



ELECTRONIC DEVICES AND CIRCUIT

Faculty of Computer Science and Engineering
Department of Computer Engineering



Vo Tan Phuong

<http://www.cse.hcmut.edu.vn/~vtphuong>

Chapter 2

BJT Transistor

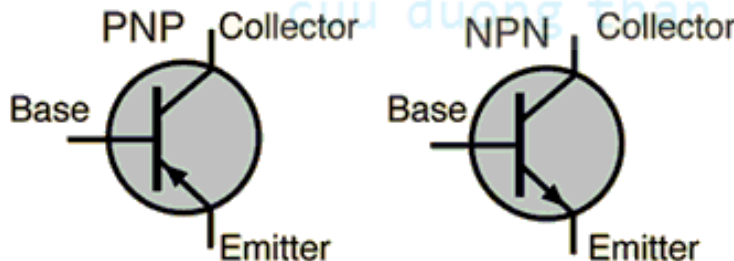
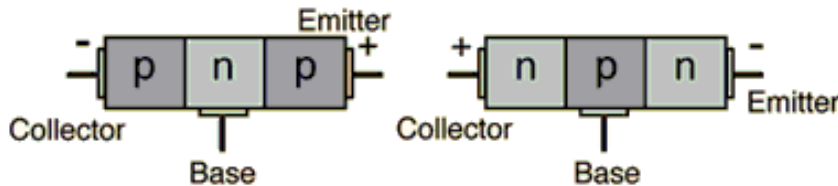
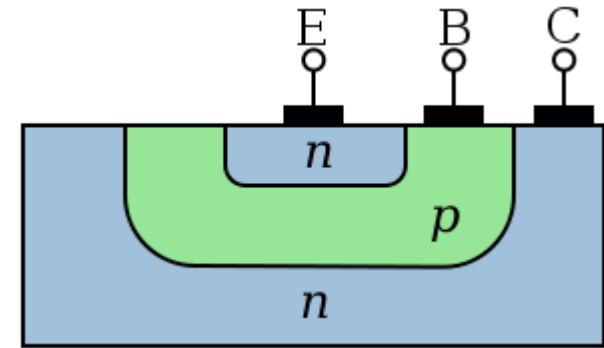
cuu duong than cong . com



cuu duong than cong . com

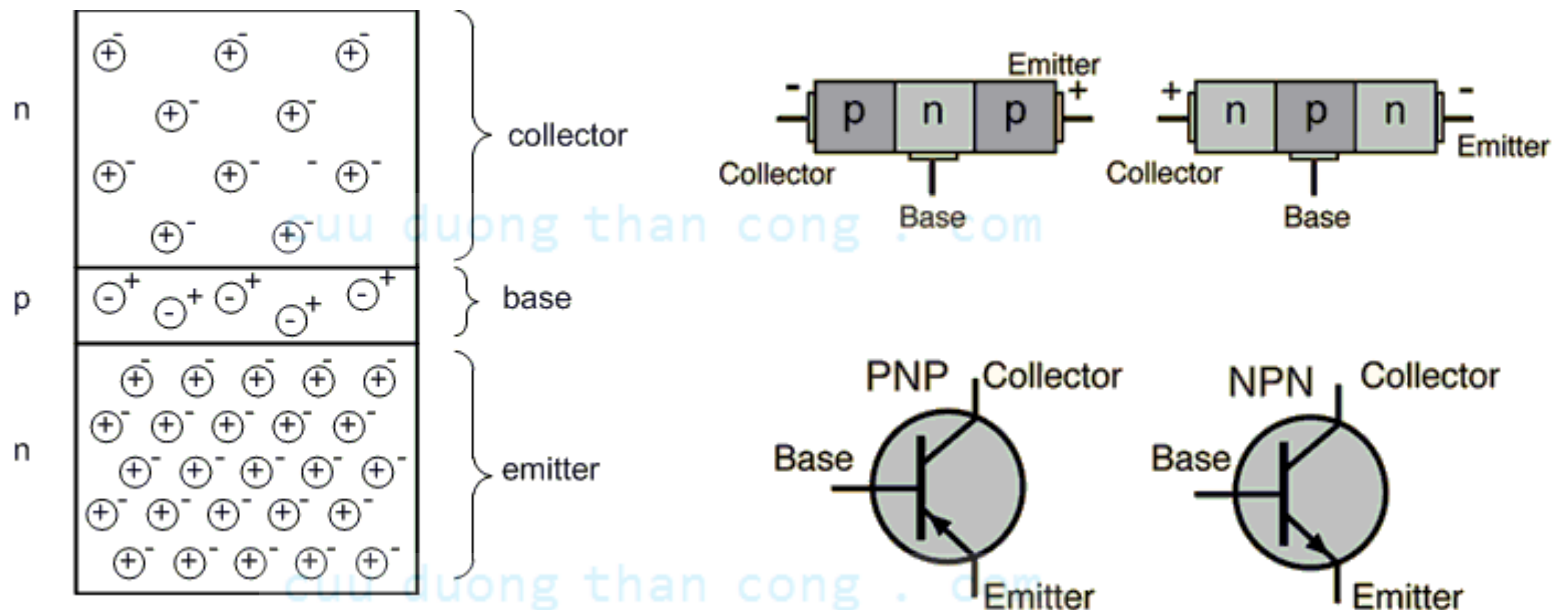
Nội dung trình bày

- Cấu tạo của BJT Transistor
- Nguyên lý hoạt động
- Các thông số và đặc tuyến
- Các chế độ làm việc



Cấu tạo BJT Transistor

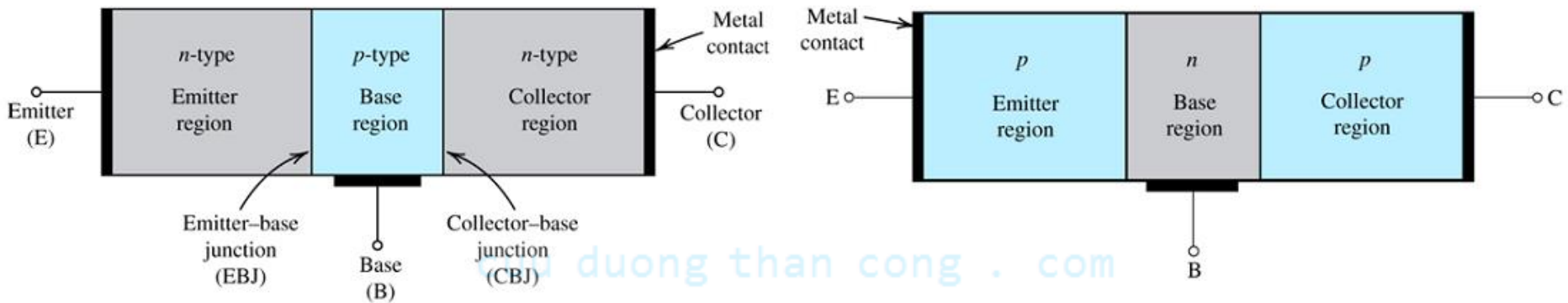
- BJT = **Bibolar Junction Transistor**
 - **Bibolar**: cả lỗ trống và electron tham gia vào hoạt động dẫn điện
 - Gồm 2 môi nối PN nối tiếp nhau => có 2 cách **PNP** và **NPN**



- Gồm 3 cực **E (phát)**, **B (nền)**, **C (thu)**:
 - Nồng độ tạp chất thêm vào (doping): $E > C$ (bình thường) $> B$
 - Lớp bán dẫn **nền B** ở giữa **rất mỏng**

Nguyên lý hoạt động

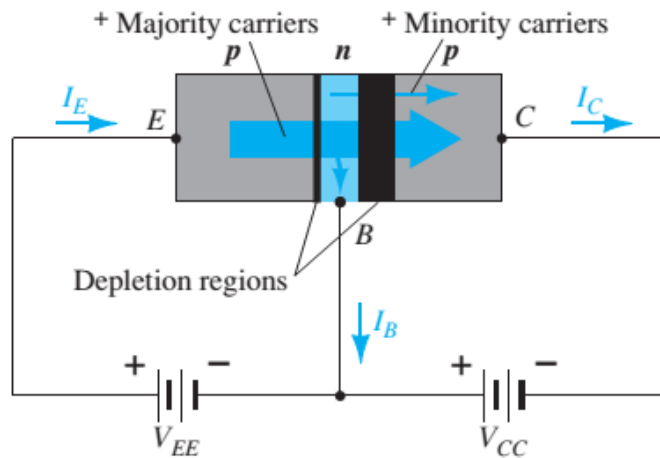
- Phân cực 2 mối nối (EBJ và CBJ) quyết định các chế độ hoạt động của BJT



- Có 4 khả năng:

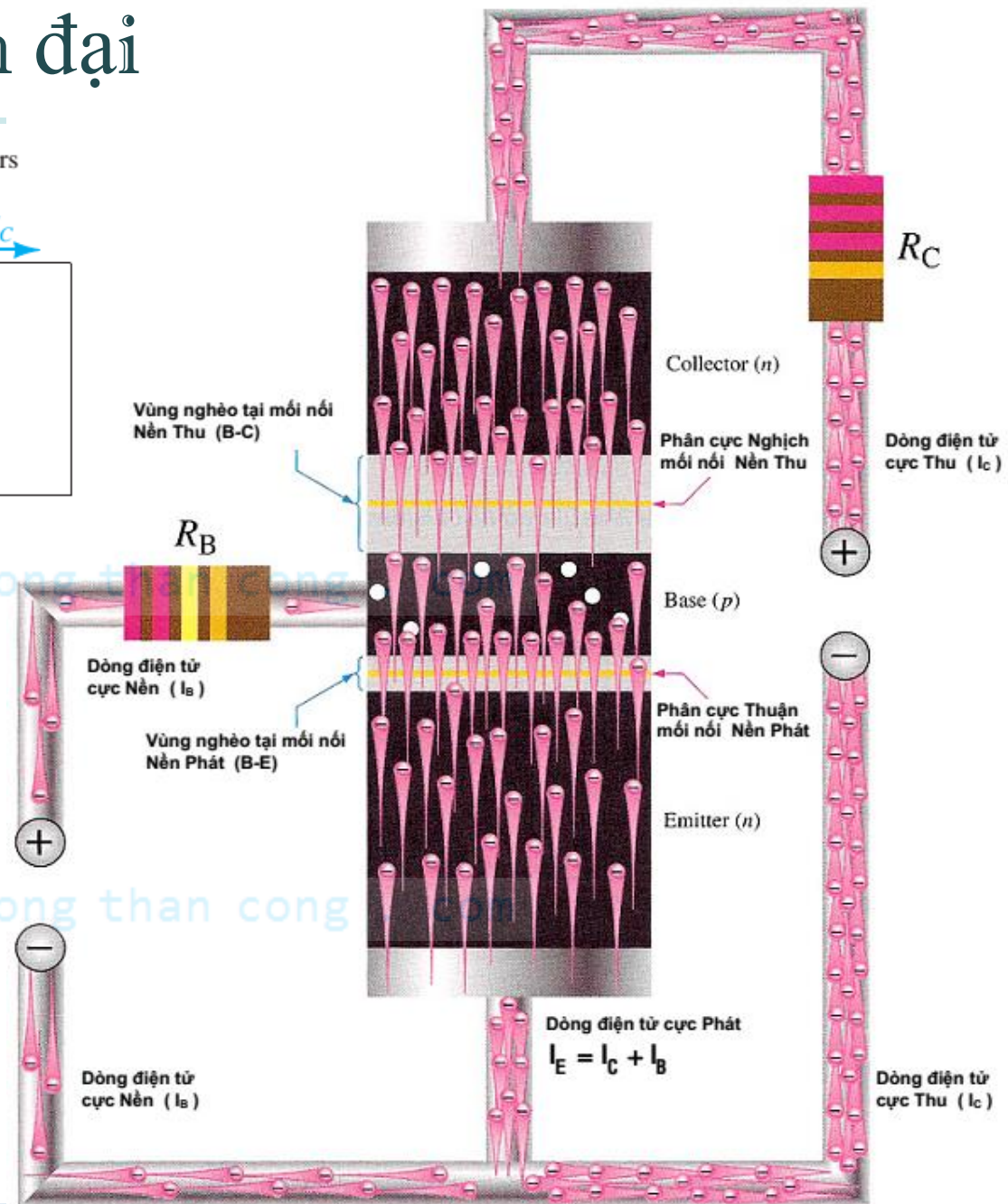
Chế độ hoạt động	Mối nối EBJ	Mối nối CBJ
Tắt	Phân cực ngược	Phân cực ngược
Khuếch đại	Phân cực thuận	Phân cực ngược
Không dùng	Phân cực ngược	Phân cực thuận
Mở (bảo hòa)	Phân cực thuận	Phân cực thuận

Chế độ khuếch đại

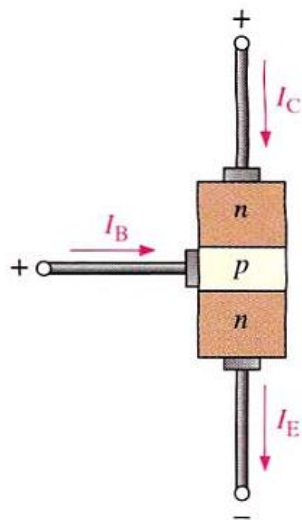


- **EBJ: phân cực thuận**
 - Hạt tải chính từ E tràn sang B là loại hạt tải phụ của B
- **CBJ: phân cực ngược**
 - Chỉ cho phép các hạt tải phụ bên B đi qua

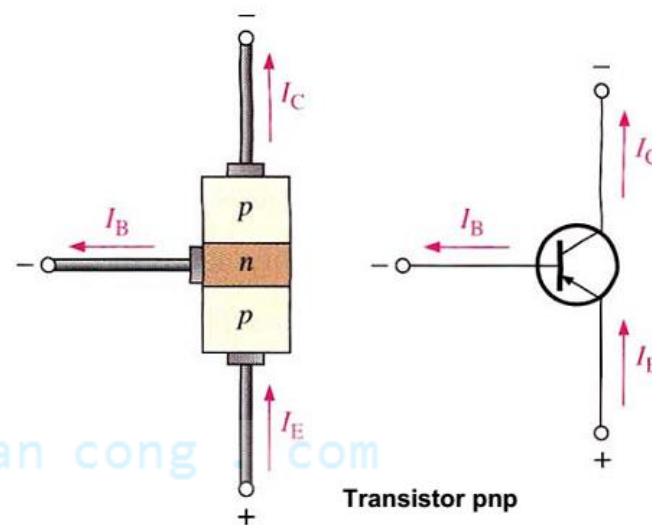
$$I_E = I_C + I_B$$



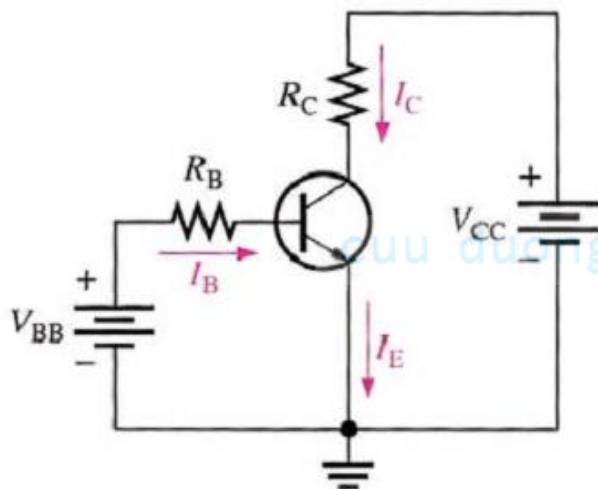
Chế độ khuếch đại (tt)



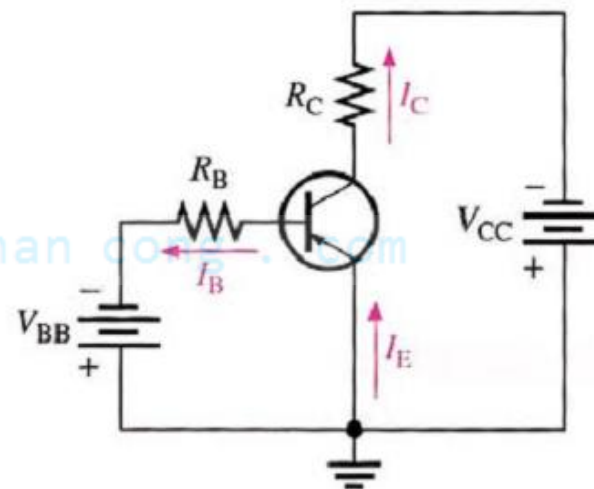
Transistor npn



Transistor pnp



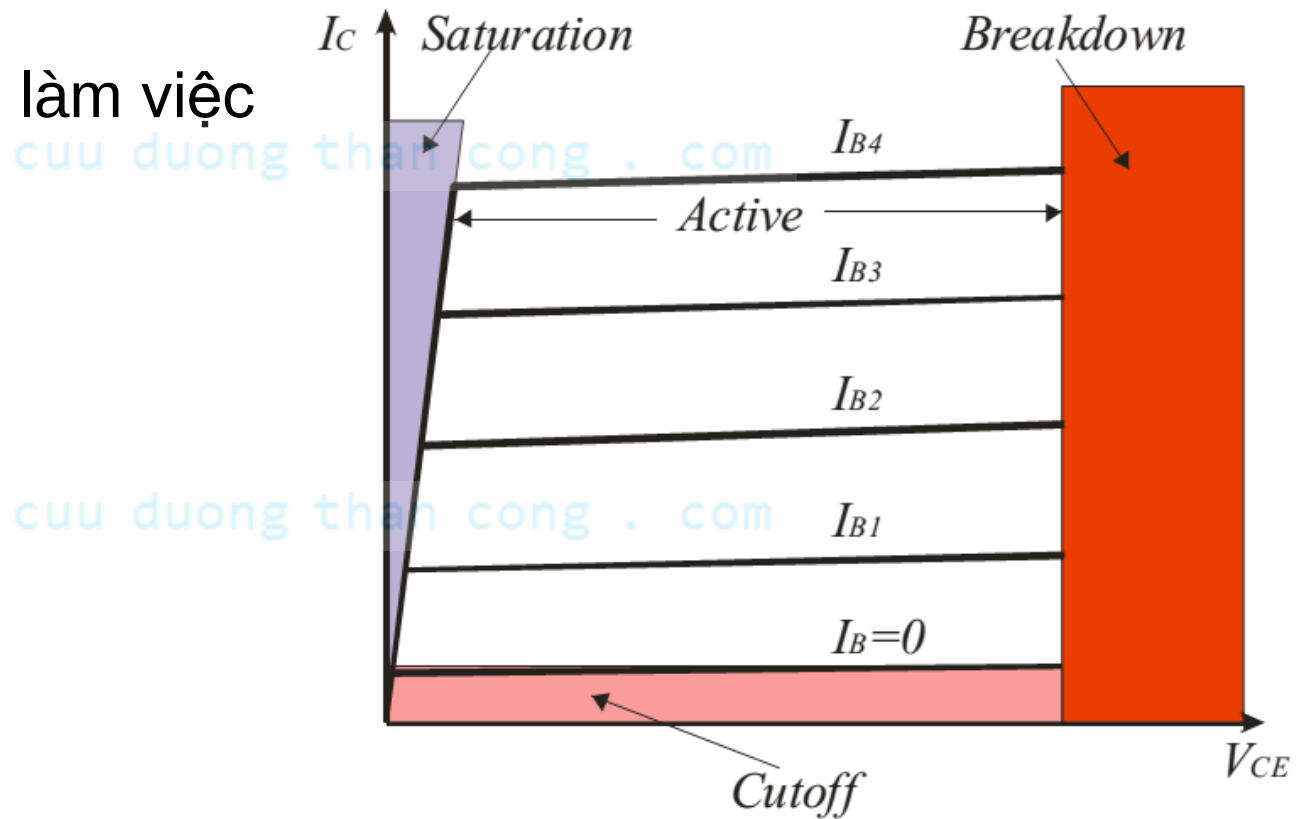
(a) npn



(b) pnp

Nội dung trình bày

- Cấu tạo của BJT Transistor
- Nguyên lý hoạt động
- Các thông số và đặc tuyến
- Các chế độ làm việc



Tỉ số dòng điện

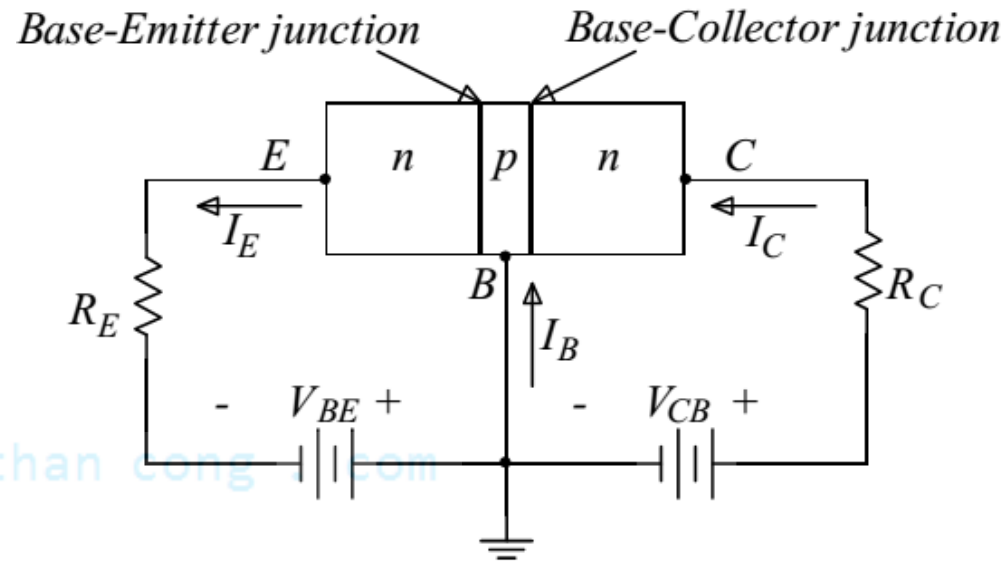
- Xét BJT ở chế độ khuếch đại

- EBJ phân cực thuận

$$I_E = I_s (e^{V_{BE}/V_T} - 1)$$

Các hạt dẫn đa số từ E tràn sang B

- CBJ phân cực ngược, hút các hạt dẫn từ E tràn sang B đến C



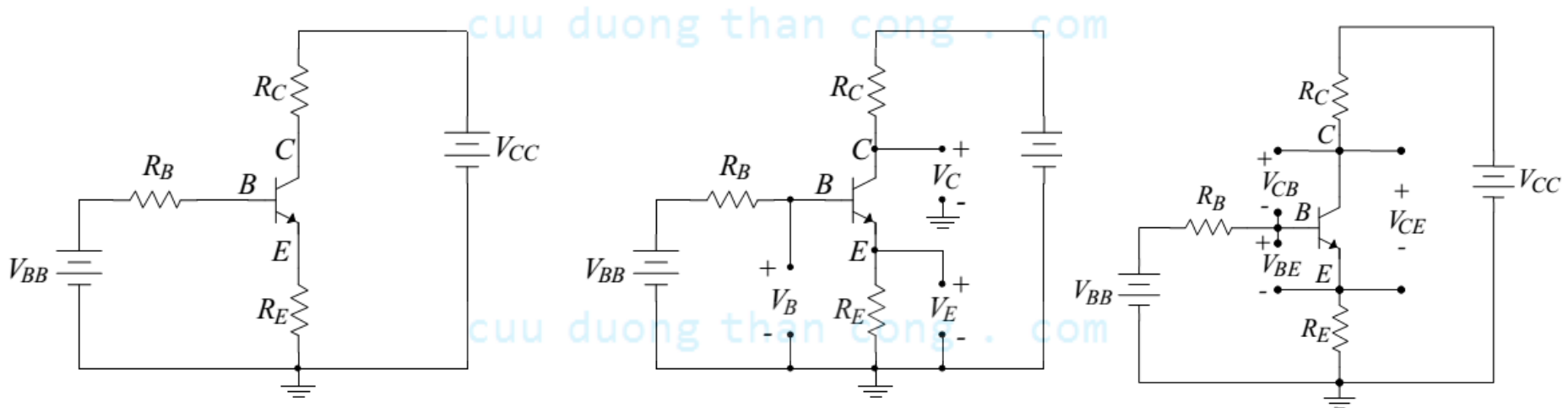
$$I_E = I_C + I_B$$

$$\beta_{DC} = \frac{I_C}{I_B}$$

$$\alpha_{DC} = \frac{I_C}{I_E}$$

Các loại điện thế trên BJT

- Có 3 loại điện thế liên quan đến BJT trong mạch điện:
 - Nguồn cung cấp: V_{CC} , V_{BB}
 - Điện thế tại các cực: V_C , V_B , V_E
 - Hiệu điện thế giữa các cực: V_{BE} , V_{CE} , V_{CB}



Tính toán áp và dòng trong mạch

- Mối nối E-B phân cực thuận, tương tự diode, $V_{BE} \approx 0.7V$
- Phần mạch bên cực nền:

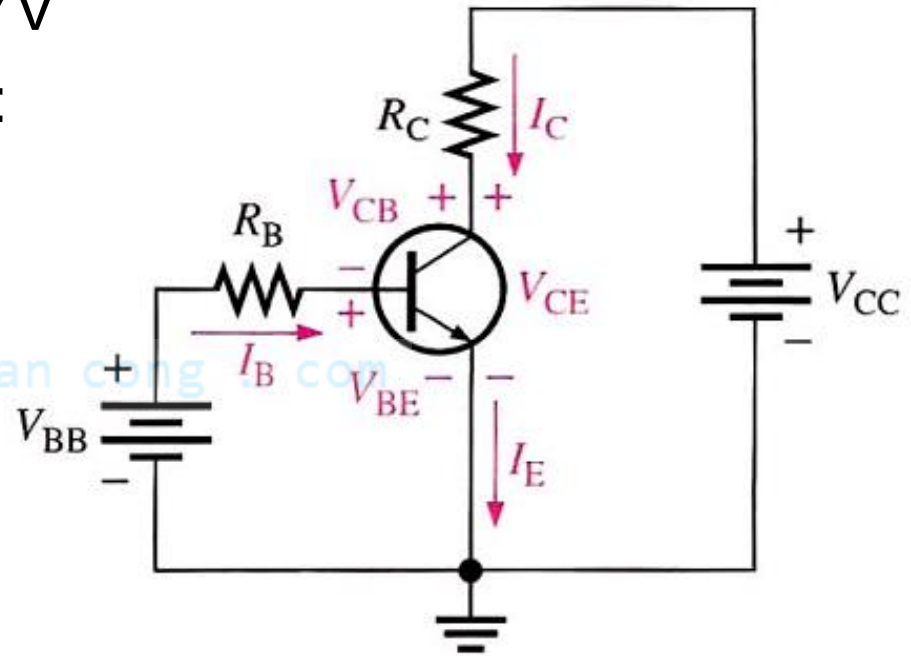
$$V_{BB} = R_B \cdot I_B + V_{BE}$$

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

- Phần mạch bên cực thu:

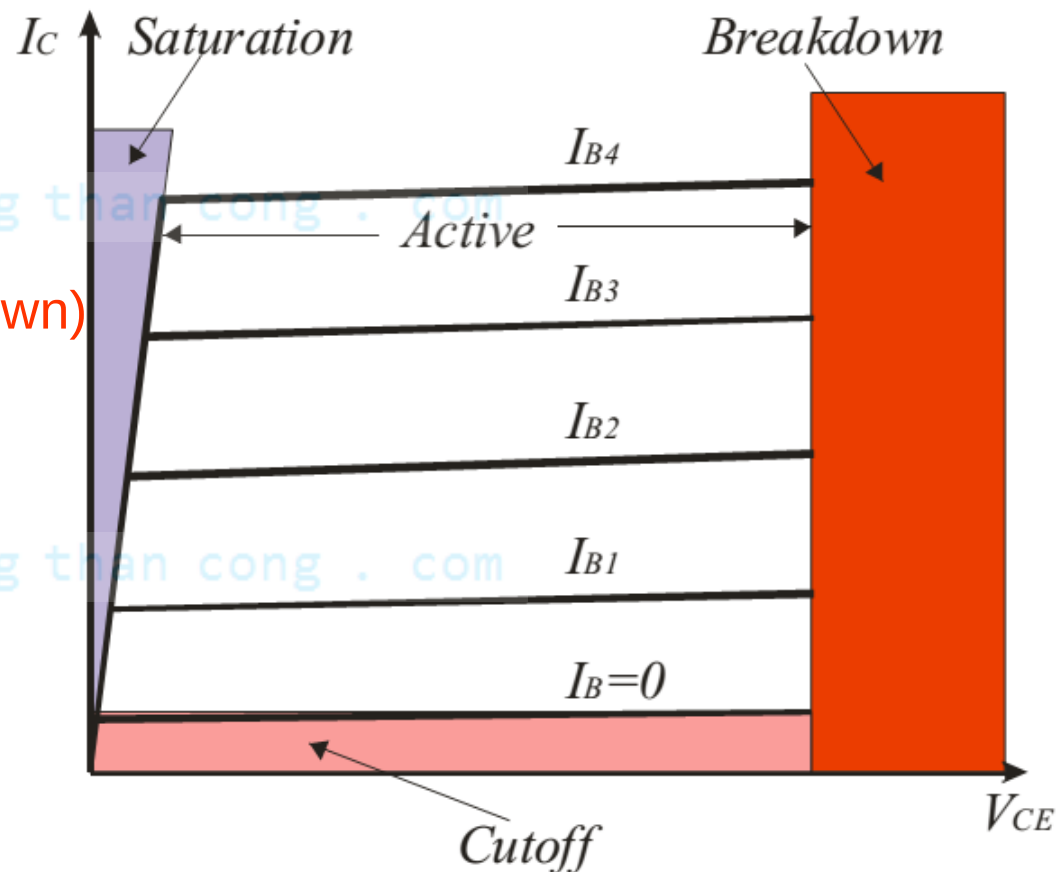
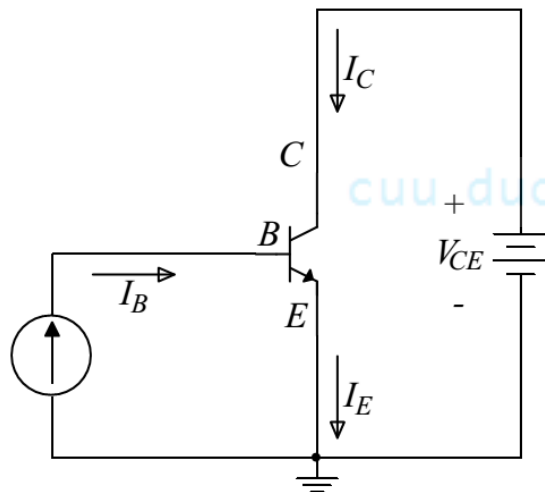
$$V_{CC} = R_C \cdot I_C + V_{CE}$$

$$V_{CE} = V_{CC} - R_C \cdot I_C = V_{CC} - R_C \cdot (\beta_{DC} \cdot I_B)$$



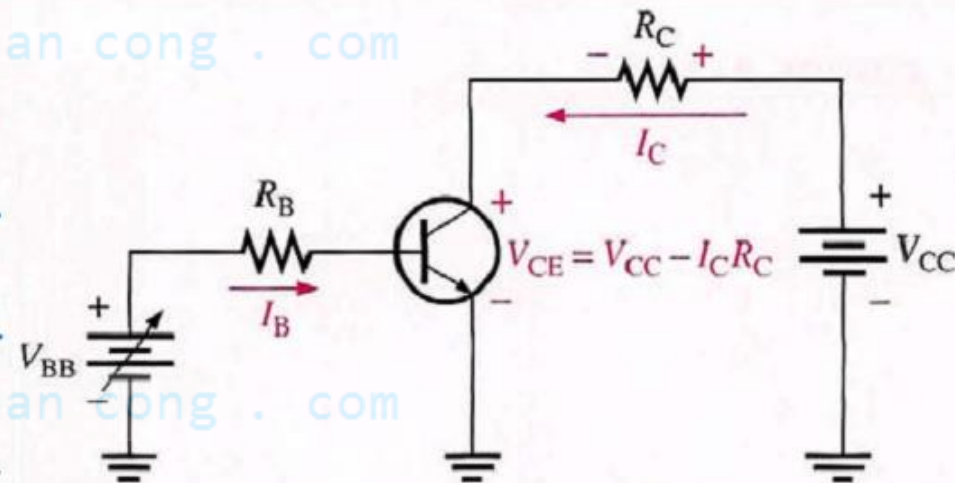
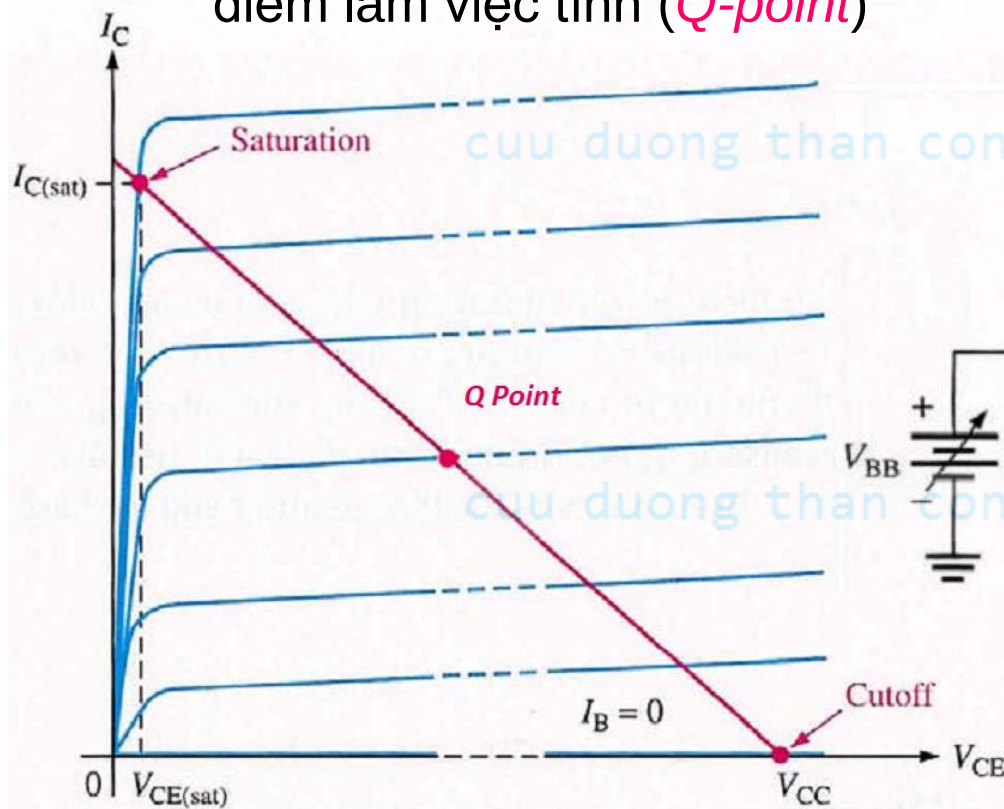
Họ đặc tuyến i-v

- Thông số quan trọng nhất là các họ đặc tuyến i-v:
 - Thể hiện giá trị I_C tương ứng với giá trị V_{CE} cho các giá trị I_B khác nhau
- Có 4 vùng:
 - Khuếch đại (Active)
 - Bão hòa (Saturation)
 - Ngưng dẫn (Cutoff)
 - Đánh thủng (Breakdown)



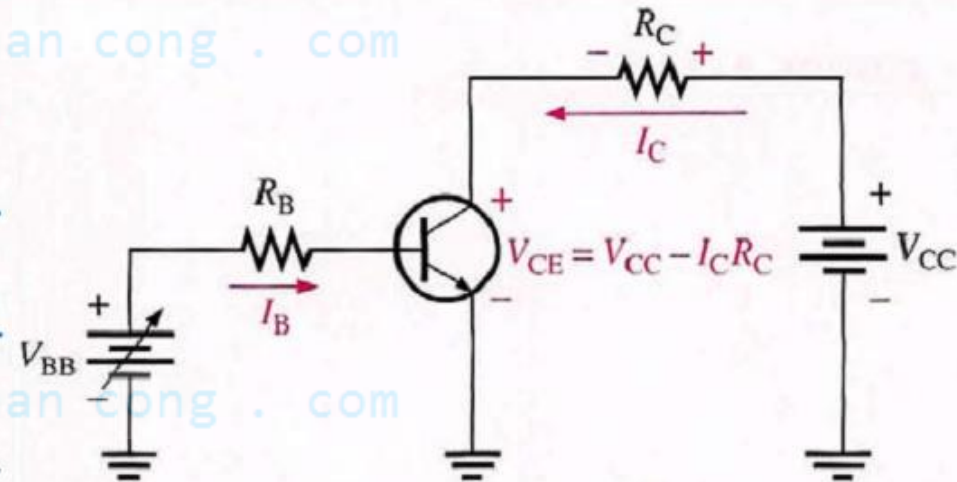
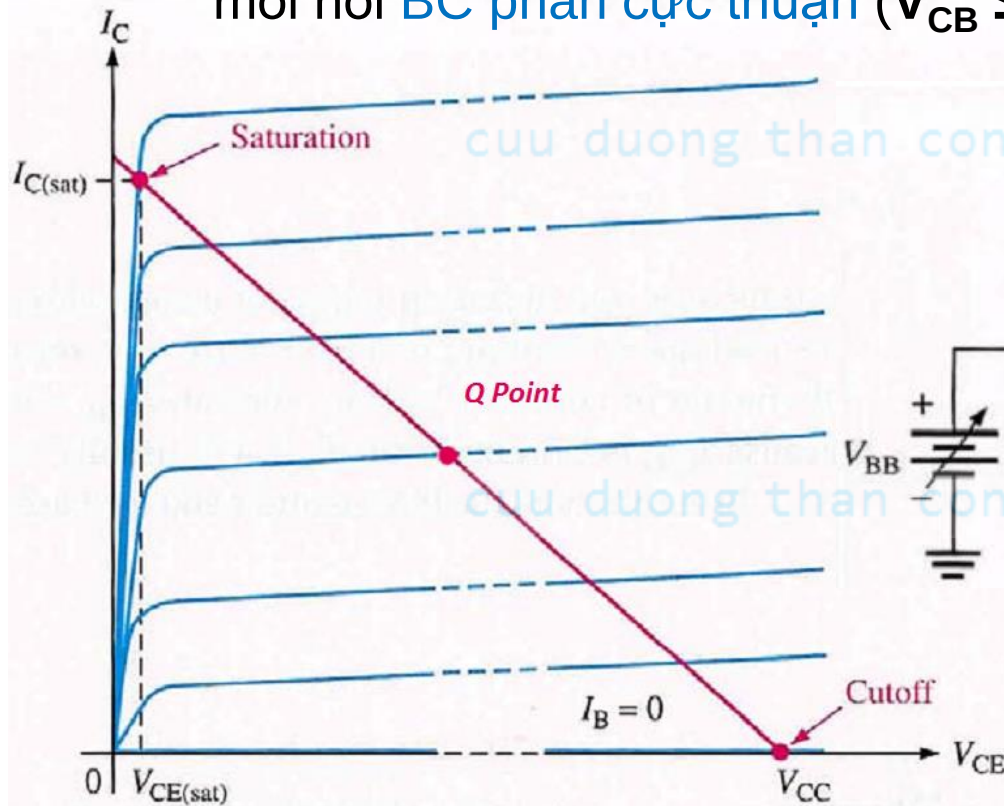
Đường tải DC trên họ đặc tuyến i-v

- Xét phần mạch bên cực thu C: $V_{CE} = V_{CC} - R_C I_C$
 - Đường tải DC cắt trục x tại $V_{CE} = V_{CC}$ tương ứng $I_C = 0$
 - Đường tải DC cắt trục y tại $I_C = V_{CC}/R_C$ tương ứng $V_{CE} = 0$
 - Giao điểm đường tải DC với với các đường đặc tuyến xác định điểm làm việc tĩnh (*Q-point*)



Đường tải DC trên họ đặc tuyến $i-v$ (tt)

- Chuyển đổi giữa các vùng:
 - $I_B = 0$, BJT ở trạng thái ngưng dẫn
 - I_B tăng, BJT vào vùng khuếch đại, $I_C = \beta I_B$, I_C tăng làm V_{CE} giảm
 - $V_{CB} = V_{CE} - V_{BE}$ khi V_{CE} giảm đến giá trị bão hòa V_{CESAT} , làm cho mối nối BC phân cực thuận ($V_{CB} \leq -0.5V$) ngăn I_C tăng



Tóm tắt các vùng trên đồ thị họ đặc tuyến

- Vùng khuếch đại (Active)**

- Mỗi nối EB phân cực thuận
- Mỗi nối CB phân cực ngược
- I_C được điều khiển bởi I_B

$$V_{BE} < V_{CE} < V_{CC}, I_C = \beta I_B$$

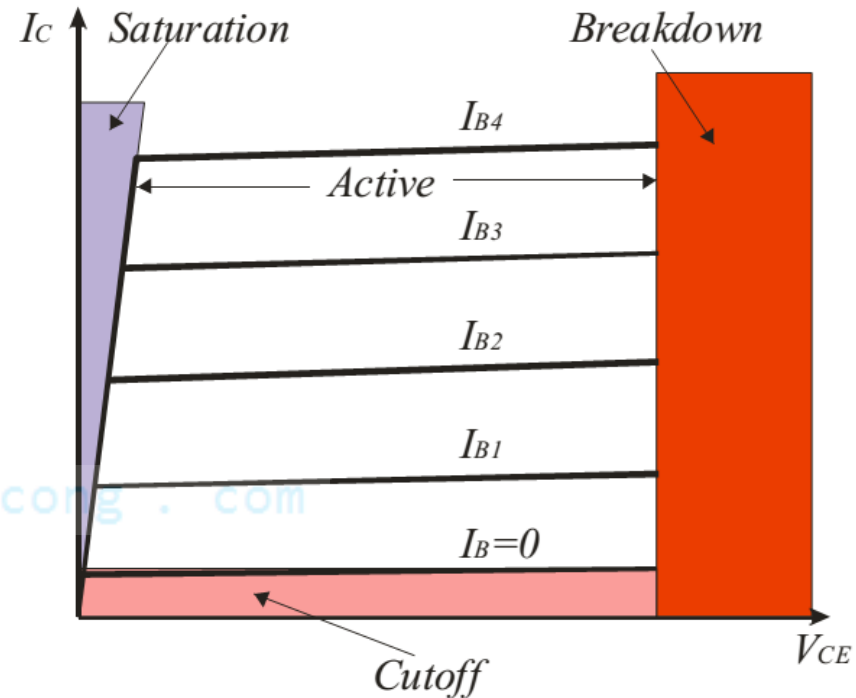
- Vùng bão hòa (Saturation)**

- Mỗi nối EB phân cực thuận
- Mỗi nối CB phân cực thuận
- I_C đạt giá trị tối đa I_{CSAT}
- V_{CE} đạt giá trị nhỏ nhất V_{CESAT}

$$V_{CE} < V_{BE}$$

- Vùng ngưng dẫn (Cutoff)**

- Mỗi nối EB phân cực ngược, không có dòng chạy qua



- Vùng đánh thủng (Breakdown)**

- I_C , V_{CE} và $P_D = V_{CE} \cdot I_C$ vượt giới hạn cho phép
- BJT bị hỏng

Bảng thông số kỹ thuật Datasheet của BJT

MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	2N4123	Unit
Collector-Emitter Voltage	V_{CEO}	30	Vdc
Collector-Base Voltage	V_{CBO}	40	Vdc
Emitter-Base Voltage	V_{EBO}	5.0	Vdc
Collector Current – Continuous	I_C	200	mAdc
Total Device Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	625 5.0	mW mW $^\circ\text{C}$
Operating and Storage Junction Temperature Range	T_j, T_{stg}	-55 to +150	$^\circ\text{C}$

THERMAL CHARACTERISTICS

Characteristic	Symbol	Max	Unit
Thermal Resistance, Junction to Case	$R_{\theta JC}$	83.3	$^\circ\text{C W}$
Thermal Resistance, Junction to Ambient	$R_{\theta JA}$	200	$^\circ\text{C W}$

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)

Characteristic	Symbol	Min	Max	Unit
----------------	--------	-----	-----	------

OFF CHARACTERISTICS

Collector-Emitter Breakdown Voltage (1) ($I_C = 1.0 \text{ mAdc}$, $I_E = 0$)	$V_{(BR)CEO}$	30		Vdc
Collector-Base Breakdown Voltage ($I_C = 10 \mu\text{Adc}$, $I_E = 0$)	$V_{(BR)CBO}$	40		Vdc
Emitter-Base Breakdown Voltage ($I_E = 10 \mu\text{Adc}$, $I_C = 0$)	$V_{(BR)EBO}$	5.0	–	Vdc
Collector Cutoff Current ($V_{CB} = 20 \text{ Vdc}$, $I_E = 0$)	I_{CBO}	–	50	nAdc
Emitter Cutoff Current ($V_{BE} = 3.0 \text{ Vdc}$, $I_C = 0$)	I_{EBO}	–	50	nAdc

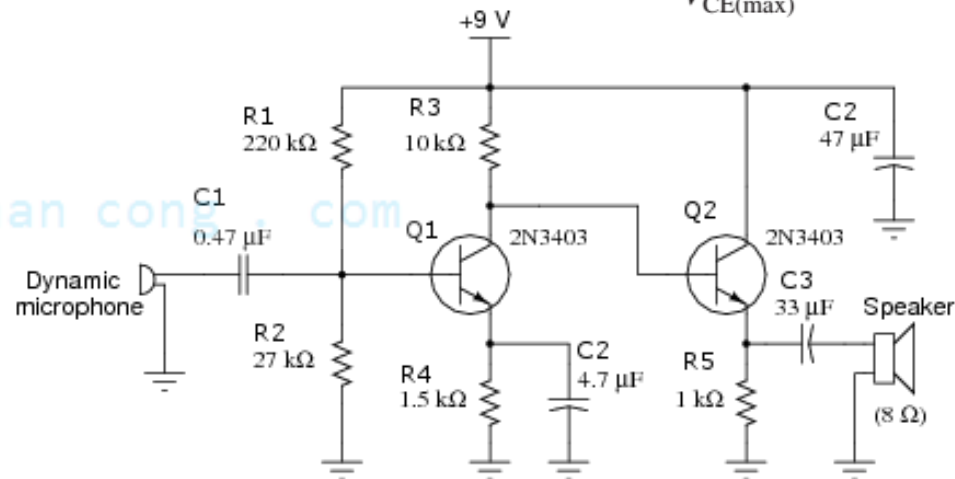
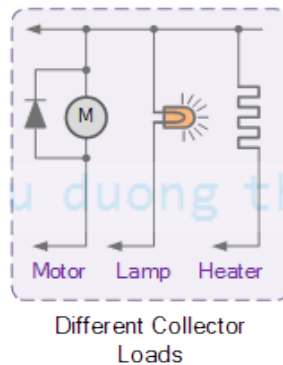
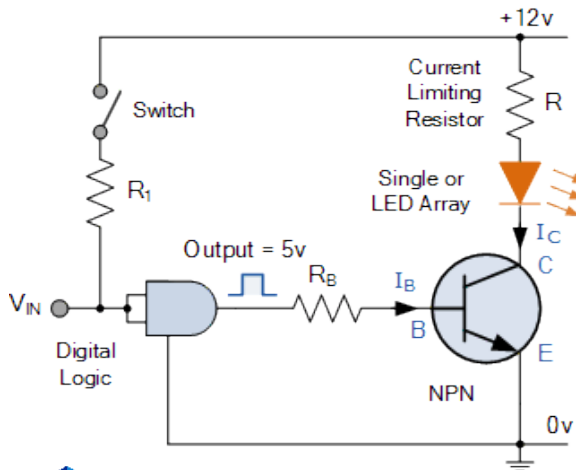
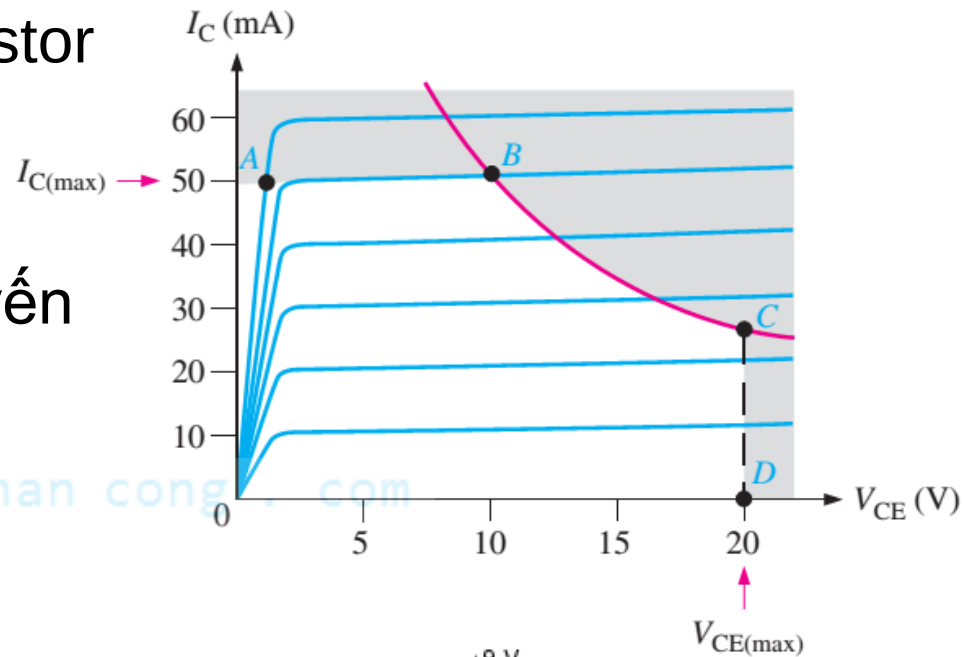
ON CHARACTERISTICS

DC Current Gain(1) ($I_C = 2.0 \text{ mAdc}$, $V_{CE} = 1.0 \text{ Vdc}$) ($I_C = 50 \text{ mAdc}$, $V_{CE} = 1.0 \text{ Vdc}$)	h_{FE}	50 25	150 –	–
Collector-Emitter Saturation Voltage(1) ($I_C = 50 \text{ mAdc}$, $I_B = 5.0 \text{ mAdc}$)	$V_{CE(sat)}$	–	0.3	Vdc



Nội dung trình bày

- Cấu tạo của BJT Transistor
- Nguyên lý hoạt động
- Các thông số và đặc tuyến
- Các chế độ làm việc

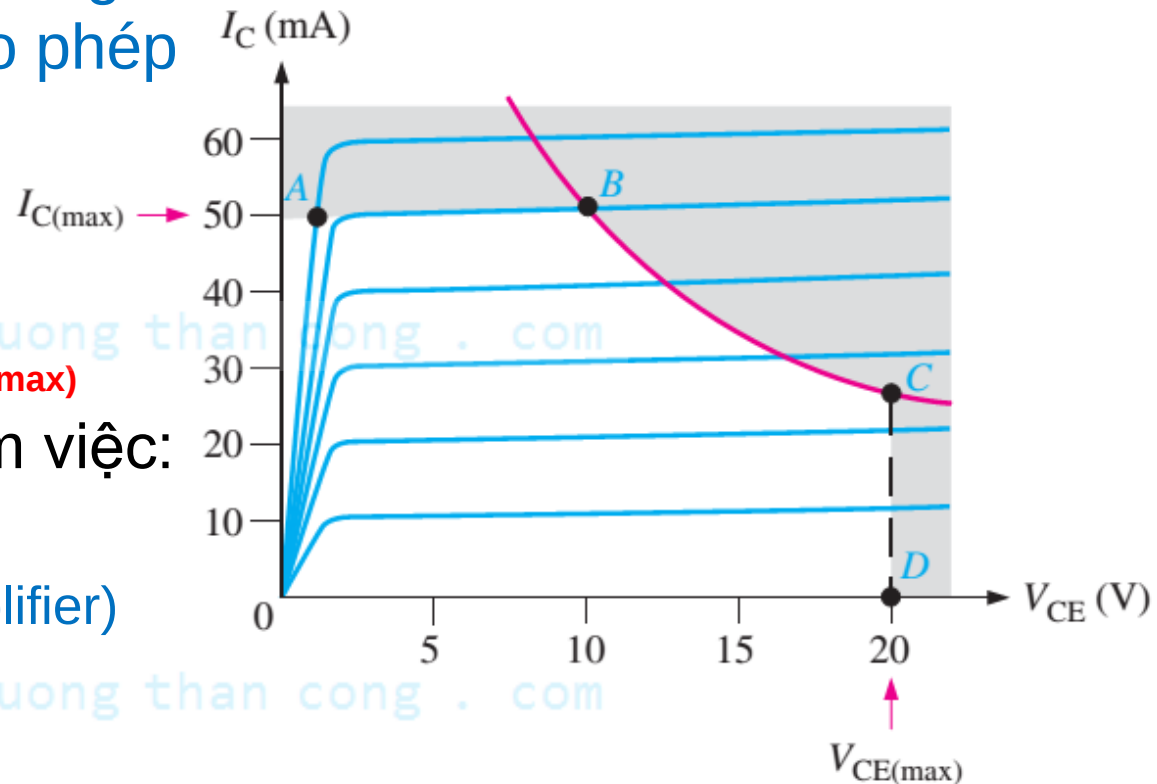


Các chế độ làm việc của BJT

- Transistor được phân cực để làm việc trong vùng giới hạn cho phép (vùng màu trắng)

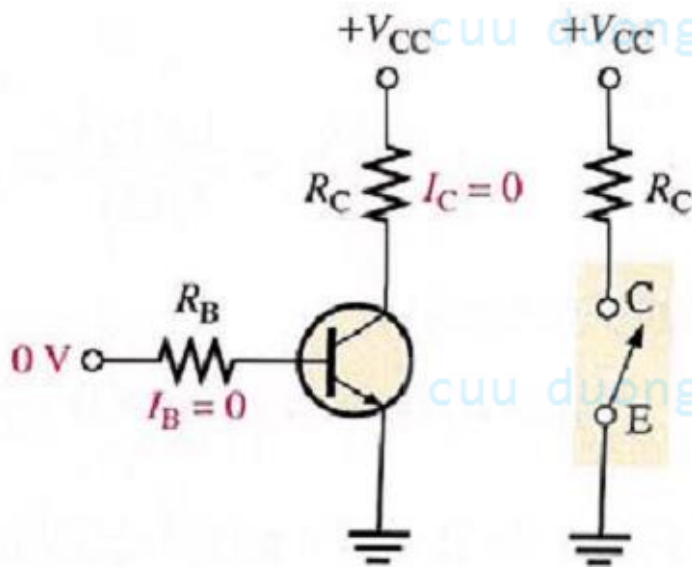
- $I_C < I_{C(max)}$
- $V_{CE} < V_{CE(max)}$
- $P_D = I_C * V_{CE} < P_{D(max)}$

- Có hai chế độ làm việc:
 - Khóa (Switch)
 - Khuếch đại (Amplifier)

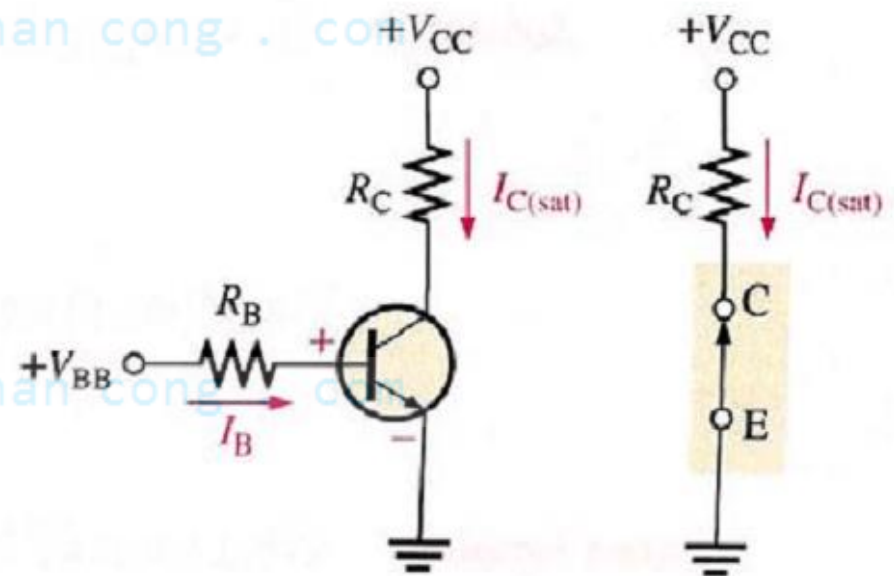


Chế độ khóa

- Transistor phân cực hoạt động trong 2 vùng
 - Ngưng dẫn, $I_B = 0$ không có dòng chạy qua transistor $I_C = 0$,
→ khóa hở
 - Bão hòa, I_C đạt giá trị cực đại $I_{C(sat)}$, V_{CE} đạt giá trị cực tiểu $V_{CE(sat)} \approx 0.2V$ đến $0.5V$, → khóa đóng



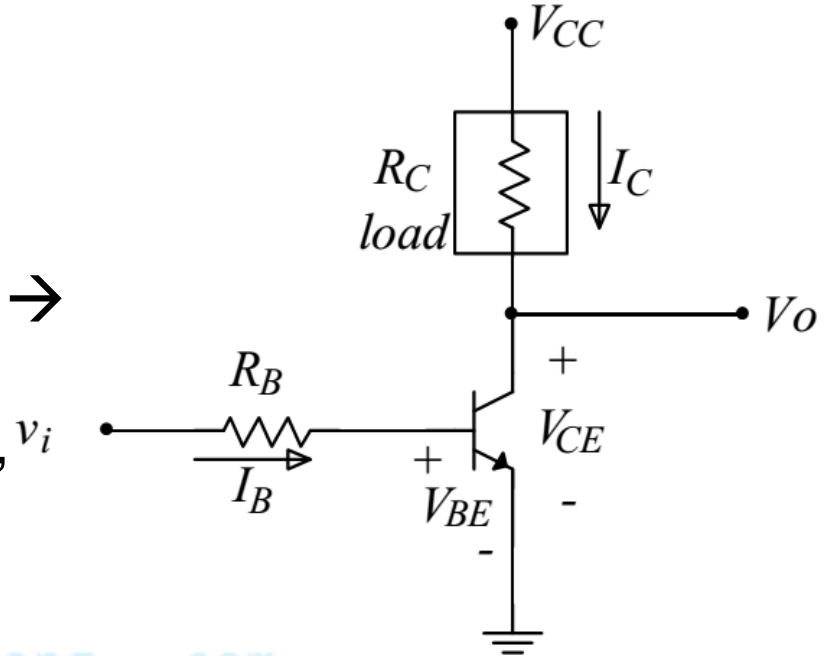
a./ Trạng thái ngưng dẫn; Khóa hở



b./ Trạng thái bão hòa; Khóa đóng kín

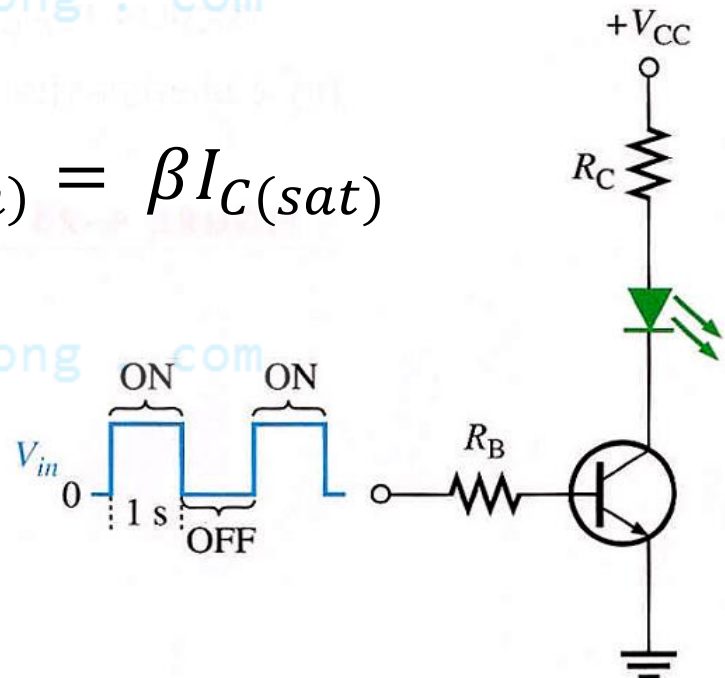
Chế độ khóa (tt)

- $V_{in} = 0V$ (Low) $\rightarrow I_B = 0 \rightarrow$
Transistor ngưng dẫn, $I_C = 0 \rightarrow$
 $V_{out} = V_{CC}$ (High)
- $V_{in} = V_{CC}$ (High), Transistor ở
trạng thái bão hòa $\rightarrow$
 $V_{out} = V_{CE(sat)}$ (Low)



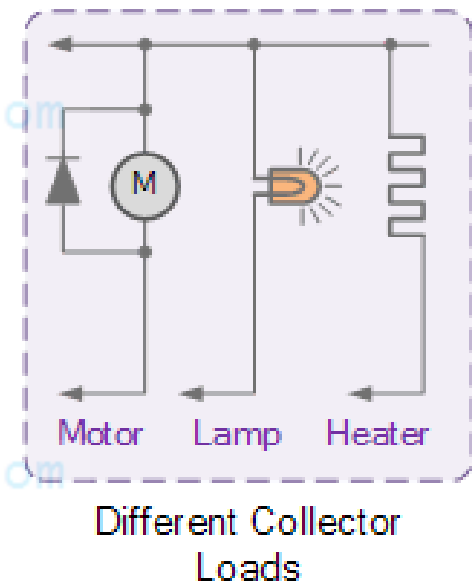
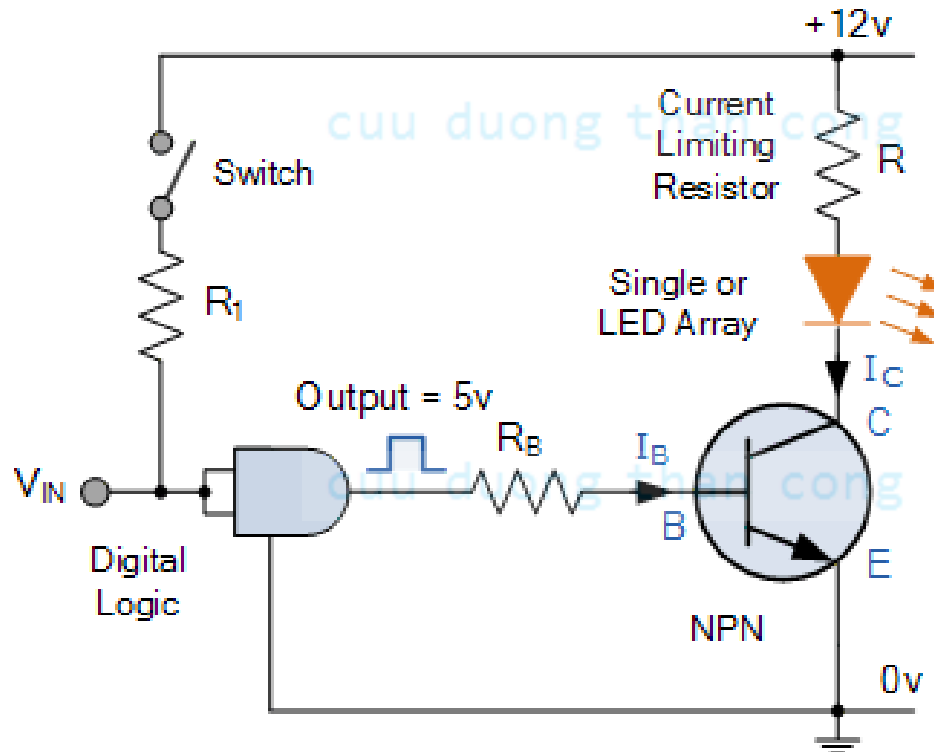
$$I_B = \frac{V_{in} - V_{BE}}{R_B} > I_{B(min)} = \beta I_{C(sat)}$$

$$I_{C(sat)} = \frac{V_{CC} - V_{CE(sat)}}{R_C}$$



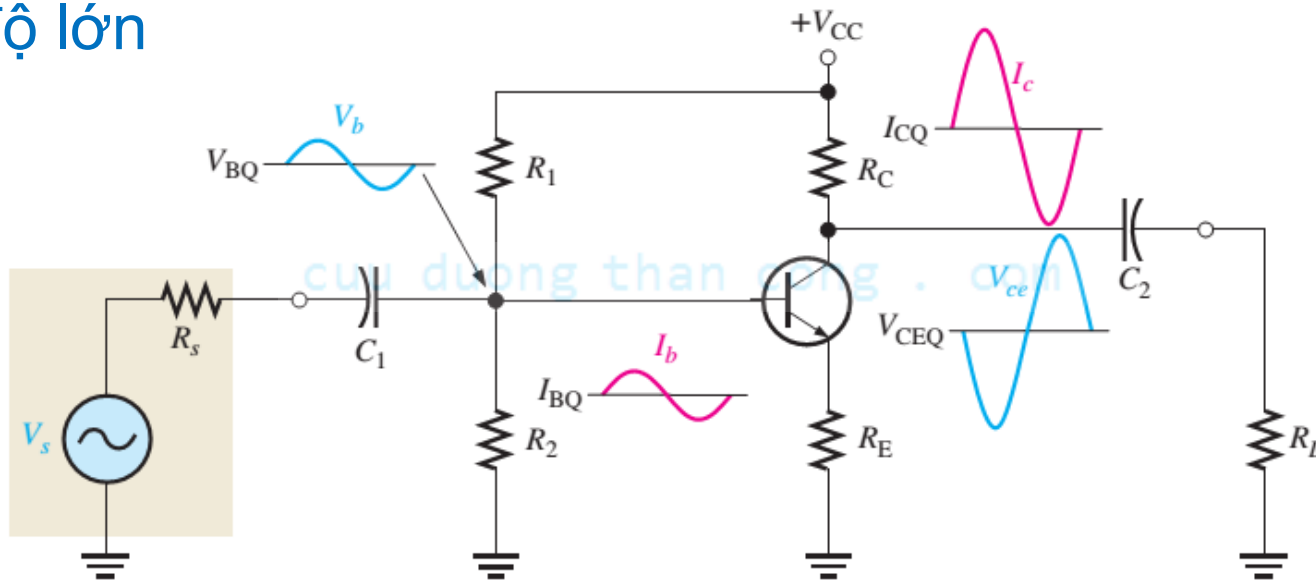
Chế độ khóa (tt)

- Nhận xét:
 - Hoạt động như công đảo
 - Dòng I_C đạt giá trị bảo hòa đảm bảo dòng điện hoạt động của tải (Đèn LED, Động cơ, Rờ le...)



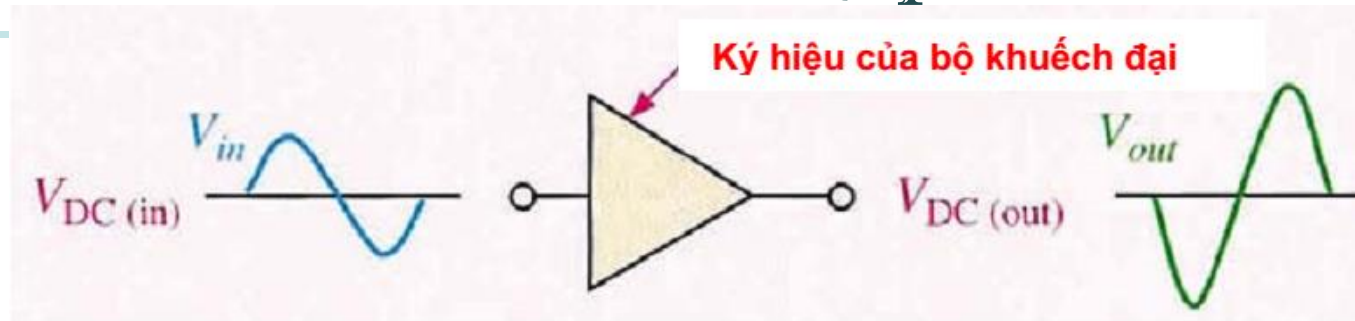
Chế độ khuếch đại

- Biến đổi tín hiệu ac nhỏ (sóng vô tuyến, micro...) thành tín hiệu có dạng sóng tương tự nhưng có biên độ lớn hơn
- BJT hoạt động trong vùng khuếch đại, V_b thay đổi dẫn đến I_b thay đổi, I_c sẽ thay đổi theo một cách tuyến tính nhưng lớn hơn lần ($I_c = \beta I_b$), V_{ce} thay đổi theo $I_c \rightarrow$ ngõ vào V_b có biên độ nhỏ qua BJT tạo ra V_{ce} ngõ ra có biên độ lớn

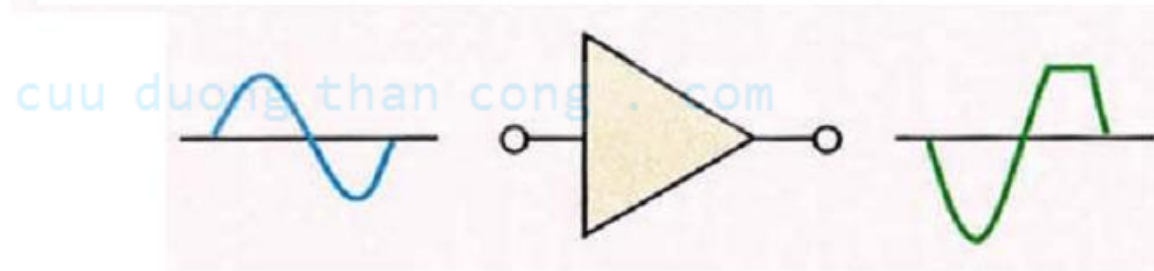


Chọn lựa điểm làm việc tĩnh Q-point

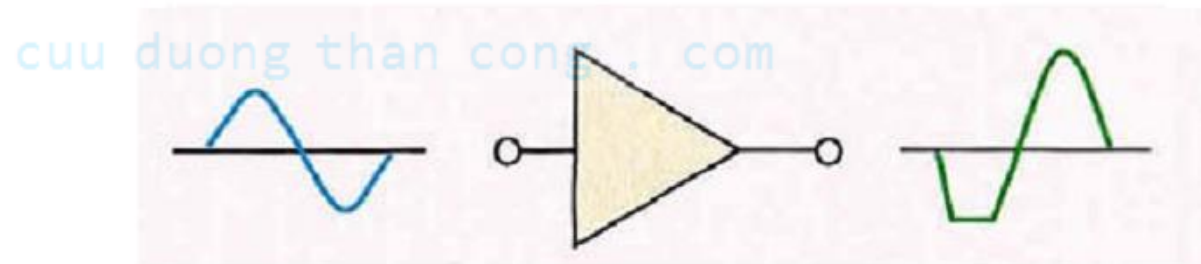
- Yêu cầu của **mạch khuếch đại** là **tạo ra tín hiệu lớn hơn nhưng giữ được dạng sóng**
- Chọn lựa **điểm làm việc tĩnh** đảm bảo yêu cầu **bảo toàn dạng sóng**



a./ Khuếch đại tuyến tính, tín hiệu ra đảo pha và có biên độ lớn hơn tín hiệu vào nhưng không bị méo dạng.

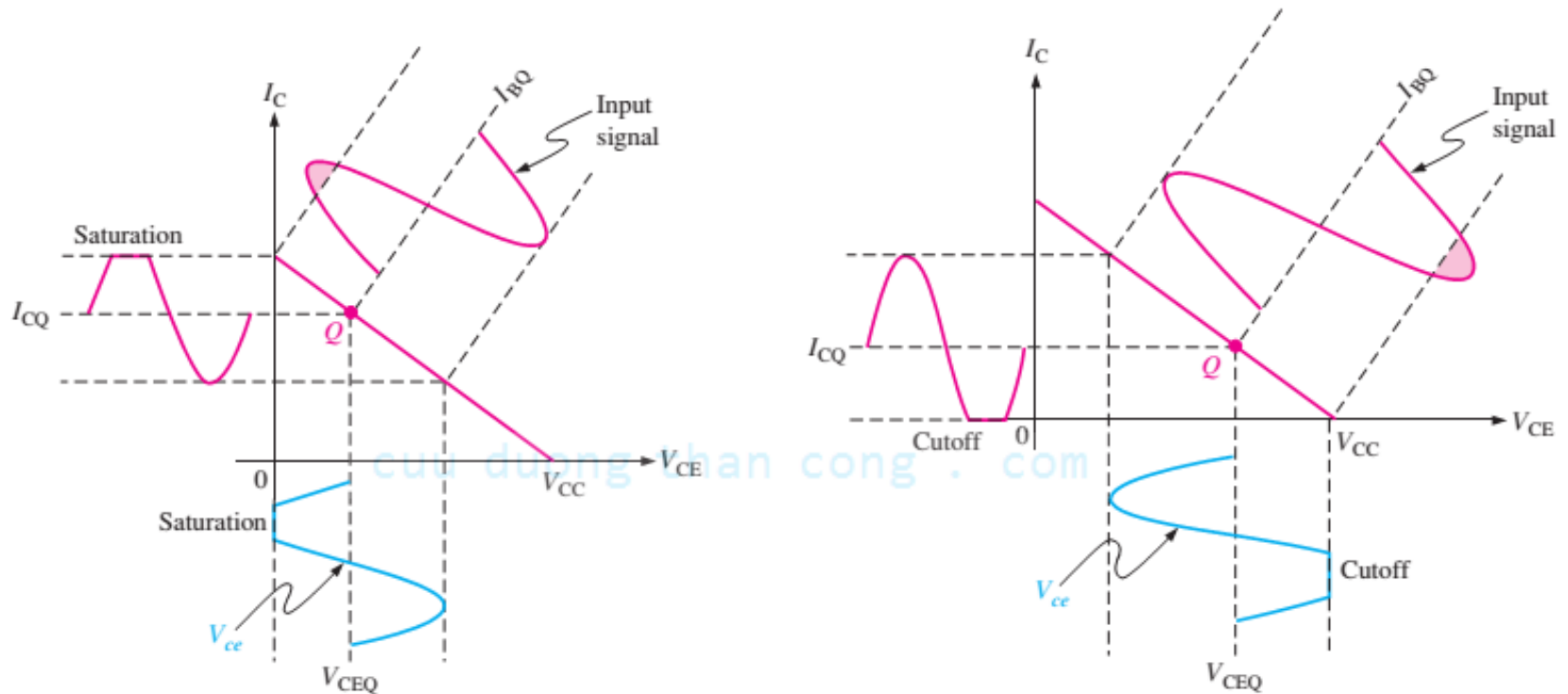


b./ Khuếch đại phi tuyến, tín hiệu ra đảo pha có biên độ lớn hơn tín hiệu vào nhưng bị **xén đầu phía trên** do **transistor ngưng dẫn**.



c./ Khuếch đại phi tuyến, tín hiệu ra đảo pha và có biên độ lớn hơn tín hiệu vào nhưng bị **xén đầu phía dưới** do **transistor bão hòa**.

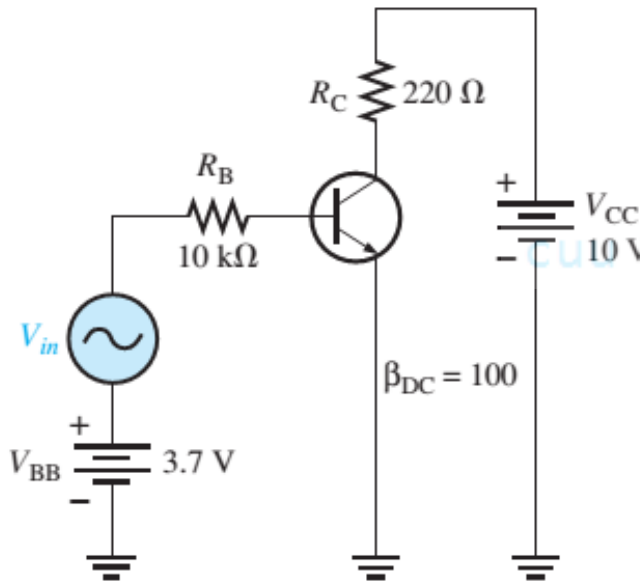
Chọn lựa điểm làm việc tĩnh Q-point (tt)



- Tín hiệu ac thay đổi xung quanh điểm làm việc tĩnh → điểm làm việc động có khả năng làm BJT vào vùng bão hòa hoặc vùng ngưng dẫn (không còn tuyến tính → không bảo toàn dạng sóng)

Chọn lựa điểm làm việc tĩnh Q-point (tt)

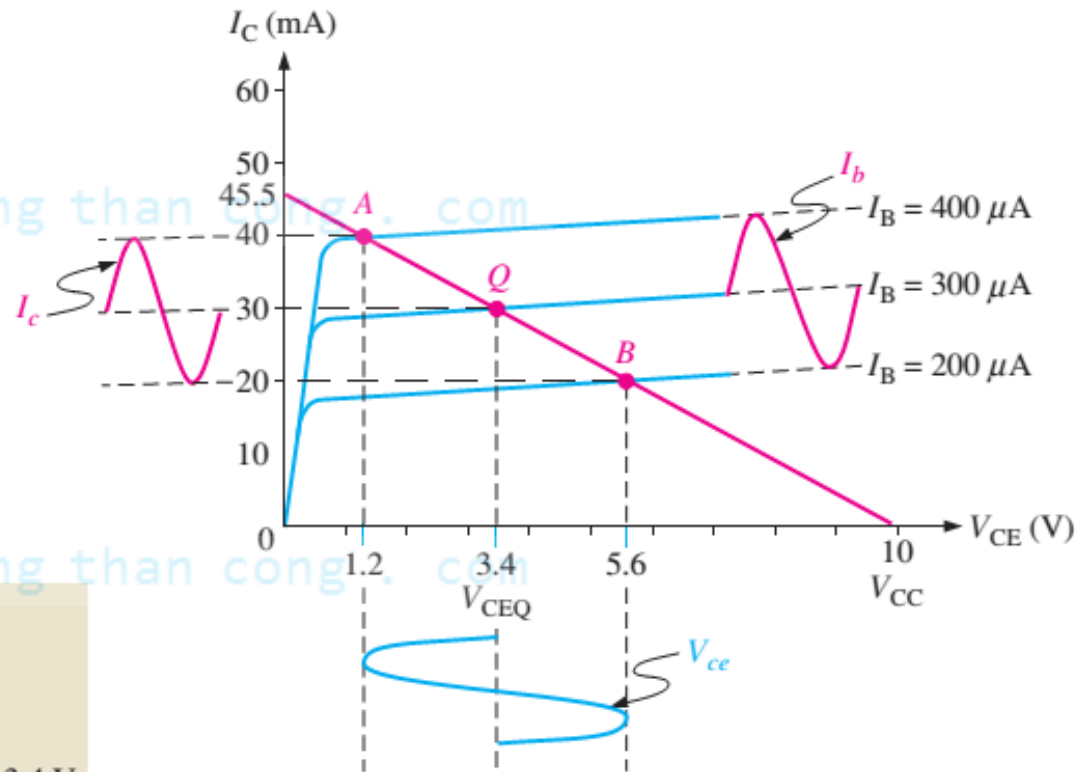
- Ví dụ BJT được phân cực đúng cho chế độ khuếch đại



$$I_{BQ} = \frac{V_{BB} - 0.7 \text{ V}}{R_B} = \frac{3.7 \text{ V} - 0.7 \text{ V}}{10 \text{ k}\Omega} = 300 \mu\text{A}$$

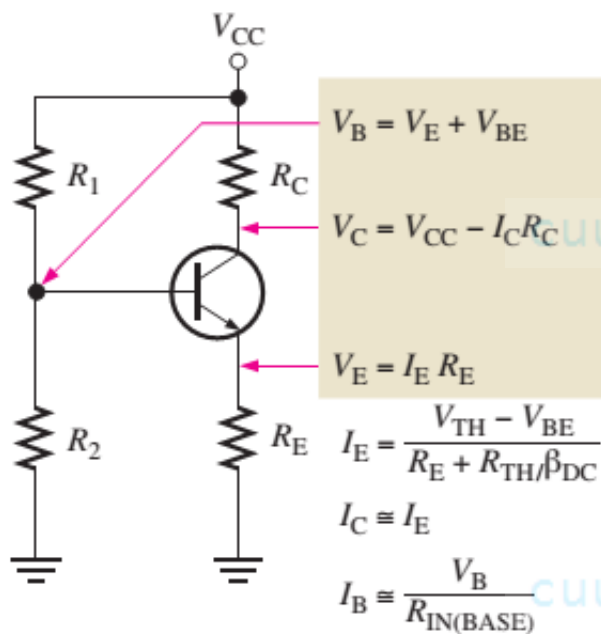
$$I_{CQ} = \beta_{DC} I_{BQ} = (100)(300 \mu\text{A}) = 30 \text{ mA}$$

$$V_{CEQ} = V_{CC} - I_{CQ} R_C = 10 \text{ V} - (30 \text{ mA})(220 \Omega) = 3.4 \text{ V}$$



Các cách phân áp chọn Q-point

- Cầu phân áp
- Hồi tiếp cực C
- Phân áp trực tiếp



$$R_{IN(BASE)} = V_B / I_B = V_B / (I_E / \beta_{DC})$$

$$V_{TH} = \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) V_{CC} \quad R_{TH} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

