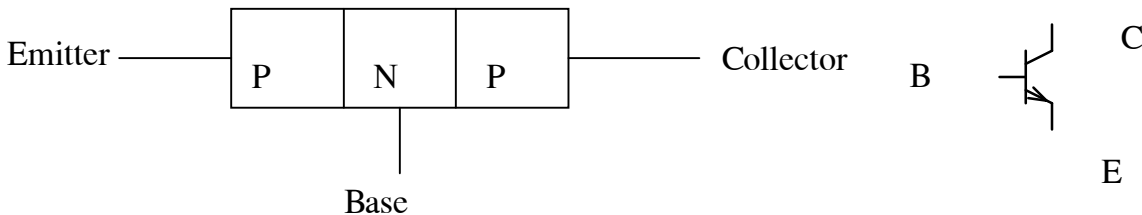


CHƯƠNG 3: TRANSISTOR LƯƠNG CỰC BJT (BIPOLAR JUNCTION TRANSISTOR)

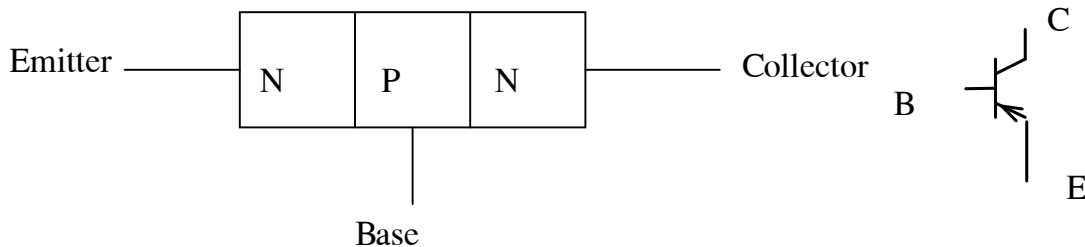
Là một linh kiện bán dẫn có ba cực có khả năng khuếch đại tín hiệu hoặc hoạt động như một khoá đóng mở, rất thông dụng trong ngành điện tử. Nó sử dụng cả hai loại hạt dẫn: điện tử và lỗ trống, vì vậy được xếp vào loại hai cực tính.

3.1. Cấu tạo-Nguyên lý hoạt động

Gồm ba lớp bán dẫn p-n-p hoặc n-p-n tạo nên. Vì vậy có hai loại BJT



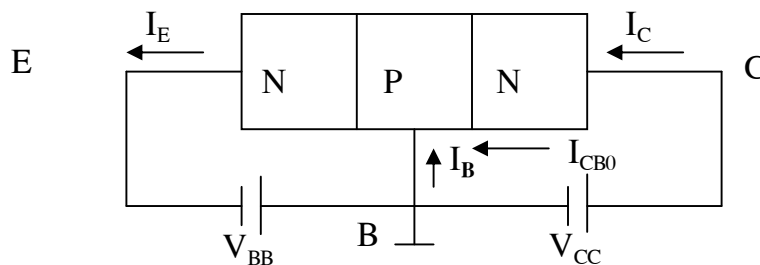
Hình 3.1 . Cấu tạo và ký hiệu của BJT loại pnp



Hình 3.2 . Cấu tạo và ký hiệu của BJT loại npn

BJT có hai tiếp xúc p-n: tiếp xúc p-n giữa miền B và C gọi là J_C , tiếp xúc p-n giữa miền B và E gọi là J_E .

- Nguyên lý hoạt động



Hình 3.3 . Cách phân cực để BJT hoạt động ở chế độ khuếch đại

Ban đầu khi có nguồn V_{CC} phân cực nghịch tiếp xúc J_C thì có dòng ngược I_{CB0} chảy từ miền C sang B. Dòng này giống như dòng I_{tr} trong Diod, có giá trị nhỏ.

Sau đó có nguồn V_{BB} phân cực thuận tiếp xúc J_E làm cho điện tử từ miền E dễ dàng di chuyển sang miền B tạo nên dòng I_E . Hầu hết các điện tử vượt qua vùng B, băng qua J_C (tiếp xúc p-n giữa miền B và C gọi là J_C) để đến miền C tạo nên dòng αI_E . Một số điện tử bị giữ lại trong miền B và chạy về cực B. Lỗ trống trong miền B chạy về miền E tạo nên dòng I_B .

Nếu gọi α là hệ số truyền đạt dòng điện thì ta có $I_C = \alpha I_E + I_{CB0}$

Ta có $I_E = I_B + I_C$; $I_C = \alpha I_E + I_{CB0} = \alpha(I_C + I_B) + I_{CB0}$ suy ra $(1 - \alpha)I_C = \alpha I_B + I_{CB0}$

$I_C = (\alpha / (1 - \alpha))I_B + (1 / (1 - \alpha))I_{CB0} = \beta I_B + (1 + \beta)I_{CB0}$ trong đó β được gọi là hệ số khuếch đại dòng điện.

- Nguyên tắc phân cực cho BJT hoạt động ở chế độ khuếch đại:

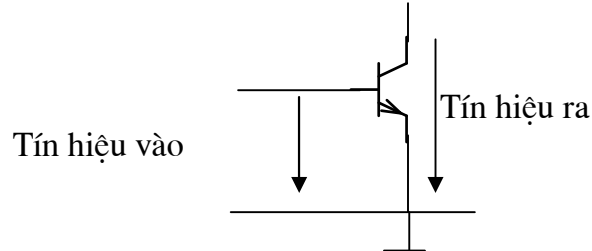
J_E phân cực thuận và J_C phân cực nghịch, nghĩa là đối với BJT loại npn thì phải thỏa mãn $V_{BE} > 0$ và $V_{CB} > 0$, đối với BJT loại pnp thì ngược lại.

3.2. Các cách mắc mạch của BJT

BJT có ba cực, tùy theo việc chọn cực nào làm cực chung cho mạch vào và mạch ra mà có ba sơ đồ sau (ta chỉ xét sơ đồ dạng đơn giản hoá)

3.2.1. Mạch CE (Common Emitter)

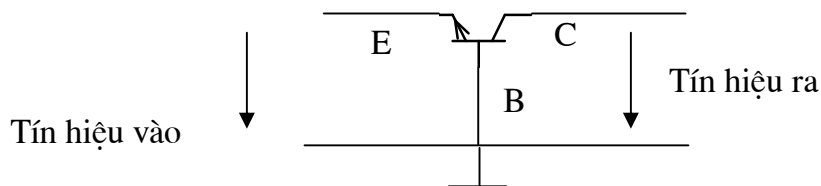
Tín hiệu cần khuếch đại được đưa vào giữa cực B và E, tín hiệu ra được lấy ra giữa cực C và E, E là cực chung.



Hình 3.4. Mạch CE

3.2.2. Mạch CB (Common Base)

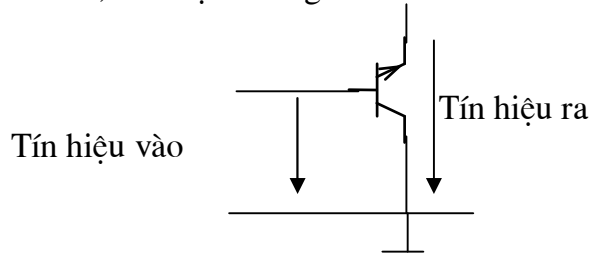
Tín hiệu cần khuếch đại được đưa vào giữa cực B và E, tín hiệu ra được lấy ra giữa cực C và B, B là cực chung.



Hình 3.5. Mạch CB

3.2.3. Mạch CC (Common Collector)

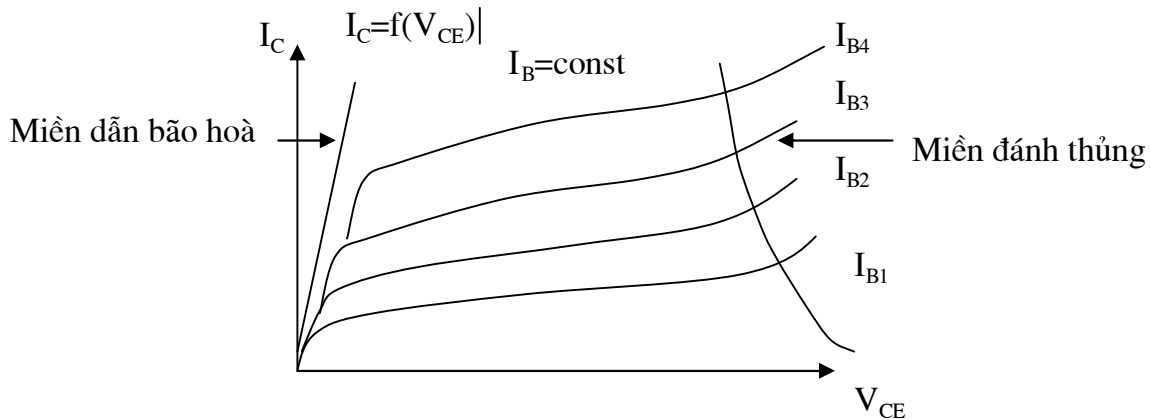
Tín hiệu cần khuếch đại được đưa vào giữa cực B và C, tín hiệu ra được lấy ra giữa cực C và E, E là cực chung.



Hình 3.6. Mạch CB

3.3. Đặc tuyến tĩnh và các tham số tĩnh của BJT

Đặc tuyến tĩnh diễn tả mối quan hệ giữa dòng điện và điện áp một chiều trên BJT. Có bốn loại đặc tuyến là đặc tuyến vào, ra, truyền đạt dòng điện, hồi tiếp điện áp. Ta chỉ xét đặc tuyến ra của mạch CE.



Hình 3.7. Họ đặc tuyến tĩnh ngõ ra của BJT mắc kiểu CE

- Các tham số giới hạn của BJT

Tùy theo diện tích mặt tiếp xúc, vật liệu và công nghệ chế tạo... Mỗi BJT chỉ cho phép một dòng điện tối đa trên mỗi điện cực là $I_{E\max}$, $I_{B\max}$, $I_{C\max}$. Ngoài ra trên các tiếp xúc J_E , J_C có các điện áp cực đại cho phép $V_{Cb\max}$, $V_{B\max}$, $V_{C\max}$ để không gây đánh thủng các tiếp xúc.

Tần số giới hạn:

Mỗi BJT chỉ làm việc hiệu quả đến một tần số nhất định vì do ở tần số cao, các điện dung ở các tiếp xúc p-n tăng. Mặt khác chuyển động của hạt dẫn qua miền B

không thể coi là tức thời mà chiếm một thời gian đáng kể so với chu kỳ tín hiệu nên α, β bị giảm theo tần số.

3.4. Các cách phân cực cho BJT

Về nguyên tắc ta cần hai nguồn để phân cực thuận J_E và phân cực nghịch J_C

3.4.1. Phân cực bằng dòng I_B cố định:

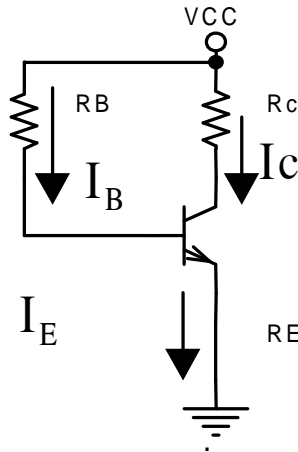
3.4.1.1. Dùng một nguồn V_{CC}

Điện trở R_B lấy điện áp từ nguồn V_{CC} để phân cực thuận J_E , điện trở R_C lấy điện áp từ nguồn V_{CC} phân cực nghịch J_C , nghĩa là $V_{BE} > 0$, $V_{CB} > 0$.

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

$$I_C = \beta I_B$$

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



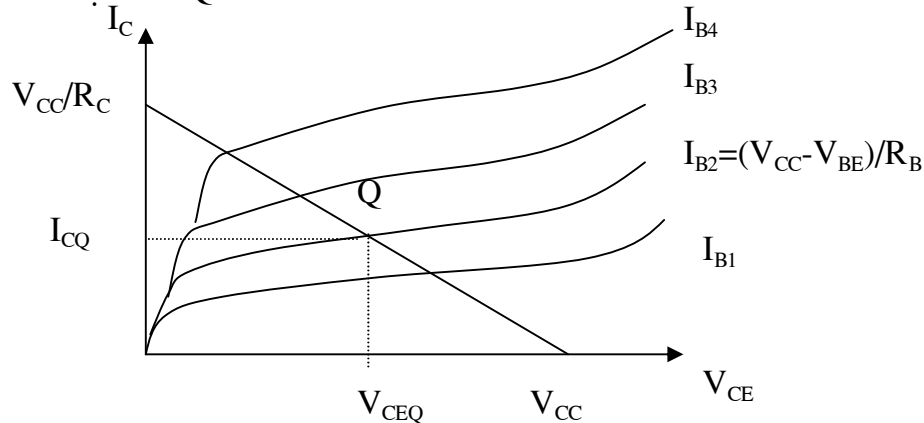
Hình 3.8. Mạch khuếch đại dùng BJT, phân cực bằng dòng I_B cố định

Ta thấy dòng I_B có giá trị không đổi tùy thuộc vào V_{CC} và R_B nên mạch có tên là phân cực bằng dòng I_B cố định.

Các giá trị của V_{CE} và I_C xác định vị trí điểm làm việc tĩnh Q trên đặc tuyến ngõ ra của BJT.

Ta cũng có thể xác định điểm làm việc tĩnh Q theo phương pháp đồ thị.

Từ biểu thức $V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C$ ta có $I_C = (-1/R_C)V_{CE} + (1/R_C)V_{CC}$. Giao điểm của đường thẳng có phương trình như (1) với đường biểu diễn mối quan hệ giữa I_C và V_{CE} ứng với dòng $I_B = (V_{BB} - V_{BE})/R_B$ trên đặc tuyến ngõ ra mạch EC xác định vị trí của điểm làm việc tĩnh Q.



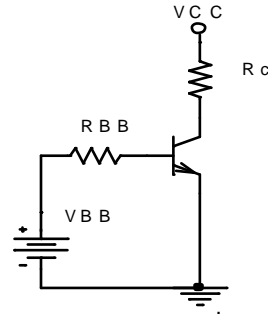
Hình 3.9. Xác định điểm làm việc tĩnh Q theo phương pháp đồ thị

3.4.1.2. Dùng hai nguồn

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

$$I_C = \beta I_B$$

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



Hình 3.10. Mạch phân cực bằng dòng I_B cố định dùng hai nguồn

3.4.2. Phân cực bằng hồi tiếp từ collector

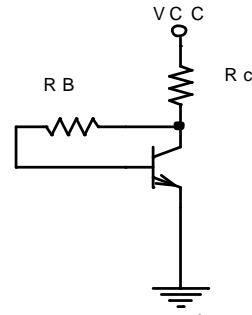
Hồi tiếp là sự đưa tín hiệu ngõ ra của bộ khuếch đại trở ngược lại đầu vào. Nếu tín hiệu hồi tiếp đưa về làm giảm điện áp vào bộ khuếch đại thì gọi đó là hồi tiếp âm.

Điện trở R_B dẫn điện áp từ cực C đưa ngược về cực B. Khi nhiệt độ tăng dòng I_C , I_E tăng làm V_C giảm, thông qua điện trở R_B làm điện áp phân cực cho cực B là V_{BE} giảm, làm BJT dẫn yếu lại làm giảm dòng I_C . Điện trở R_B gọi là điện trở hồi tiếp âm.

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

$$I_C = \beta I_B$$

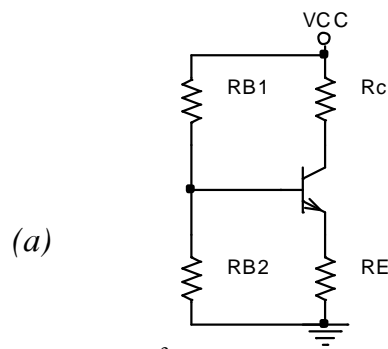
$$V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C$$

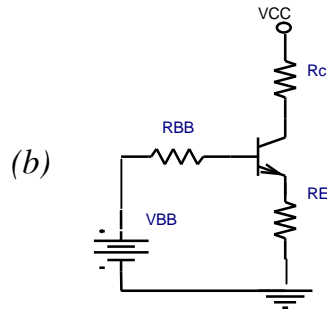


Hình 3.12. Mạch phân cực bằng hồi tiếp từ collector

3.4.3. Phân cực bằng dòng Emitter

Mạch dùng hai điện trở R_{B1} , R_{B2} tạo thành cầu phân áp để phân cực thuận J_E , R_C lấy điện áp từ nguồn V_{CC} phân cực cho J_C . R_E là điện trở ổn định nhiệt áp dụng định lý Thevenin, ta có sơ đồ mạch tương đương





Hình 3.13.

- (a) Mạch phân cực bằng dòng Emitter
(b) Mạch tương đương theo định lý Thevenin

Trong đó

$$V_{BB} = \frac{V_{CC} R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}}; R_{BB} = R_{B1} // R_{B2}$$

$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_{BB} + (1 + \beta) R_E}; I_C = \beta I_B; V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C - I_E R_E$$

Ta biết khi nhiệt độ tăng, ba tham số của BJT sẽ thay đổi, đó là V_{BE} , β , I_C . Trong ba kiểu phân cực trên, kiểu phân cực bằng định dòng Emitter cho ta dòng I_C ổn định nhất vì dòng I_C hầu như không phụ thuộc vào β vì $I_C \approx V_{BB}/R_E$ nếu chọn $V_{BB} \gg V_{BE}$

Bài tập :

Cho sơ đồ mạch như hình 3.13a. Biết rằng $R_{B1}=32k\Omega$; $R_{B2}=6,8k\Omega$; $R_C=3k\Omega$; $R_E=1,5k\Omega$; R ; $\beta=100$; $V_{CC}=15V$. Xác định điểm làm việc tĩnh và biểu diễn nó trên đặc tuyến ngõ ra.

Giải:

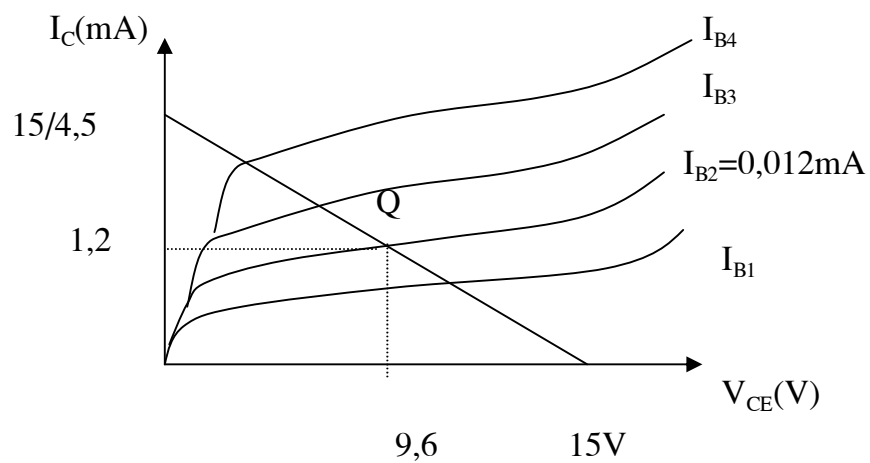
$$R_{BB} = R_{B1} // R_{B2} = 32k // 6,8k = 5,6k$$

$$V_{BB} = \frac{V_{CC} R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}} = \frac{15 * 6,8}{32 + 6,8} = 2,6V$$

$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_{BB} + (1 + \beta) R_E} = \frac{2,6 - 0,7}{5,6 + 101 * 1,5} = 0,012mA$$

$$I_C = \beta I_B = 100 * 0,012mA = 1,2mA$$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C - I_E R_E \approx V_{CC} - I_C (R_C + R_E) = 15 - 0,012 * 4,5 = 9,6V$$



Hình 3.14. Xác định điểm làm việc tĩnh Q theo phương pháp đồ thị