điểm  $Q$ . Cụ thể, khi nhiệt độ thay đổi sẽ ảnh hưởng đến hệ số khuếch đại  $\beta$ , dòng rò và điện áp ngưỡng  $V_{BE}$ , từ đó làm thay đổi vị trí điểm  $Q$ . Do đó, mạch phân cực tốt cần xét đến việc **ổn định nhiệt** (temperature stability) nhằm hạn chế sự thay đổi của điểm  $Q$  khi nhiệt độ thay đổi.

# Điểm làm việc tĩnh

- Trong chương này, chúng ta xem xét mạch phân cực cho BJT chủ yếu với chức năng khuếch đại tín hiệu nhỏ. Do đó, ta sẽ tiến hành phân tích mạch phân cực với giả thuyết mặc định là BJT làm việc trong vùng tích cực, tức là  $T_{BE}$  phân cực thuận với điện áp  $V_{BE}$  bằng điện áp ngưỡng ( $\sim 0.6V - 0.7V$ ) và  $T_{BC}$  phân cực ngược với điện áp trong phạm vi giới hạn ( $< V_{CE_{max}}$ ).
- Sau đây, ta xem xét các mạch phân cực cơ bản sau:
  - Mạch phân cực cố định
  - Mạch phân cực hồi tiếp Emitter
  - Mạch phân cực bằng phân áp
  - Mạch phân cực hồi tiếp Collector

## 5.12 PHƯƠNG PHÁP PHÂN TÍCH MẠCH PHÂN CỰC

# Phương pháp phân tích mạch phân cực

- Phương pháp phân tích mạch phân cực:
  1. Giả thiết vùng hoạt động của BJT (mặc định là vùng tích cực).
  2. Tính dòng  $I_B$ .
  3. Tính dòng  $I_C$  bằng cách mối quan hệ  $I_C = \beta I_B$ .
  4. Tính điện áp  $V_{CE}$ .
  5. Kiểm tra lại giả thiết. Nếu sai, thay đổi giả thiết và tính toán lại nếu cần thiết.

# Phương pháp phân tích mạch phân cực

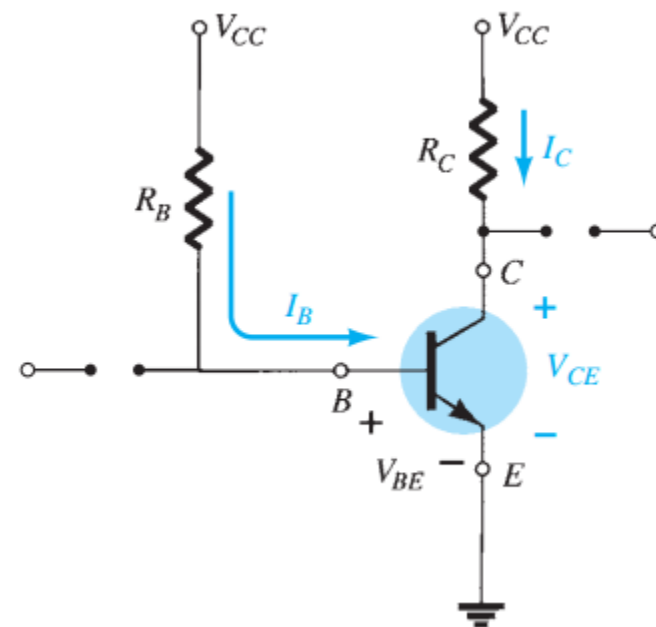
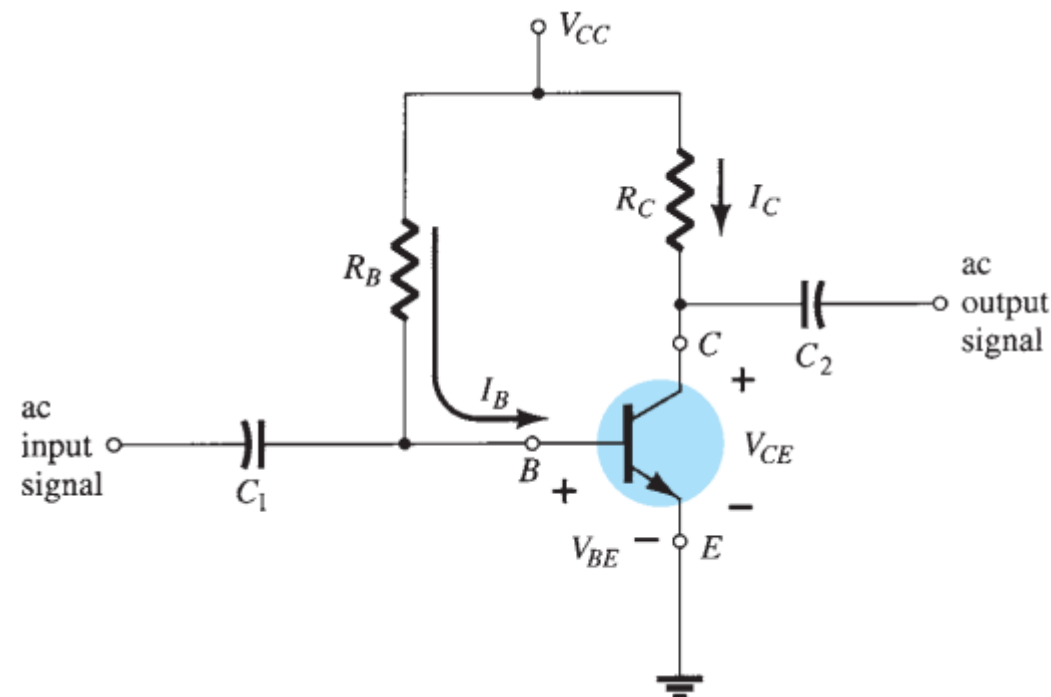
- Điều kiện để BJT hoạt động trong vùng tích cực là tiếp giáp B-E phân cực thuận và tiếp giáp B-C phân cực ngược. Điều kiện này tương ứng với  $v_{CE} \geq v_{BE}$  đối với BJT npn, và  $v_{BE} \geq v_{CE}$  đối với BJT loại pnp.
- Điều kiện để BJT hoạt động trong vùng bão hòa là cả 2 tiếp giáp B-E và B-C đều phân cực thuận. Điều kiện này tương ứng với  $V_{CE}$  rất nhỏ (vài chục đến vài trăm  $mV$ ). Ngoài ra, điều kiện để BJT hoạt động trong vùng bão hòa còn được xác định thông qua mối quan hệ

$$I_B \geq I_{B_{sat}} = \frac{I_{C_{sat}}}{\beta} \text{ hoặc } \beta I_B \geq I_{C_{sat}} \text{ hoặc } \frac{I_C}{I_B} = \beta_{FOR} < \beta$$

## 5.13 MẠCH PHÂN CỰC CỐ ĐỊNH

# Phân tích mạch

- Mạch phân cực cố định được cho như ở hình bên.
- Các tụ liên lạc  $C_1$  và  $C_2$  ngăn dòng một chiều (do trở kháng của tụ đối với dòng một chiều là vô cùng lớn).
- Do phân tích mạch phân cực liên quan đến dòng DC nên các tụ xem như hở mạch.
- Để thuận tiện cho tính toán, nguồn điện áp  $V_{CC}$  có thể xem như được tách thành 2 nguồn.



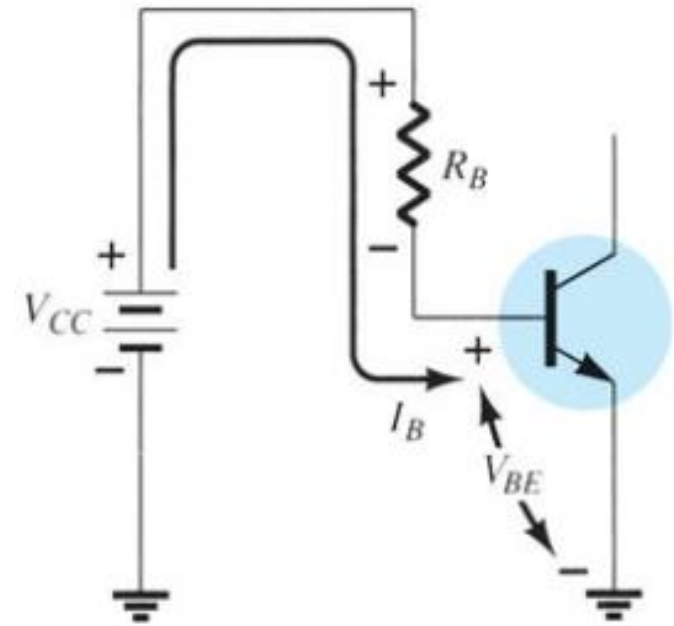
# Phân tích mạch

- Giả sử BJT hoạt động ở vùng tích cực/khuếch đại.
- Áp dụng KVL đối với mạch ngõ vào:

$$V_{CC} - I_B R_B - V_{BE} = 0$$
$$\Rightarrow I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B}$$

trong đó,  $V_{BE} = 0.7 \text{ V}$ .

- Do đó, dòng  $I_B$  phụ thuộc vào giá trị điện trở  $R_B$ .





# Phân tích mạch

- Dòng  $I_C$ :

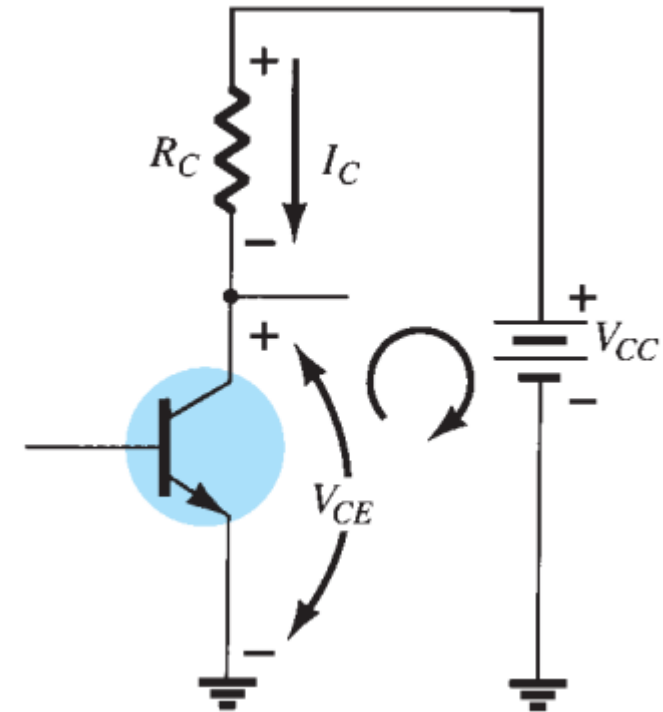
$$I_C = \beta I_B$$

- Lưu ý: trong vùng tích cực, dòng  $I_C$  không phụ thuộc vào điện trở  $R_C$ .

- Áp dụng KVL cho mạch ngõ ra:

$$\begin{aligned} V_{CE} + I_C R_C - V_{CC} &= 0 \\ \Rightarrow V_{CE} &= V_{CC} - I_C R_C \end{aligned}$$

- Như vậy, điểm Q =  $(I_B, I_C, V_{CE})$ .
- Lưu ý: Cần kiểm tra lại giả thuyết BJT làm việc trong vùng tích cực.



# Phân tích đường tải

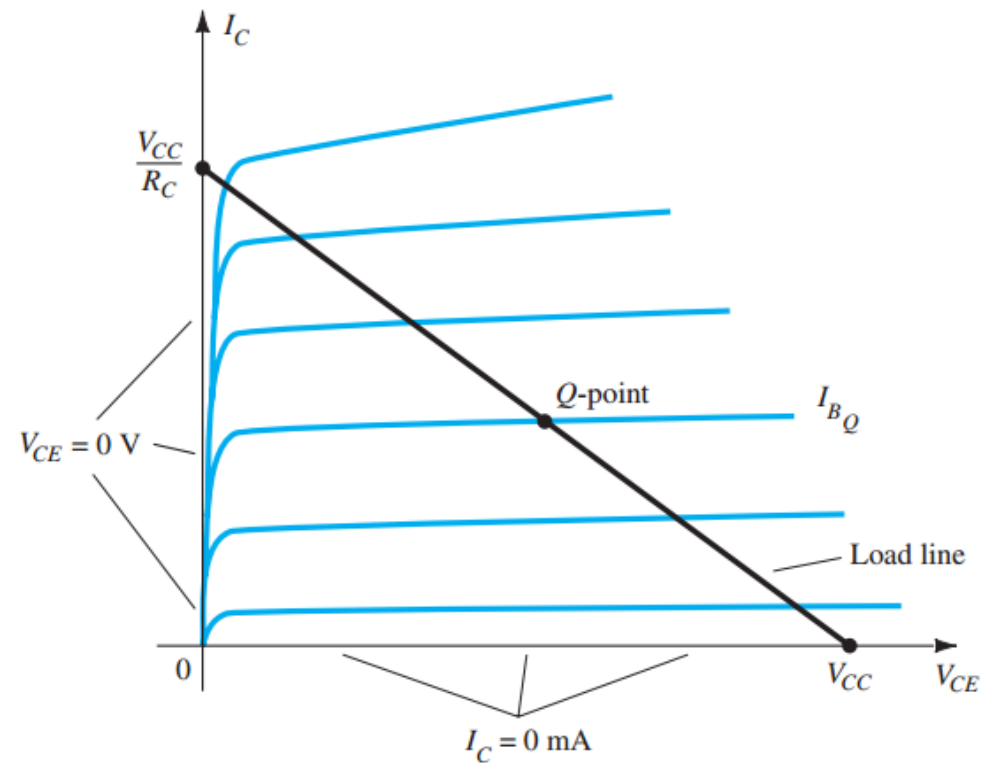
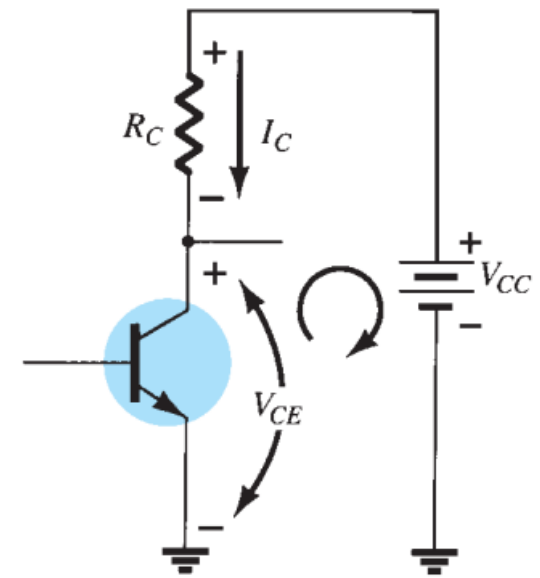
- Phương trình đường tải được xác định bởi mạch ngõ ra nên chỉ phụ thuộc vào các thông số của mạch ngoài:

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C \quad (*)$$

- Phương trình (\*) có đồ thị là đường thẳng với các biến  $v_{CE}$  và  $i_C$ . Đồ thị đường tải đi qua 2 điểm:

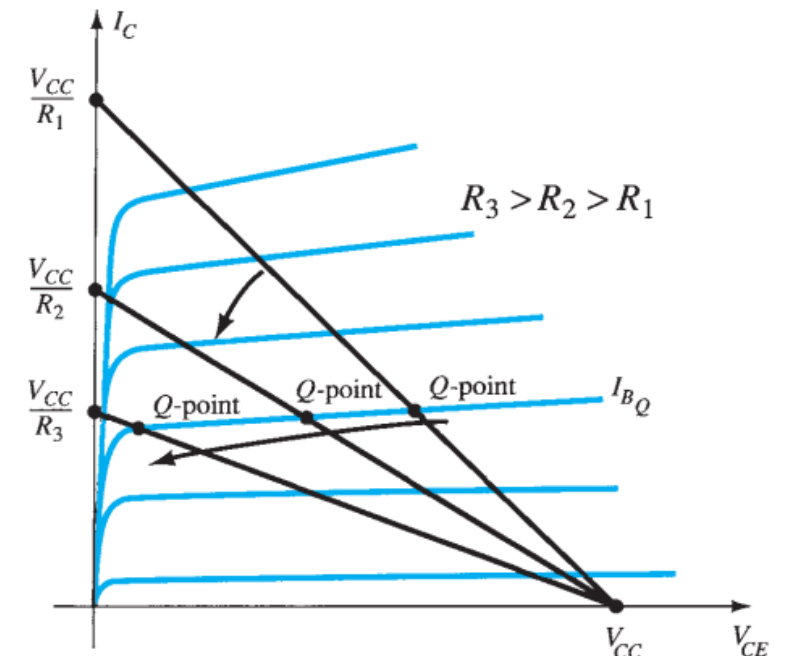
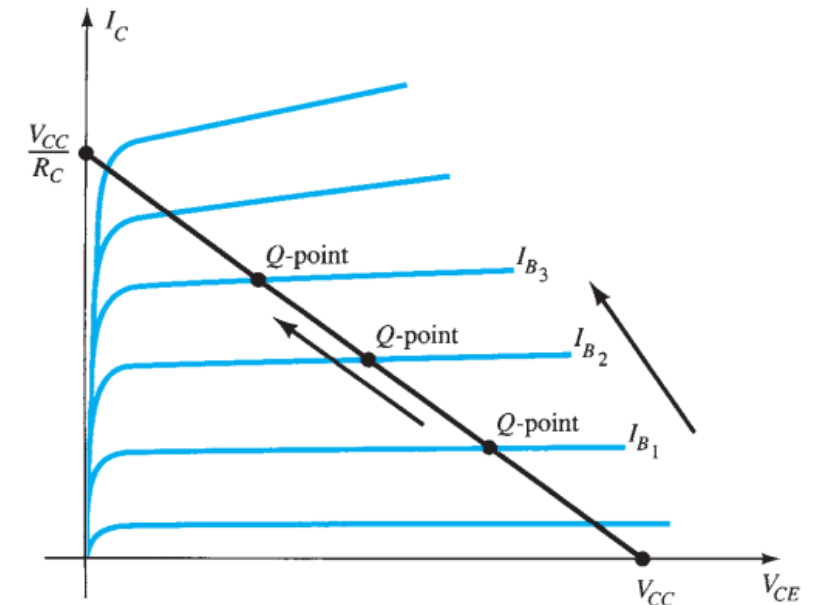
- $V_{CE} = 0 \Rightarrow I_C = V_{CC}/R_C$
- $I_C = 0 \Rightarrow V_{CE} = V_{CC}$

- Nếu ta biểu diễn đường tải và đặc tuyến của BJT trên cùng một đồ thị thì giao điểm giữa đường tải và đường đặc tuyến xác định bởi  $I_{BQ}$  chính là điểm Q cần tìm.



# Phân tích đường tải

- Nếu tăng  $I_{BQ}$ , đường đặc tuyến tương ứng sẽ dịch chuyển lên. Nếu mạch ngõ ra không đổi, tương ứng với đường tải được cố định, thì điểm Q sẽ dịch chuyển lên theo đường tải.
- Nếu tăng  $R_C$ , còn  $V_{CC}$  giữ không đổi thì đường tải sẽ quay xuống do giao điểm giữa đường tải và trục tung ( $V_{CC}/R_C$ ) giảm. Nếu  $I_{BQ}$  không đổi, tương ứng với đường đặc tuyến cố định thì điểm Q sẽ dịch sang trái theo đường tải.



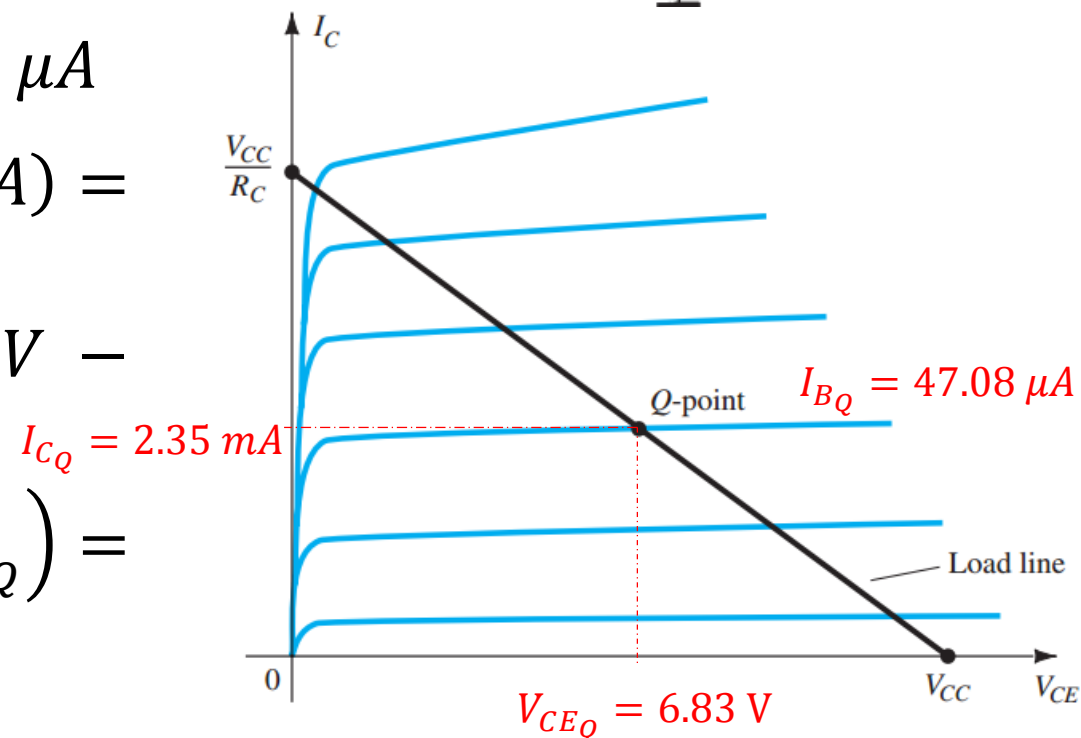
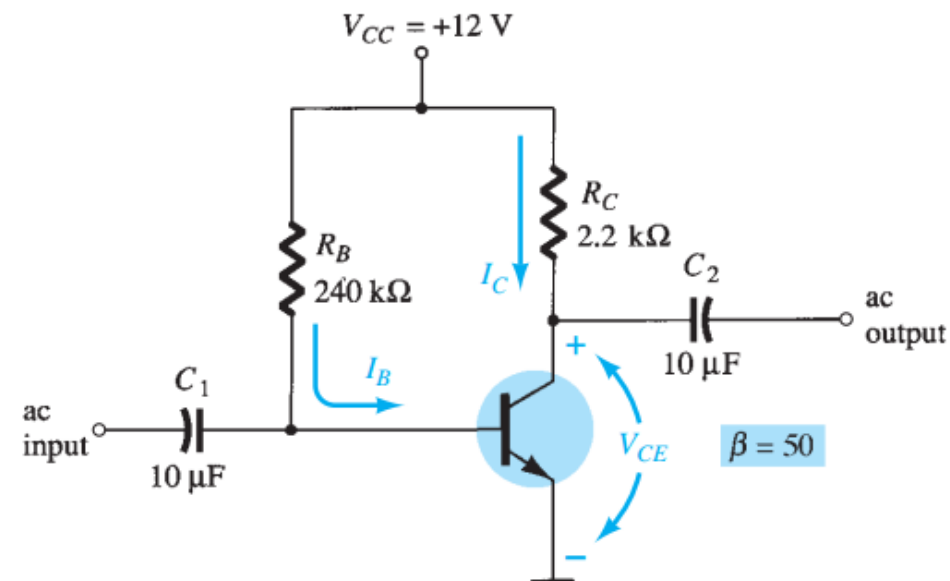
# Bài tập ví dụ

## Bài tập ví dụ 1:

Hãy xác định điểm Q của BJT trong mạch cho ở hình bên.

## Giải:

- Dòng  $I_{BQ}$ :  $I_{BQ} = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B} = \frac{12 - 0.7}{240 \text{ k}\Omega} = 47.08 \mu\text{A}$
- Dòng  $I_{CQ}$ :  $I_{CQ} = \beta I_{BQ} = (50)(47.08 \mu\text{A}) = 2.35 \text{ mA}$
- Điện áp  $V_{CEQ} = V_{CC} - I_{CQ} R_C = 12 \text{ V} - (2.35 \text{ mA})(2.2 \text{ k}\Omega) = 6.83 \text{ V}$
- Vậy điểm Q =  $(I_{BQ}, I_{CQ}, V_{CEQ}) = (47.08 \mu\text{A}, 2.35 \text{ mA}, 6.83 \text{ V})$ .



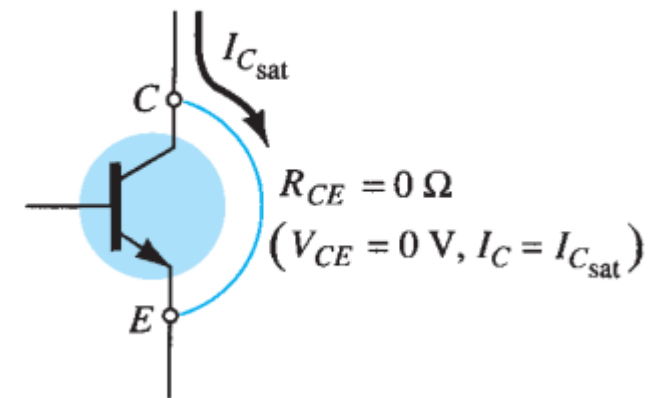
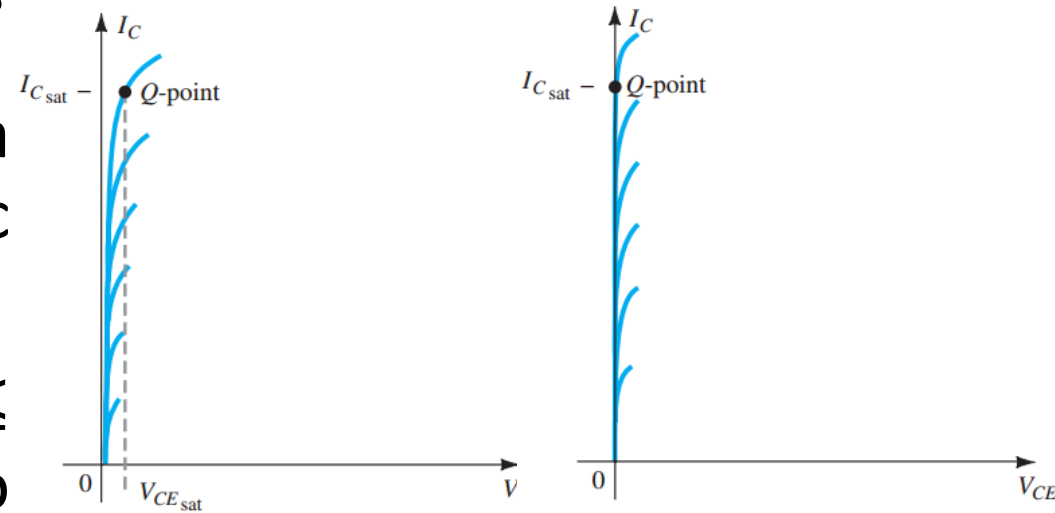
# Phân tích mạch trong chế độ bão hòa

- Ở đây, khái niệm “bão hòa” được hiểu là chế độ ở đó hệ thống đạt giá trị lớn nhất có thể với thiết kế cho trước.
- Đối với BJT hoạt động trong vùng bão hòa, dòng Collector đạt giá trị cực đại đối với mạch cho trước.
- Nếu các thông số của mạch thay đổi thì mức bão hòa có thể sẽ thay đổi theo. Tất nhiên, mức bão hòa cao nhất được giới hạn bởi dòng Collector cực đại được cung cấp trong datasheet.

# Phân tích mạch trong chế độ bão hòa

- Vị trí của điểm Q trong vùng bão hòa được thể hiện trên đặc tuyến như ở các hình bên.
- Lưu ý: trong vùng bão hòa, điện áp  $V_{CE} \leq V_{CE_{sat}}$ , trong đó  $V_{CE_{sat}}$  có giá trị rất nhỏ (khoảng vài trăm mV).
- Để thuận tiện trong tính toán, trong vùng bão hòa, điện áp được xem như bằng 0 (gần đúng):  $V_{CE} = 0$ . Dẫn đến, điện trở giữa 2 cực C và E bằng:

$$R_{CE} = \frac{V_{CE}}{I_C} = \frac{0 \text{ V}}{I_{C_{sat}}} = 0 \Omega$$

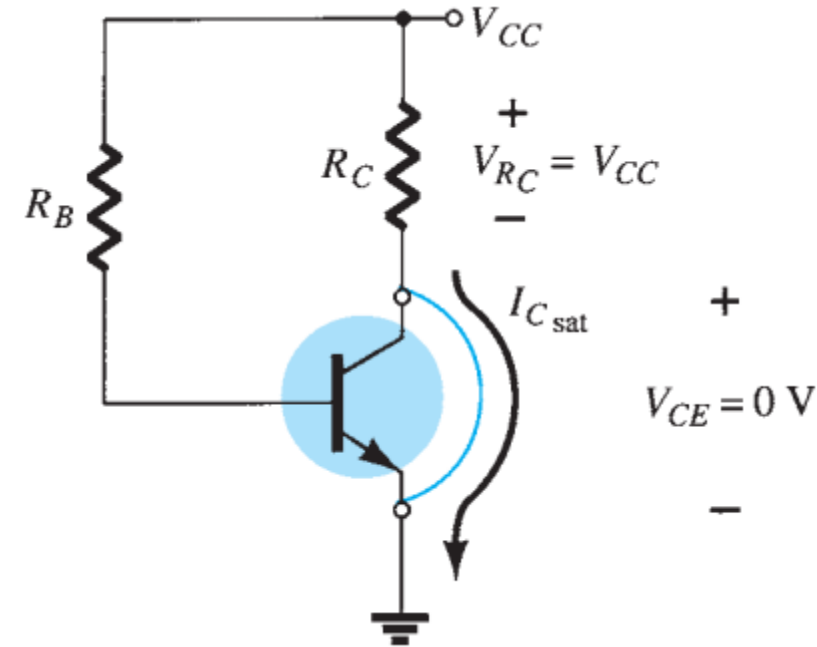


# Phân tích mạch trong chế độ bão hòa

- Do đó, để tính gần đúng dòng Collector bão hòa, tức là dòng Collector cực đại đối với mạch cho trước, ta xem như nối tắt cực E và C, tương ứng với  $V_{CE} = 0$ .
- Đối với mạch phân cực cố định, dòng Collector bão hòa được xác định bởi:

$$I_{C_{sat}} = \frac{V_{CC} - V_{CE}}{R_C} = \frac{V_{CC}}{R_C}$$

- Dòng  $I_{C_{sat}}$  là dòng cực đại có được đối với mạch ngõ ra cho trước.
- Như vậy, dòng Collector bão hòa  $I_{C_{sat}}$  không phụ thuộc vào đặc tính của BJT mà phụ thuộc vào mạch ngoài ( $V_{CC}$  và  $R_C$ ).



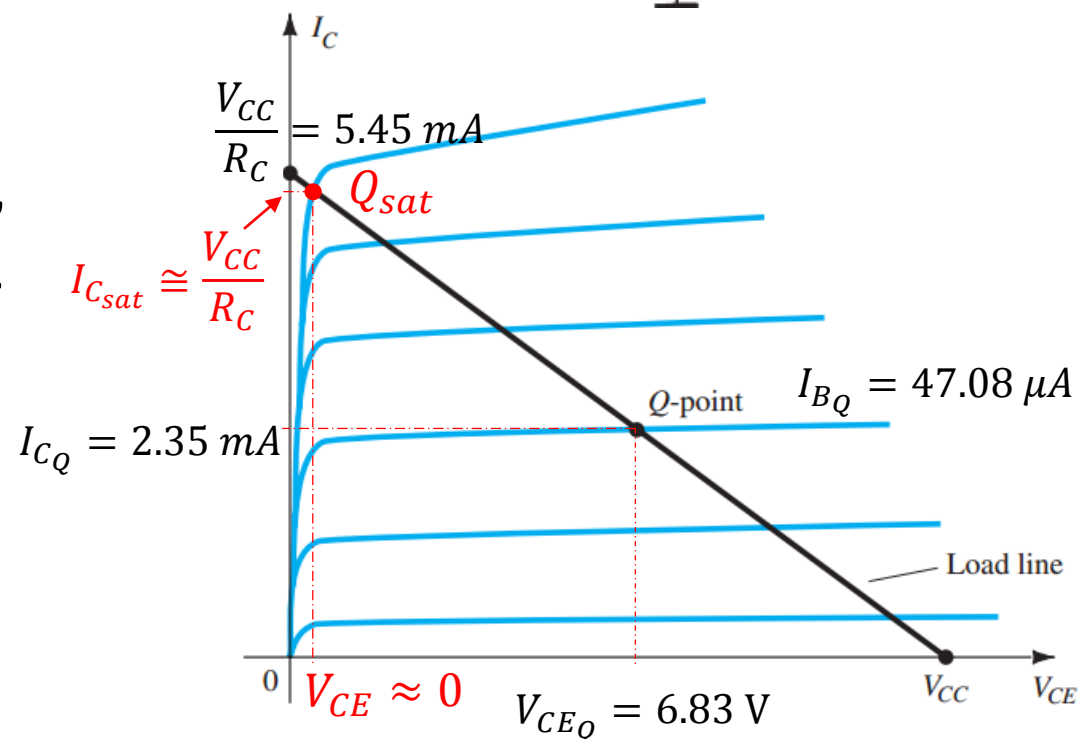
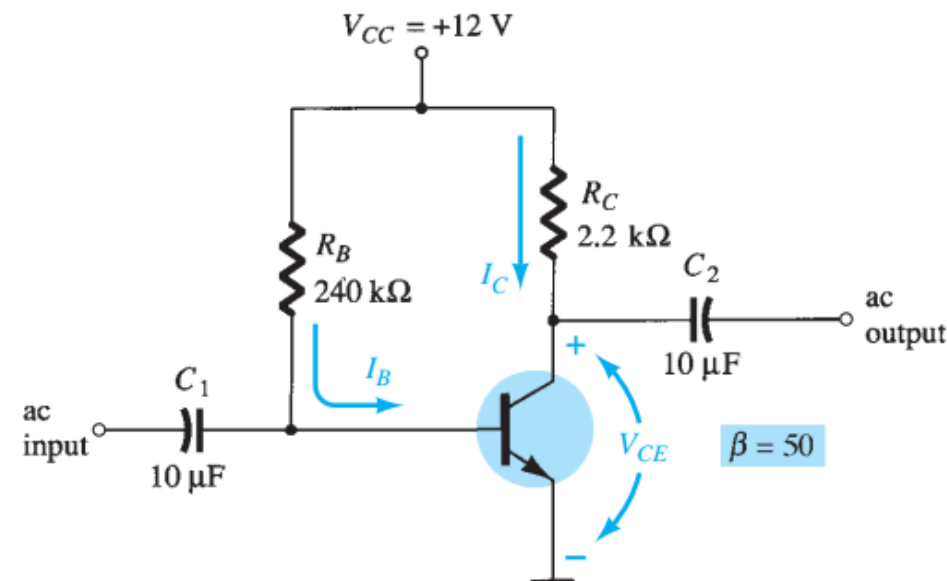
# Bài tập ví dụ

## Bài tập ví dụ 2:

Hãy xác định dòng Collector  $I_{C_{sat}}$  của mạch được cho ở **Bài tập ví dụ 1**.

### Giải:

- Dòng  $I_{C_{sat}}$ :  $I_{C_{sat}} \cong \frac{V_{CC}}{R_C} = \frac{12}{2.2 \text{ k}\Omega} = 5.45 \text{ mA}$
- Lưu ý: điểm Q của mạch vẫn giống như ở Bài tập ví dụ 1; còn  $I_{C_{sat}}$  là dòng Collector cực đại mà mạch có thể đạt được và giá trị này xấp xỉ bằng  $V_{CC}/R_C = 5.45 \text{ mA}$  với  $V_{CE} \approx 0 \text{ V}$ . Để điểm Q dịch chuyển đến  $Q_{sat}$ , tức mạch đạt giá trị  $I_{C_{sat}}$ , ta cần điều chỉnh thông số mạch ngõ vào, tức  $R_B$ .





# Bài tập ví dụ

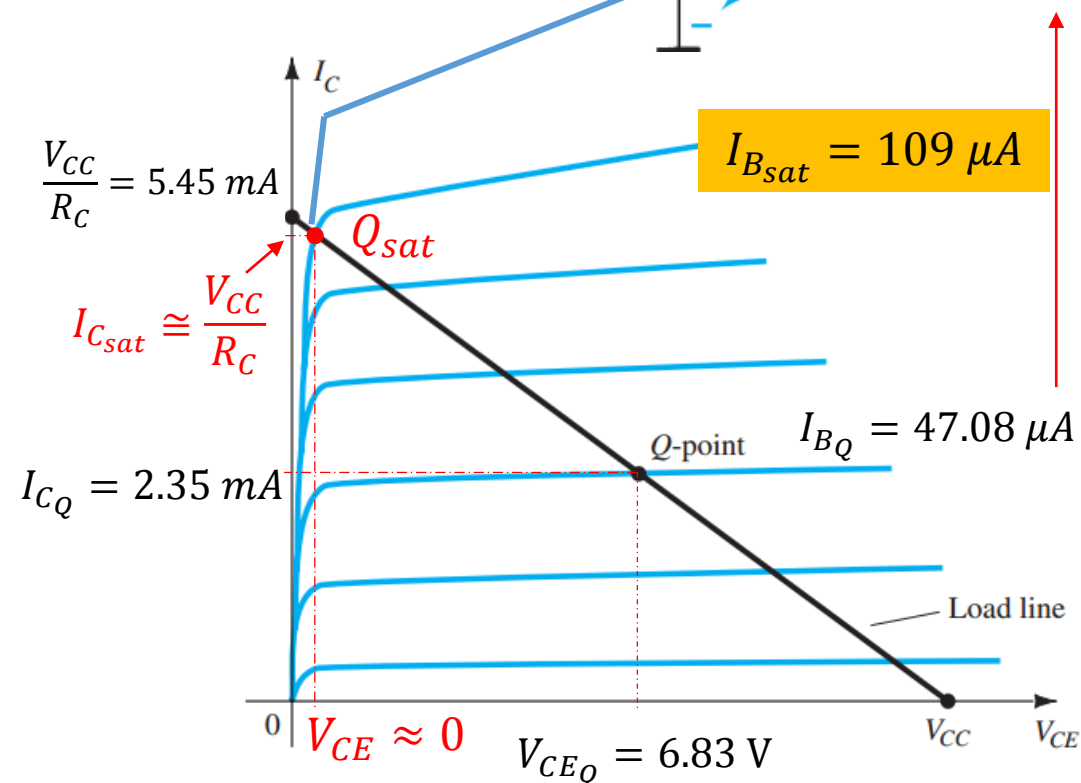
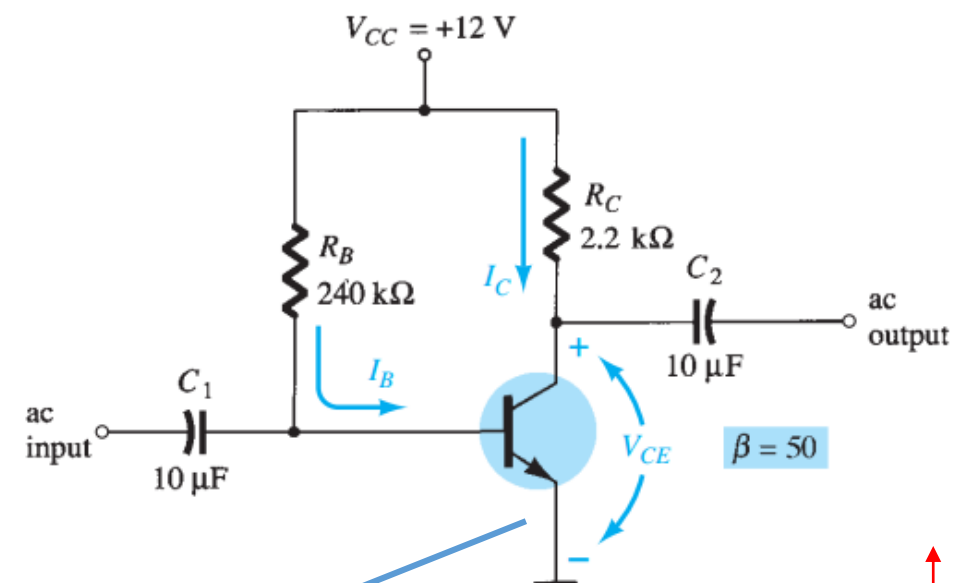
## Bài tập ví dụ 3:

Hãy xác định dòng  $I_B$  tương ứng với điểm  $Q_{sat}$  của mạch được cho ở **Bài tập ví dụ 1**.

## Giải:

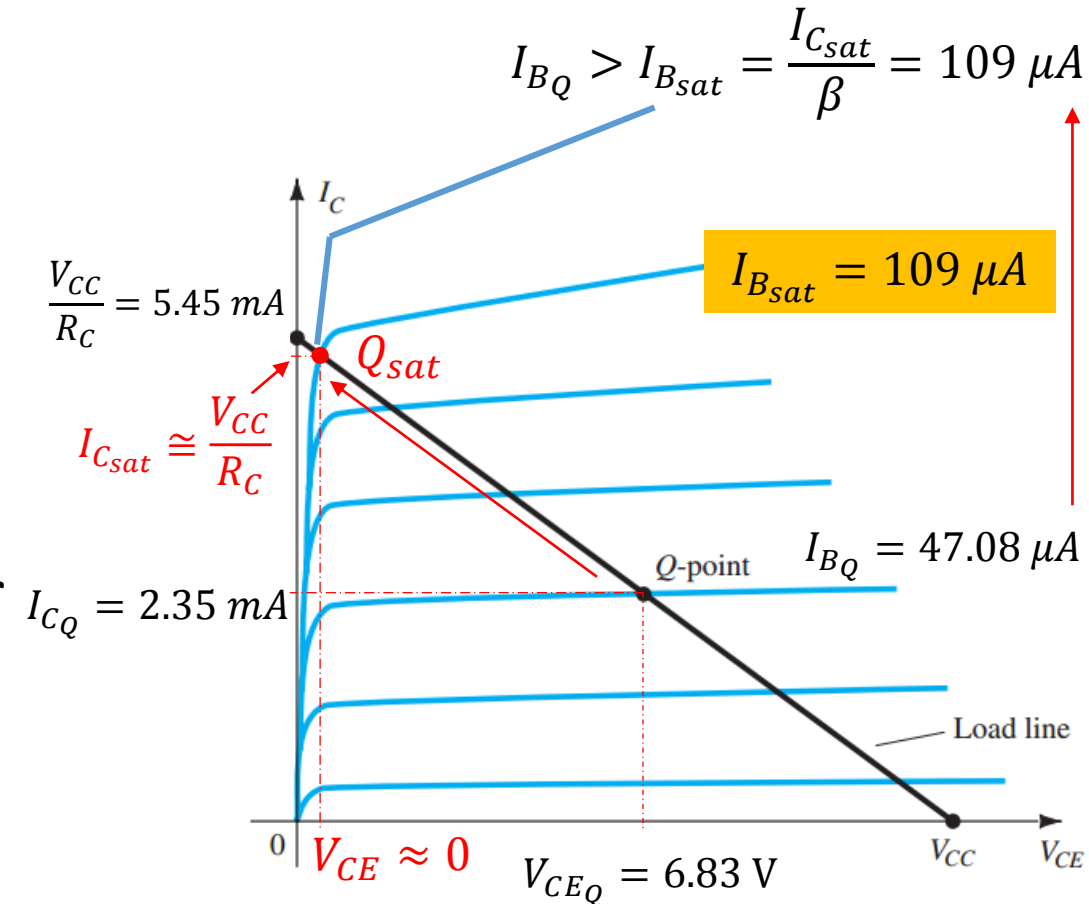
- Điểm  $Q_{sat}$  nằm trong vùng bão hòa và tương ứng với dòng Collector cực đại mà mạch có thể đạt được.

- Dòng  $I_B$  tương ứng với điểm  $Q_{sat}$ :  
$$I_{B_{sat}} = I_{C_{sat}} / \beta = 5.45 \text{ mA} / 50 = 109 \mu\text{A}$$



# Phân tích mạch trong chế độ bão hòa

- Từ **Bài tập ví dụ 3**, ta thấy:
  - Nếu ta tăng dòng  $I_{BQ}$  thì điểm Q sẽ dịch chuyển lên theo đường tải, và đạt đến điểm  $Q_{sat}$  khi  $I_{BQ} = I_{Bsat} = 109 \mu A$ . Khi đó, BJT hoạt động trong vùng bão hòa.
  - Nếu ta tăng  $I_{BQ} > I_{Bsat}$  thì vị trí điểm Q không thay đổi và vẫn trùng với  $Q_{sat}$  (vì trong vùng bão hòa, các đường đặc tuyến, tương ứng với các giá trị  $I_{BQ}$  khác nhau, nằm chồng lên nhau). Do đó, có thể thấy rằng, **trong vùng bão hòa, mối quan hệ  $i_c = \beta i_B$  không được thỏa mãn.**



# Phân tích mạch trong chế độ bão hòa

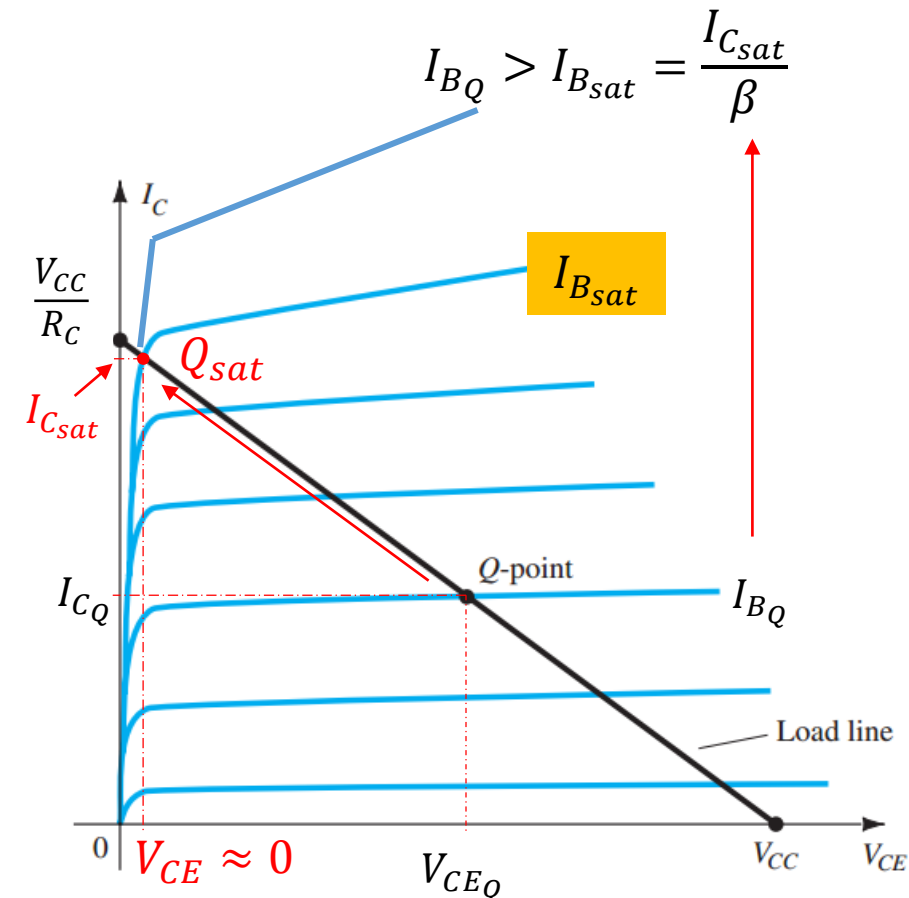
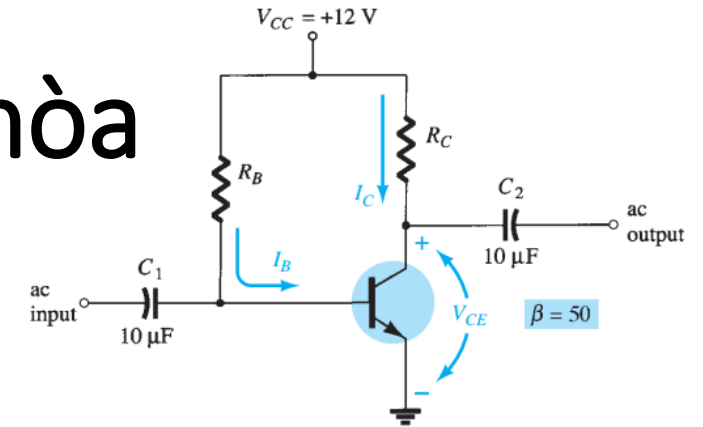
- Như vậy, để BJT hoạt động trong vùng bão hòa, dòng  $I_B$  phải lớn hơn hoặc bằng giá trị  $I_{B_{sat}}$ :

$$I_B \geq I_{B_{sat}} = \frac{I_{C_{sat}}}{\beta} \text{ hoặc } \beta I_B \geq I_{C_{sat}}$$

- Do đó, đối với mạch phân cực cố định, để BJT chuyển từ vùng tích cực sang làm việc trong vùng bão hòa:
  - nếu giữ mạch ngõ ra không đổi, tức  $V_{CC}$ ,  $R_C$  và  $I_{C_{sat}}$  không đổi, ta cần phải giảm  $R_B$  nhằm tăng  $I_B$  sao cho  $I_B \geq I_{B_{sat}}$ .
  - nếu giữ mạch ngõ vào không đổi, tức  $R_B$  và  $I_B$  không đổi, ta cần phải tăng  $R_C$  nhằm giảm  $I_{C_{sat}}$  sao cho  $\beta I_B \geq I_{C_{sat}}$ .
- Lưu ý: dòng  $I_B$  trong vùng bão hòa lớn hơn  $I_B$  trong vùng tích cực.

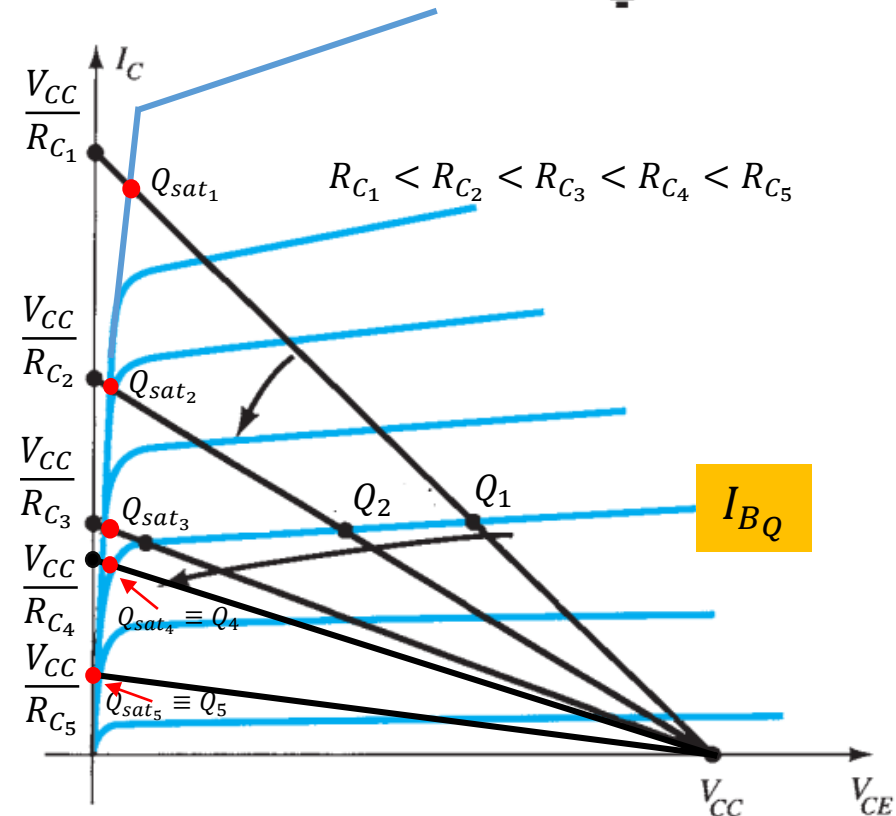
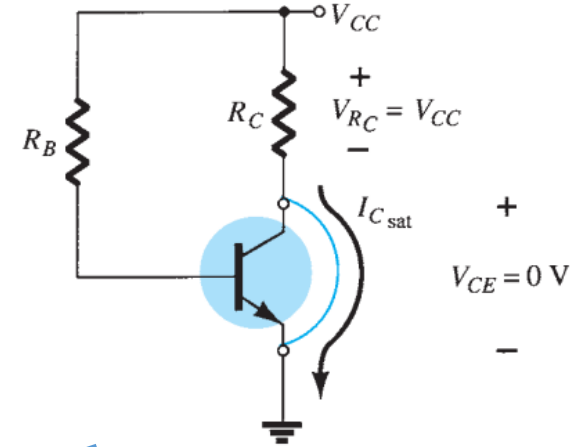
# Phân tích mạch trong chế độ bão hòa

- Biểu diễn bằng đồ thị sự thay đổi vị trí điểm Q khi giảm  $R_B$  trong mạch phân cực cố định.
- Khi giảm  $R_B$ , dòng  $I_{BQ}$  của điểm Q tăng, tương ứng với đường đặc tuyến chạy lên; trong khi đó, đường tải không đổi do chỉ phụ thuộc vào  $V_{CC}$  và  $R_C$ .
- Do đó, giao điểm giữa đường tải và đặc tuyến sẽ dịch chuyển lên theo đường tải, tương ứng với điểm Q dần đi vào vùng bão hòa.
- Khi  $I_{BQ} = I_{Bsat}$ , điểm Q trùng với  $Q_{sat}$ , tức BJT hoạt động trong vùng bão hòa.
- Nếu  $I_{BQ} > I_{Bsat}$ , điểm Q vẫn trùng với  $Q_{sat}$ .



# Phân tích mạch trong chế độ bão hòa

- Biểu diễn bằng đồ thị sự thay đổi vị trí điểm Q khi tăng  $R_C$  trong mạch phân cực cố định.
- Khi tăng  $R_C$ , đường tải thay đổi; trong khi, đường đặc tuyến không đổi do  $R_B$  không đổi, dẫn đến  $I_{BQ}$  không đổi. Vì vậy, điểm Q (là giao điểm giữa đường tải và đặc tuyến) luôn nằm trên đường đặc tuyến tương ứng với  $I_{BQ}$ .
- Khi tăng  $R_C$ , giao điểm giữa đường tải và trục tung ( $V_{CC}/R_C$ ) sẽ giảm, tương ứng với đường đặc tuyến quay xuống; dẫn đến giá trị dòng Collector cực đại, tức  $I_{Csat}$ , cũng như  $Q_{sat}$  sẽ giảm.



# Bài tập ví dụ

## Bài tập ví dụ 4:

Hãy xác định điện trở  $R_B$  lớn nhất để mạch phân cực cho ở hình bên hoạt động trong vùng bão hòa.

### Giải:

- Dòng  $I_{C_{sat}}$ :  $I_{C_{sat}} = \frac{V_{CC}}{R_C} = \frac{12\text{ V}}{2.2\text{ k}\Omega} = 5.45\text{ mA}$

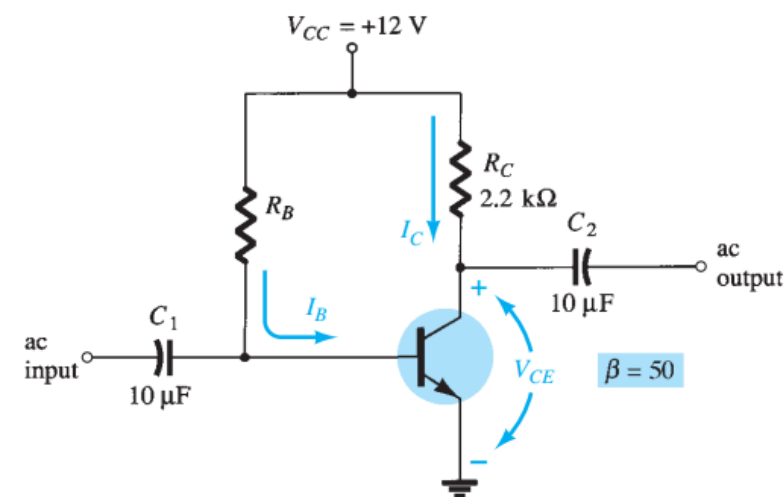
- Để BJT hoạt động trong vùng bão hòa:

$$I_B \geq \frac{I_{C_{sat}}}{\beta} = \frac{5.45\text{ mA}}{50} = 109\text{ }\mu\text{A}$$

- Trong đó,  $I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B} = \frac{12\text{ V} - 0.7\text{ V}}{R_B} = \frac{11.3\text{ V}}{R_B}$

- Suy ra:  $R_B \leq \frac{11.3\text{ V}}{109\text{ }\mu\text{A}} \approx 104\text{ k}\Omega$ .

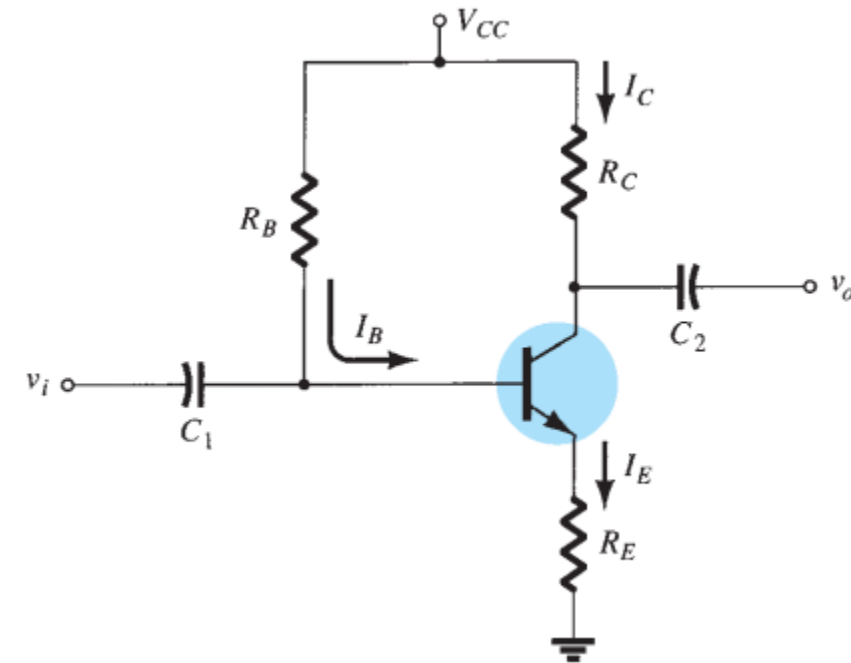
- Như vậy, điện trở  $R_B$  lớn nhất để BJT hoạt động trong vùng bão hòa là  $104\text{ k}\Omega$ . Nếu tăng  $R_B$  lớn hơn giá trị này, BJT sẽ hoạt động trong vùng tích cực.



## 5.14 MẠCH PHÂN CỰC HỒI TIẾP EMITTER

# Mạch phân cực hồi tiếp Emitter

- Nhược điểm của mạch phân cực cố định là không ổn định khi nhiệt độ thay đổi. Khi nhiệt độ thay đổi, các giá trị như  $\beta$ ,  $I_{CEO}$  và  $V_{BE}$  sẽ thay đổi, dẫn đến các giá trị dòng và điện áp của điểm Q sẽ thay đổi theo. Như vậy, điểm Q sẽ không được cố định khi nhiệt độ thay đổi.
- Để điểm Q ổn định khi nhiệt độ thay đổi ta sử dụng **mạch phân cực hồi tiếp Emitter**, trong đó ta thêm điện trở  $R_E$  mắc vào cực E của BJT trong mạch phân cực cố định.
- Điện trở  $R_E$  làm nhiệm vụ hồi tiếp, đưa tín hiệu ngõ ra về ngõ vào để ổn định điểm làm việc khi nhiệt độ thay đổi.





# Phân tích mạch

- Để thuận tiện cho tính toán, nguồn  $V_{CC}$  được tách ra cho mạch ngõ vào và ngõ ra.
- Giả sử BJT làm việc trong vùng tích cực.
- Áp dụng KVL cho mạch ngõ vào:

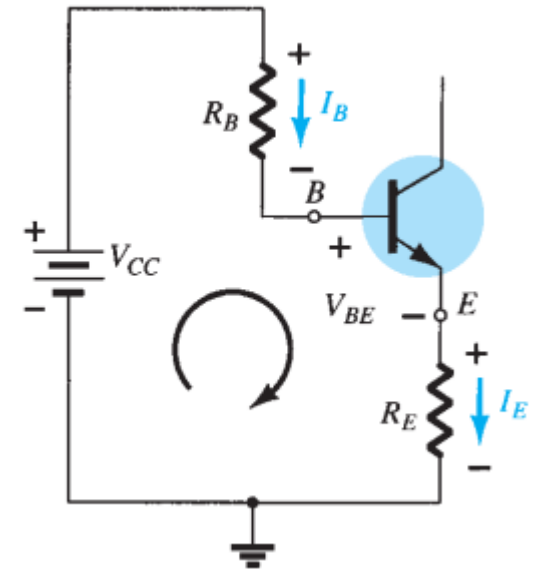
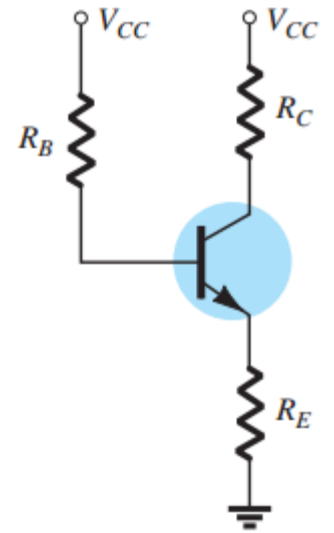
$$V_{CC} - I_B R_B - V_{BE} - I_E R_E = 0$$

với  $V_{BE} = 0.7 \text{ V}$ .

- Ta có:  $I_E = (\beta + 1)I_B$
- Suy ra:

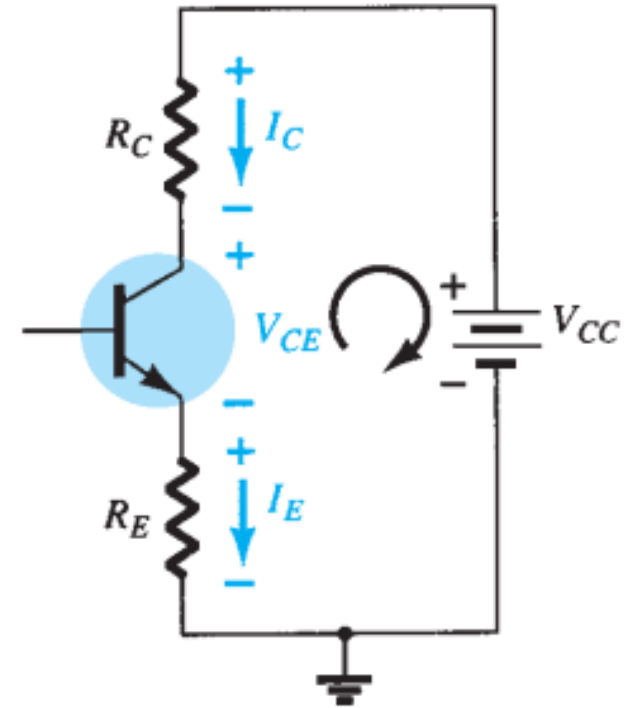
$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B + (\beta + 1)R_E}$$

- Từ công thức trên có thể thấy rằng, điện trở  $R_E$  được “nhìn thấy” từ ngõ vào với độ khuếch đại  $(\beta + 1)$ .



# Phân tích mạch

- Dòng  $I_C = \beta I_B$ .
- Áp dụng KVL cho mạch ngõ ra:
$$V_{CC} - I_C R_C - V_{CE} - I_E R_E = 0$$
- Ta có thể xấp xỉ  $I_E \cong I_C$  để thuận tiện cho tính toán.
- Điện áp  $V_{CE}$ :
$$V_{CE} = V_{CC} - I_C (R_C + R_E)$$



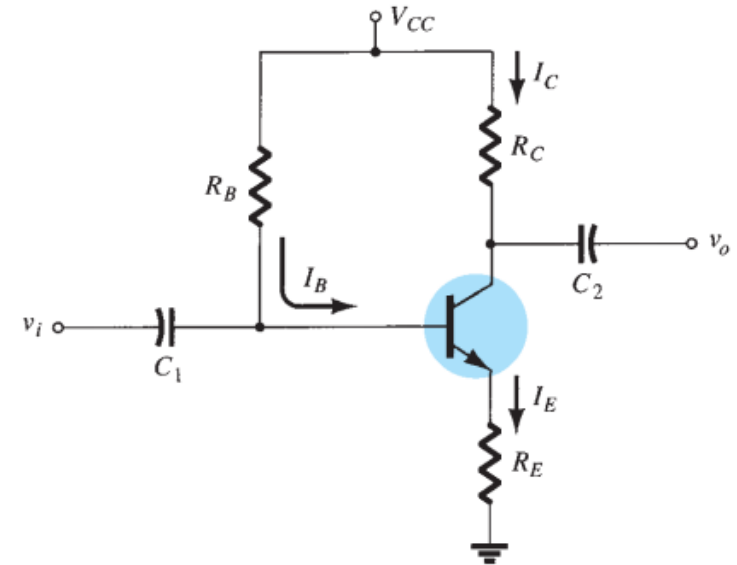
# Tính ổn định nhiệt

- Khi nhiệt độ tăng, dòng  $I_C$  và  $I_E$  tăng (do  $I_{CEO}$  và  $\beta$  tăng).

- Xét phương trình KVL đối với ngõ vào:

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

- Dòng  $I_E$  tăng, dẫn đến sụt áp trên  $R_E$  (tức  $I_E R_E$ ) tăng. Do  $V_{CC}$  không đổi nên thành phần sụt áp trên  $R_B$  (tức  $I_B R_B$ ) phải giảm, dẫn đến  $I_B$  giảm, kéo theo  $I_C$  giảm.
- Như vậy, nhờ cơ chế hồi tiếp được thực hiện thông qua điện trở  $R_E$ , sự thay đổi ở ngõ ra được đưa trở lại ngõ vào. Qua đó, điều chỉnh dòng  $I_B$  để ổn định dòng  $I_C$ , đồng nghĩa với ổn định điểm làm việc Q.



# Phân tích đường tải

- Phương trình đường tải được xác định bởi mạch ngõ ra nên chỉ phụ thuộc vào các thông số của mạch ngoài:

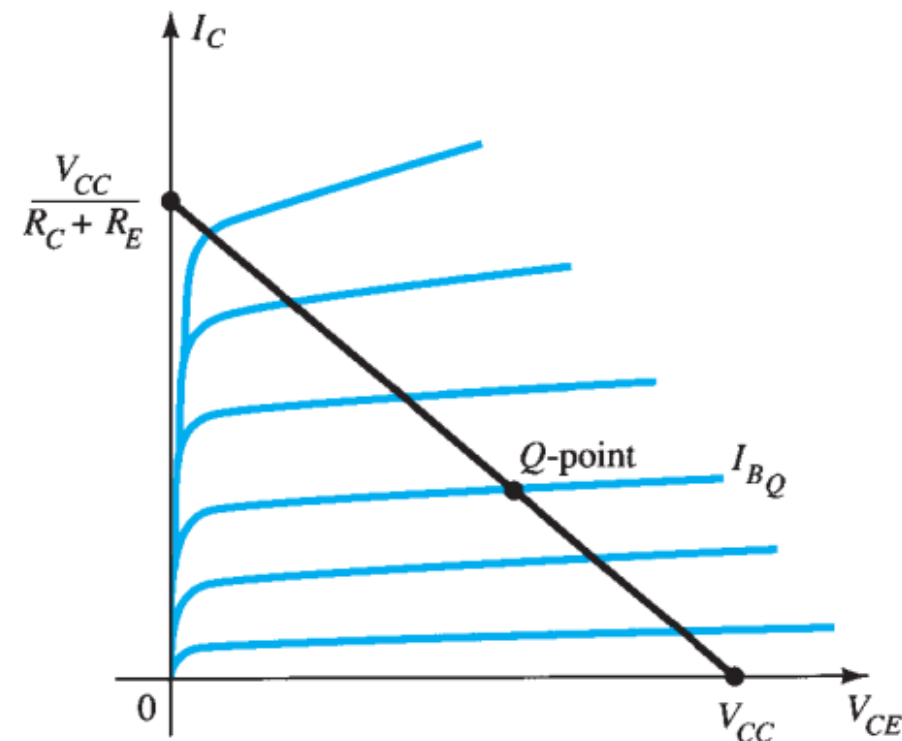
$$V_{CE} = V_{CC} - I_C(R_C + R_E) \quad (*)$$

- Phương trình (\*) có đồ thị là đường thẳng với các biến  $v_{CE}$  và  $i_C$ . Đồ thị đường tải đi qua 2 điểm:

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

- $I_C = 0 \Rightarrow V_{CE} = V_{CC}$

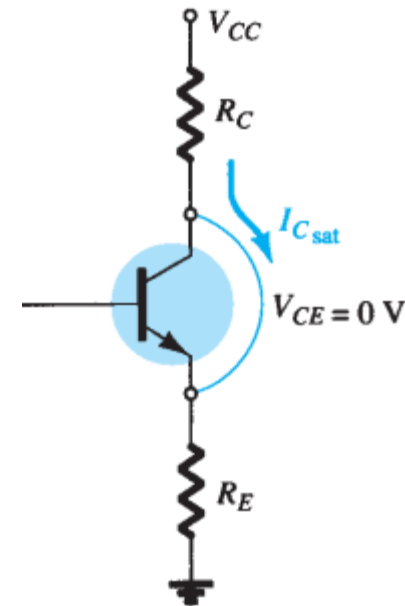
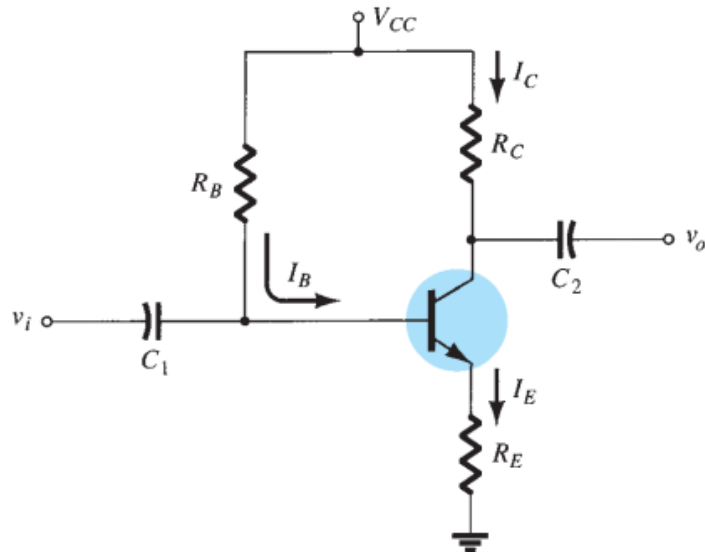
- Nếu ta biểu diễn đường tải và đặc tuyến của BJT trên cùng một đồ thị thì giao điểm giữa đường tải và đường đặc tuyến xác định bởi  $I_{BQ}$  chính là điểm Q cần tìm.



# Phân tích mạch trong chế độ bão hòa

- Trong vùng bão hòa,  $V_{CE} = 0\text{ V}$ .
- Dòng Collector bão hòa:

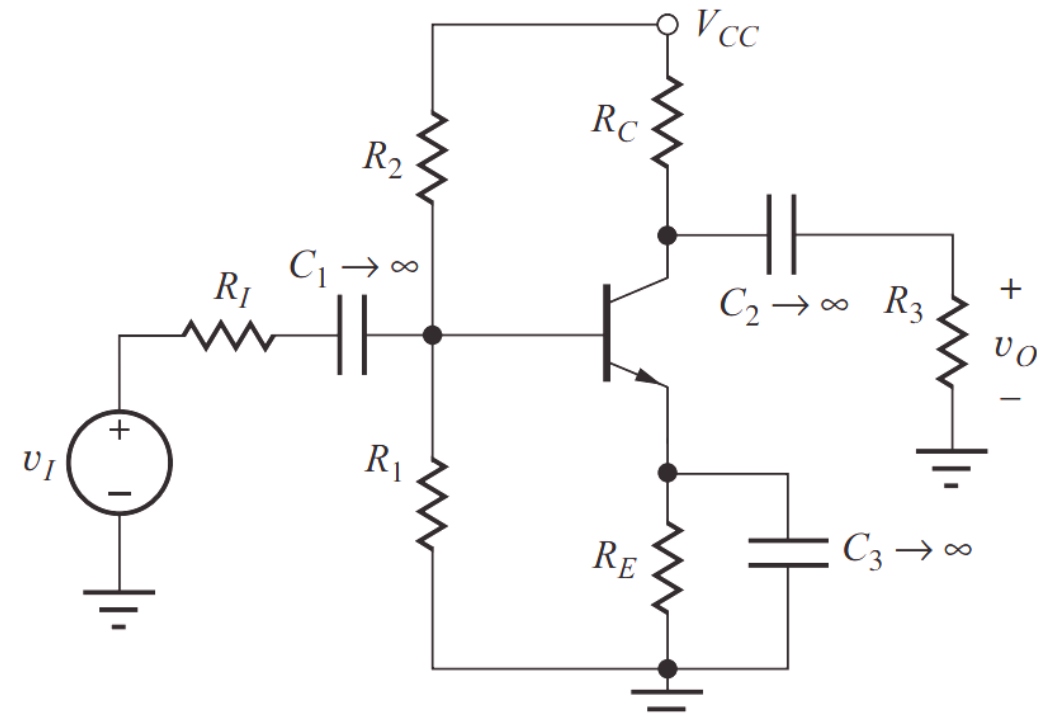
$$I_{C_{sat}} = \frac{V_{CC}}{R_C + R_E}$$



## 5.15 MẠCH PHÂN CỰC BẰNG PHÂN ÁP

# Mạch phân cực bằng phân áp

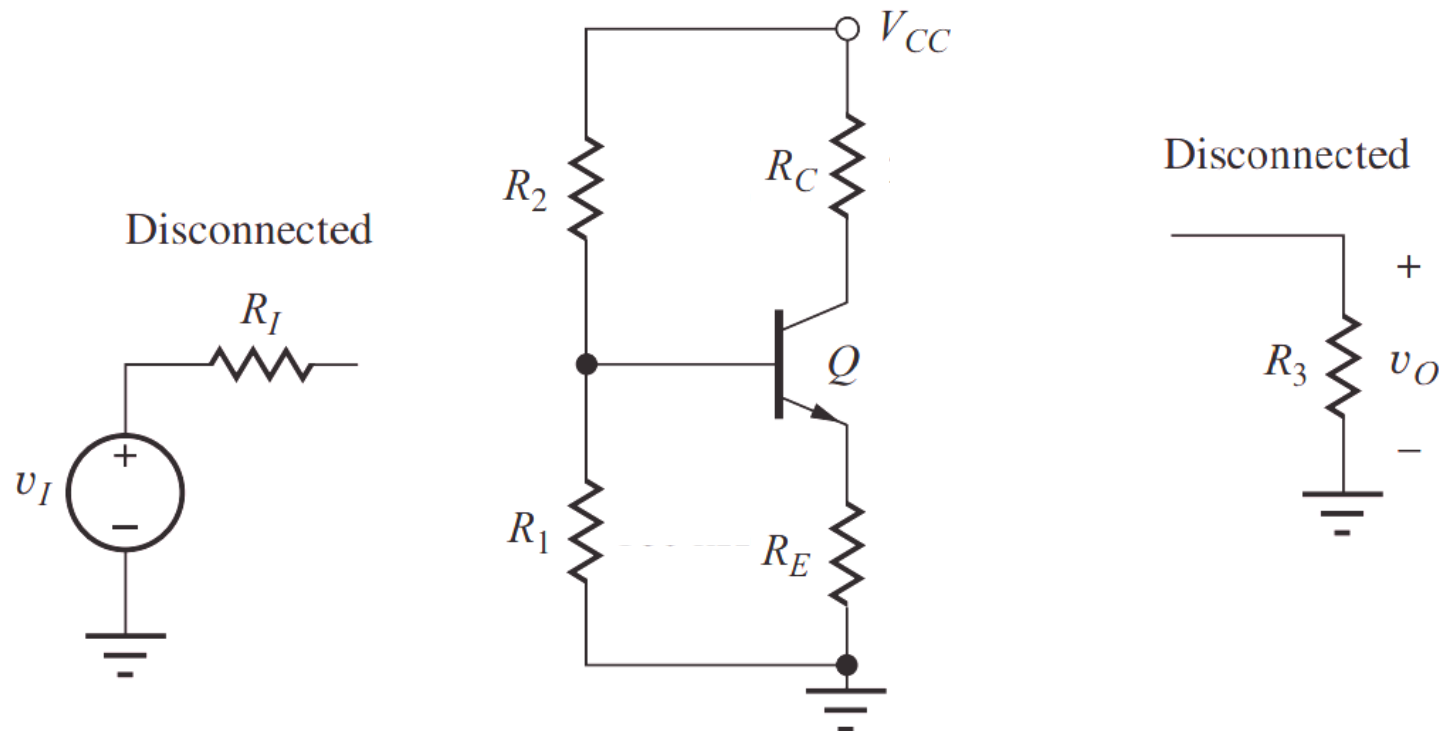
- Mạch phân cực bằng phân áp được cho ở hình bên.
- Tụ  $C_1$  và  $C_2$  được gọi là tụ liên lạc (*coupling capacitor*), có chức năng ngăn dòng một chiều.
- Tụ  $C_3$  được gọi là tụ thoát xoay chiều (*bypass capacitor*), có chức năng dẫn dòng xoay chiều xuống mass.



\*Sinh viên xem lại bài giảng Phân cực cho MOSFET để rõ thêm.

# Mạch phân cực bằng phân áp

- Đối với tín hiệu một chiều, các tụ  $C_1$ ,  $C_2$  và  $C_3$  có trở kháng vô cùng lớn nên được thay thế bằng hở mạch, dẫn đến nguồn  $v_I$  và tải  $R_3$  bị ngắt khỏi mạch phân cực. Như vậy, ta chỉ xét mạch bao gồm  $V_{CC}$ ,  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_C$ ,  $R_E$  và BJT để xác định điểm làm việc  $Q$ .





# Mạch phân cực bằng phân áp

- Đối với mạch phân cực hồi tiếp Emitter, cũng như mạch phân cực cố định, giá trị  $I_{C_Q}$  và  $V_{CE_Q}$  phụ thuộc vào hệ số  $\beta$ . Tuy nhiên, hệ số  $\beta$  phụ thuộc vào nhiệt độ, và thường khó xác định được giá trị thực tế. Do đó, việc thiết kế mạch phân cực không phụ thuộc hoặc ít phụ thuộc vào hệ số  $\beta$  là cần thiết.
- Từ việc phân tích mạch hồi tiếp Emitter, ta thấy rằng, điểm Q được xác định bởi  $I_{C_Q}$  và  $V_{CE_Q}$ . Trong khi đó, dòng  $I_{B_Q}$  sẽ thay đổi theo sự thay đổi của hệ số  $\beta$ . Tuy nhiên, nhờ cơ chế hồi tiếp qua  $R_E$  thì điểm Q vẫn được giữ ổn định.
- Mạch phân cực bằng phân áp có ưu điểm là phụ thuộc rất ít vào hệ số  $\beta$ . Chính vì vậy, mạch phân cực này được sử dụng phổ biến.

# Mạch phân cực bằng phân áp

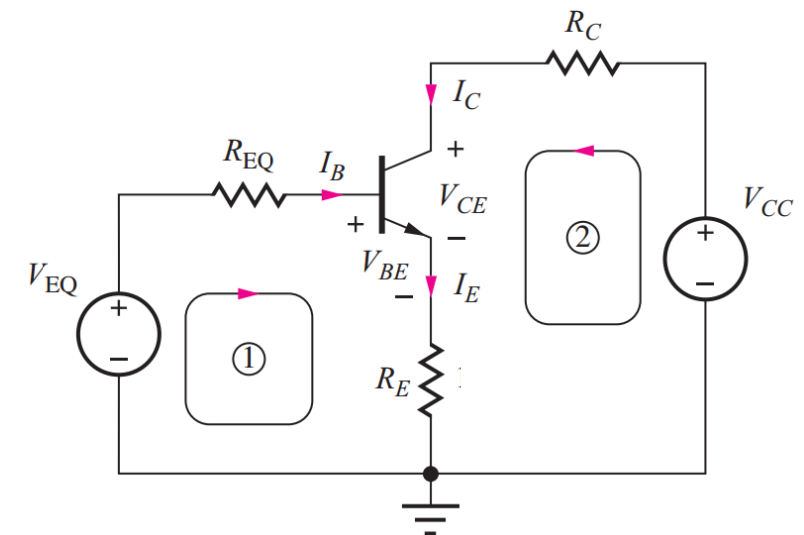
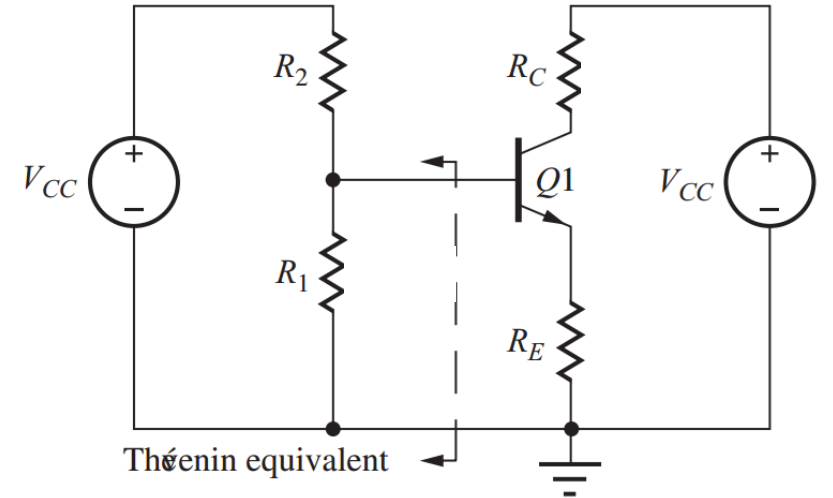
- Có 2 phương pháp để phân tích mạch phân cực bằng phân áp:
  - **Phương pháp chính xác:** được áp dụng với tất cả các mạch phân cực bằng phân áp.
  - **Phương pháp gần đúng:** chỉ áp dụng được trong các trường hợp cụ thể.
- Phương pháp gần đúng đơn giản hơn, và cho phép thực hiện tính toán nhanh. Ngoài ra, phương pháp gần đúng rất hữu ích trong thiết kế mạch phân cực bằng phân áp. Do đó, phương pháp gần đúng cũng có vai trò quan trọng ngang bằng với phương pháp chính xác.

# Phân tích mạch bằng phương pháp chính xác

- Để thuận tiện cho tính toán, ta tách nguồn  $V_{CC}$  cho mạch ngõ vào và ngõ ra.
- Áp dụng tương đương Thevenin cho mạch ngõ vào đối với 2 điểm tại cực Base và nối mass (xem hình).
- Ta có:

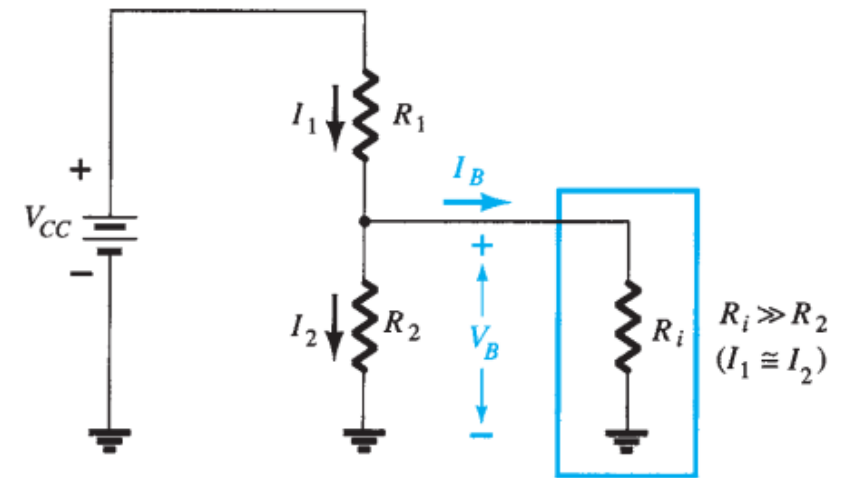
$$R_{EQ} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$
$$E_{EQ} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{CC}$$

- Như vậy, sau biến đổi Thevenin ta thu được mạch tương tự mạch phân cực hồi tiếp Emitter. Do đó, cách giải tương tự.



# Phân tích mạch bằng phương pháp gần đúng

- Ta có thể phân tích mạch phân cực bằng phân áp sử dụng phương pháp gần đúng.
- Được biết, điện trở  $R_E$  được “nhìn thấy” từ ngõ vào với hệ số khuếch đại  $(\beta + 1)$ . Khi đó, mạch ngõ vào có thể được biểu diễn lại như ở hình bên.
- Nếu  $R_i = (\beta + 1)R_E \approx \beta R_E \gg R_2$ , thì dòng  $I_B$  chạy qua  $R_i$  nhỏ hơn rất nhiều lần so với dòng  $I_2$  chạy qua  $R_2$ . Do đó, ta có thể xem  $I_1 \cong I_2$ , tức là 2 điện trở  $R_1$  và  $R_2$  mắc nối tiếp.
- $R_i \approx \beta R_E \geq 10R_2$  được xem là  $R_i \gg R_2$ .



# Phân tích mạch bằng phương pháp gần đúng

- Từ đó, ta có thể xác định gần đúng điện áp tại cực Base so với mass:

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

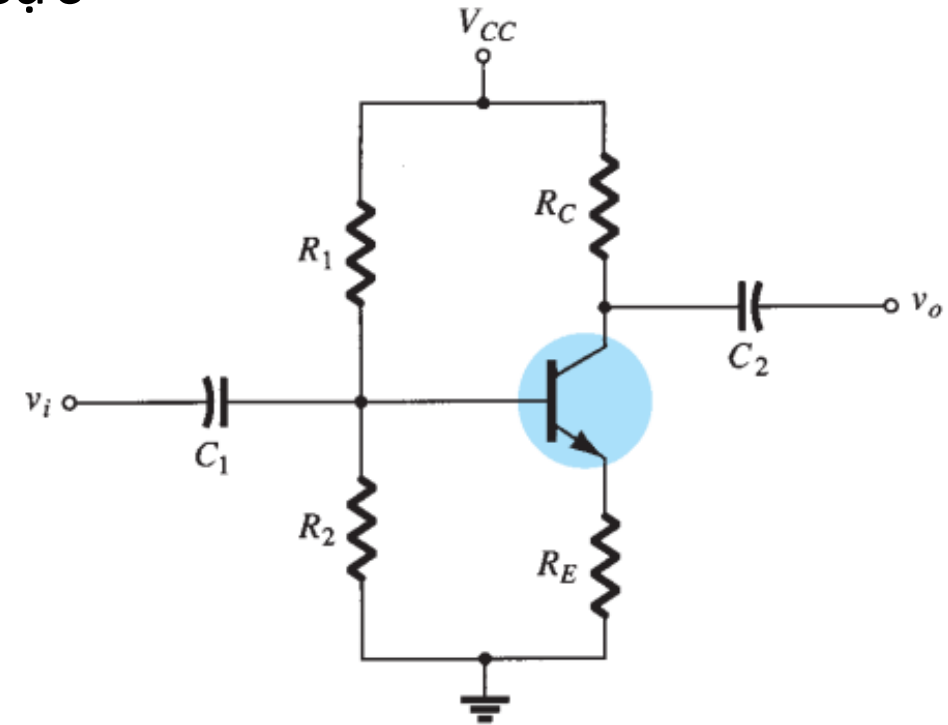
- Điện áp tại cực E so với mass:

$$V_E = V_B - V_{BE} = V_B - 0.7 V$$

- Dòng  $I_E$ :  $I_E = V_E / R_E$
- Dòng  $I_C$ :  $I_C \cong I_E$
- Áp dụng KVL cho mạch ngõ ra để xác định  $V_{CE}$ :

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

- Có thể thấy rằng, trong các phương trình nêu trên không có mặt hệ số  $\beta$  và  $I_B$  không được tính. Do đó, có thể thấy rằng, điểm Q không phụ thuộc vào  $\beta$ .



# Phân tích đường tải

- Do mạch phân cực bằng phân áp sau khi biến đổi tương đương Thevenin sẽ có dạng mạch tự tương tự mạch phân cực hồi tiếp Emitter. Do đó, phương trình đường tải được xác định bởi mạch ngõ ra:

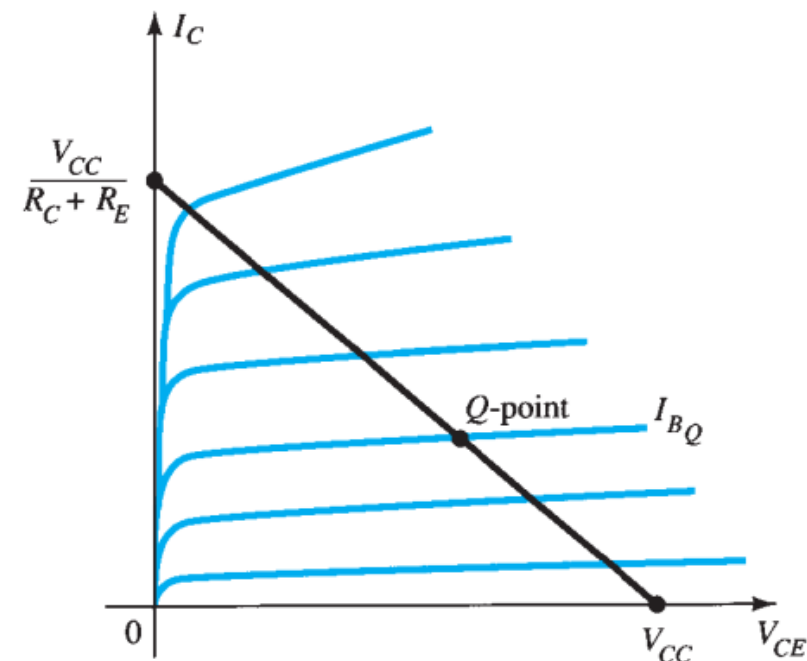
$$V_{CE} = V_{CC} - I_C(R_C + R_E) \quad (*)$$

- Phương trình (\*) có đồ thị là đường thẳng với các biến  $v_{CE}$  và  $i_C$ . Đồ thị đường tải đi qua 2 điểm:

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

- $I_C = 0 \Rightarrow V_{CE} = V_{CC}$

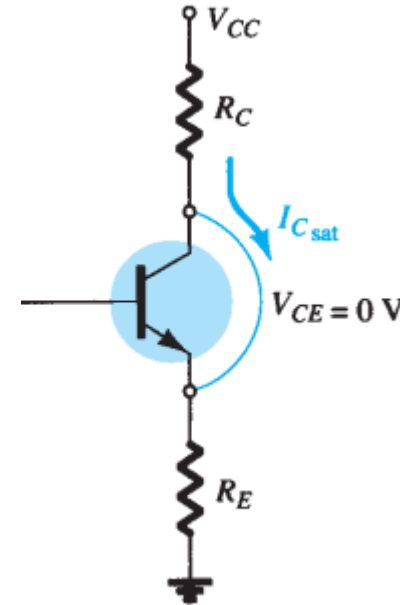
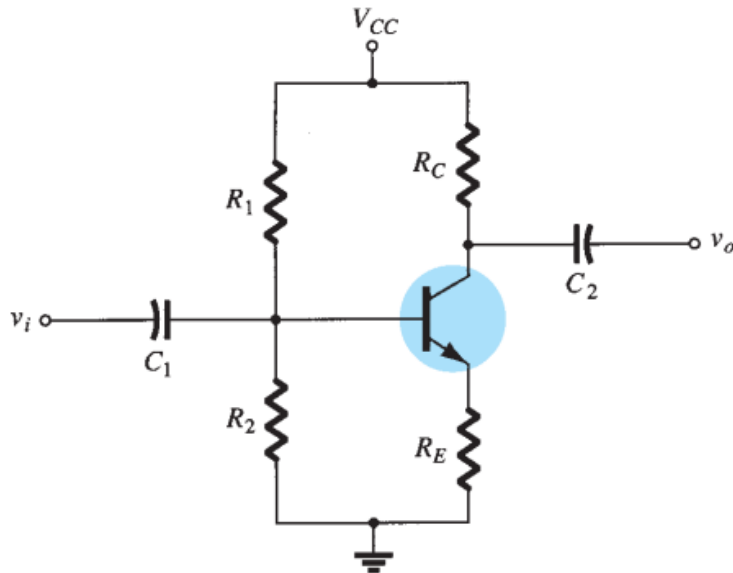
- Nếu ta biểu diễn đường tải và đặc tuyến của BJT trên cùng một đồ thị thì giao điểm giữa đường tải và đường đặc tuyến xác định bởi  $I_{BQ}$  chính là điểm Q cần tìm.



# Phân tích mạch trong chế độ bão hòa

- Trong vùng bão hòa,  $V_{CE} = 0 \text{ V}$ .
- Dòng Collector bão hòa:

$$I_{C_{sat}} = \frac{V_{CC}}{R_C + R_E}$$

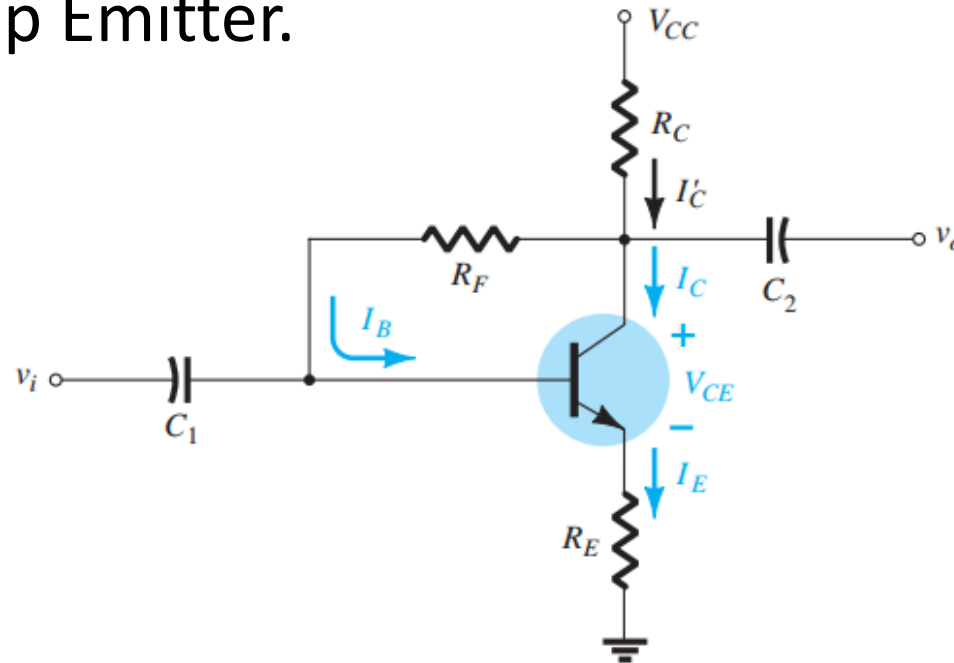


## 5.16 MẠCH PHÂN CỰC HỒI TIẾP COLLECTOR



# Mạch phân cực hồi tiếp Collector

- Mạch phân cực hồi tiếp Collector sử dụng hồi tiếp từ cực Collector thông qua điện trở  $R_F$  để ổn định điểm làm việc.
- Tuy điểm Q vẫn còn phụ thuộc vào hệ số  $\beta$ , nhưng độ ổn định nhiệt của mạch phân cực hồi tiếp Collector tốt hơn mạch phân cực cố định và phân cực hồi tiếp Emitter.



# Phân tích mạch

- Áp dụng KVL cho mạch ngõ vào:

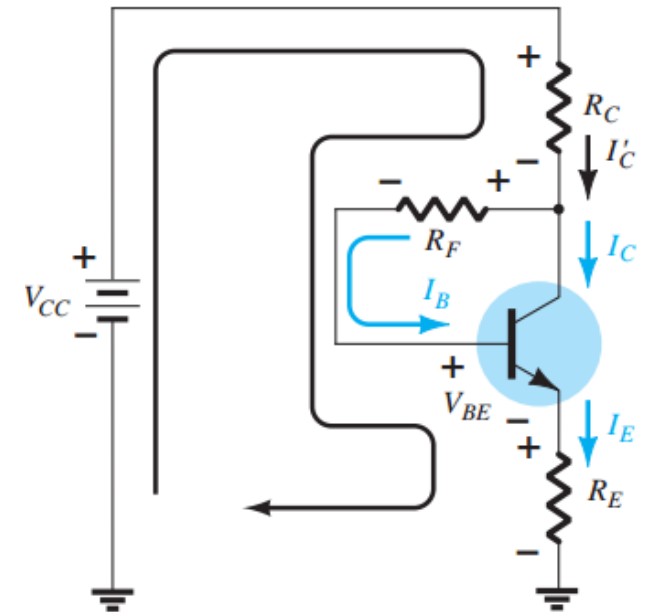
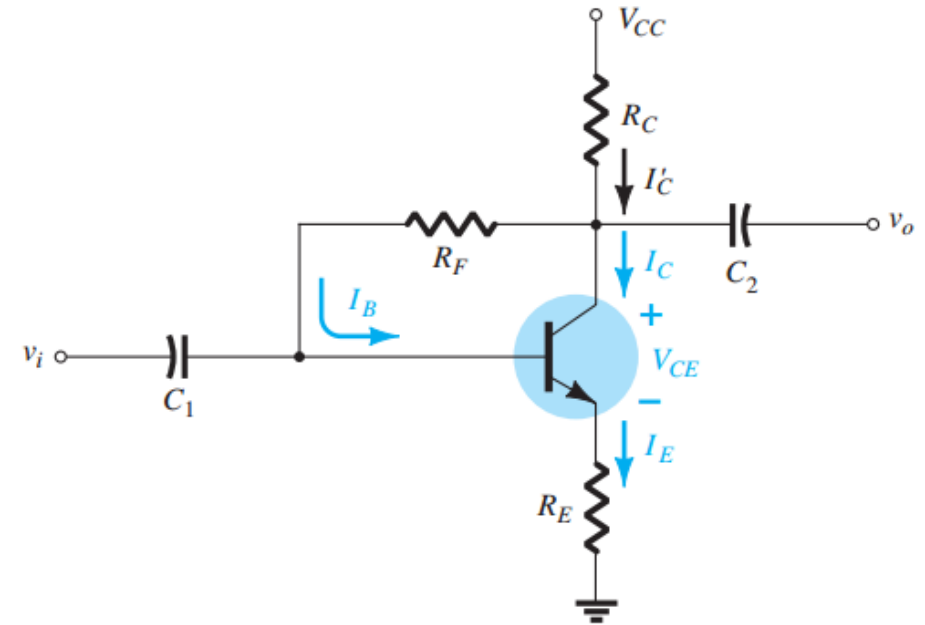
$$V_{CC} - I'_C R_C - I_B R_F - V_{BE} - I_E R_E = 0$$

- Ta có:  $I'_C = I_C + I_B$ , do  $I_C \gg I_B$  nên  $I'_C \cong I_C = \beta I_B$ . Ngoài ra,  $I_E \cong I_C$ .

- Suy ra:

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

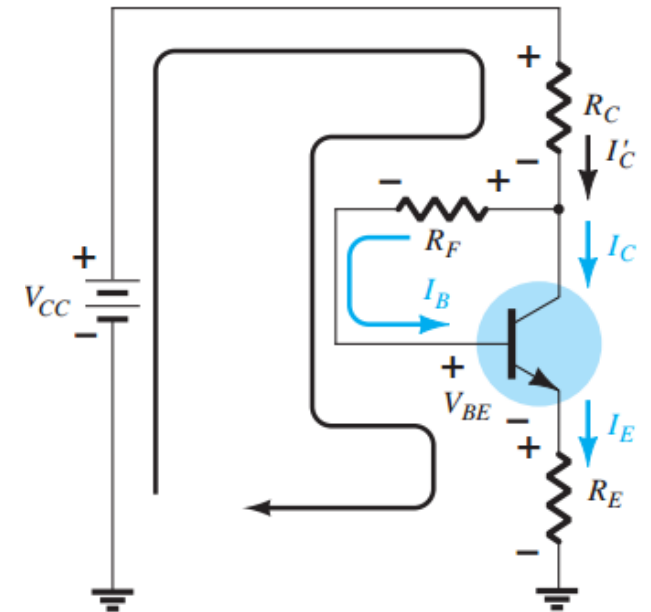
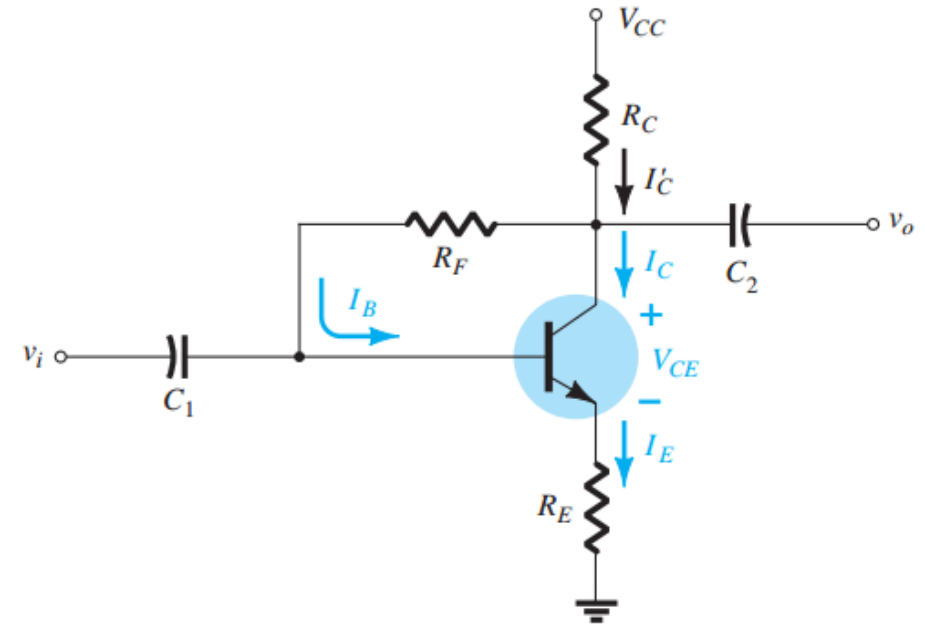
$$\Rightarrow I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_F + \beta(R_C + R_E)}$$



# Phân tích mạch

- Dòng  $I_C$ :  $I_C = \beta I_B$
- Lưu ý rằng, nếu  $\beta(R_C + R_E) \gg R_F$ , thì  $I_C = (V_{CC} - V_{BE}) / (R_C + R_E)$ , tức là dòng  $I_C$  ổn định đối với khoảng thay đổi lớn của  $\beta$ .
- Áp dụng KVL cho mạch ngõ vào:

$$V_{CC} - I_C R_C - V_{CE} - I_E R_E = 0$$
$$\Rightarrow V_{CE} \cong V_{CC} - I_C (R_C + R_E)$$



# Phân tích đường tải

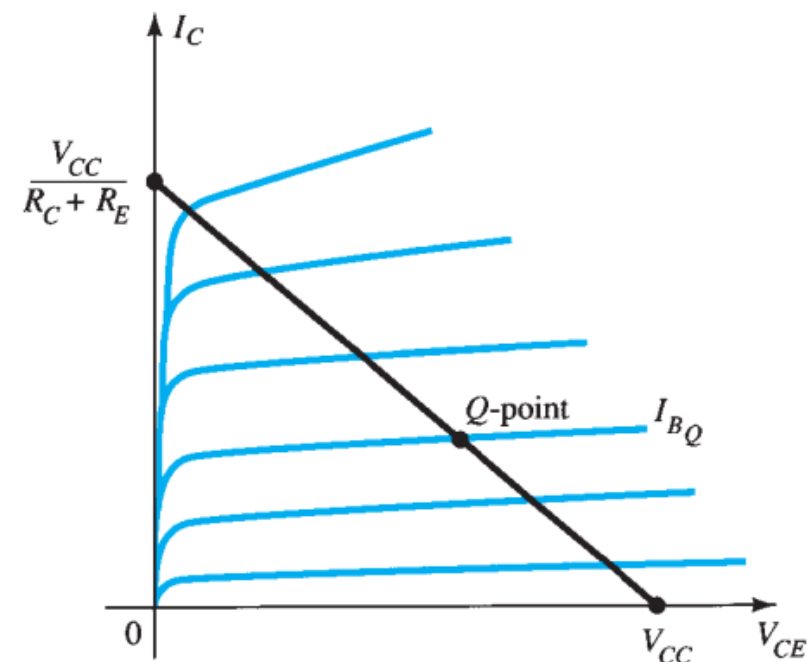
- Phương trình đường tải được xác định bởi mạch ngõ ra:

$$V_{CE} \cong V_{CC} - I_C(R_C + R_E) \quad (*)$$

- Phương trình (\*) có đồ thị là đường thẳng với các biến  $v_{CE}$  và  $i_C$ . Đồ thị đường tải đi qua 2 điểm:

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

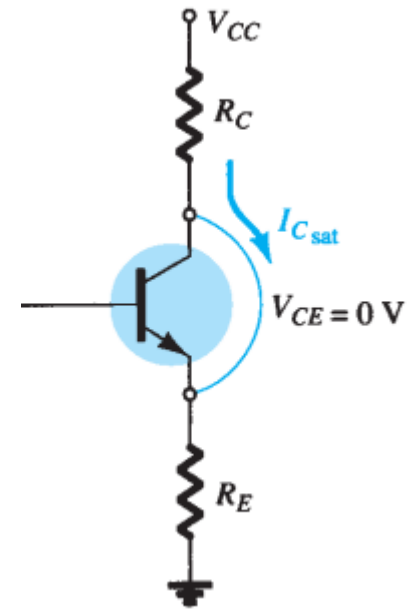
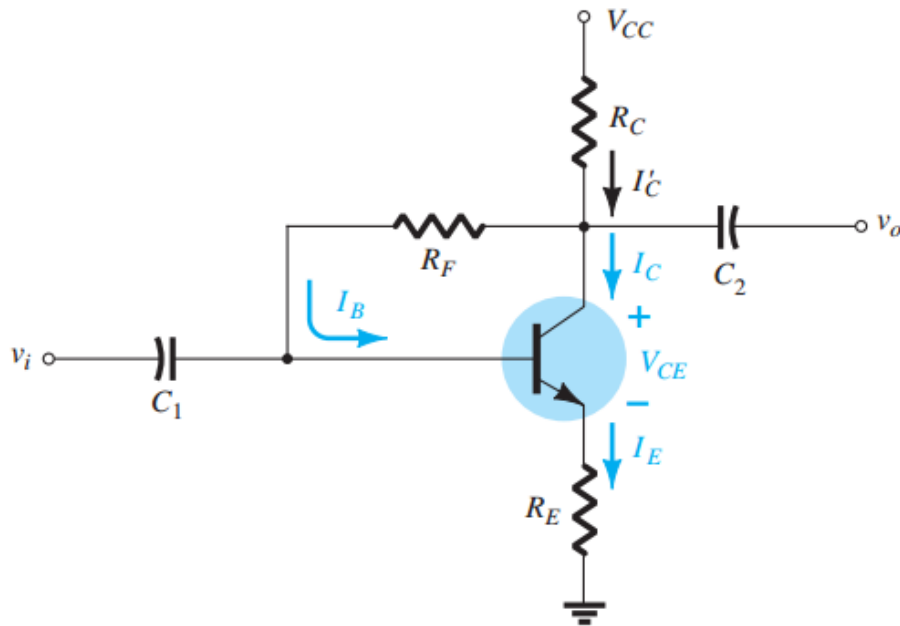
- Nếu ta biểu diễn đường tải và đặc tuyến của BJT trên cùng một đồ thị thì giao điểm giữa đường tải và đường đặc tuyến xác định bởi  $I_{BQ}$  chính là điểm Q cần tìm.



# Phân tích mạch trong chế độ bão hòa

- Trong vùng bão hòa,  $V_{CE} = 0 \text{ V}$ .
- Dòng Collector bão hòa:

$$I_{C_{sat}} = \frac{V_{CC}}{R_C + R_E}$$



# Mạch phân cực hồi tiếp Collector

- Chức năng của các tụ trong mạch phân cực hồi tiếp Collector:
  - Tụ  $C_1$  và  $C_3$ : tụ liên lạc ngăn dòng một chiều.
  - Tụ  $C_4$ : tụ thoát xoay chiều dẫn dòng xoay chiều xuống mass để không tham gia vào vòng hồi tiếp tại Emitter.
  - Tụ  $C_2$ : tụ thoát xoay chiều dẫn dòng xoay chiều xuống mass để không tham gia vào vòng hồi tiếp tại Collector.

