

KỸ THUẬT ĐIỆN TỬ

Biên soạn: Nguyễn Thành Trung

Chương I : Mở đầu

1.1 Vị trí môn học

Kỹ thuật điện tử và tin học là một ngành mũi nhọn mới phát triển. Trong một số khoảng thời gian tương đối ngắn, từ ngày ra đời tranzito (1948), nó đã có những tiến bộ nhảy vọt, mang lại nhiều thay đổi lớn và sâu sắc trong hầu hết mọi lĩnh vực khác nhau của đời sống, dần trở thành một trong những công cụ quan trọng nhất của cách mạng kỹ thuật trình độ cao (mà điểm trung tâm là tự động hoá từng phần hoặc hoàn toàn, tin học hoá, vphương pháp công nghệ và vật liệu mới).

1.2 Các đại lượng, khái niệm cơ bản khi phân tích mạch điện

1.2.1 Điện áp và dòng điện

a) Điện áp

Điện áp là hiệu số điện thế giữa hai điểm khác nhau của mạch điện. Thường một nào đó của mạch điện được chọn làm điểm gốc tại đó điện thế bằng không, hiệu điện thế của một điểm bất kì trong mạch điện so với điểm đó có thể âm hoặc dương và được gọi là điện áp tại điểm đó.

b) Dòng điện

Khái niệm dòng điện là biểu hiện trạng thái chuyển động của các hạt mang điện trong vật chất do tác động của trường hay do tồn tại một gradien nồng độ hạt theo không gian

Dòng điện trong mạch có chiều chuyển động từ nơi có điện thế cao đến nơi có điện thế thấp và do vậy ngược chiều với chiều chuyển động của điện tử.

Nhận xét:

- Điện áp luôn được đo giữa hai điểm khác nhau của mạch điện trong khi dòng điện được xác định chỉ tại một điểm của mạch.
- Để bảo toàn điện tích tổng các giá trị dòng điện đi vào một điểm của mạch luôn bằng tổng các giá trị dòng điện đi ra khỏi điểm đó (quy tắc nút với dòng điện).
- Điện áp giữa hai điểm A và B khác nhau của mạch nếu đo theo mọi nhánh bất kì có điện trở khác không nối giữa A và B là giống nhau.

1.2.2 Tính chất điện của một phần tử

a) Định nghĩa

Kỹ thuật điện tử

Tính chất điện của phần tử bất kì trong một mạch điện được thể hiện qua mối quan hệ tương hỗ giữa điện áp V trên hai đầu phần tử và dòng điện I chạy qua nó và được định nghĩa là điện trở (hay điện trở phức-trở kháng) của phần tử.

-Nếu mối quan hệ này là tỉ lệ thuận

$$V = R.I$$

ở đây R là hằng số tỉ lệ được gọi là điện trở của phần tử và phần tử tương ứng được gọi là một điện trở thuần.

-Nếu điện áp trên phần tử tỉ lệ với tốc độ biến đổi theo thời gian của dòng điện trên nó,

tức là: $V = L \frac{dI}{dt}$ (ở đây L là một hằng số tỷ lệ)

ta có phần tử là một cuộn dây có điện cảm L .

-Nếu dòng điện trên phần tử tỉ lệ với tốc độ biến đổi theo thời gian của điện áp trên nó,

tức là: $I = C \frac{dV}{dt}$ (ở đây C là một hằng số tỷ lệ)

ta có phần tử là một tụ điện có giá trị điện dung là C .

-Ngoài các quan hệ nêu trên trong thực tế còn tồn tại nhiều quan hệ tương hỗ đa dạng và phức tạp giữa điện áp và dòng điện trên một phần tử. Các phần tử này gọi chung là các phần tử không tuyến tính.

c) Một số tính chất quan trọng của phần tử tuyến tính:

-Đặc tuyến Vôn-Ampe (thể hiện quan hệ $V(I)$) là một đường thẳng; điện trở là một đại lượng có giá trị không đổi ở mọi điểm

-Tuân theo nguyên lý chồng chất

-Không phát sinh các thành phần tần số lạ khi làm việc với tín hiệu xoay chiều (không gây méo phi tuyến).

Ứng dụng

Các phần tử tuyến tính (R, L, C), có một số ứng dụng quan trọng sau:

-Điện trở luôn là con số đặc trưng cho sự tiêu hao năng lượng (chủ yếu dưới dạng nhiệt) và là thông số không quán tính

-Mức tiêu hao năng lượng được đánh giá bằng công suất trên nó: $P = V.I = I^2 R = \frac{V^2}{R}$

-Cuộn dây và tụ điện là các phần tử cơ bản không tiêu hao năng lượng và có quán tính

-Chúng đặc trưng cho hiện tượng tích lũy năng lượng từ trường, hay điện trường của mạch khi có dòng điện hoặc điện áp biến thiên qua chúng

Kỹ thuật điện tử

- Giá trị điện trở tổng cộng của nhiều điện trở nối tiếp nhau luôn lớn hơn của từng cái và có tính chất cộng tuyến tính.
- Điện dẫn của nhiều điện trở mắc song song với nhau luôn lớn hơn điện dẫn riêng rẽ của từng cái và cũng có tính chất cộng tuyến tính
- Có thể thực hiện chia nhỏ một điện áp (hay dòng điện) hay còn gọi là thực hiện dịch mức điện thế (hay mức dòng điện) giữa các điểm khác nhau của mạch bằng cách nối nối tiếp hay song song các điện trở.
- Trong cách nối nối tiếp, điện trở nào lớn hơn sẽ quyết định giá trị chung của dãy. Ngược lại, trong cách nối song song, điện trở nào nhỏ hơn sẽ quyết định.
- Việc nối nối tiếp hay song song các cuộn dây dẫn sẽ dẫn tới kết quả tương tự như đối với các điện trở: sẽ làm tăng (hay giảm) trị số điện cảm chung.
- Đối với tụ điện khi nối song song chúng, điện dung tổng cộng tăng:

$$C_{ss} = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n.$$

- Còn khi mắc nối tiếp thì :

$$1/C_{nt} = 1/C_1 + 1/C_2 + 1/C_3 + \dots + 1/C_n.$$

- Nếu nối nối tiếp hay song song R với L hoặc C sẽ dẫn nhận được một kết cấu mạch điện có tính chất chọn lọc tần số (trở kháng chung phụ thuộc vào tần số, gọi là các mạch lọc tần số).
- Nếu nối nối tiếp hay song song L với C sẽ dẫn tới một kết cấu mạch vừa có tính chất chọn lọc tần số, vừa có khả năng thực hiện quá trình trao đổi qua lại giữa hai dạng năng lượng điện-từ trường, tức là kết cấu có khả năng phát sinh dao động điện áp hay dòng điện nếu ban đầu được một nguồn năng lượng ngoài kích thích

1.2.3 Nguồn điện áp và nguồn dòng điện

a) Nguồn sức điện động

Nếu một phần tử tự nó hay khi chịu các tác động không có bản chất điện từ, có khả năng tạo ra một điện áp hay dòng điện ở một điểm nào đó của mạch điện thì nó được gọi là một nguồn sức điện động (s. đ. đ).

Hai thông số đặc trưng cho một nguồn s.đ.đ là:

- +Giá trị điện áp hai đầu lúc hở mạch (khi không nối với bất kì một phần tử nào khác đến hai đầu của nó) gọi là điện áp lúc hở mạch của nguồn và kí hiệu là U_{hm}
- +Giá trị dòng điện của nguồn đưa ra mạch ngoài lúc mạch ngoài dẫn điện hoàn toàn: gọi là giá trị dòng điện ngắn mạch của nguồn kí hiệu là (I_{ngm}) .

Kỹ thuật điện tử

Một nguồn sức điện động được coi là lý tưởng nếu điện áp hay dòng điện do nó cung cấp cho mạch ngoài không phụ thuộc vào tính chất của mạch ngoài (mạch tải)

Nguồn dòng điện, điện áp

Trên thực tế với những tải có giá trị khác nhau, điện áp trên hai đầu hay dòng điện do nó cung cấp có giá trị khác nhau và phụ thuộc vào tải. Điều đó chứng tỏ bên trong nguồn có xảy ra quá trình biến đổi dòng điện cung cấp thành giảm áp trên chính nó, nghĩa là tồn tại điện trở bên trong gọi là điện trở trong của nguồn kí hiệu là R_{ng}

$$R_{ng} = \frac{V_{hm}}{I_{ngm}}$$

Nếu gọi V và I là các giá trị điện áp và dòng điện do nguồn cung cấp khi có tải hữu hạn $0 < R_l < \infty$ thì

$$R_{ng} = \frac{V_{hm} - V}{I} \text{ suy ra } I_{ngm} = \frac{V}{R_{ng}} + I$$

Từ các hệ thức trên ta đi tới nhận xét sau:

-Nếu $R_{ng} \rightarrow 0$ thì ta có $V \rightarrow V_{hm}$, khi đó nguồn sức điện động là một nguồn điện áp lý tưởng.

-Nếu $R_{ng} \rightarrow \infty$ thì ta có $I \rightarrow I_{ngm}$, khi đó nguồn sức điện động là dạng một nguồn dòng lý tưởng.

-Một nguồn sức điện động trên thực tế được coi là nguồn điện áp hay nguồn dòng điện tùy theo bản chất cấu tạo của nó để giá trị R_{ng} là nhỏ hay lớn. Việc đánh giá R_{ng} tùy thuộc tương quan giữa nó với giá trị điện trở toàn phần của mạch tải nối với hai đầu của nguồn.

1.2.4 Biểu diễn mạch điện bằng các kí hiệu và hình vẽ

Có nhiều cách biểu diễn một mạch điện tử, trong đó có cách biểu diễn bằng sơ đồ gồm tập hợp các kí hiệu quy ước hay kí hiệu tương đương của các phần tử được nối với nhau theo một cách nào đó. Khi biểu diễn như vậy xuất hiện một số yếu tố hình học cần làm rõ khái niệm đó là:

- Nhánh (của sơ đồ mạch) là một bộ phận của sơ đồ, trong đó chỉ bao gồm các phần tử nối tiếp nhau, qua nó chỉ có một dòng điện duy nhất.
 - Nút là một điểm của mạch chung cho từ 3 nhánh trở lên.
-

Kỹ thuật điện tử

- Vòng là một phần của mạch bao gồm một số nút và một số nhánh lập thành một đường kín mà dọc theo nó mỗi nhánh và nút phải và chỉ gặp một lần (trừ nút được chọn làm điểm xuất phát).
- Cây là một phần của mạch bao gồm toàn bộ số nút và nhánh nối giữa các nút đó nhưng không tạo nên một vòng kín nào. Các nhánh của cây được gọi là nhánh cây, các nhánh còn lại của mạch không thuộc cây được gọi là bù cây.

1.3 Tính chất của tin tức, tín hiệu và phân loại tín hiệu theo thời gian

1.3.1 Tin tức

-Tin tức được hiểu là nội dung chứa đựng bên trong một sự kiện, một biến cố hay một quá trình nào đó (gọi là nguồn tin).

-Tính chất quan trọng nhất của tin tức là nó mang ý nghĩa xác suất thống kê, thể hiện ở các mặt sau:

+Nội dung chứa đựng ở trong một sự kiện càng có ý nghĩa lớn (ta nói sự kiện có lượng tin tức cao) khi nó xảy ra càng bất ngờ, càng ít chờ đợi. Nghĩa là lượng tin có độ lớn tỷ lệ với độ bất ngờ hay tỉ lệ nghịch với xác suất xuất hiện của sự kiện và có thể dùng xác suất là mức đo lượng tin tức

+Mức đo chắc chắn của tin tức càng cao khi cùng một nội dung được lặp đi lặp lại (về cơ bản) nhiều lần, ta nói tin tức còn có tính chất trung bình thống kê phụ thuộc vào mức độ hỗn loạn của nguồn tin, của môi trường truyền tin và cả nơi nhận tin, vào tất cả khả năng gây sai nhảm có thể của một hệ thống thông tin.

-Tin tức không tự nhiên sinh ra hoặc mất đi mà chỉ là một biểu hiện của các quá trình chuyển hoá năng lượng hay quá trình trao đổi năng lượng giữa hai dạng vật chất và trường.

1.3.2 Tín hiệu

Định nghĩa, phân loại

-Tín hiệu là khái niệm để mô tả các biểu hiện vật lý của tin tức

-Các biểu hiện này đa dạng và thường được phân chia làm hai nhóm:

+Có bản chất điện từ

+Không có bản chất điện từ

-Có thể coi tín hiệu nói chung là một lượng vật lý biến thiên theo thời gian và biểu diễn nó dưới dạng một hàm số hay đồ thị theo thời gian là thích hợp hơn cả.

Kỹ thuật điện tử

-Nếu biểu thức theo thời gian của một tín hiệu là $s(t)$ thỏa mãn điều kiện $s(t) = s(t+T)$ với mọi t ở đây T là một hằng số thì $s(t)$ được gọi là một tín hiệu tuần hoàn theo thời gian. Giá trị nhỏ nhất trong tập thỏa mãn điều kiện $s(t) = s(t+T)$ gọi là chu kỳ của $s(t)$

Ví dụ: Tín hiệu hình sin là tín hiệu tuần hoàn:

-Cũng có thể chia tín hiệu theo cách khác thành hai dạng cơ bản là biến thiên liên tục theo thời gian (tín hiệu tương tự) hay biến thiên không liên tục theo thời gian (tín hiệu xung số – Digital)

Các tính chất của tín hiệu theo cách biểu diễn thời gian

-Độ dài và trị trung bình của tín hiệu

+Độ dài của tín hiệu là khoảng thời gian tồn tại của nó (từ lúc bắt đầu xuất hiện đến lúc mất đi).

+Nếu tín hiệu $s(t)$ xuất hiện lúc t_0 có độ dài là τ thì giá trị trung bình của $s(t)$ kí hiệu là: $\overline{s(t)}$, được xác định bởi:
$$\overline{s(t)} = \frac{1}{\tau} \int_{t_0}^{t_0+\tau} s(t).dt$$

-Năng lượng, công suất, trị hiệu dụng

Năng lượng E_s của tín hiệu $s(t)$ được xác định bởi:

$$E_s = \int_{t_0}^{t_0+\tau} s^2(t).dt = \int_{-\infty}^{+\infty} s^2(t).dt$$

Công suất trung bình của $s(t)$ trong thời gian tồn tại của nó được định nghĩa bởi:

$$\overline{s^2(t)} = \frac{1}{\tau} \int_{t_0}^{t_0+\tau} s^2(t).dt = \frac{E_s}{\tau}$$

Giá trị hiệu dụng của $s(t)$ được định nghĩa là:

$$s_{hd} = \sqrt{\frac{1}{\tau} \int_{t_0}^{t_0+\tau} s^2(t).dt} = \sqrt{\frac{E_s}{\tau}}$$

-Dải động của tín hiệu là tỷ số giữa các giá trị lớn nhất và nhỏ nhất của công suất tức thời của tín hiệu. Nếu tính theo đơn vị logarit (dexibel), dải động được định nghĩa là:

$$D_{dB} = 10 \cdot \lg \frac{\max\{s^2(t)\}}{\min\{s^2(t)\}} = 20 \cdot \lg \frac{\max\{s(t)\}}{\min\{s(t)\}}$$

Thông số này đặc trưng cho khoảng cường độ hay khoảng độ lớn của tín hiệu tác động lên mạch hoặc hệ thống điện tử.

-Thành phần một chiều và xoay chiều của tín hiệu

Kỹ thuật điện tử

Một tín hiệu $s(t)$ luôn có thể phân tách thành thành phần xoay chiều và thành phần một chiều sao cho : $s(t) = s_{\sim} + s_{=}$

Với $s_{\sim}$ là thành phần biến thiên theo thời gian của $s(t)$ và $s_{=}$ là thành phần cố định theo thời gian (thành phần một chiều)

-Các thành phần chẵn và lẻ của tín hiệu

Một tín hiệu $s(t)$ cũng luôn có thể phân tích thành hai thành phần chẵn và lẻ được xác định như sau:

$$S_{ch}(t) = S_{ch}(-t) = 1/2 [s(t) + s(-t)]$$

$$S_{le}(t) = -S_{le}(-t) = 1/2[s(t)-s(-t)]$$

-Thành phần thực và ảo của tín hiệu

Một tín hiệu $s(t)$ bất kì có thể biểu diễn tổng quát dưới dạng một số phức

$$S(t) = \text{Re}(s(t)+j.\text{Im}(s(t)))$$

ở đây Re là phần thực của còn Im là phần ảo của $s(t)$

1.4 Hệ thống điện tử điển hình

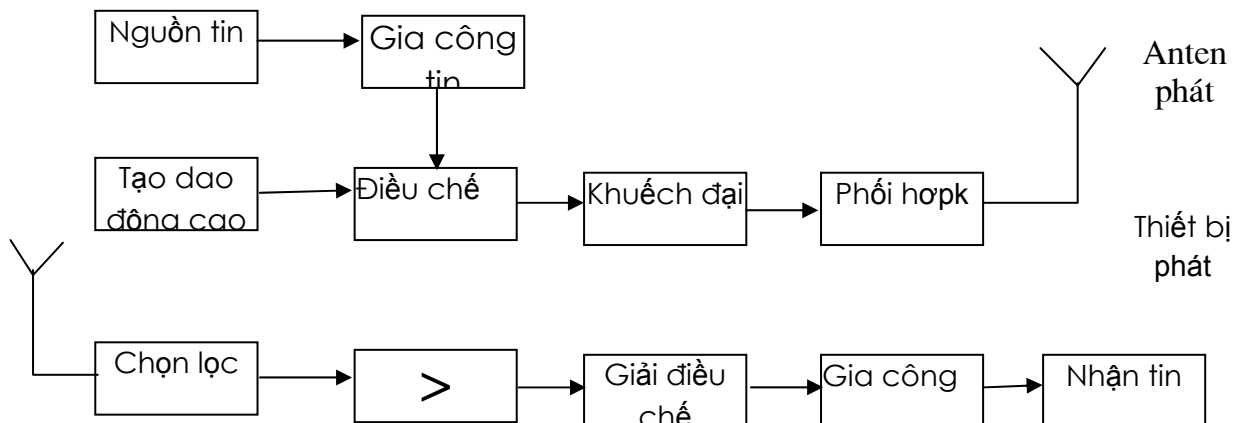
Hệ thống điện tử là một tập hợp các thiết bị điện tử nhằm thực hiện một nhiệm vụ kỹ thuật nhất định như gia công xử lý tín tức, truyền thông tin dữ liệu, đo lường thông số điều khiển tự chỉnh

1.4.1 Hệ thống thông tin thu-phát

Nhiệm vụ:

Hệ thống có nhiệm vụ truyền một tín tức, dữ liệu theo không gian trên một khoảng cách nhất định từ nguồn tin tới nơi nhận tin.

Cấu trúc sơ đồ khối:



Kỹ thuật điện tử

Các đặc điểm chủ yếu

+ Là hệ thống hở

+ Bao gồm 2 quá trình cơ bản: Quá trình điều chế và quá trình giải điều chế

+ Chất lượng và hiệu quả cũng như các đặc điểm của hệ do 3 yếu tố quy định:

- Đặc điểm của thiết bị phát

- Đặc điểm của thiết bị thu

- Môi trường thực hiện quá trình truyền tin

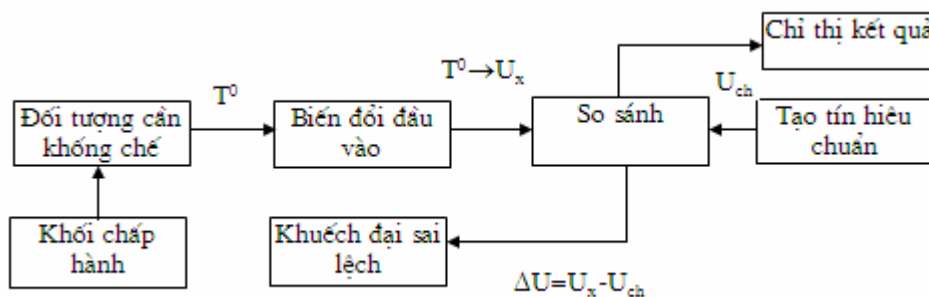
+ Các chỉ tiêu quan trọng của hệ: Dạng điều chế, công suất bức xạ của thiết bị phát, khoảng cách và điều kiện môi trường truyền, độ nhạy và độ chọn lọc của thiết bị thu.

1.4.2 Hệ tự điều chỉnh

Nhiệm vụ:

Hệ có nhiệm vụ theo dõi không chế một hoặc một vài thông số của một quá trình sao cho thông số này phải có giá trị nằm trong một giới hạn đã định trước (hoặc ngoài giới hạn này) tức là có nhiệm vụ ổn định thông số (tự động) ở một trị số hay một dải trị số cho trước.

Sơ đồ cấu trúc



Các đặc điểm chủ yếu

- Là hệ dạng cấu trúc kín: Thông tin truyền theo 2 hướng nhờ các mạch phản hồi

- Thông số cần đo và khống chế được theo dõi liên tục và duy trì ở mức hoặc giới hạn định sẵn

- Độ chính xác khi điều chỉnh phụ thuộc vào

➤ Độ chính xác của quá trình biến đổi từ T_{ch} thành U_{ch}

Kỹ thuật điện tử

- Độ phân dải của phần tử so sánh (độ nhỏ của ΔU)
- Độ chính xác của quá trình biến đổi T_x thành U_x
- Tính chất quán tính của hệ

-Có thể điều chỉnh liên tục theo thời gian (analog) hay gián đoạn theo thời gian miễn sao đạt được giá trị trung bình mong đợi

Chương II : Cấu kiện điện tử

2.1 Khái niệm về chất bán dẫn

2.1.1. Cấu trúc vùng năng lượng của chất rắn tinh thể

Một nguyên tử bao gồm có hạt nhân và các điện tử. Khi nguyên tử đứng cô lập năng lượng của các điện tử phân thành các mức rời rạc. Khi đưa các nguyên tử lại gần nhau, do tương tác, các mức này bị suy biến thành những dải gồm nhiều mức sát nhau được gọi là các vùng năng lượng.

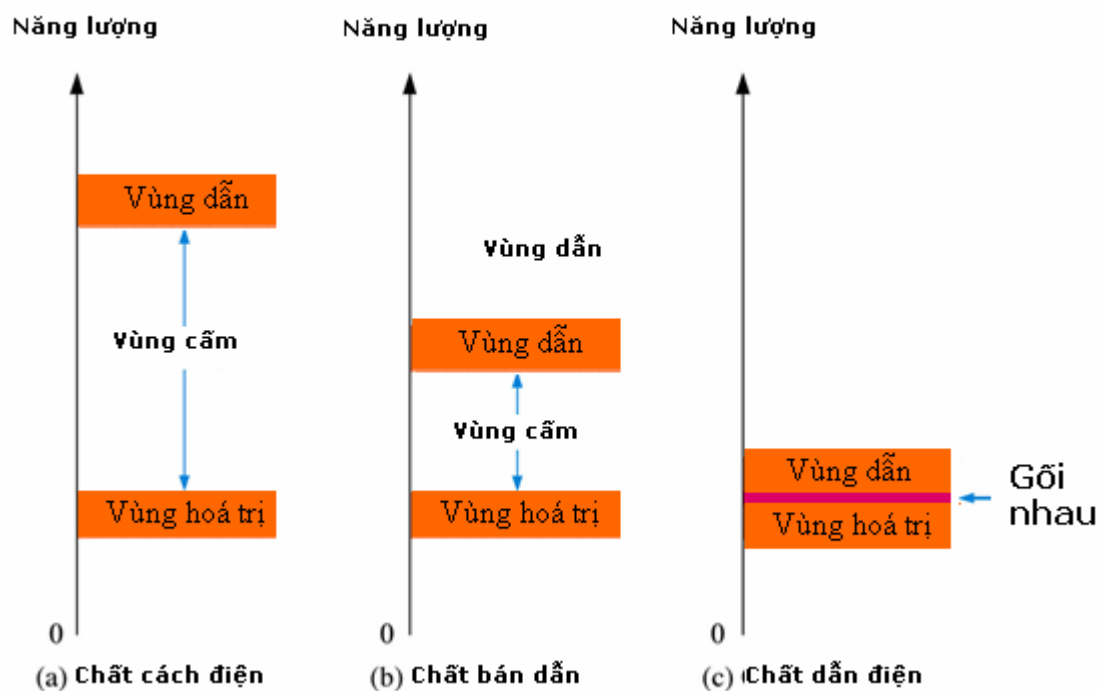
Ta xét dạng cấu trúc năng lượng điển hình của vật rắn tinh thể:

Tuỳ theo tình trạng các mức năng lượng trong một vùng có bị điện tử chiếm chỗ hay không, người ta phân biệt 3 loại vùng năng lượng khác nhau:

- Vùng hoá trị (hay còn gọi là vùng đầy), trong đó tất cả các mức năng lượng đều đã bị chiếm chỗ, không còn trạng thái năng lượng tự do.
- Vùng dẫn (vùng trống), trong đó các mức năng lượng đều còn bỏ trống hay chỉ bị chiếm chỗ một phần.
- Vùng cấm, trong đó không tồn tại mức năng lượng nào để điện tử có thể chiếm chỗ hay xác suất tìm hạt tại đây bằng 0.

Mối quan hệ giữa vị trí tương đối các vùng năng lượng và tính chất dẫn điện của chất rắn cấu trúc tinh thể (xét ở 0^0 K)

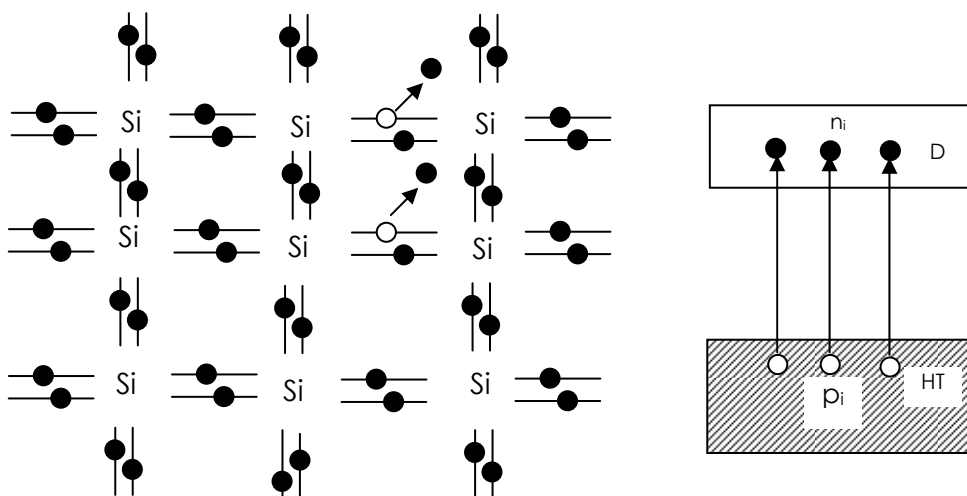
Cấu trúc vùng năng lượng của chất rắn tinh thể



2.1.2 Chất bán dẫn thuần

-Hai chất bán dẫn thuần điển hình là Germanium (Ge) với $E_g = 0.72 \text{ eV}$ và Silicium (Si) với $E_g = 1.12 \text{ eV}$, thuộc nhóm bốn bảng tuần hoàn Mendeleev.

-Mô hình cấu trúc mạng tinh thể (1 chiều) của chúng có dạng sau:



Kỹ thuật điện tử

Các nguyên tử Si liên kết với nhau theo kiểu cộng hoá trị bằng các đôi e góp chung. Ở 0^0 K Si là chất cách điện.

Khi bị kích thích bởi 1 nguồn năng lượng ngoài (nhiệt độ, ánh sáng...) sẽ xảy ra hiện tượng iôn hoá các nguyên tử nút mạng hình thành nên từng cặp hạt dẫn:

-Điện tử tự do

-Lỗ trống

Dưới tác động của điện trường ngoài các điện tử tự do và các lỗ trống chuyển động có hướng hình thành nên dòng điện trong chất bán dẫn thuần

Dòng điện này gồm hai thành phần tương đương nhau:

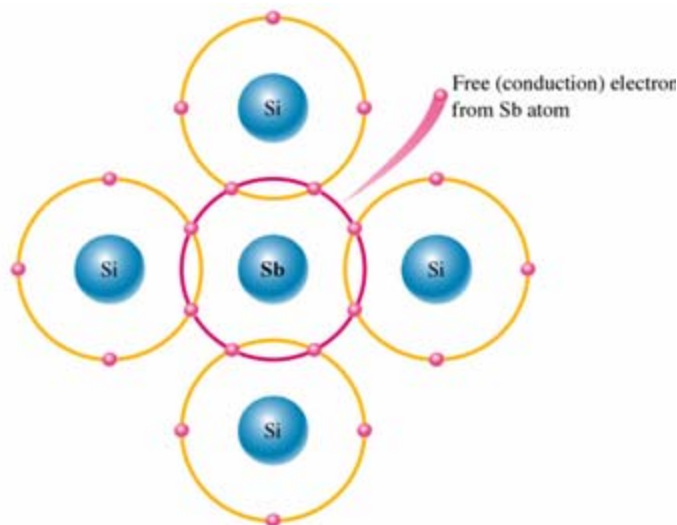
+Dòng chuyển động của các điện tử tự do

+Dòng chuyển động của các lỗ trống về bản chất là dòng dịch chuyển của các điện tử hoá trị

2.1.3 Chất bán dẫn tạp chất

a. Chất bán dẫn tạp chất loại n

-Tiến hành pha thêm các nguyên tử thuộc nhóm 5 bảng Mendeleev vào mạng tinh thể chất bán dẫn nguyên chất nhờ công nghệ đặc biệt với nồng độ 10^{10} đến 10^{18} nguyên tử/ cm^3 ta thu được chất bán dẫn tạp chất loại n.



Kỹ thuật điện tử

Các nguyên tử nhóm 5 có 5 điện tử ở lớp ngoài cùng nên khi tham gia liên kết với các nguyên tử bán dẫn thuần mỗi nguyên tử tạp chất sẽ thừa ra 1 điện tử. Điện tử này liên kết yếu với hạt nhân nên dễ dàng bứt ra khỏi hạt nhân hình thành nên từng cặp:

-Điện tử tự do

-Iôn dương tạp chất

Ở nhiệt độ phòng hầu hết các nguyên tử tạp chất đã bị iôn hoá.

Cùng với quá trình iôn hoá các nguyên tử tạp chất vẫn diễn ra quá trình iôn hoá các nguyên tử bán dẫn thuần nhưng với mức độ yếu hơn

Như vậy trong mạng tinh thể chất bán dẫn tạp chất loại n tồn tại hai loại hạt mang điện:

+ Điện tử tự do

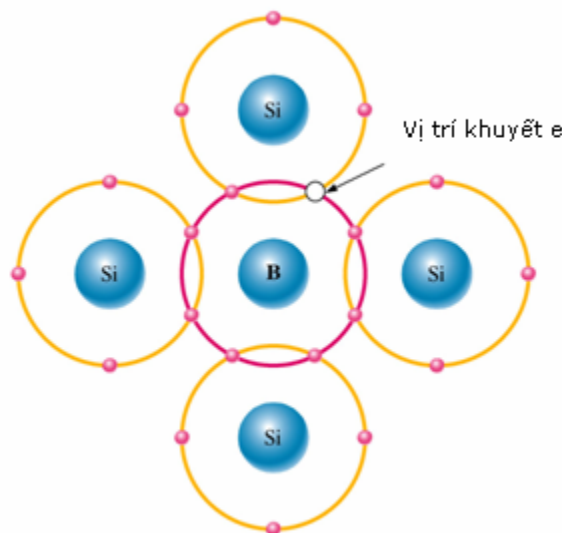
+Lỗ trống (mang điện tích dương)

Trong đó điện tử là hạt dẫn chiếm đa số, lỗ trống là hạt dẫn thiểu số($n_n \gg p_n$)

d.Chất bán dẫn tạp chất loại p

-Nếu tiến hành pha các nguyên tử thuộc nhóm 3 bản tuần hoàn Mendeleev vào mạng tinh thể chất bán dẫn thuần ta được chất bán dẫn tạp chất loại p.

Các nguyên tử nhóm 3 có 3 e ở ngoài cùng nên khi tham gia liên kết với các nguyên tử chất bán dẫn thuần sẽ có một liên kết bị thiếu e.



Liên kết khuyết này dễ dàng nhận thêm e hình thành nên các ion âm tạp chất và mất đi số lượng các e tương ứng.

Các e bù đắp cho liên kết bị khuyết được sản sinh ra từ việc ion hoá các nguyên tử bán dẫn thuần. (Quá trình ion hoá các nguyên tử bán dẫn thuần hình thành nên từng cặp: Điện tử tự do và lỗ trống)

Như vậy trong mạng tinh thể chất bán dẫn tạp chất loại p tồn tại hai loại hạt mang điện:

+Các điện tử tự do

+Các lỗ trống

Trong đó các lỗ trống là hạt dẫn chiếm đa số có nồng độ lớn hơn nhiều cấp so với nồng độ của các điện tử tự do ($p_p \gg n_p$)

2.2 Điốt bán dẫn

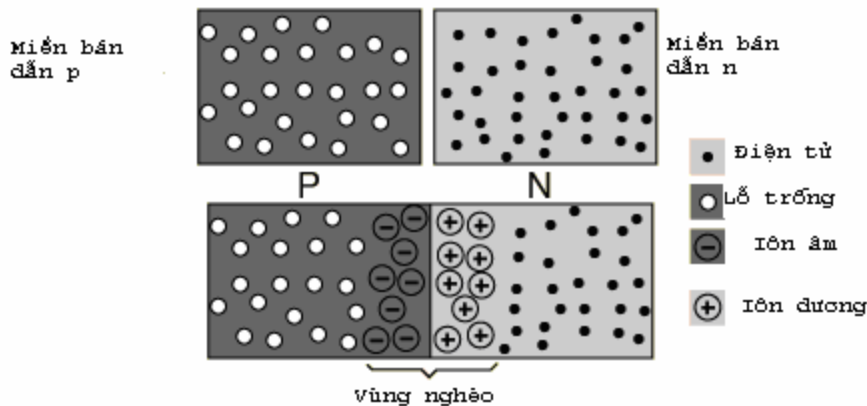
2.2.1. Mặt ghép p-n và tính chỉnh lưu của điốt bán dẫn

a. Mặt ghép p-n khi chưa có điện trường ngoài

Khi cho hai đơn tinh thể chất bán dẫn tạp chất loại p và chất bán dẫn tạp chất loại n tiếp xúc công nghệ với nhau ta thu được mặt ghép p-n. Do có sự chênh lệch về nồng độ điện tử tự do giữa miền bán dẫn tạp chất loại n và miền bán dẫn tạp chất loại p nên tại nơi tiếp giáp giữa hai miền xảy hiện tượng chuyển động khuếch tán của các e tự do từ miền bán dẫn n sang miền bán dẫn p. Quá trình chuyển động khuếch tán này làm hình thành nên lớp ion âm bên phía miền bán dẫn p và lớp ion dương bên phía miền bán dẫn

Kỹ thuật điện tử

n, vùng iôn này nằm ở hai bên nơi tiếp giáp và được gọi là vùng nghèo (vùng này nghèo hạt mang điện tự do và có điện trở lớn hơn nhiều cấp so với vùng còn lại). Quá trình khuếch tán tiếp diễn cho tới khi lớp iôn âm bên phía miền p đủ lớn để tạo ra lực đẩy đủ lớn ngăn trở không cho các e khuếch tán từ miền n sang.



Bề rộng của vùng nghèo khi chưa có điện áp ngoài là l_0 và điện áp tại vùng nghèo (điện áp giữa lớp iôn dương và lớp iôn âm) là V_{tx} chính V_{tx} là nguyên nhân của việc ngăn trở chuyển động khuếch tán của các e tự do từ miền n sang miền p (ngăn trở dòng điện chạy từ miền p sang miền n). Muốn có dòng điện chạy qua tiếp giáp p-n cần đặt tới nó một điện áp có chiều và độ lớn thích hợp để tạo ra lực đủ lớn giúp các e tự do vượt qua được sự cản trở của V_{tx} . Ở điều kiện tiêu chuẩn người ta đo được $V_{tx} = 0.7 \text{ V}$ với điốt làm từ Si và $V_{tx} = 0.3 \text{ V}$ với điốt làm từ Ge

b. Phân cực cho mắt ghép p-n

Khái niệm về phân cực:

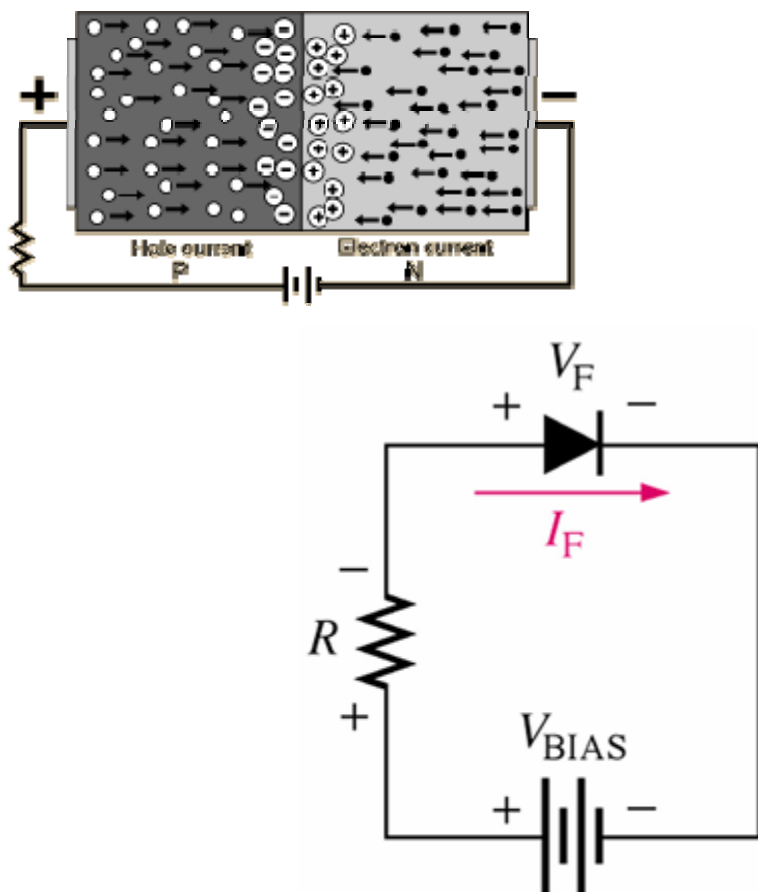
Phân cực cho một thiết bị được hiểu là đặt các điện áp thích hợp tới các cực của nó để xác lập chế độ làm việc cho nó.

Với điốt có 2 chế độ phân cực:

- Phân cực thuận
- Phân cực ngược

Phân cực thuận cho điốt(tiếp giáp pn)

Mạch điện dưới đây phân cực thuận cho điốt



(a) Phân cực thuận cho điốt

Điều kiện để điốt được phân cực thuận là:

- +Điện áp phân cực đặt ngược cực tính so với V_{tx} (cực dương của điện áp phân cực đặt tới miền bán dẫn p cực âm của nguồn phân cực đặt tới miền bán dẫn n)

- +Điện áp phân cực lớn hơn điện áp V_{tx}

Khi điốt được phân cực thuận có dòng điện chạy qua nó theo chiều từ Anode sang cathode. Việc xuất hiện dòng điện chạy qua điốt được giải thích như sau:

- +Điện áp âm của V_{BIAS} đẩy các e tự do ở miền n về gần với tiếp giáp p-n

- +Điện áp dương của V_{BIAS} đẩy các lỗ trống ở miền p về gần với tiếp giáp p-n dẫn tới kết quả là vùng nghèo hẹp lại.

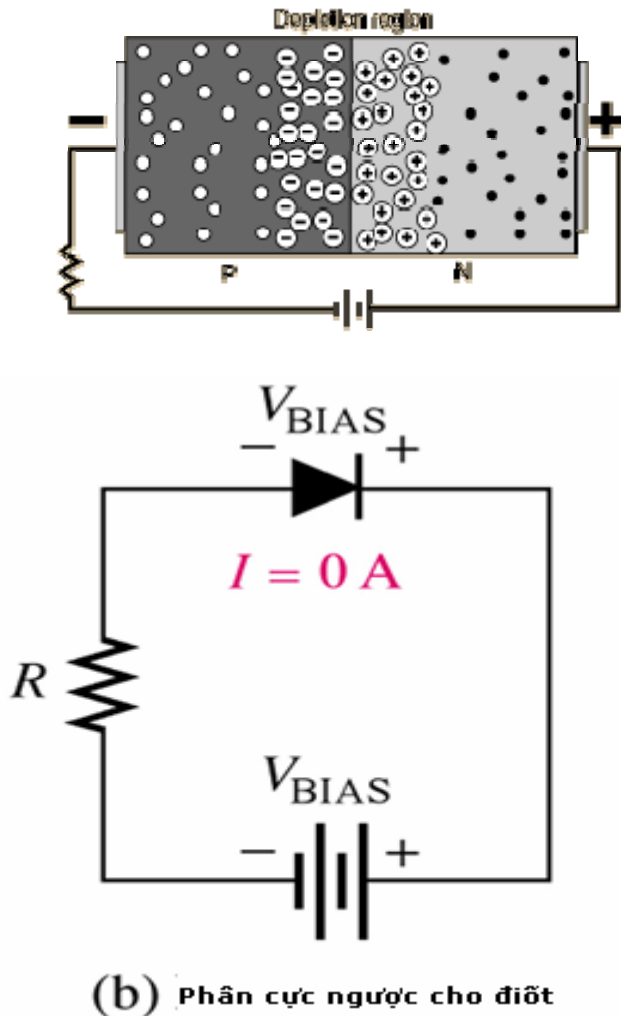
Do điện áp phân cực $V_{BIAS} > V_{tx}$ nên các điện tử tự do ở miền n được cung cấp đủ năng lượng để có thể vượt qua được vùng nghèo sang đến miền p. Khi sang đến miền p, do phải vượt qua vùng nghèo nên các e tự do mất đi một phần năng lượng và không còn là e tự do nữa mà trở thành các e tham gia liên kết. Các e này dịch chuyển theo các

Kỹ thuật điện tử

lỗ trống ở miền p để ra khỏi miền p và trở về phía cực dương của V_{BIAS} . Như vậy đã xuất hiện dòng điện chạy qua tiếp giáp p-n trong đó bên phía miền n là dòng chuyển động của các điện tử tự do hướng về tiếp giáp p-n, còn bên phía miền p là dòng chuyển động tương đối của các lỗ trống hướng ra xa tiếp giáp p-n.

Phân cực ngược cho tiếp giáp p-n

Mạch điện sau phân cực ngược cho tiếp giáp p-n



(b) Phân cực ngược cho điốt

Điều kiện:

Điện áp âm của V_{BIAS} đặt tới miền p, điện áp dương của V_{BIAS} đặt tới miền n
điện áp phân cực ngược cho V_{BIAS} cần đủ nhỏ để điốt khỏi bị đánh thủng

Kỹ thuật điện tử

Khi điốt được phân cực ngược thì dòng điện chạy qua nó rất nhỏ nên có thể coi như không có dòng điện chạy qua nó. Điều này được giải thích như sau:

Điện áp dương của nguồn phân cực kéo các điện tử (là hạt đa số) ở miền n ra xa tiếp giáp p-n.

Điện áp âm của nguồn phân cực kéo các lỗ trống (là hạt đa số) ở miền p ra xa tiếp giáp p-n

Cả hai hiện tượng trên làm cho vùng nghèo được mở rộng ra. Vùng nghèo được mở rộng ra cho đến khi điện áp đặt lên vùng nghèo chính bằng điện áp phân cực. Lúc này xuất hiện dòng điện chạy qua tiếp giáp p-n theo chiều từ n sang p. Đây là dòng điện do sự chuyển động của các hạt thiểu số nên dòng điện này nhỏ và có thể bỏ qua.

2.2.1. Đặc tuyến Von-Ampe và các tham số cơ bản của điốt bán dẫn

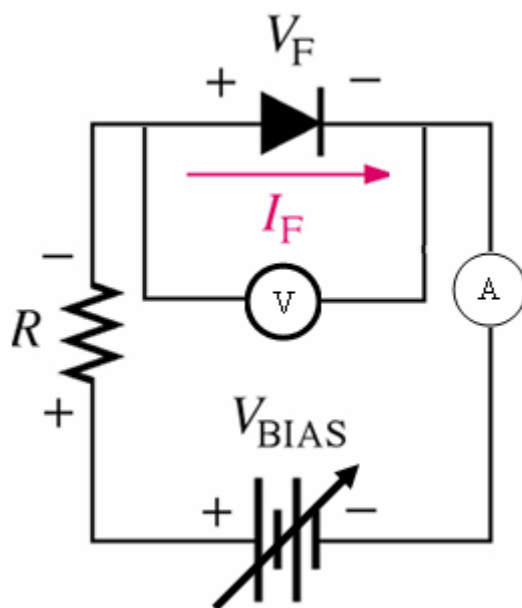
Khái niệm về đặc tuyến Von-Ampe của điốt bán dẫn:

Đặc tuyến V-A của điốt là đồ thị thể hiện mối quan hệ giữa điện áp V trên hai đầu điốt và dòng điện I chạy qua điốt.

Để thu được đặc tuyến V-A của điốt cần phải khảo sát.

a. Khảo sát miền đặc tuyến thuận

Xét mạch sau:



Mạch điện trên giúp ta khảo sát để tìm ra đặc tuyến V-A của điốt bán dẫn khi nó được phân cực thuận. Cách khảo sát như sau: điều chỉnh V_{BIAS} về 0 V, tăng dần V_{BIAS} ,

Kỹ thuật điện tử

quan sát vôn kế và ampe kế ghi lại các cặp giá trị (V,I) tương ứng rồi dựa trên số liệu thu được để vẽ đặc tuyến trên hệ trục V-I.

Kết quả thu được như sau:

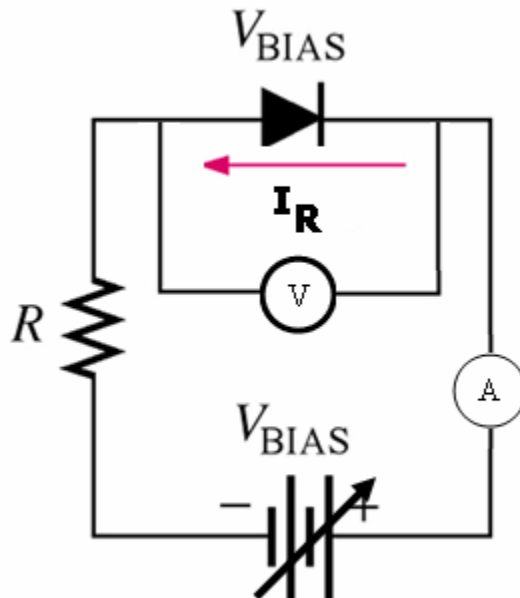
+Khi $V_{Bias} = 0$ thấy $V = 0$ và $I = 0$.

+Tăng dần V_{Bias} thấy V tăng và I tăng chậm theo V

+Tiếp tục tăng V_{Bias} cho đến khi $V_{Bias} \geq 0.7V$ (với diốt làm từ Si) thì từ đây trở đi nếu tiếp tục tăng V_{Bias} V gần như không đổi và nhận giá trị cỡ 0.7 V trong khi đó thì I lại tăng nhanh. Đặc tuyến thuận của diốt có dạng như hình vẽ (vùng 1)

b. Khảo sát miền đặc tuyến ngược và miền đánh thủng

Xét mạch sau:



Mạch điện trên giúp ta khảo sát để tìm ra đặc tuyến V-A của diốt bán dẫn khi nó được phân cực ngược. Quy trình khảo sát tương tự như trong trường hợp khảo sát nhánh phân cực thuận. Kết quả thu được như sau:

Khi $V_{BIAS} = 0$ thì $V = 0$ và $I = 0$

Tăng dần V_{BIAS} thấy V tăng, I tăng và nhanh chóng đạt tới giá trị bão hoà. Dòng qua diốt khi nó được phân cực ngược có cường độ rất nhỏ nên có thể bỏ qua. Vùng đặc tuyến ngược của diốt được thể hiện ở hình vẽ dưới đây (vùng 2).

Khi đặt lên diốt một điện áp ngược đủ lớn sẽ làm cho diốt bị đánh thủng, dòng điện ngược sẽ tăng lên đột ngột, tính chất van của diốt bị phá hoại.

Có hai loại đánh thủng:

-Đánh thủng vì nhiệt

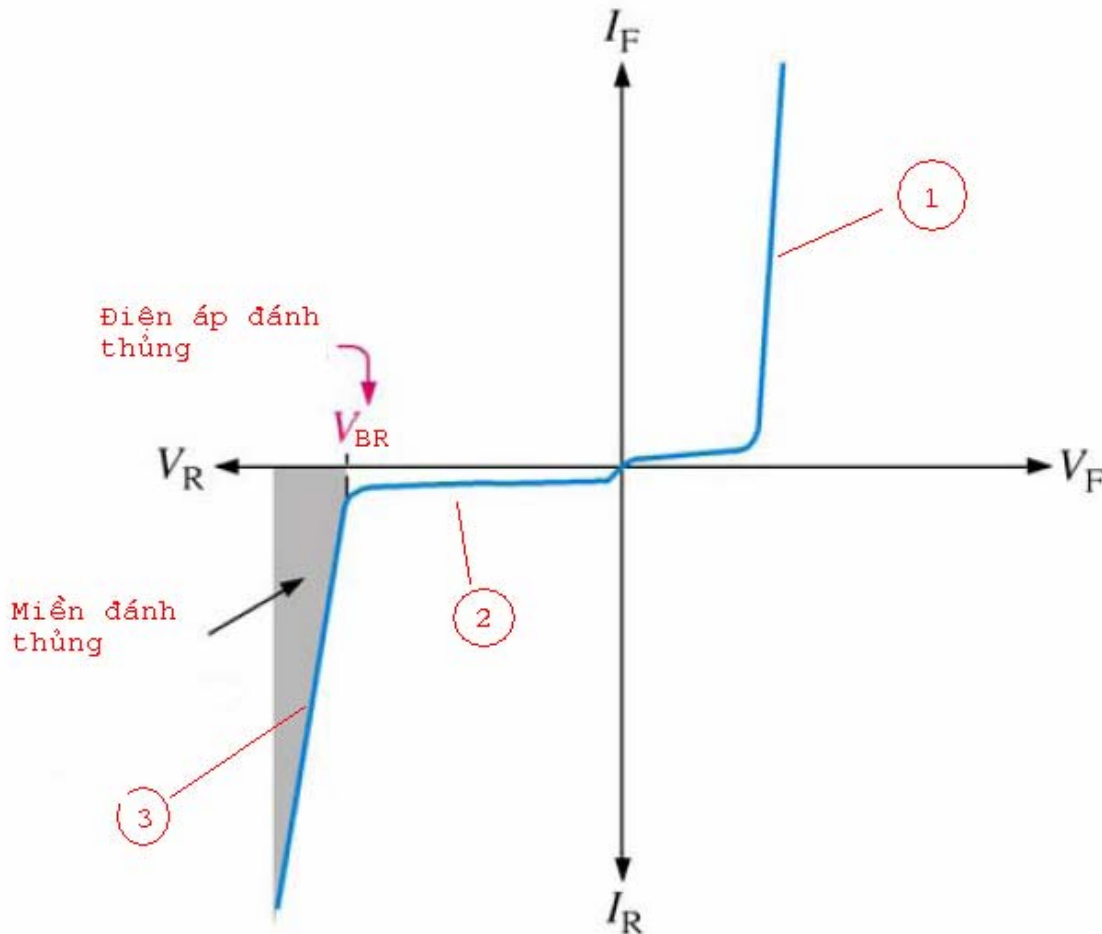
Kỹ thuật điện tử

Đánh thủng vì nhiệt do tiếp xúc p-n bị nung nóng cục bộ, vì va chạm của hạt thiểu số được gia tốc trong điện trường mạnh. Điều này dẫn tới quá trình sinh hạt ô ạt (iôn hoá các nguyên tử chất bán dẫn thuần, có tính chất thác lũ) làm nhiệt độ nơi tiếp xúc tiếp tục tăng...dòng điện ngược tăng đột biến và mặt ghép p-n bị phá hỏng.

-Đánh thủng vì điện

Đánh thủng vì điện do hai hiệu ứng: iôn hoá do va chạm (giữa hạt thiểu số được gia tốc trong trường mạnh cỡ 10^5 V/cm với nguyên tử của chất bán dẫn thuần thường xảy ra ở các mặt ghép p-n rộng(hiệu ứng Zener) và hiệu ứng xuyên hầm (tunnel) xảy ra ở các tiếp xúc p-n hẹp do pha tạp chất với nồng độ cao liên quan tới hiện tượng nhảy mức trực tiếp của điện tử hoá trị bên bán dẫn p xuyên qua rào thế tiếp xúc sang vùng bán dẫn n.

Đặc tuyến có dạng sau:



2.2.3. Các tham số của diode bán dẫn

a. Các tham số giới hạn

-Điện áp ngược cực đại để diode còn thể hiện tính chất van (chưa bị đánh thủng)

Kỹ thuật điện tử

- Dòng cho phép cực đại qua điốt lúc mở: I_{Acf}
- Công suất tiêu hao cực đại cho phép trên van để chưa bị hỏng vì nhiệt: P_{Acf}
- Tần số giới hạn của điện áp (dòng điện) đặt lên van để nó còn thể hiện tính chất van f_{max}

b. Các tham số định mức

- Điện trở một chiều của điốt

$$R_d = \frac{V_{AK}}{I_A} = \frac{V_T}{I_A} \ln\left(\frac{I_A}{I_s} + 1\right)$$

- Điện trở vi phân (xoay chiều) của điốt:

$$r_d = \frac{\partial V_{AK}}{\partial I_A} = \frac{V_T}{I_A + I_s}$$

- Điện dung tiếp giáp p-n: lớp điện tích khối l0 tương đương như một tụ điện gọi là điện dung của mặt ghép p-n: $C_{pn} = C_{kt} + C_{rao}$

2.2.4. Một vài ứng dụng điển hình của điốt bán dẫn

2.2.4.1 Các mạch chỉnh lưu

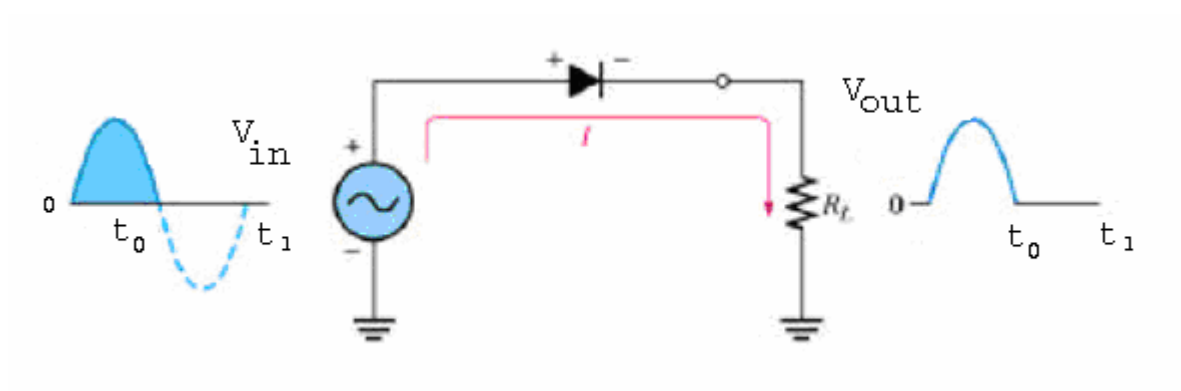
a. Mạch chỉnh lưu một nửa chu kì:

-Sơ đồ mạch



-Nguyên lý hoạt động

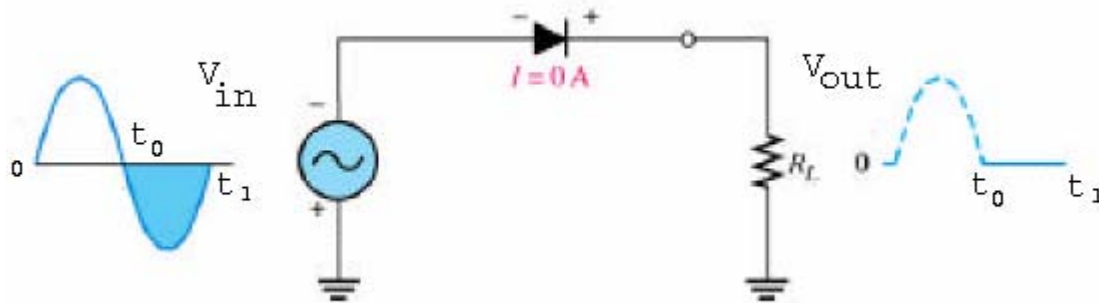
Giả sử điện áp vào V_{in} là điện áp hình sin có biên độ là V_p . Ở nửa chu kì dương của V_{in} ($V_{in} > 0$), điốt được phân cực thuận, dòng điện qua tải có chiều như hình vẽ:



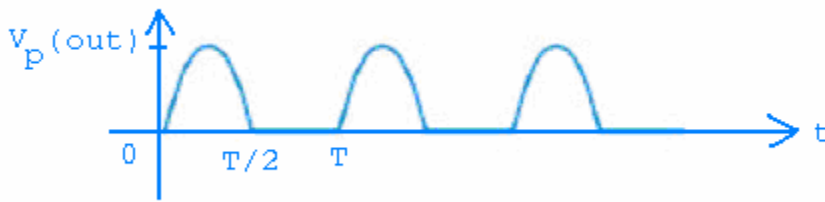
Điện áp ra V_{out} có dạng giống dạng của điện áp vào.

Kỹ thuật điện tử

Ở nửa chu kì âm của V_{in} điốt được phân cực ngược, dòng chạy qua điốt $I = 0$; điện áp ra $V_{out} = 0$



-Dạng của điện áp ra:



-Điện áp trung bình trên tải

$$V_{avg} = \frac{1}{T} \int_0^T V_{out} dt = \frac{1}{T} \int_0^{T/2} V_p(out) \cdot \sin \omega t dt = \frac{V_p(out)}{\pi}$$

$$(V_p(out) = V_p - 0.7)$$

-Điện áp ngược cực đại đặt lên điốt(PIV)

Trong quá trình hoạt động ở những nửa chu kì âm điốt được phân cực ngược vì thế nó phải chịu điện áp ngược. PIV là điện áp ngược cực đại mà điốt phải chịu trong mạch chỉnh lưu khi nó được phân cực ngược.

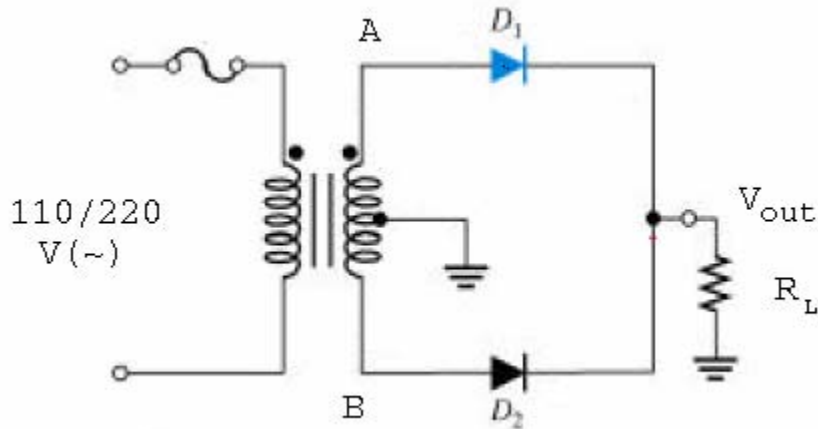
Ta tìm PIV cho điốt ở mạch chỉnh lưu nửa chu kì ở trên

$$V_R = V_{out} - V_{in} = -V_{in}$$

$$PIV = \text{Max}(V_R) = \text{Max}(-V_{in}) = V_p$$

b. Mạch chỉnh lưu hai nửa chu kì

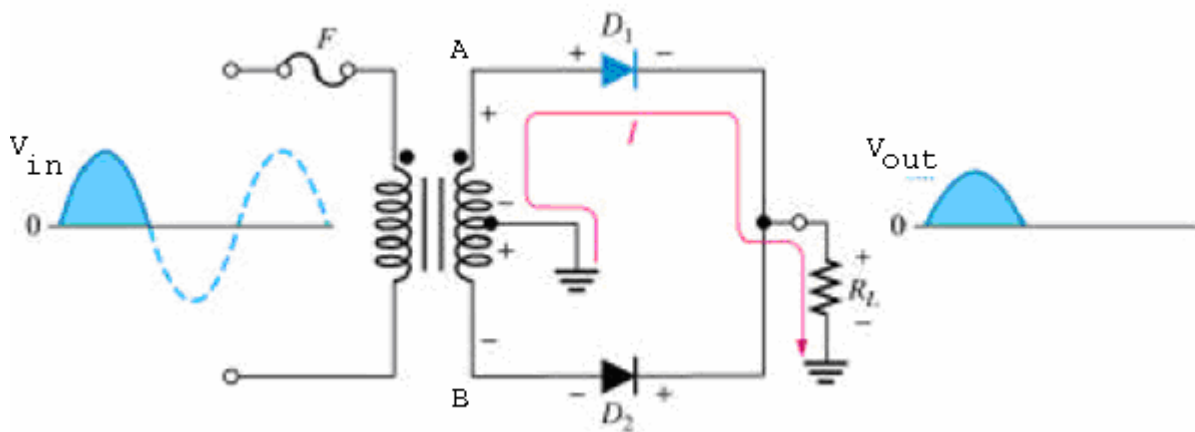
-Sơ đồ mạch



-Nguyên lý hoạt động

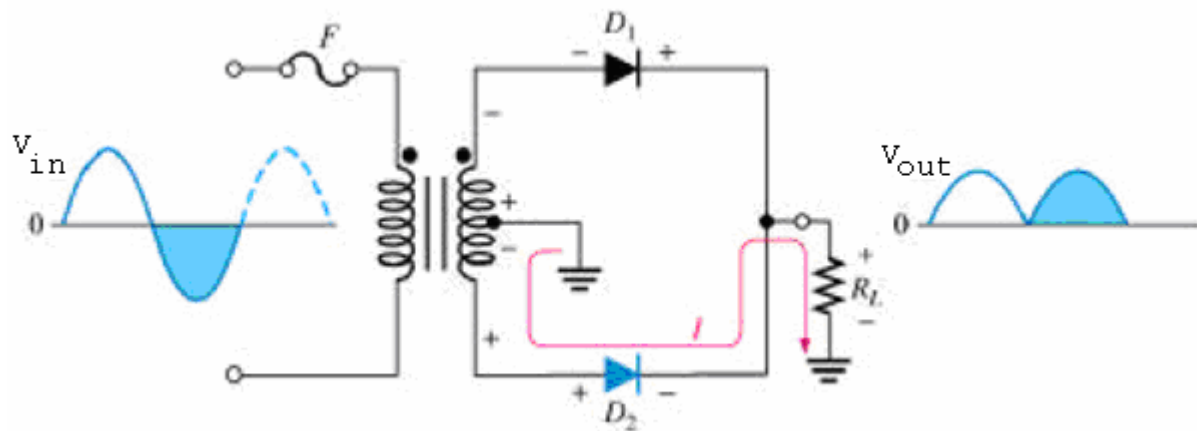
Điện áp cung cấp tới cuộn sơ cấp của biến áp là điện áp xoay chiều hình sin (110/220 V), điện áp giữa hai đầu cuộn thứ cấp biến áp V_{AB} cũng là điện áp hình sin có biên độ V_p . Do cấu tạo của biến áp nên điện áp ở A (V_A) và điện áp ở B (V_B) có cùng biên độ là $V_p/2$ nhưng ngược pha nhau.

Ở $\frac{1}{2}$ chu kì dương của V_{AB} ($V_{AB} > 0$) $V_A > 0$ còn $V_B < 0$. Điốt D_1 được phân cực thuận, điốt D_2 được phân cực ngược, dòng điện qua tải có chiều như hình vẽ (qua D_1 , qua R_L). Điện áp ra V_{out} có dạng giống dạng của V_A

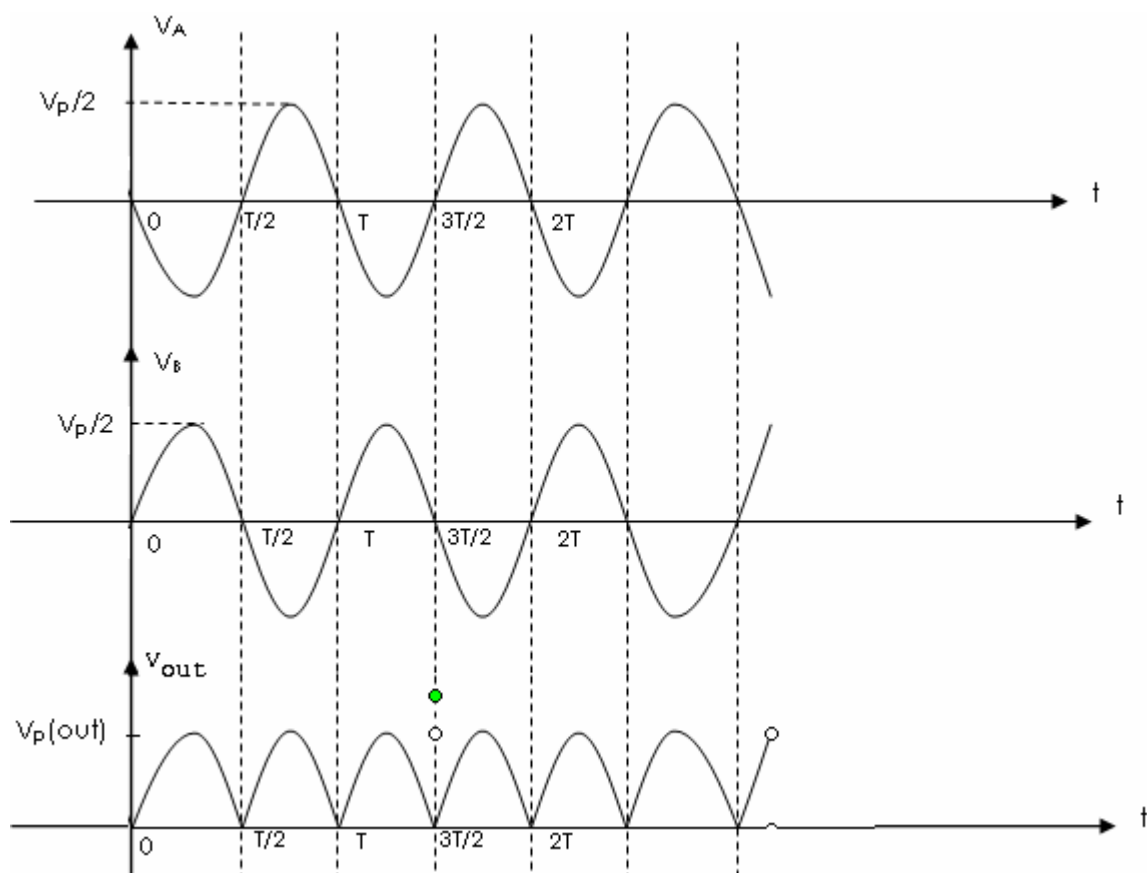


Ở $\frac{1}{2}$ chu kì âm của V_{AB} ($V_{AB} < 0$) $V_A < 0$ còn $V_B > 0$. Điốt D_1 được phân cực ngược, điốt D_2 được phân cực thuận, dòng điện qua tải có chiều như hình vẽ (qua D_2 , qua R_L). Dạng của điện áp ra V_{out} giống dạng của V_B .

Kỹ thuật điện tử



-Dạng của điện áp ra



$$V_p(out) = \frac{V_p}{2} - 0.7$$

-Điện áp trung bình trên tải

Kỹ thuật điện tử

$$V_{avg} = \frac{1}{T} \int_0^{\frac{T}{2}} V_{out} dt = \frac{2}{T} \int_0^{\frac{T}{2}} V_p(out) \cdot \sin \omega t dt = \frac{2V_p(out)}{\pi}$$

-Điện áp ngược cực đại đặt lên diốt

Ở $\frac{1}{2}$ chu kỳ dương của V_{AB} ta tìm PIV cho D2.

Ta

có

$$: V_R = V_{out} - V_B$$

$$. PIV = \text{Max}(V_R) = \text{Max}(V_{out} - V_B) = V_p(out) - \left(-\frac{V_p}{2}\right) = V_p(out) + \frac{V_p}{2} = V_p - 0.7$$

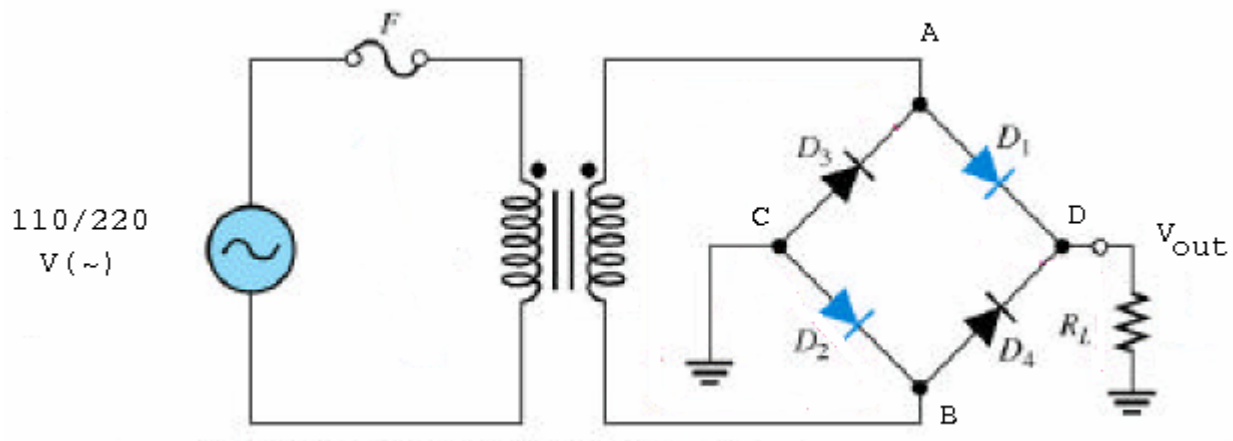
Ở $\frac{1}{2}$ chu kỳ âm, của V_{AB} ta tìm PIV cho D1.

Ta có: $V_R = V_{out} - V_A$

$$PIV = \text{Max}(V_R) = \text{Max}(V_{out} - V_A) = V_p(out) - \left(-\frac{V_p}{2}\right) = V_p(out) + \frac{V_p}{2} = V_p - 0.7$$

c. Mạch chỉnh lưu cầu

-Sơ đồ mạch

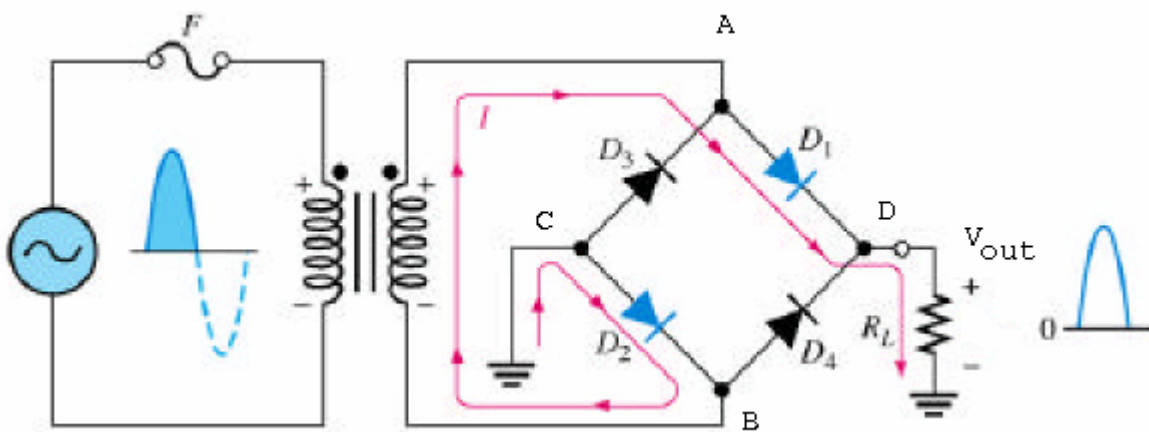


-Nguyên lý hoạt động

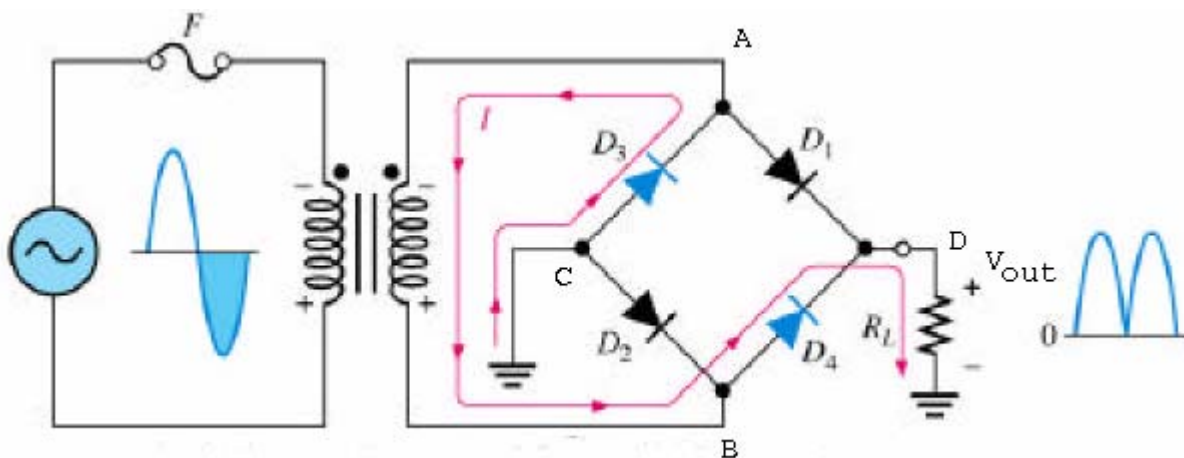
Điện áp trên cuộn sơ cấp biến áp là điện áp xoay chiều hình sin. Do đó, điện áp trên hai đầu thứ cấp biến áp V_{AB} cũng là điện áp hình sin, giả sử biên độ của điện áp này là V_p .

Kỹ thuật điện tử

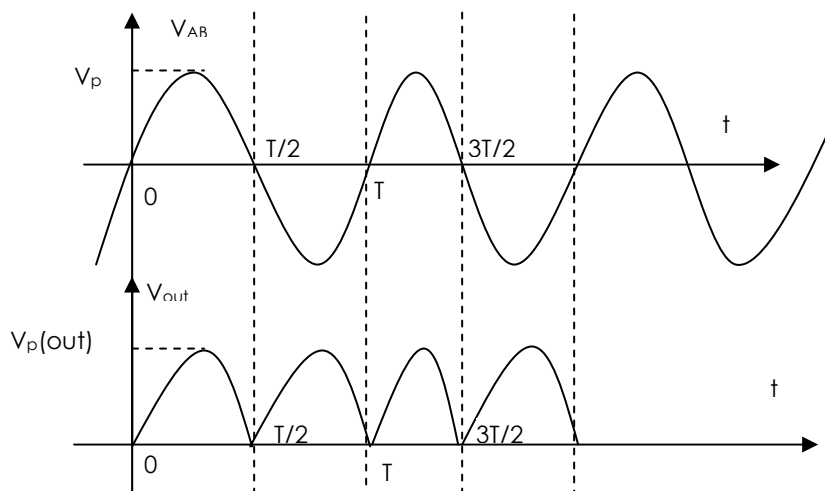
Ở $\frac{1}{2}$ chu kì dương của V_{AB} ($V_{AB} > 0$), diốt D_1 , D_2 được phân cực thuận, diốt D_3 , D_4 được phân cực ngược, dòng điện qua tải có chiều như hình vẽ (qua D_2 , D_1 , R_L). Điện áp ra V_{out} có dạng giống dạng điện áp của V_{AB} .



Ở $\frac{1}{2}$ chu kì âm của V_{AB} , diốt D_3 , D_4 được phân cực thuận, diốt D_1 , D_2 được phân cực ngược, dòng điện qua tải có chiều như hình vẽ (qua D_3 , D_4 , R_L). Dạng của điện áp ra V_{out} giống dạng của V_{BA} .



-Dạng của điện áp ra V_{out}



$$V_p(out) = V_p - 1.4$$

-Tìm điện áp trung bình trên tải

$$V_{avg} = \frac{1}{T} \int_0^{\frac{T}{2}} V_{out} dt = \frac{2}{T} \int_0^{\frac{T}{2}} V_p(out) \cdot \sin \omega t dt = \frac{2V_p(out)}{\pi}$$

-Tìm PIV

Ở $\frac{1}{2}$ chu kì dương của V_{AB} ta tìm PIV cho D3, D4

+Tìm PIV cho D3: Ta có $V_R = V_A - V_C = V_A$ mà $V_A - V_D = 0.7$ (do D1 được phân cực thuận) nên $V_R = V_A = V_D + 0.7 = V_{out} + 0.7$ từ đó $PIV = \text{Max}(V_R) = V_p(out) + 0.7 = V_p - 0.7$.

+Tìm PIV cho D4: Ta có $V_R = V_D - V_B$ mà $V_C - V_B = 0.7$ (do D2 được phân cực thuận) nên $V_B = V_C - 0.7 = -0.7$ do đó $V_R = V_D + 0.7 = V_{out} + 0.7$; $PIV = \text{Max}(V_R) = V_p(out) + 0.7 = V_p - 0.7$.

Ở $\frac{1}{2}$ chu kì âm của V_{AB} ta tìm PIV cho D1, D2. Cách tìm tương tự như đã tìm cho D3 và D4 và kết quả tìm được là $PIV(D1) = PIV(D2) = V_p - 0.7$

2.2.4.2 Mạch hạn chế biên độ

Mạch hạn biên có tác dụng không chế biên độ của tín hiệu vào ở một hoặc hai ngưỡng điện áp định trước. Có một số dạng mạch hạn biên sau:

-Mạch hạn biên trên

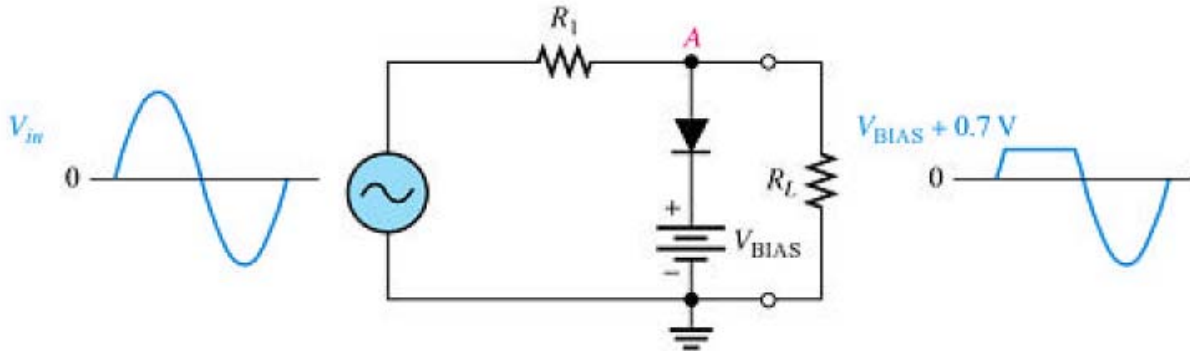
Kỹ thuật điện tử

-Mạch hạn biên dưới

-Mạch hạn biên cả trên lẫn dưới.

Ta xét hoạt động của mạch hạn biên trên:

-Sơ đồ mạch:



Hoạt động của mạch như sau:

Giả sử điện áp vào V_{in} là điện áp hình sin có biên độ là V_p với $V_p > V_{BIAS} + 0.7$.

Từ mạch điện ta thấy điện áp phân cực cho điốt là: $V_{in} - V_{BIAS}$.

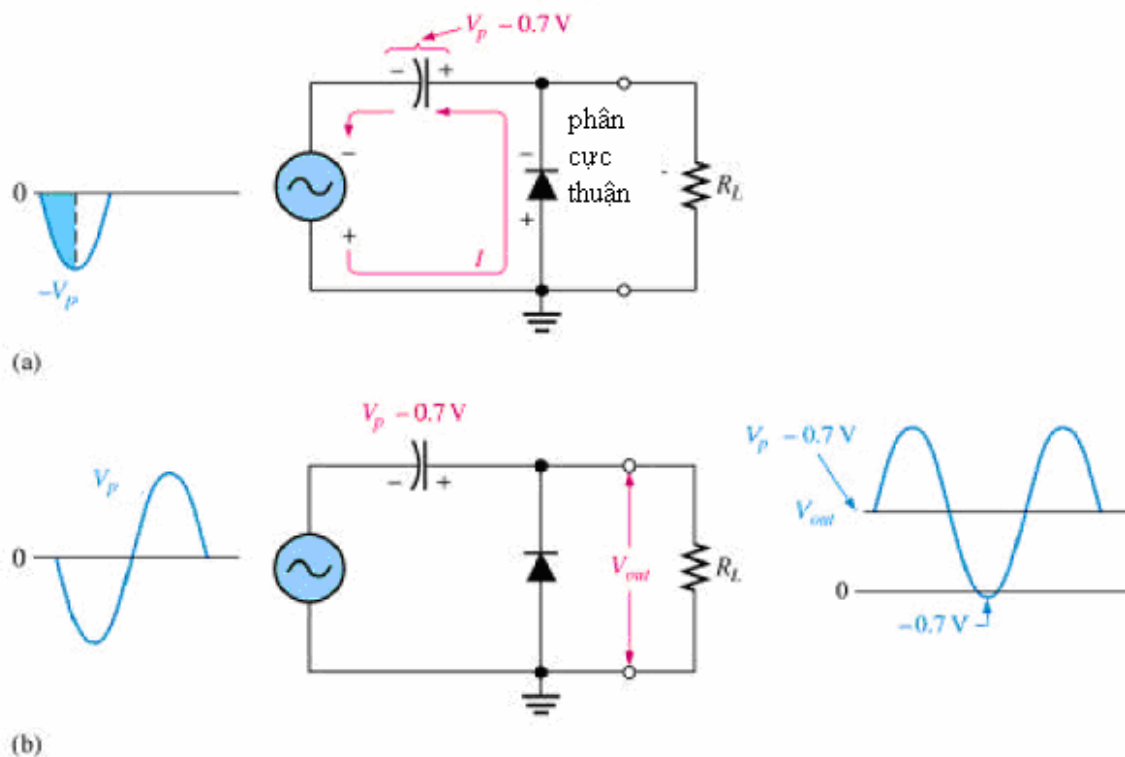
+Khi $V_{in} - V_{BIAS} > 0.7$ hay $V_{in} > V_{BIAS} + 0.7$ điốt được phân cực thuận, sụt áp trên điốt $V_{out} - V_{BIAS} = 0.7$ hay $V_{out} = V_{BIAS} + 0.7$.

+Khi $V_{in} - V_{BIAS} \leq 0.7$ điốt được phân cực ngược $V_{out} = V_{in}$

2.2.4.3 Mạch dịch mức điện áp

Mạch dịch mức điện áp thực hiện việc cộng thêm thành phần 1 chiều cho tín hiệu vào.

Hình vẽ dưới đây là một dạng sơ đồ mạch dịch mức điện áp:



Với giả thiết tín hiệu vào là tín hiệu điện áp hình sin có biên độ V_p hoạt động của mạch dịch mức điện áp được giải thích như sau:

Ở $\frac{1}{4}$ chu kì âm đầu tiên của V_{in} điốt được phân cực thuận, tụ C được nạp điện đến khi điện áp trên tụ đạt tới giá trị $V_p - 0.7$. Ngay sau đó điốt được phân cực ngược, tụ C chỉ có thể phóng điện qua R_L . Do R_L được chọn với điện trở lớn nên tụ phóng điện rất chậm ở mỗi chu kì của V_{in} vì thế nên tụ C lúc này có thể coi như một nguồn nuôi DC mắc nối tiếp với V_{in} . Do đó, $V_{out} = V_c + V_{in} = V_p - 0.7 + V_{in}$

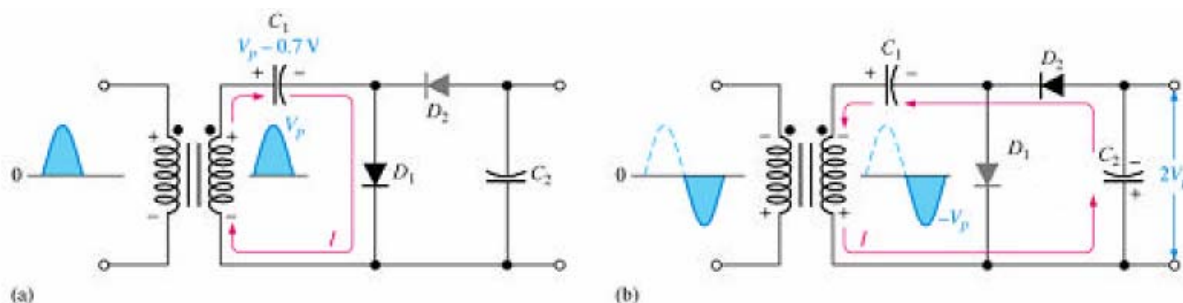
2.2.4.4 Mạch nhân đôi điện áp

Giả sử điện áp vào là điện áp hình sin có biên độ V_p thì điện áp ra của mạch nhân đôi điện áp là $V_{out} = 2(V_p - 0.7)$. Mạch nhân đôi điện áp có 2 dạng

a . Dạng 1(Dạng $\frac{1}{2}$ chu kì)

-Sơ đồ và hoạt động của mạch được thể hiện trên hình vẽ:

Kỹ thuật điện tử



Giả sử điện áp trên thứ cấp của biến áp là điện áp hình sin có biên độ V_p .

Ở nửa chu kì dương của điện áp trên thứ cấp biến áp, D_1 được phân cực thuận, D_2 được phân cực ngược tụ C_1 được nạp điện tới điện áp $V_p - 0.7$.

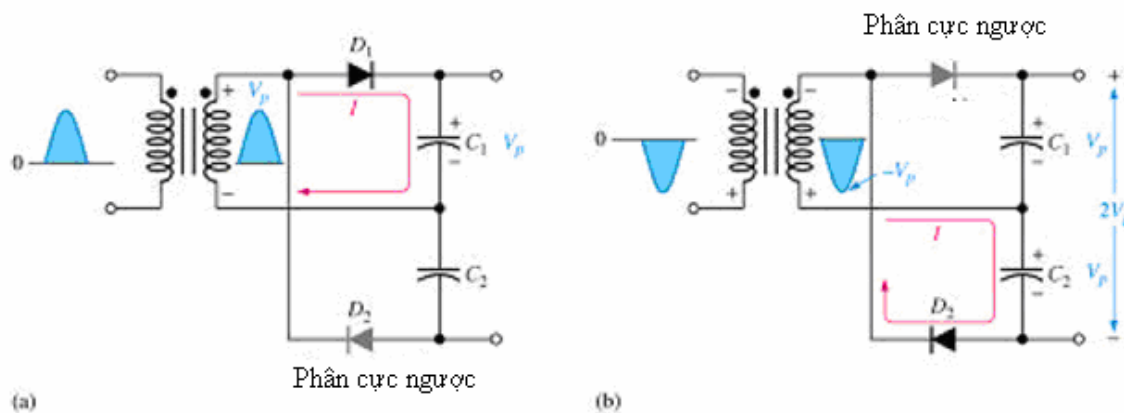
Ở nửa chu kì dương của điện áp trên thứ cấp biến áp, D_1 được phân cực ngược, D_2 được phân cực thuận, tụ C_2 được nạp điện bởi điện áp $V_{C1} + V_{in}$, vì thế điện áp trên tụ C_2 (điện áp ra) đạt tới $V_{C2} = 2(V_p - 0.7)$.

Trong trường hợp không tải nối tới đầu ra điện áp ở trên tụ C_2 (điện áp ra) không đổi.

Khi có tải mắc tới đầu ra tụ C_2 sẽ phóng điện ở nửa chu kì dương kế tiếp, và nạp điện ở nửa chu kì âm tiếp theo.

b. Dạng 2(dạng cả chu kì)

-Sơ đồ và hoạt động của mạch như sau:



Giả sử điện áp trên thứ cấp biến áp là điện áp hình sin có biên độ V_p .

Ở $\frac{1}{2}$ chu kì dương của điện áp trên thứ cấp biến áp, D_1 được phân cực thuận, D_2 được phân cực ngược, tụ C_1 được nạp điện tới điện áp $V_{C1} = V_p - 0.7$

Kỹ thuật điện tử

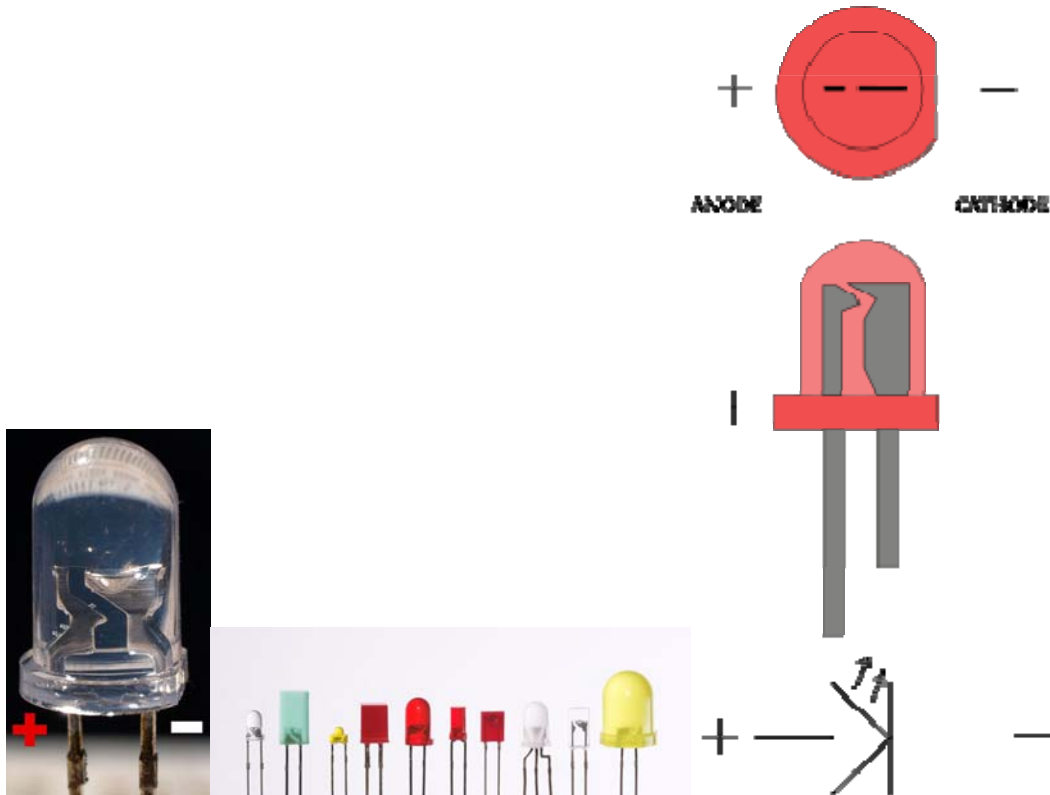
Ở $\frac{1}{2}$ chu kỳ âm của điện áp trên thứ cấp biến áp, D2 được phân cực thuận, D1 được phân cực ngược, tụ C2 được nạp điện tới điện áp $V_{C2} = V_p - 0.7$.

Điện áp ra $V_{out} = V_{C1} + V_{C2} = 2(V_p - 0.7)$

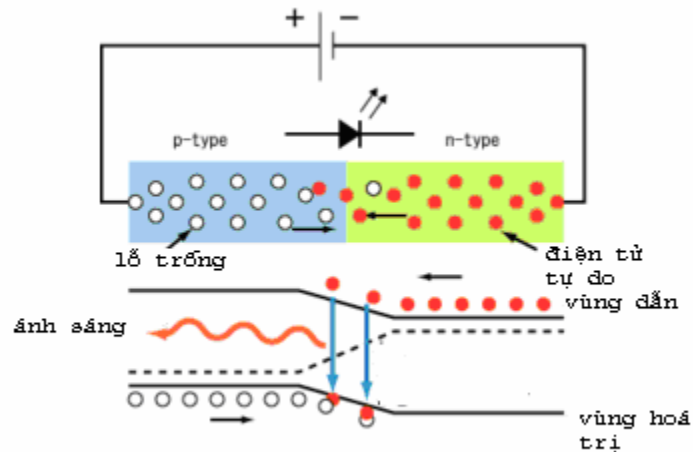
2.2.5 Một số loại điốt đặc biệt

2.2.5.1 Điốt phát quang(LED)

LED là loại điốt có khả năng phát ra ánh sáng khi được phân cực thuận. Nó được cấu tạo từ một mặt ghép p-n trong đó miền p và miền n rời nhau và được bọc trong một lớp nhựa trong suốt.



LED có khả năng phát ra ánh sáng là do sự giải phóng năng lượng của các e tự do khi các e này tái hợp với các lỗ trống.

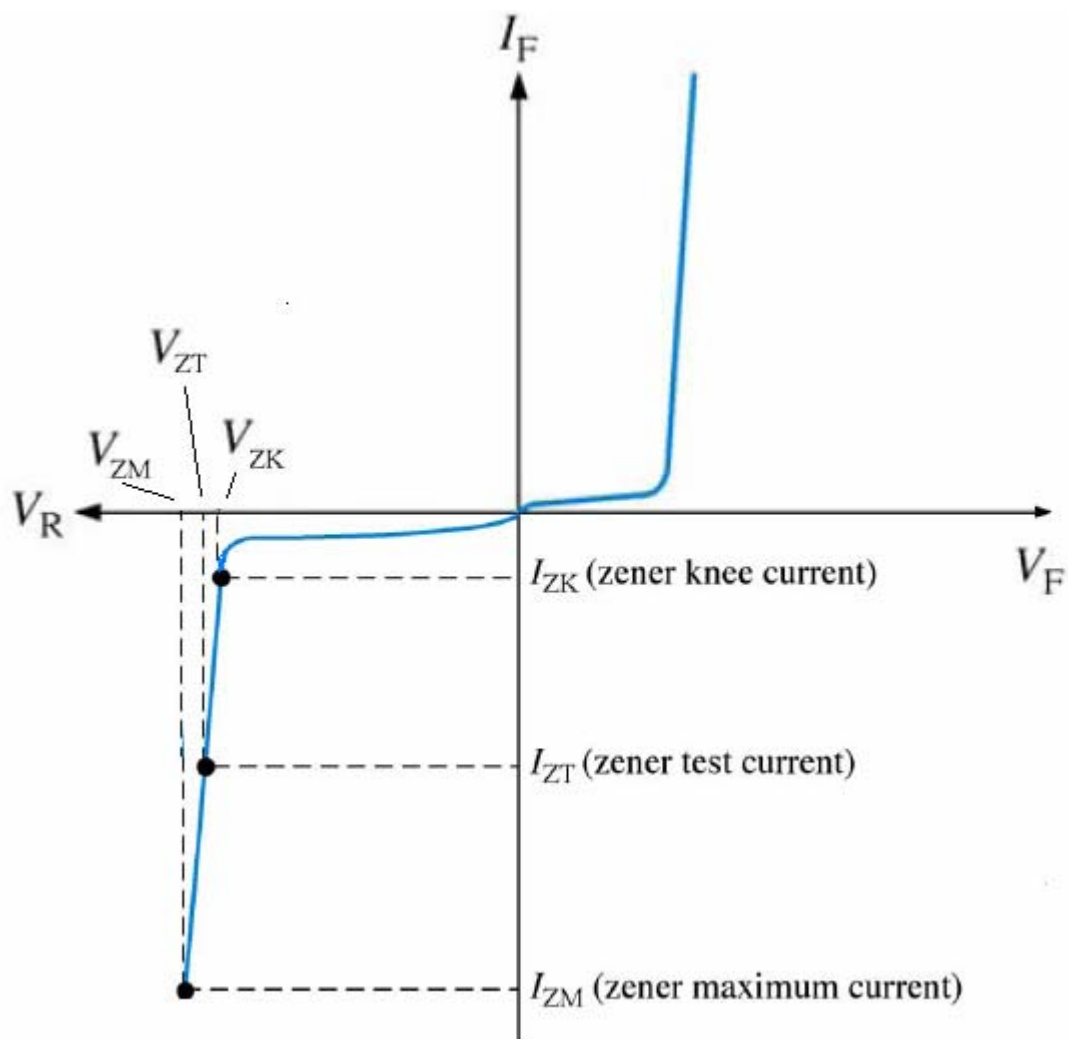


Bước sóng của ánh sáng do LED phát ra phụ thuộc vào vật liệu chế tạo LED. Cường độ của ánh sáng do LED phát ra phụ thuộc vào cường độ dòng điện chạy qua LED.

2.2.5.2 Điốt Zener

a. Đặc tuyến V-A của điốt Zener

Điốt Zener thường được dùng với mục đích ổn định điện áp. Điốt Zener có nhiều điểm rất giống với điốt thường, nhưng có điều đặc biệt là điốt Zener được thiết kế để có thể hoạt động được ở miền đánh thủng (với điốt thường khi bị đánh thủng là bị hỏng). Đặc tuyến Von-ampe của điốt Zener có dạng sau:



I_{ZK} là dòng tối thiểu chạy qua diốt zener khi diốt zener làm việc ở miền đánh thủng, I_{ZM} là dòng điện lớn nhất chạy qua diốt zener khi diốt zener làm việc ở miền đánh thủng. Nếu dòng điện ngược I_Z chạy qua diốt zener vượt quá I_{ZM} sẽ làm hỏng diốt. V_{ZK} , V_{ZM} , V_Z chênh lệch nhau không nhiều, có thể coi $V_{ZK} = V_{ZT} = V_{ZM} = V_Z$. Data sheet của diốt zener cung cấp cho ta V_{ZT} , I_{ZK} , I_{ZT} , I_{ZM} .

Từ miền đánh thủng của đặc tuyến V-A của diốt Zener có thể rút ra một vài nhận xét sau:

- +Để diốt Zener làm việc ở miền đánh thủng(miền ổn áp) cần phân cực ngược cho diốt zener với điện áp phân cực lớn hơn V_Z
- +Khi diốt Zener làm việc trong miền ổn áp thì sụt áp trên nó luôn là V_Z còn dòng điện chạy qua nó có thể biến thiên từ I_{ZK} đến I_{ZM} .

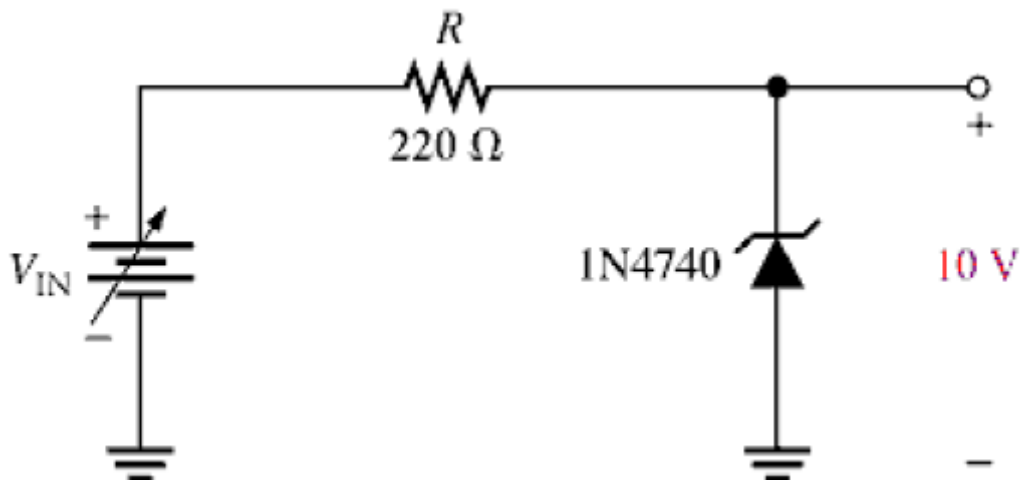
b. Một vài ứng dụng của diốt zener

* Ổn định điện áp

Kỹ thuật điện tử

Khi làm việc ở miền đánh thủng, áp trên hai đầu diốt Zener gần như không đổi trước sự thay đổi của dòng qua diốt, có thể lợi dụng tính chất này của diốt zener để thực hiện việc ổn định điện áp.

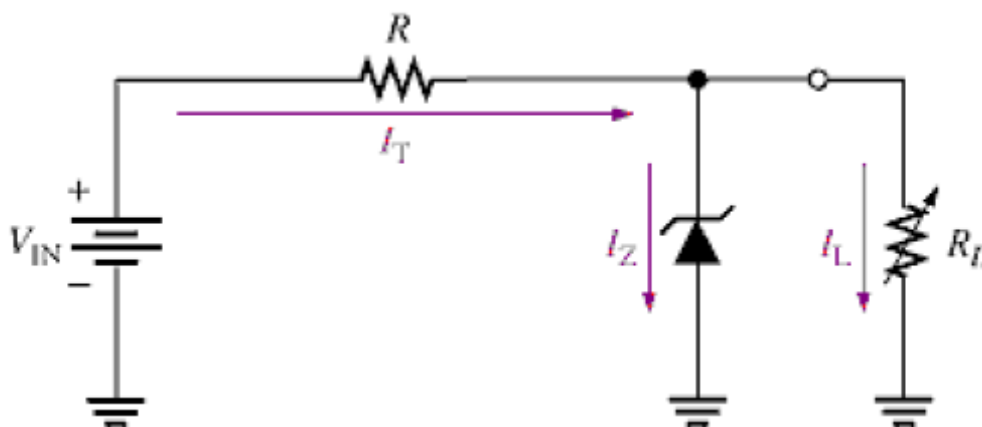
Xét mạch điện sau:



Diốt 1N4740 là diốt zener có $V_Z = 10\text{V}$, $I_{ZK} = 0.25\text{mA}$, $I_{ZM} = 100\text{mA}$. Từ mạch điện ta thấy $V_{IN} = V_R + V_Z = I_Z R + V_Z$;

Diốt Zener trong mạch được phân cực ở miền đánh thủng nên I_Z có thể nhận giá trị từ 0.25mA đến 100mA vì thế $I_{ZK}R + V_Z < V_{IN} < I_{ZM}R + V_Z$ hay $10.055\text{V} < V_{IN} < 32\text{V}$. Như vậy trước sự biến động của V_{IN} (thay đổi từ 10.055V đến 32V) điện áp ra vẫn giữ nguyên ở mức $V_Z = 10\text{V}$ điều này thể hiện khả năng ổn định điện áp của diốt Zener trước sự biến động của điện áp vào.

Bây giờ ta khảo sự ổn định điện áp ra trước sự biến động của tải. Xét mạch sau



Kỹ thuật điện tử

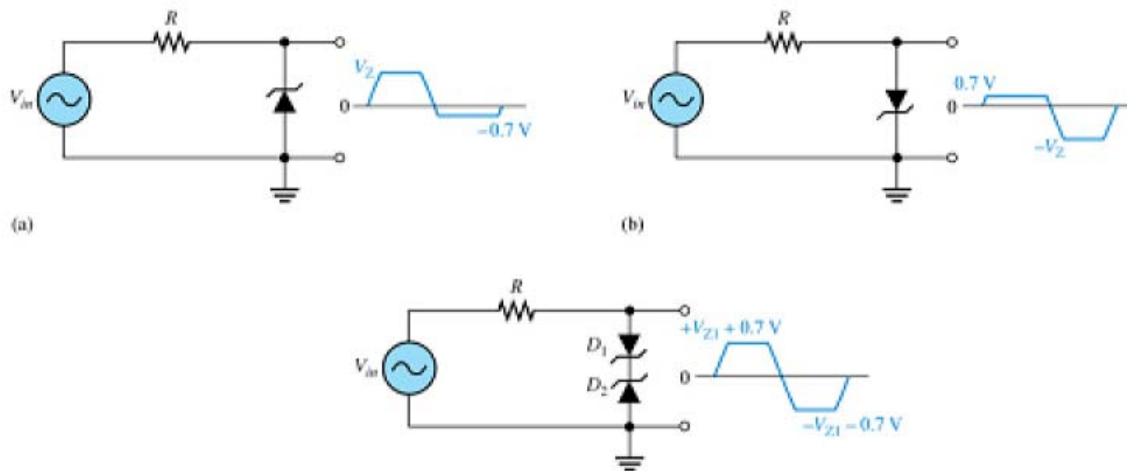
+Khi tải cực lớn $R_L = \infty$ (không có tải), dòng điện trong mạch chỉ chạy qua điốt zener không phân nhánh sang tải vì thế ta cần khống chế dòng điện này để nó không được vượt quá I_{ZM}

+Giới hạn dưới của tải được xác định như sau: $R_L (\min) = \frac{V_Z}{I_L (\max)} = \frac{V_Z}{I_{ZM} - I_{ZK}}$

Như vậy điện áp ra luôn ổn định khi tải thay đổi từ $R_L = R_L(\min)$ tới $R_L = \infty$.

*Hạn biên

Ta có thể xây dựng một số mạch hạn biên sử dụng điốt zener, dạng của một số mạch hạn biên và mối quan hệ giữa điện áp ra, điện áp vào được thể hiện trên hình vẽ dưới đây:



2.3 Tranzito lưỡng cực (BJT: Bipolar Junction Transistors)

2.3.1 Giới thiệu chung

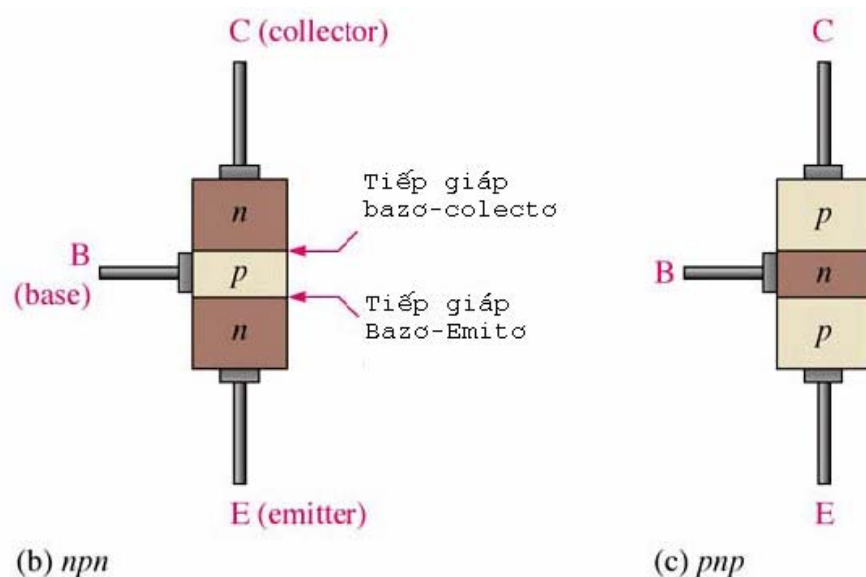
BJT là loại linh kiện có 3 chân và là linh kiện được điều khiển bởi dòng điện (điện áp đầu ra, dòng điện đầu ra, công suất đầu ra, được điều khiển bởi dòng điện vào). Hai ứng dụng phổ biến của BJT là:

- +Dùng BJT để khuếch đại tín hiệu
- +Dùng BJT làm khoá đóng mở trong kỹ thuật số

2.3.2 Cấu tạo của BJT

BJT được cấu tạo từ ba miền bán dẫn tạp chất đặt xen kẽ nhau

- +Một miền bán dẫn tạp chất loại N đặt xen giữa hai miền bán dẫn tạp chất loại P (BJT loại PNP)
- +Một miền bán dẫn tạp chất loại P đặt xen giữa hai miền bán dẫn tạp chất loại N (BJT loại NPN).



Ba miền bán dẫn này có tên là: Emitơ, bazơ, colector.

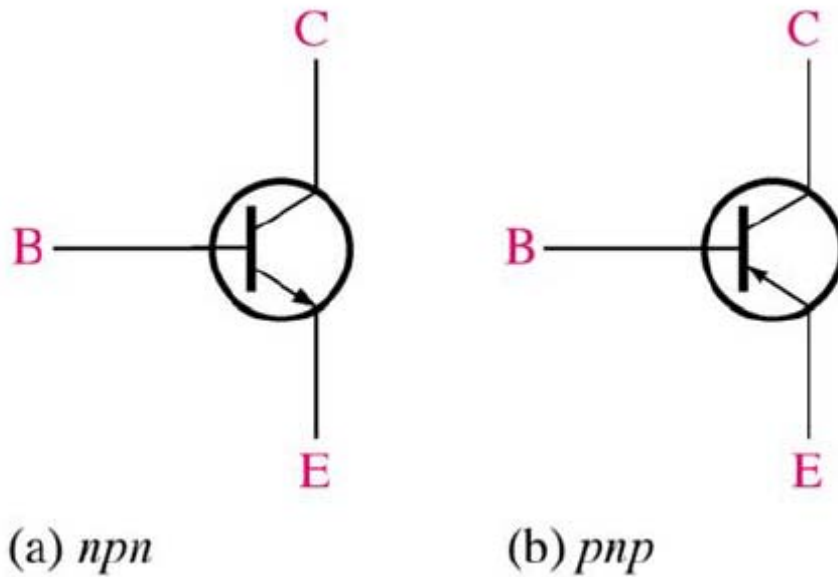
Miền bazơ nằm giữa có kích thước hẹp nồng độ tạp chất thấp nhất trong ba miền.
Điện cực nối ra từ miền bazơ được gọi là cực bazơ (cực B).

Miền Colector được pha tạp với nồng độ tạp chất trung bình, điện cực nối ra từ miền colector được gọi là cực colector (cực C).

Miền Emitơ được pha tạp với nồng độ tạp chất cao nhất trong ba miền, điện cực nối ra từ miền Emitơ được gọi là cực Emitơ (cực E).

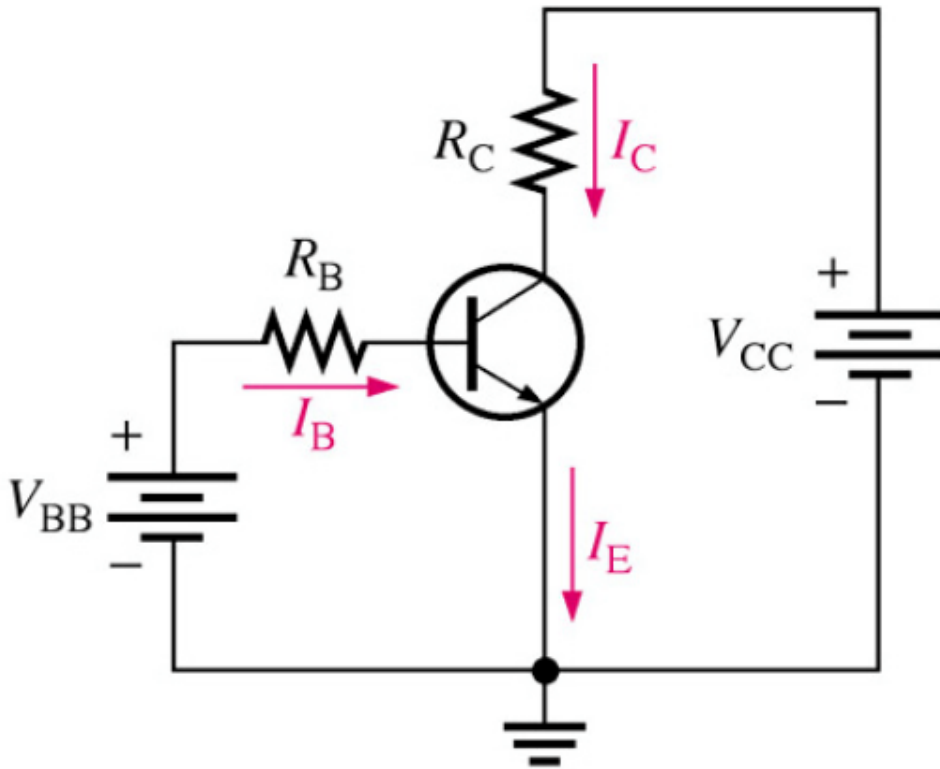
Tiếp giáp pn giữa miền bazơ và miền colector được gọi là tiếp giáp bazơ-colector và gọi tắt là JC. Tiếp giáp pn giữa miền bazơ và miền Emitơ được gọi là tiếp giáp bazơ-emitor và gọi tắt là JE.

Trong các sơ đồ mạch BJT được kí hiệu như hình sau:



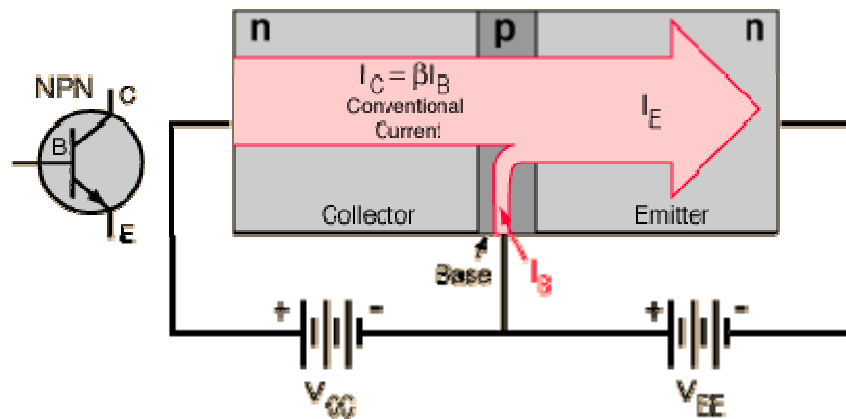
2.2.3 Nguyên lý hoạt động của BJT

Để xét hoạt động của BJT trước hết ta cần phân cực cho nó bởi nguồn điện áp ngoài một chiều. Hoạt động của BJT npn và pnp là tương tự nhau nên ta chỉ cần xét hoạt động của một trong hai loại. Ta xét hoạt động của BJT npn trong trường hợp phân cực cho nó sao cho JE được phân cực thuận và JC được phân cực ngược, khi phân cực như vậy BJT có khả năng khuếch đại tín hiệu.



Do JE được phân cực thuận nên vùng nghèo quanh JE hẹp lại, còn JC được phân cực ngược nên vùng nghèo quanh JC rộng ra. Do JE được phân cực ngược nên các e tự do (là hạt đa số trong miền E) dễ dàng khuếch tán qua JE sang miền B.

Do miền bazơ rất mỏng, nồng độ tạp chất thấp nên lượng lỗ trống ở miền B rất ít, vì vậy chỉ một phần nhỏ các e tái tổ hợp với các lỗ trống trong miền B rồi dịch chuyển ra khỏi miền B theo cực B hình thành nên dòng điện có cường độ nhỏ I_B . Phần lớn các điện tử tự do từ miền E sang khuếch tán tới được JC rồi được điện trường phân cực ngược cho JC cuốn qua JC sang miền C rồi đi ra khỏi miền C theo cực C rồi đi về phía cực dương của V_{CC} hình thành nên dòng điện I_C dòng I_C có cường độ lớn hơn I_B rất nhiều.



Giữa I_E , I_B , I_C có những mối quan hệ sau: $I_E = I_B + I_C$; $\frac{I_C}{I_B} = \beta_{DC} = \text{const}$

2.3.4 Một số tham số cơ bản khi làm việc với BJT

-Tỷ số giữa I_C và I_B : $\beta_{DC} = \frac{I_C}{I_B}$ được gọi là hệ số khuếch đại dòng một chiều của BJT. β_{DC} thông thường có giá trị từ 20 đến 200.

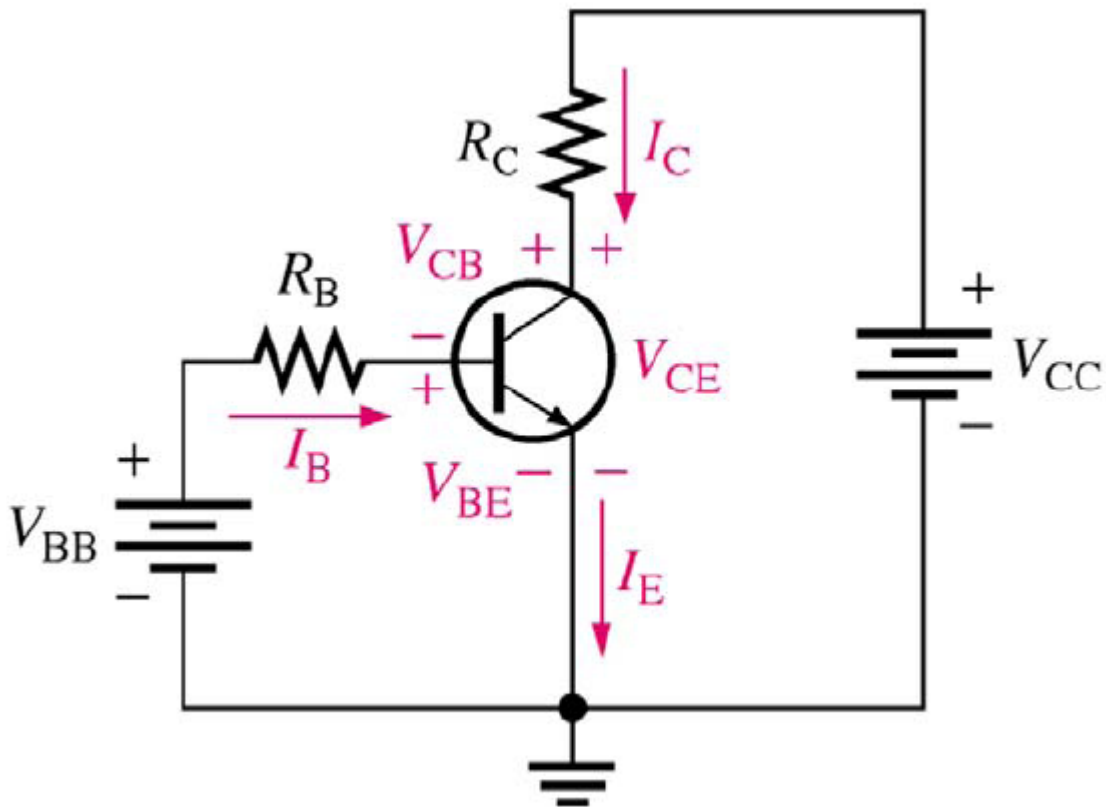
-Tỷ số giữa I_c và I_b : $\beta_{ac} = \frac{I_c}{I_b}$ được gọi là hệ số khuếch đại dòng xoay chiều của BJT.

-Tỷ số giữa I_C và I_E : $\alpha_{DC} = \frac{I_C}{I_E}$ α_{DC} luôn nhỏ hơn 1 và thường có giá trị từ 0.95 đến 0.99.

-Tỷ số giữa I_c và I_e : $\alpha_{ac} = \frac{I_c}{I_e}$

Các thông số này ta có thể tra cứu trong data sheet của BJT.

Khi làm việc với BJT trong một mạch điện cụ thể ta thường quan tâm tới các dòng điện, các điện áp liên quan trực tiếp tới BJT. (I_B , I_C , I_E , V_{BE} , V_{CE} , V_{CB}). Xét mạch sau:



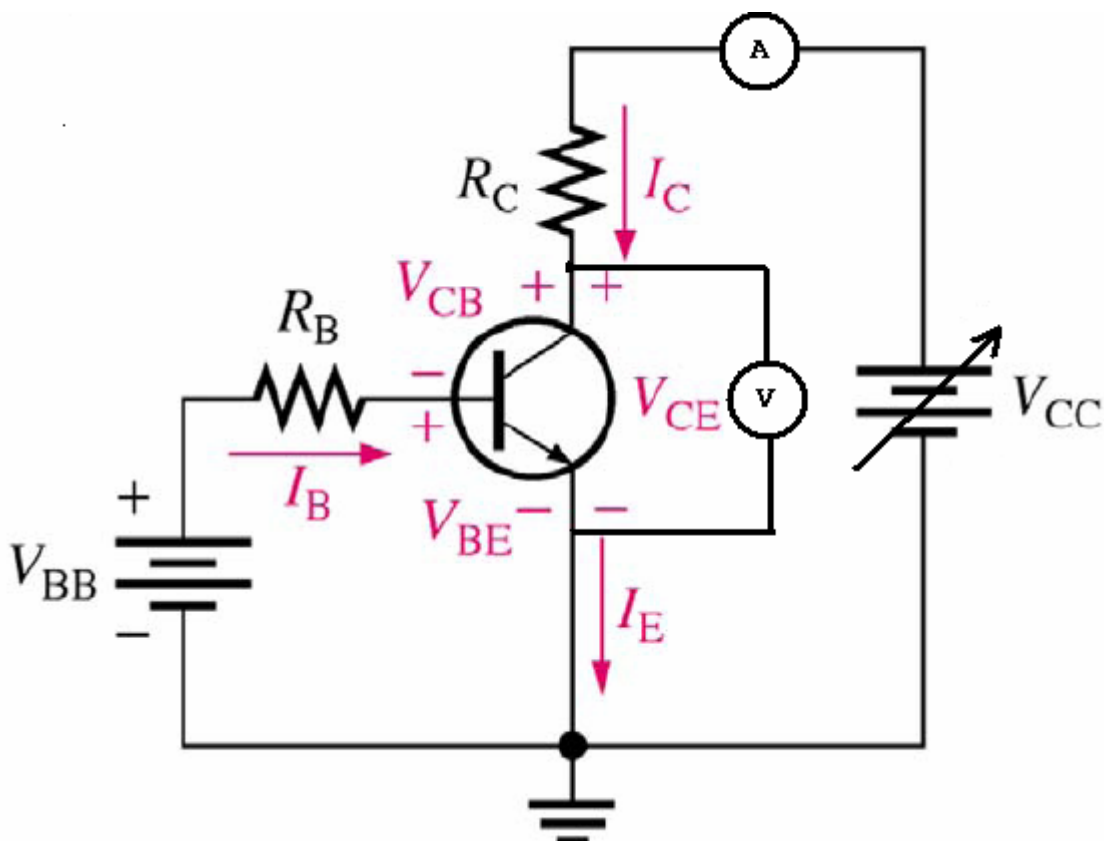
Ta xác định các dòng điện và điện áp đã nêu ở trên.

$V_{BE} = 0.7V$ (do JE được phân cực thuận bởi V_{BB}).

$$I_B = \frac{V_{R_B}}{R_B} = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B}; I_C = \beta_{DC} I_B; I_E = I_C + I_B; V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C; V_{CB} = V_{CE} - V_{BE}$$

2.3.5 Đặc tuyến ra của BJT

Đặc tuyến ra của BJT là đồ thị thể hiện mối quan hệ giữa dòng điện ra và điện áp ra của BJT khi dòng điện vào không đổi. Vì có nhiều cách mắc BJT (3 cách) nên tương ứng có 3 đặc tuyến ra. Ta xét đặc tuyến ra của BJT trong cách mắc E chung dưới đây:



Mạch trên giúp ta khảo sát đặc tuyến ra: $I_C = F(V_{CE})|I_B = \text{Const}$. Điều chỉnh V_{CC} về 0 sau đó tăng dần V_{CC} quan sát vôn kế, ampe kế, ghi lại các cặp giá trị (V_{CE} , I_C) tương ứng rồi dựa trên số liệu thu được để vẽ đặc tuyến. Kết quả thu được như sau:

Khi $V_{CC} = 0$ thì $V_{CE} = 0$ và $I_C = 0$;

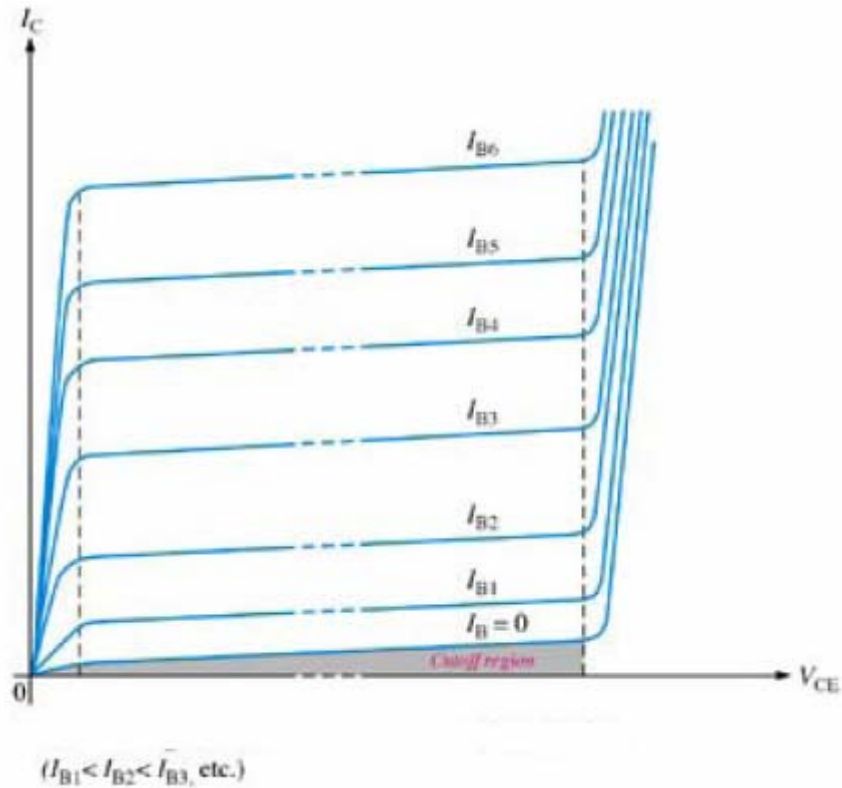
Tăng dần V_{CC} thấy V_{CE} tăng và I_C tăng tuyến tính theo V_{CE} khi V_{CE} còn nhỏ hơn 0.7 V (khi cả JE, JC đều được phân cực thuận)

Khi V_{CC} đủ lớn để V_{CE} vượt quá giá trị 0.7V (lúc này JE phân cực thuận và JC trở nên được phân cực ngược) thì từ đây trở đi nếu tiếp tục tăng V_{CC} , V_{CE} tăng nhưng I_C gần như không đổi và nhận giá trị $I_C = \beta_{DC} I_B$

Khi V_{CC} đủ lớn để đánh thủng tiếp giáp JC thì thấy I_C tăng đột ngột theo V_{CE} BJT bị hỏng.

Lặp lại các bước khảo sát ở trên với I_B khác ta thu được đặc tuyến có dạng tương tự.

Đặc tuyến có dạng sau:



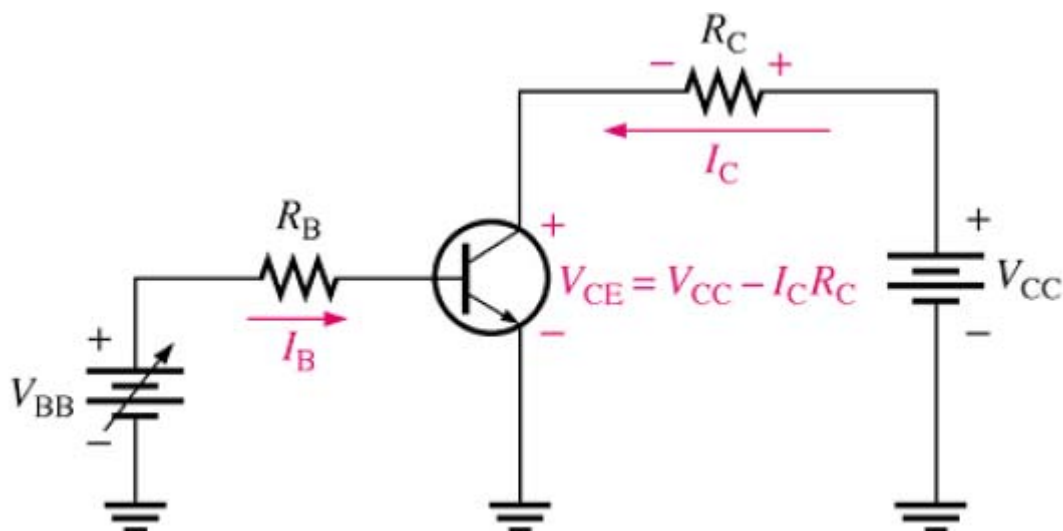
Miền làm việc của BJT ứng với cả JE và JC đều được phân cực thuận gọi là miền bão hoà

Miền làm việc của BJT ứng với JE được phân cực thuận và JC được phân cực ngược gọi là miền tích cực (miền khuếch đại tuyến tính)

Khi $I_B = 0$ ($V_{BB} = 0$) cả JE và JC đều được phân cực ngược BJT làm việc ở miền ngưng dẫn (cut-off region)

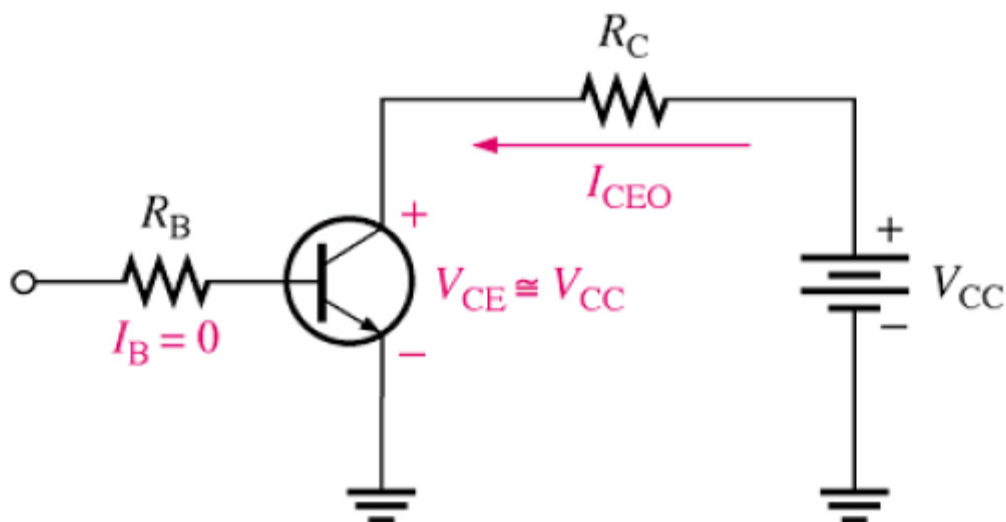
2.3.6. Sự thông bão hoà của BJT

Xét mạch sau



Ở mạch trên nếu ta tăng dần V_{BB} thì I_B tăng, đến khi JE được phân cực thuận thì khi I_B tăng kéo theo I_C cũng tăng ($I_C = \beta_{DC} I_B$) và do đó $V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C$ giảm. Khi tăng I_B đến giá trị đủ lớn thì từ đây nếu tiếp tục tăng I_B thì I_C không tăng nữa và nhận giá trị $I_{C(sat)}$ khi đó $V_{CE} = V_{CE(sat)}$ ta nói BJT ở trạng thái thông bão hoà. Trên đặc tuyến ra của BJT điểm thông bão hoà của BJT nằm gần khúc cong của đặc tuyến (dịch về phía dưới). Thông thường $V_{CE(sat)}$ nhận giá trị cỡ 0.2V hoặc 0.3V. Điều kiện để BJT thông bão hoà là $I_B > \frac{I_{C(sat)}}{\beta_{DC}}$. Khi ở trạng thái thông bão hoà thì mối quan hệ $I_C = \beta_{DC} I_B$ không còn đúng nữa.

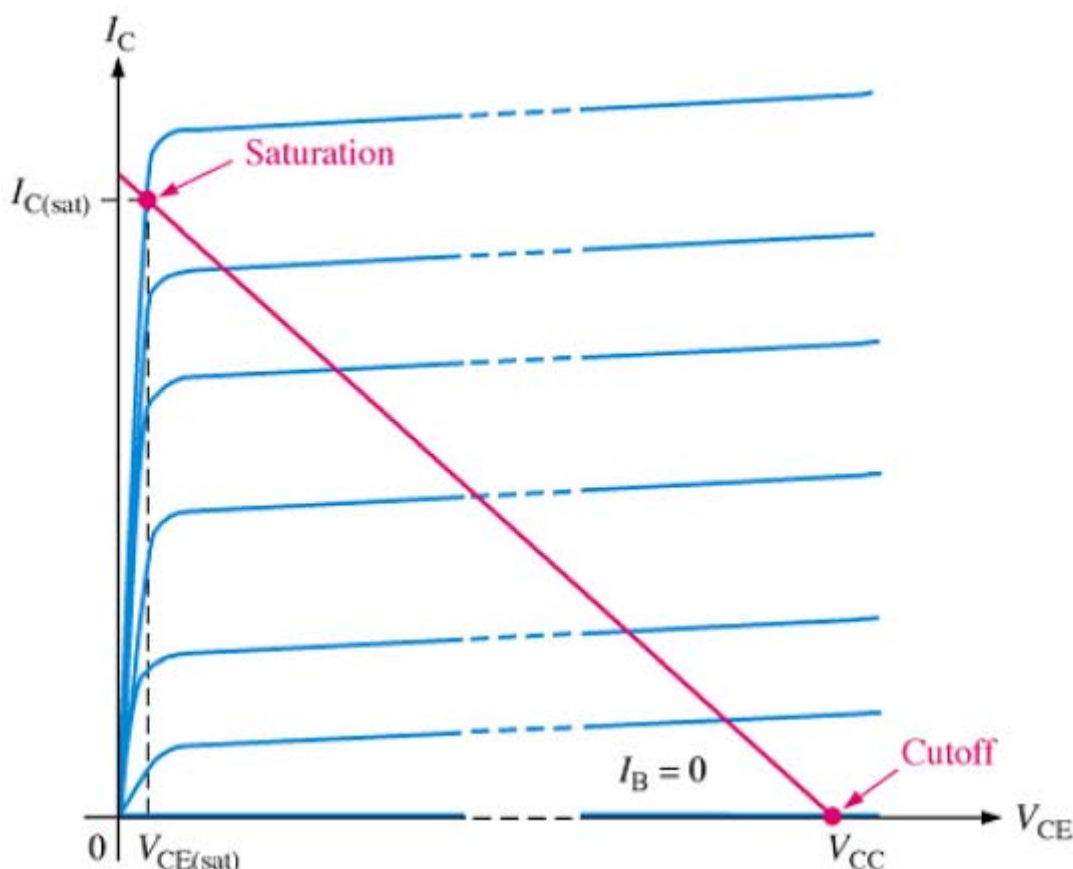
2.3.7 Sự ngưng dẫn của BJT



Khi $I_B = 0$; BJT làm việc ở miền ngưng dẫn (cả JE và JC đều được phân cực ngược). Trong mạch xuất hiện dòng điện ngược I_{CE0} dòng này có giá trị nhỏ nên có thể bỏ qua và do đó $V_{CE} \approx V_{CC}$

2.3.9 Đường tải một chiều

Điểm thông bão hoà và điểm ngưng của BJT có thể được minh hoạ bằng đường tải một chiều.



Điểm cuối của đường tải tĩnh là điểm ngưng dẫn lý tưởng ($I_C = 0$; $V_{CE} = V_{CC}$). Điểm đầu của đường tải là điểm thông bão hoà của BJT ($I_C = I_{C(sat)}$; $V_{CE} = V_{CE(sat)}$). Tập hợp các điểm nằm giữa điểm ngưng dẫn và điểm thông bão hoà của BJT hình thành nên vùng tích cực (vùng khuếch đại) của BJT. Tùy vào dạng mạch mà ta có thể thiết lập phương trình đường tải và vẽ nó.

2.3.10. Ứng dụng của BJT

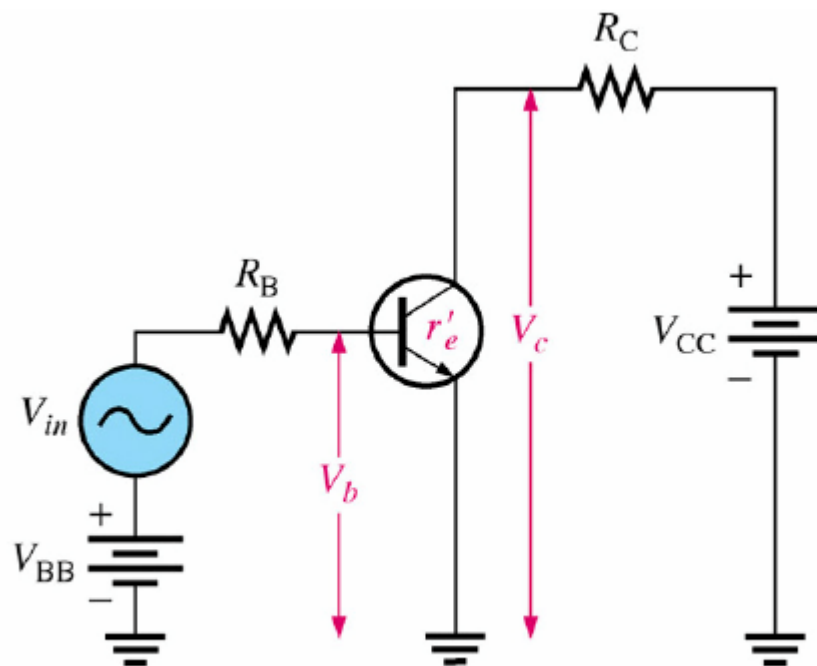
a. Sử dụng BJT để khuếch đại tín hiệu

Khuếch đại tín hiệu có thể được hiểu là việc làm tăng tuyến tính biên độ của tín hiệu điện. BJT có thể được sử dụng để khuếch đại tín hiệu. Để BJT khuếch đại được tín hiệu cần phân cực BJT sao cho JE được phân cực thuận và JC được phân cực ngược.

Kỹ thuật điện tử

Trong mạch khuếch đại tồn tại cả đại lượng một chiều (DC) và đại lượng xoay chiều(ac). Các đại lượng một chiều được kí hiệu theo quy tắc chỉ số chính là chữ in hoa chỉ số phụ cũng là chữ in hoa (ví dụ: I_B). Các đại lượng xoay chiều được kí hiệu theo quy tắc chỉ số chính là chữ in hoa chỉ số phụ là chữ in thường(ví dụ I_b)

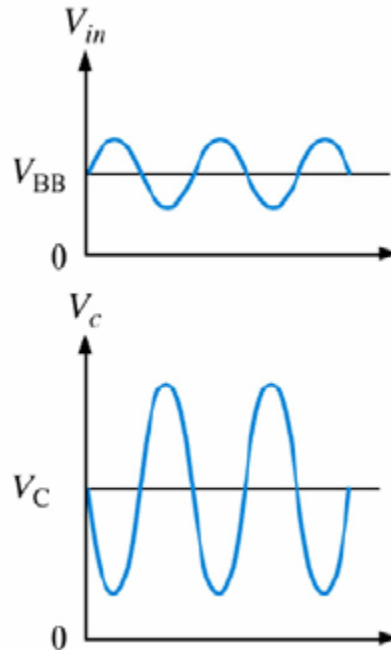
BJT có khả năng khuếch đại được tín hiệu là do dòng điện collector gấp β lần dòng điện bazơ. Xét mạch sau:



V_{BB} , V_{CC} phân cực cho BJT đảm bảo JE luôn được phân cực thuận, JC luôn được phân cực ngược khi có cũng như không có tín hiệu vào V_{in} .

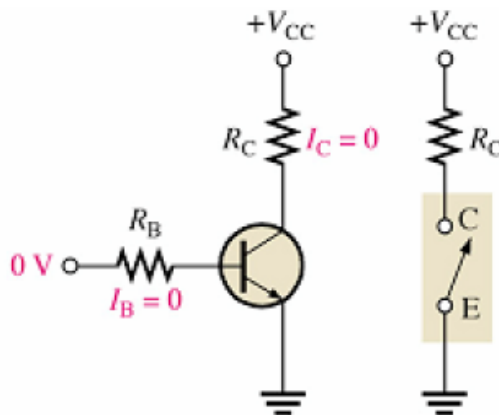
Điện áp tại B là $V_B + V_b$ trong đó V_B do V_{BB} sinh ra, V_b do V_{in} sinh ra. Dòng điện bazơ là $I_B + I_b$, trong đó I_B do V_{BB} sinh ra, I_b do V_{in} sinh ra.

Do BJT được phân cực để làm việc ở miền tích cực nên dòng điện collector là: $I_C + I_c = \beta_{DC}I_B + \beta_{ac}I_b$ trong đó $I_C = \beta_{DC}I_B$; $I_c = \beta_{ac}I_b$. Điện áp tại collector là: $V_{CC} - (I_C + I_c)R_C = V_{CC} - I_C R_C - I_c R_C = V_C + V_c$. Trong đó $V_C = V_{CC} - I_C R_C$; $V_c = -R_c I_c$. Tín hiệu ra của mạch trên là V_c ; tín hiệu vào là V_{in} . Giả sử V_{in} là tín hiệu hình sin thì V_c cũng là tín hiệu hình sin và có cùng tần số với V_{in} , ngược pha với V_{in} các điện trở có thể được lựa chọn để tín hiệu ra V_c có biên độ gấp V_{in} A lần ($A > 1$). Như vậy ta có thể sử dụng BJT để khuếch đại tín hiệu. Mối quan hệ giữa tín hiệu ra và tín hiệu vào của mạch được thể hiện trên hình vẽ:

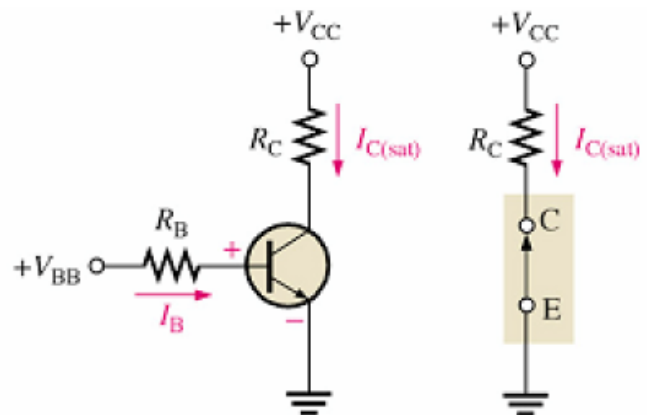


b. Sử dụng BJT làm khoá đóng mở

BJT có thể được sử dụng như một khoá đóng mở. Khi đó ta phân cực cho BJT để nó có thể chuyển đổi giữa trạng thái thông bão hoà và trạng thái ngưng dẫn. Trạng thái thông bão hoà ứng với khoá đóng, trạng thái ngưng dẫn ứng với khoá mở.



(a) BJT ngưng dẫn(khoá mở)



(b) BJT thông bão hoà(khoá đóng)

2.4 Tranzito trường (FET:Field Effect Transistors)

2.4.1 Giới thiệu chung

- FET là loại linh kiện đơn cực
- Dòng điện qua FET là dòng điện của chỉ một loại hạt (hoặc là dòng của các điện tử tự do, hoặc là dòng của các lỗ trống)
- Có thể chia ra làm 2 loại FET

Kỹ thuật điện tử

+JFET(Junction Field-Effect Transistor) là loại tranzito trường có cực cửa tiếp xúc

+MOSFET(Metal Oxide Semiconductor Field-Effect Transistor) là loại tranzito trường có cực cửa cách ly.

-Nếu như BJT là linh kiện được điều khiển bởi dòng điện thì FET là loại linh kiện được điều khiển bởi điện áp

-FET có trở kháng vào rất lớn.

2.4.2 JFET

2.4.2.1 Cấu tạo và hoạt động của JFET

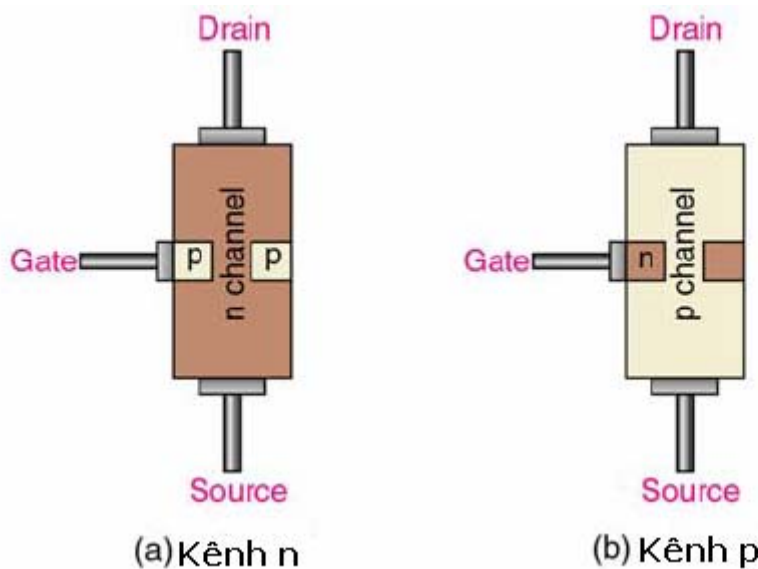
JFET là loại FET thường hoạt động với một lớp tiếp giáp p-n được phân cực ngược, chính tiếp giáp p-n này điều khiển dòng điện chạy qua kênh dẫn của JFET. Kênh dẫn JFET có thể là chất bán dẫn tạp chất loại p hoặc chất bán dẫn tạp chất loại n

Ba cực của JFET có tên là:

+Cực máng (Drain)

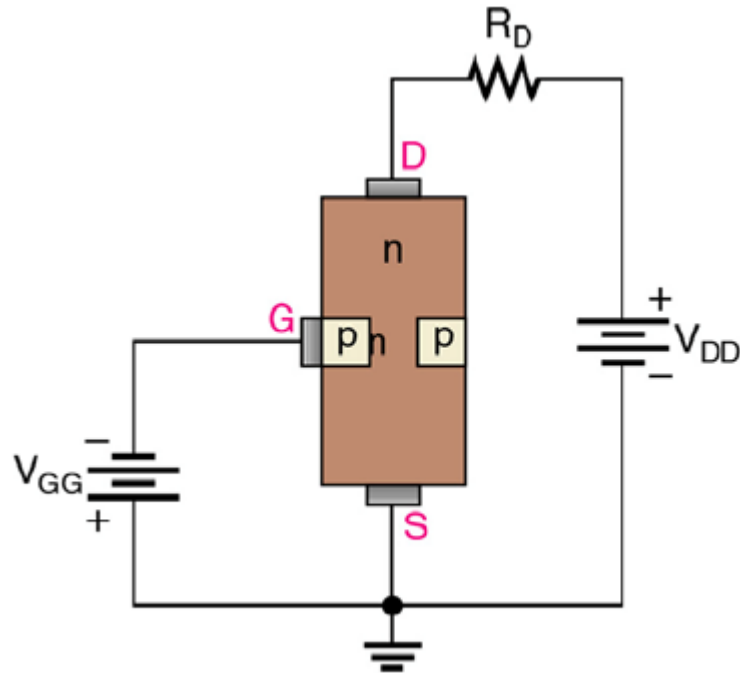
+Cực cửa(Gate)

+Cực nguồn(Source)



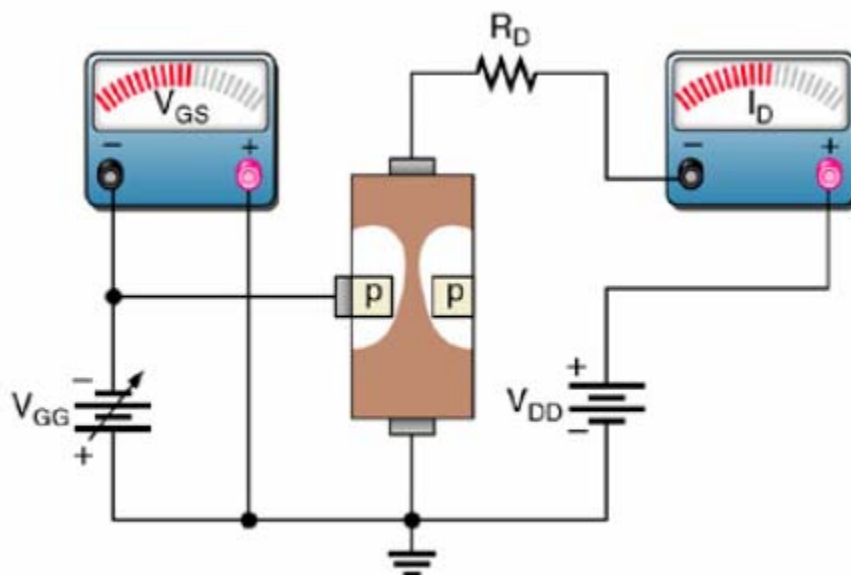
Với JFET kênh n cực cửa được nối với cả hai miền bán dẫn p. Với JFET kênh p cực cửa được nối với cả hai miền bán dẫn n.

Ta xét hoạt động của JFET kênh n

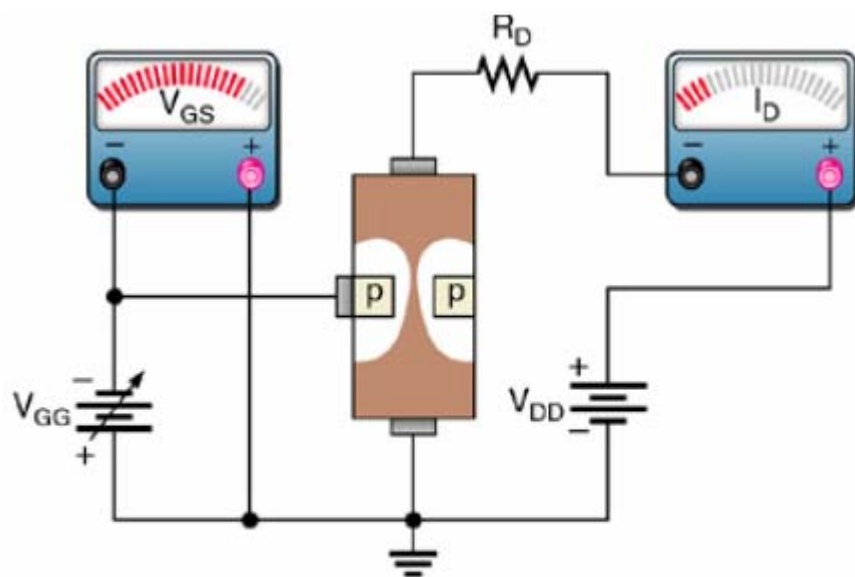


Điện V_{GG} đặt tới cực G và S để phân cực ngược cho tiếp giáp pn. Điện áp V_{DD} đặt tới D và S để tạo ra dòng điện chạy trong kênh dẫn.

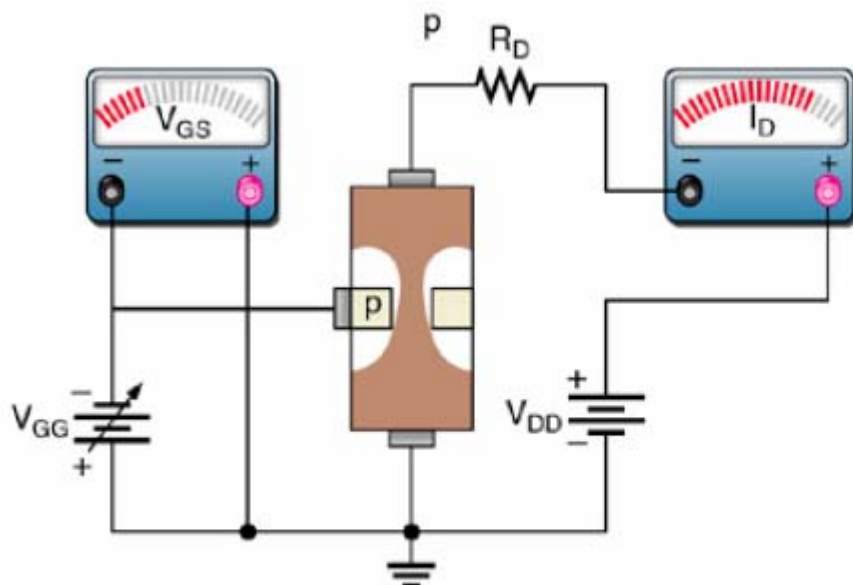
Điện áp phân cực ngược đặt tới G và S làm cho vùng nghèo dọc theo tiếp giáp p-n được mở rộng ra chủ yếu về phía kênh dẫn, điều này làm kênh hẹp lại hơn do đó điện trở kênh dẫn tăng lên và dòng qua kênh dẫn giảm đi. Với cách phân cực ở mạch trên thì điện áp phân cực ngược giữa G và D lớn hơn điện áp phân cực ngược giữa G và S làm cho vùng nghèo mở rộng không đều.



a. Phân cực cho JFET

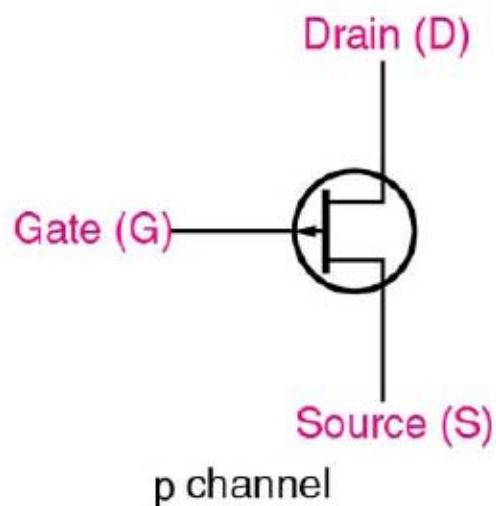
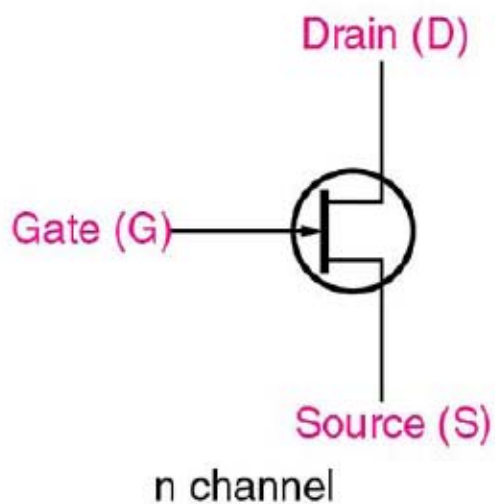


b. Phân cực cho JFET với điện áp V_{GG} lớn hơn làm vùng nghèo rộng hơn, kênh dẫn hẹp hơn, điện trở kênh dẫn tăng lên và dòng qua kênh dẫn nhỏ hơn



c. Phân cực JFET với V_{GG} nhỏ hơn làm vùng nghèo thu hẹp lại, kênh dẫn rộng ra, dòng qua kênh dẫn tăng lên

Trong các mạch điện JFET được kí hiệu như sau:



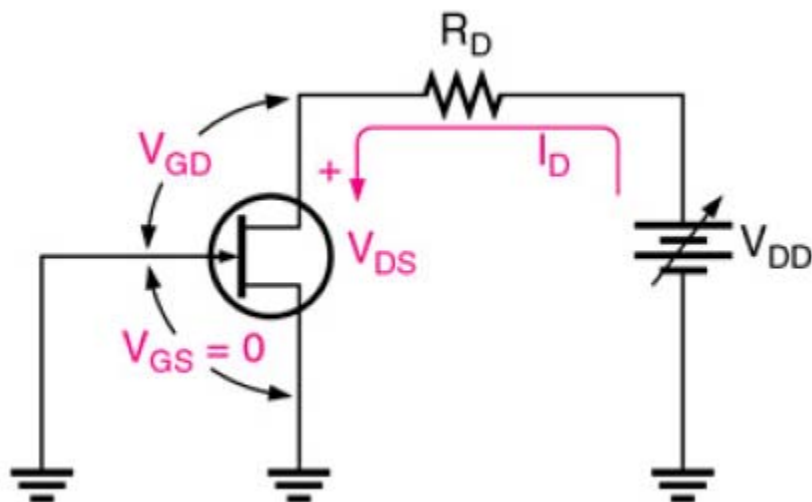
2.4.2.2 Các đặc tuyến của JFET

a. Đặc tuyến ra của JFET

JFET là loại linh kiện được điều khiển bởi điện áp (khi ta phân cực cho nó ở miền dòng không đổi). Để hiểu rõ điều này ta tiến hành khảo sát đặc tuyến ra của JFET. Đặc tuyến ra của JFET là đồ thị thể hiện mối quan hệ giữa I_D và V_{DS} khi V_{GS} không đổi.

Kỹ thuật điện tử

Trước hết ta khảo sát trong trường hợp phân cực cho JFET với điện áp $V_{GG} = 0$; như mạch điện hình vẽ dưới đây:



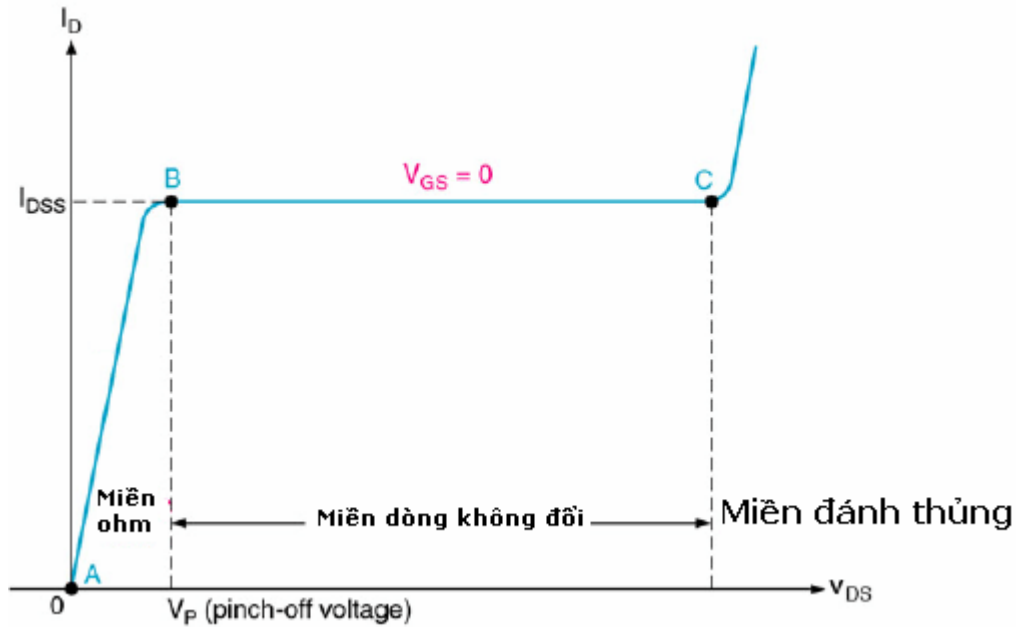
Tăng dần V_{DD} thấy V_{DS} tăng và I_D cũng tăng tuyến tính theo V_{DS} . Khi tăng V_{DD} thì vùng nghèo có xu hướng rộng ra, tuy nhiên khi V_{DD} chưa đủ lớn thì bề rộng của vùng nghèo chưa đủ rộng để gây ảnh hưởng tới dòng I_D vì thế mối quan hệ giữa I_D và V_{DS} là mối quan hệ tuyến tính khi V_{DD} còn đủ nhỏ. Mối quan hệ này được thể hiện trên đặc tuyến ra vùng từ A đến B. Miền này còn được gọi là miền ohm.

Khi V_{DD} đủ lớn khi đó V_{DS} đủ lớn lúc này bề rộng của vùng nghèo bắt đầu gây ảnh hưởng đến dòng I_D . Nó kìm hãm sự tăng của I_D trước sự tăng của V_{DS} điều này có thể được giải thích như sau: V_{DS} tăng là nguyên nhân để I_D có thể tăng, nhưng khi V_{DS} tăng làm vùng nghèo rộng ra đây lại là nguyên nhân để kìm hãm I_D vì thế I_D gần như không đổi trước sự thay đổi của V_{DS} . Mối quan hệ này được thể hiện trên đặc tuyến ra vùng từ B đến C vùng này được gọi là vùng dòng không đổi.

Tiếp tục tăng V_{DD} đến giá trị đủ lớn để đánh thủng tiếp giáp pn thì từ đây I_D tăng đột ngột theo V_{DS} miền này được gọi là miền đánh thủng khi ta phân cực để JFET làm việc ở miền này JFET sẽ bị hỏng.

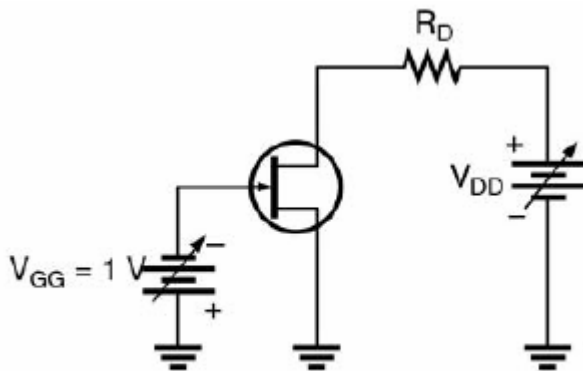
Đặc tuyến ra của JFET trong trường hợp $V_{GS} = 0$ được thể hiện trên hình vẽ sau:

Kỹ thuật điện tử

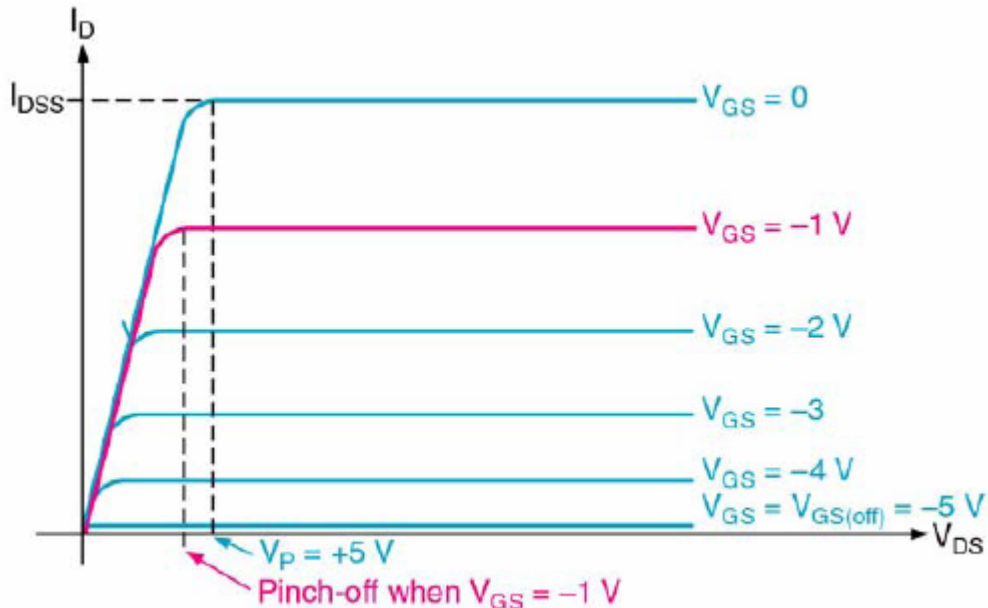


V_P và I_{DSS} là hai đại lượng có trong data sheet của JFET. I_{DSS} là dòng điện lớn nhất mà JFET có thể dẫn qua. V_P , I_{DSS} được xác định ở điều kiện $V_{GS} = 0$

Khi ta phân cực ngược cho JFET với điện áp V_{GG} khác 0. Thay đổi V_{DD} để khảo sát mối quan hệ giữa I_D và V_{DS} ta thu được các đường đặc tuyến có dạng tương tự như trên.



(a) Phân cực cho JFET với $V_{GS} = -1V$



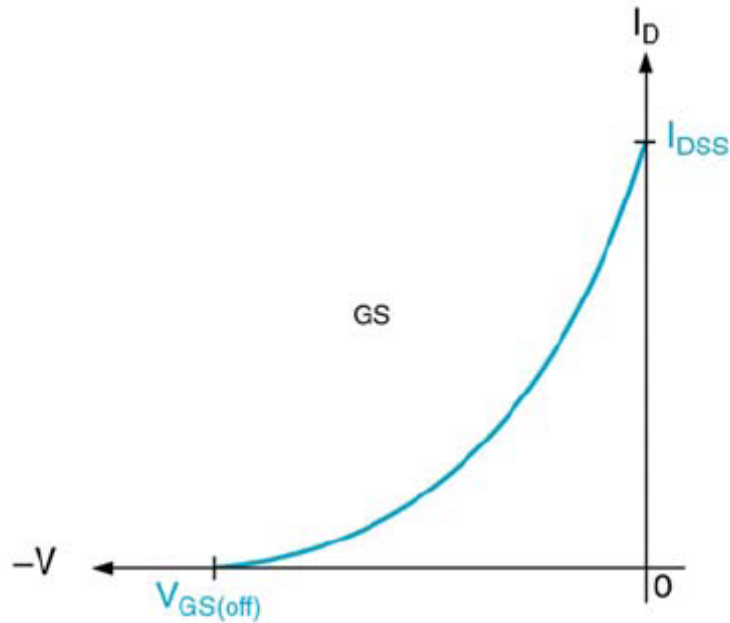
(b) Họ các đường đặc tuyến ra của JFET

Từ họ các đường đặc tuyến ra của BJT ta thấy I_D càng giảm khi V_{GS} càng âm và điểm pinch-off xảy ra ở các V_P khác nhau với các giá trị khác nhau của V_{GS} .

Giá trị của V_{GS} làm cho I_D gần bằng 0 được gọi là $V_{GS(off)}$ có điều đặc biệt là $V_{GS(off)} = -V_P$. Data sheet của JFET cung cấp cho ta một trong hai điện áp trên.

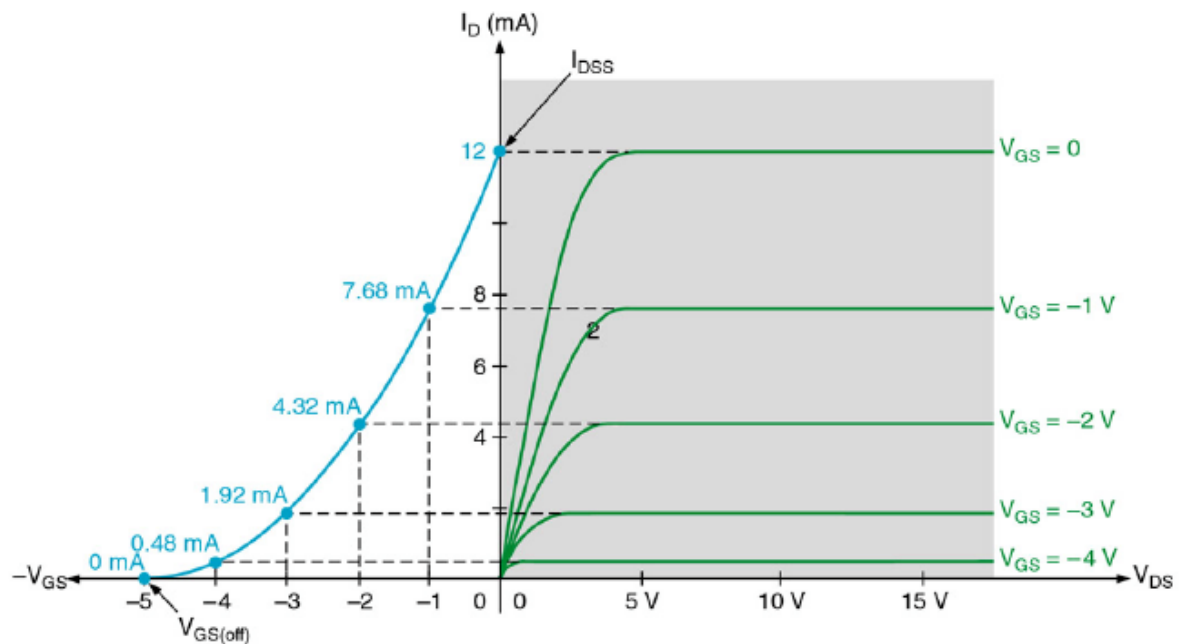
b. Đặc tuyến truyền đạt của JFET

Ta thấy V_{GS} (vùng giá trị từ 0 tới $V_{GS(off)}$) điều khiển dòng điện I_D chạy trong JFET. Với JFET kênh n $V_{GS(off)} < 0$ với JFET kênh p $V_{GS(off)} > 0$. Đồ thị thể hiện mối quan hệ giữa V_{GS} và I_D được gọi là đặc tuyến truyền đạt và có dạng như trên hình vẽ dưới đây:



Đường cong này chính là đặc tuyến truyền đạt của JFET kênh n nó cho ta biết giới hạn hoạt động của JFET.

Ta có thể thu được đặc tuyến truyền đạt từ đặc tuyến ra như hình dưới đây.



Đường cong đặc tuyến truyền đạt có dạng parabol và có phương trình biểu diễn như sau:

$I_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_{GS(off)}}\right)^2$ cũng chính vì vậy mà FET còn được xếp vào các linh kiện tuân theo luật bình phương (square-law devices)

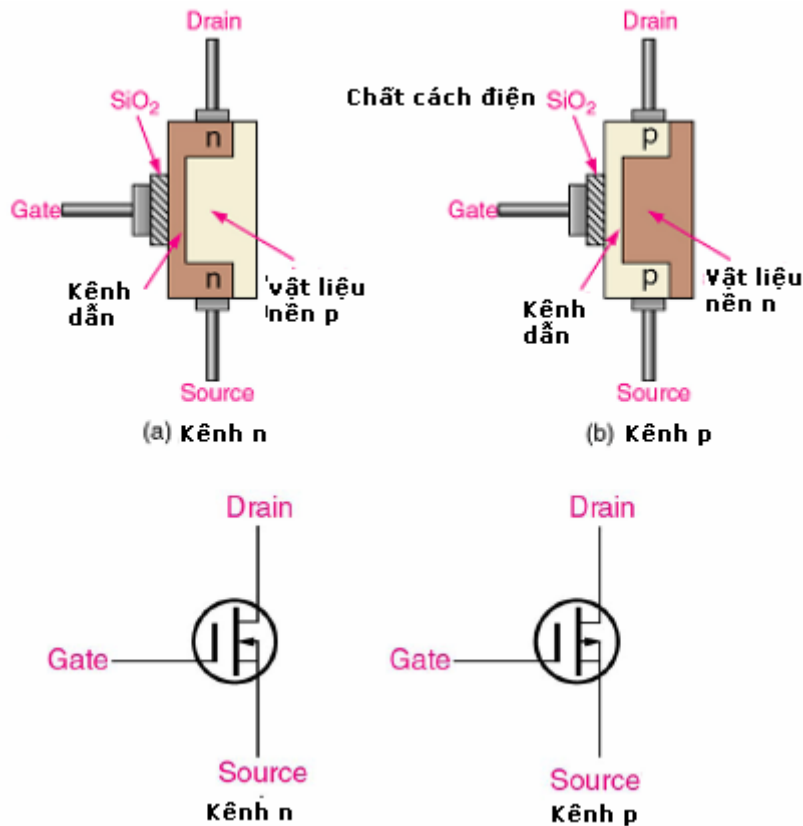
2.4.3 MOSFET(Metal Oxide Semiconductor Field-Effect Transistor)

MOSFET là loại FET có cực cửa cách ly với kênh dẫn. Có hai loại MOSFET cơ bản :

- MOSFET kênh tạo sẵn (D-MOSFET)
- MOSFET kênh cảm ứng(E-MOSFET)

2.4.3.1 MOSFET kênh tạo sẵn

Cấu tạo và ký hiệu của MOSFET kênh tạo sẵn thể hiện ở hình vẽ dưới đây:



MOSFET loại D có thể hoạt động ở một trong hai chế độ :

- +Chế độ giàu (phân cực để làm kênh dẫn giàu thêm)
- +Chế độ nghèo(phân cực để làm kênh dẫn nghèo đi)

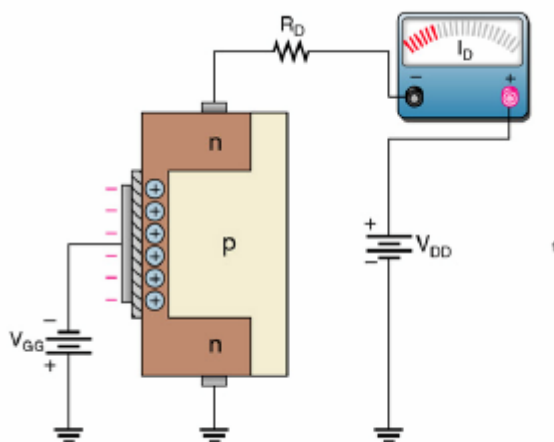
MOSFET loại D hoạt động ở chế độ nào là tùy vào điện áp đặt tới cực cửa(Gate). Với MOSFET loại D kênh n hoạt động ở chế độ nghèo khi điện áp đặt tới cực cửa là điện áp âm và hoạt động ở chế độ giàu khi điện áp đặt tới cực cửa là điện áp dương.

Ta xét hoạt động của MOSFET loại D kênh n ở cả hai chế độ là chế độ giàu và chế độ nghèo

***Chế độ nghèo**

Kỹ thuật điện tử

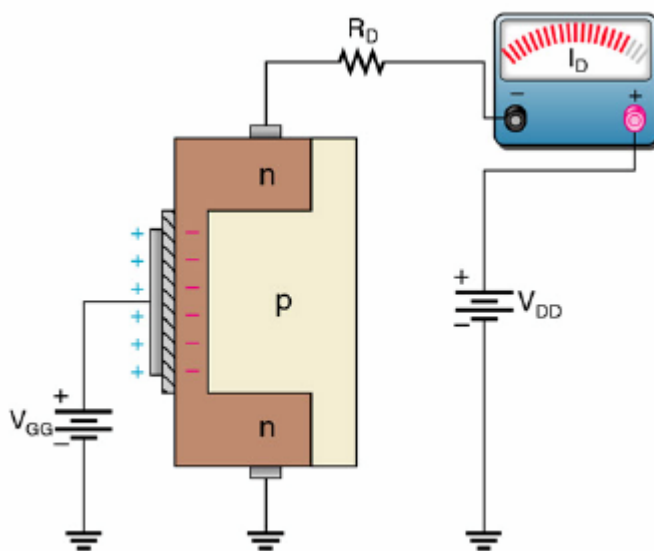
Cực cửa và kênh dẫn có thể xem như hai bản tụ song song, lớp SiO_2 cách điện có thể xem như chất điện môi của tụ. Do điện áp đặt tới cực cửa là điện áp âm nên điện tích âm ở cực cửa đẩy các e tự do trong kênh dẫn ra xa kênh dẫn do đó làm kênh dẫn nghèo đi điện trở kênh dẫn tăng lên, dòng qua kênh dẫn giảm. Khi điện áp đặt tới cực cửa G càng âm kênh dẫn càng nghèo dòng qua kênh dẫn càng giảm. Khi điện áp V_{GS} đủ âm ($V_{GS} = V_{GS(\text{off})}$) kênh dẫn trở nên nghèo kiệt và dòng I_D qua kênh dẫn $= 0$.



(a) D-MOSFET hoạt động ở chế độ nghèo với $V_{GS} < V_{GS(\text{off})}$

*Chế độ giàu

Điện áp đặt tới cực cửa là điện áp dương, điện áp này kéo các e tự do ở miền p về phía kênh dẫn làm cho kênh dẫn giàu thêm, điện trở kênh dẫn giảm, dòng điện chạy qua kênh dẫn tăng:

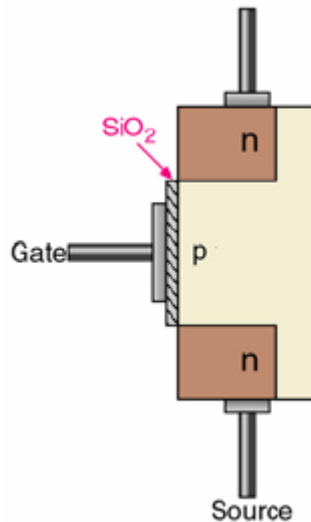


(b) Chế độ giàu $V_{GS} > 0$

2.4.2.2 MOSFET kênh cảm ứng

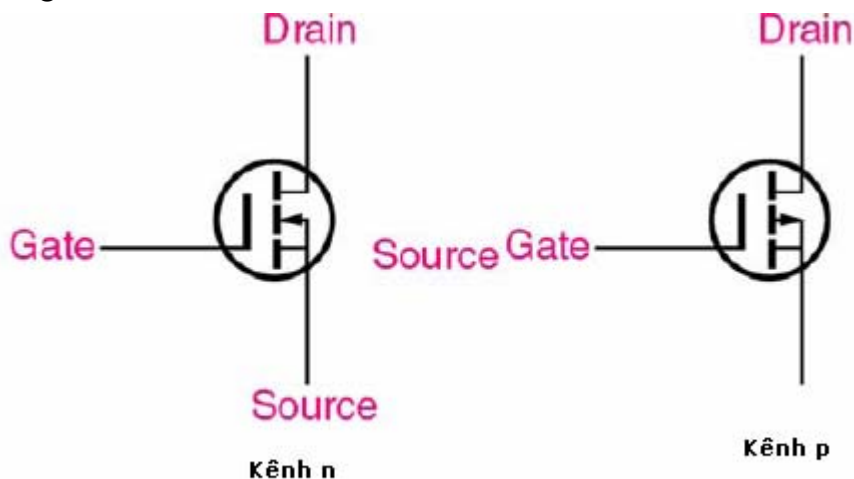
Kỹ thuật điện tử

MOSFET kênh cảm ứng chỉ hoạt động ở chế độ giàu không có chế độ nghèo, khi chưa có điện áp phân cực thích hợp thì kênh dẫn nối giữa D và S chưa hình thành. Kênh dẫn chỉ hình thành khi có điện áp thích hợp đặt tới cực cửa của MOSFET kênh cảm ứng. Hình vẽ dưới đây thể hiện cấu tạo của MOSFET kênh cảm ứng loại kênh n:



(a) Cấu tạo của E-MOSFET

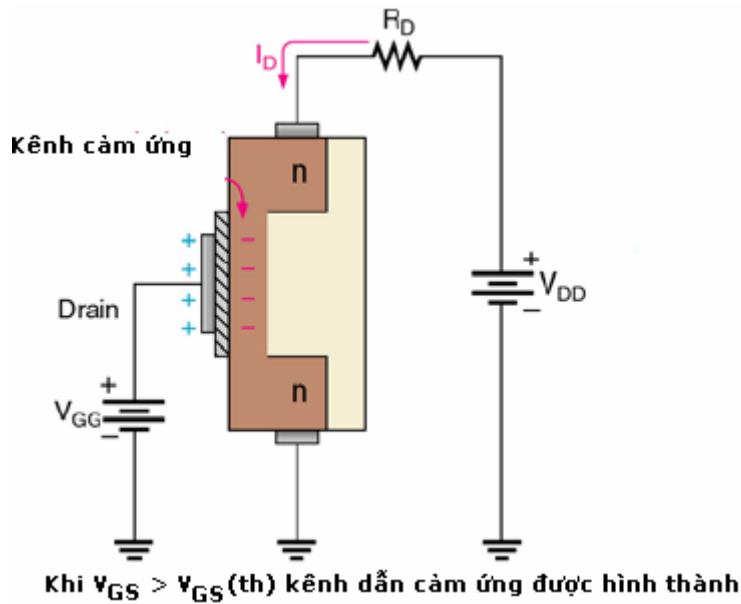
Trong các mạch điện E-MOSFET được kí hiệu như sau:



***Hoạt động**

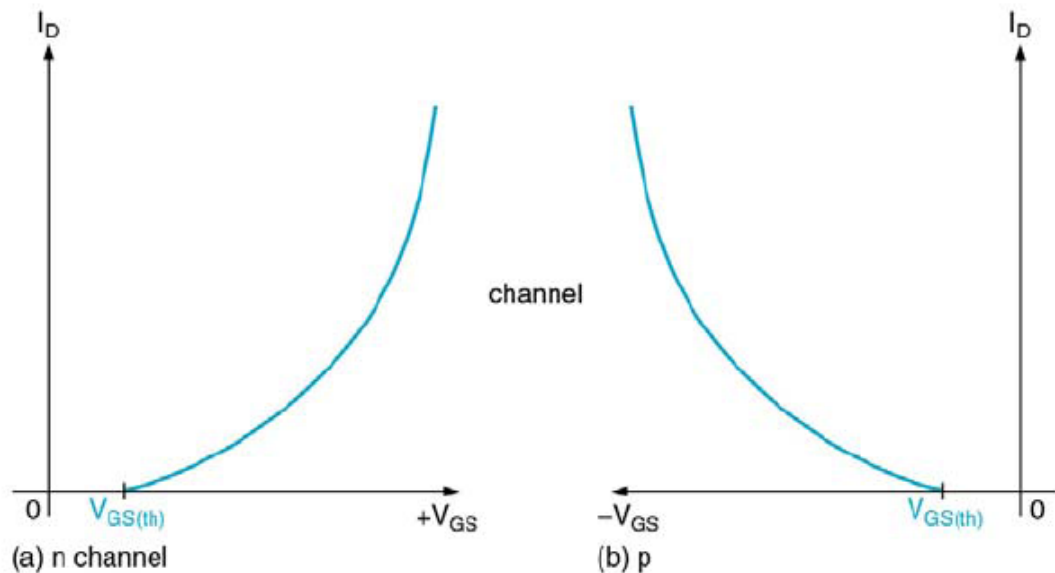
Với E-MOSFET kênh n, để hình thành kênh dẫn cần đặt tới cực G điện áp dương đủ lớn $V_{GS} > V_{GS(th)}$. Điện áp dương này làm xuất hiện lớp mỏng các điện tích âm ở miền vật liệu nền dọc theo lớp vật liệu cách điện SiO_2 lớp điện tích mỏng này chính là kênh dẫn nối liền D và S. Khi tăng điện áp ở cực cửa G lên sẽ làm cho kênh dẫn giàu

thêm, còn nếu điện áp đặt tới cực của G nhỏ dưới mức ngưỡng hình thành kênh dẫn thì kênh dẫn không được hình thành.



2.4.2.3 Các đặc tuyến của MOSFET

a. Đặc tuyến truyền đạt của E-MOSFET



Phương trình biểu diễn đặc tuyến truyền đạt của E-MOSFET : $I_D = K(V_{GS} - V_{GS(th)})^2$. Trong đó K tùy thuộc vào loại E-MOSFET và có thể được xác định từ data sheet của E-MOSFET và giá trị I_D tương ứng.

Chương III : Kỹ thuật tương tự (16 tiết)

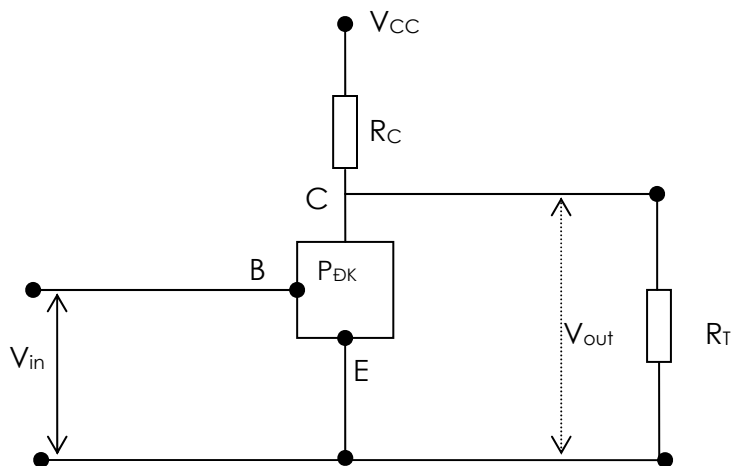
3.1 Những vấn đề chung về khuếch đại tín hiệu

3.1.1 Định nghĩa khuếch đại

Khuếch đại là quá trình biến đổi năng lượng có điều khiển, ở đó năng lượng của nguồn nuôi cung cấp 1 chiều (không chứa đựng thông tin) được biến đổi thành dạng năng lượng xoay chiều (có quy luật biến đổi, mang thông tin cần thiết).

Theo định nghĩa này thì để khuếch đại được tín hiệu cần phải có nguồn nuôi, có phần tử làm nhiệm vụ biến đổi năng lượng, và yếu tố điều khiển quá trình biến đổi năng lượng chính là tín hiệu vào. Thông thường phần tử điều khiển là BJT hoặc FET hoặc là các phần tử được xây dựng từ BJT, FET.

3.1.2 Cấu trúc nguyên lý để xây dựng một tầng khuếch đại, các tham số cơ bản



Nguyên lý xây dựng một tầng khuếch đại

Phần tử cơ bản trong tầng khuếch đại là P_{DK} thông thường là tranzito. Phần tử này có điện trở thay đổi theo sự điều khiển của tín hiệu vào. Tuy nhiên để P_{DK} khuếch đại được tín hiệu thì cần phân cực cho nó .

Các tham số cơ bản:

$$\text{Hệ số khuếch đại} = \frac{\text{Đại lượng đầu ra}}{\text{Đại lượng đầu vào}}$$

Bộ môn Kỹ thuật máy tính

$$\text{Hệ số khuếch đại điện áp } A_v = \frac{V_{out}}{V_{in}}$$

$$\text{Hệ số khuếch đại dòng điện } A_v = \frac{I_{out}}{I_{in}}$$

$$\text{Trở kháng vào } R_{in} = \frac{V_i}{I_{in}}$$

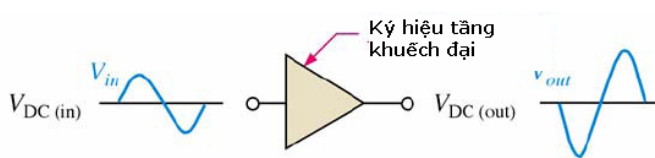
$$\text{Trở kháng ra } R_{out} = \frac{V_{out}}{I_{out}}$$

3.1.3 Một số mạch phân cực cho BJT

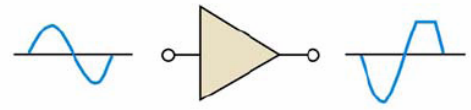
3.1.3.1 Giới thiệu chung

Các mạch phân cực cho BJT xác lập chế độ làm việc cho BJT ta có thể phân cực cho BJT làm việc ở một trong các chế độ:

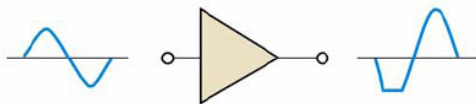
- +Chế độ tích cực (JE được phân cực thuận, JC được phân cực ngược) trong chế độ này BJT có khả năng khuếch đại tín hiệu
- +Chế độ thông bão hoà (JE được phân cực thuận, JC được phân cực thuận)
- +Chế độ ngưng dẫn (JE được phân cực ngược, JC được phân cực ngược)



(a) Phân cực để tăng khuếch đại thực hiện khuếch đại tuyến tính (dạng điện áp ra giống dạng điện áp vào)



(b) Phân cực để tăng khuếch đại thực hiện khuếch đại phi tuyến, điện áp ra bị cắt ở phía trên bởi trạng thái ngưng dẫn của phân tử điều khiển trong tầng khuếch đại

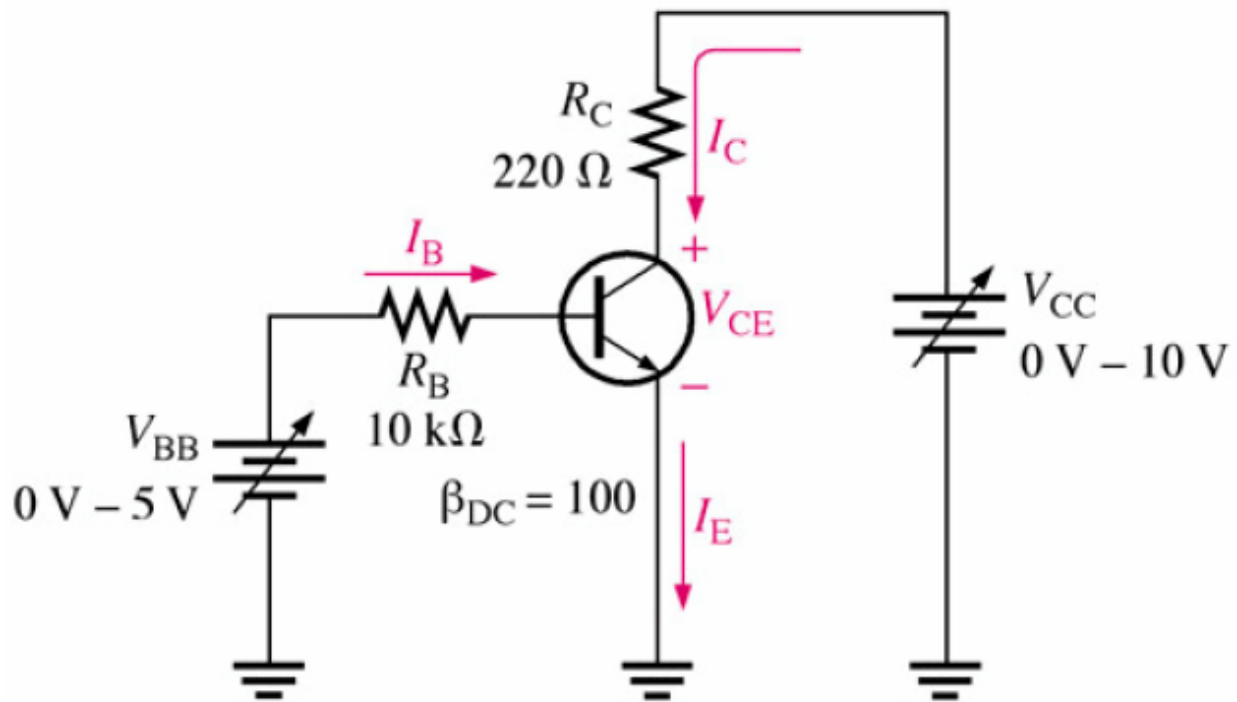


(c) Phân cực để tăng khuếch đại thực hiện khuếch đại phi tuyến, điện áp ra bị cắt ở phía dưới bởi có khoảng thời gian phân tử điều khiển ở trạng thái thông bão hoà

Điểm $Q(V_{CE}, I_C)$ nằm trên đường tải tĩnh được gọi là điểm làm việc tĩnh của BJT. Tùy vào cách phân cực mà có vị trí tương ứng của điểm làm việc trên đường tải tĩnh. Vị trí của điểm làm việc có ảnh hưởng đến dạng của tín hiệu ra khi khuếch đại tín hiệu

3.1.3.2 Điểm làm việc Q

Xét mạch điện sau:



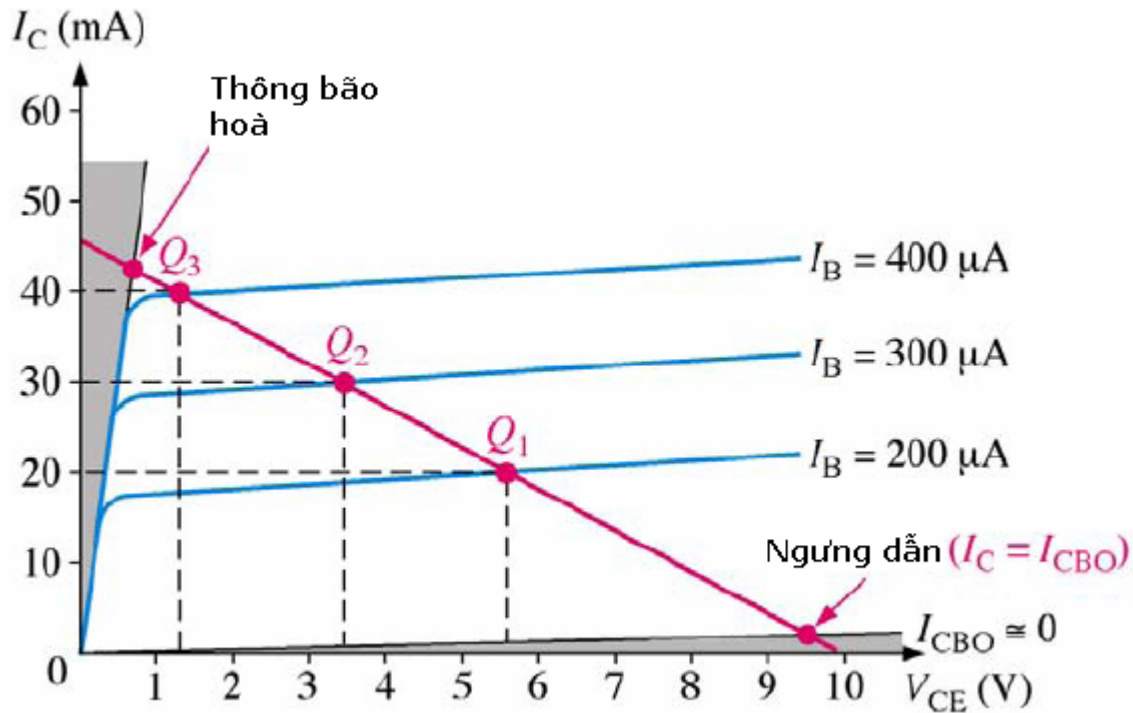
(a) Phân cực cho BJT

-Điều chỉnh V_{BB} để có được $I_B = 200\mu A$ thì ta có $I_C = \beta_{DC} I_B = 200\mu A * 100 = 20mA$ và $V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C = 10V - 220\Omega * 20mA = 5.6V$, ta có điểm làm việc Q tương ứng là: $Q(V_{CE} = 5.6V, I_C = 20mA)$

-Điều chỉnh V_{BB} để có được $I_B = 300\mu A$ thì ta có $I_C = I_C = \beta_{DC} I_B = 300\mu A * 100 = 30mA$ và $V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C = 10V - 220\Omega * 30mA = 3.4V$, ta có điểm làm việc Q tương ứng là: $Q(V_{CE} = 3.4V, I_C = 30mA)$

-Điều chỉnh V_{BB} để có được $I_B = 400\mu A$ thì ta có $I_C = \beta_{DC} I_B = 400\mu A * 100 = 40mA$ và $V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C = 10V - 220\Omega * 40mA = 1.2V$, ta có điểm làm việc Q tương ứng là: $Q(V_{CE} = 1.2V, I_C = 40mA)$

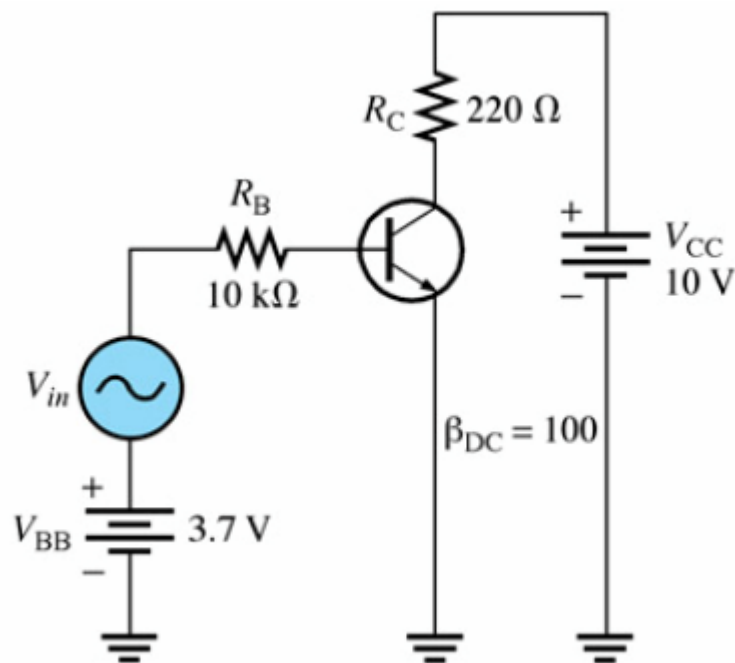
Với các V_{BB} khác nhau ta có được các điểm làm việc khác nhau như vậy ta có 3 điểm làm việc ba điểm này cùng nằm trên một đường thẳng và đường thẳng này gọi là đường tải tĩnh.



3.1.3.3 Miền hoạt động tuyến tính:

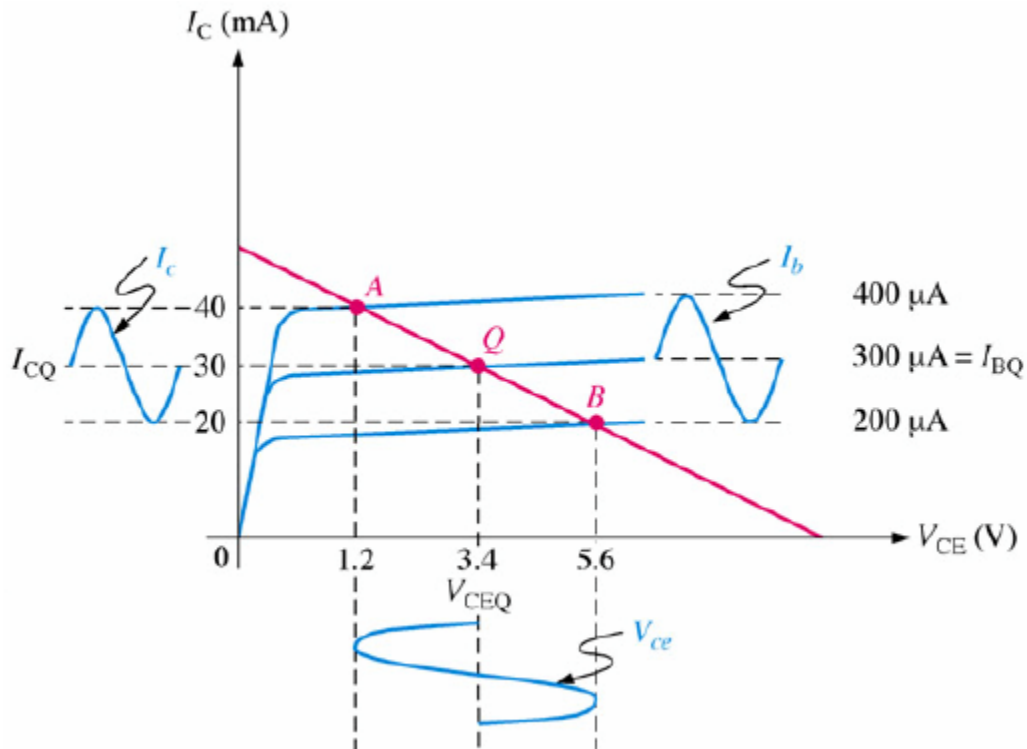
Tập hợp các điểm Q nằm giữa điểm ngưng dẫn và điểm thông bão hoà tạo thành miền hoạt động tuyến tính của BJT, đặt tên là miền tuyến tính bởi vì dọc theo miền này điện áp ra có mối quan hệ tuyến tính với điện áp vào

Xét mạch sau:



Kỹ thuật điện tử

V_{in} là điện áp hình sin biến thiên trên nền là điện áp một chiều tại B; V_{in} biến thiên sinh ra dòng I_b biến thiên điều hoà trong khoảng từ $-100\mu A$ đến $100\mu A$ trên nền là dòng điện một chiều $I_B = 300\mu A$ điều này sinh ra dòng I_c biến thiên điều hoà trong khoảng từ $-10mA$ đến $10mA$ trên nền là dòng một chiều $I_C = 30mA$; điều này dẫn tới V_{CE} thay đổi trong khoảng $(V_{CE(Q)} - 2.2V; V_{CE(Q)} + 2.2V)$; ($V_{CE(Q)}$ là V_{CE} tại thời điểm không có tín hiệu vào). Các kết quả thu được ở trên thể hiện ở hình vẽ dưới đây:



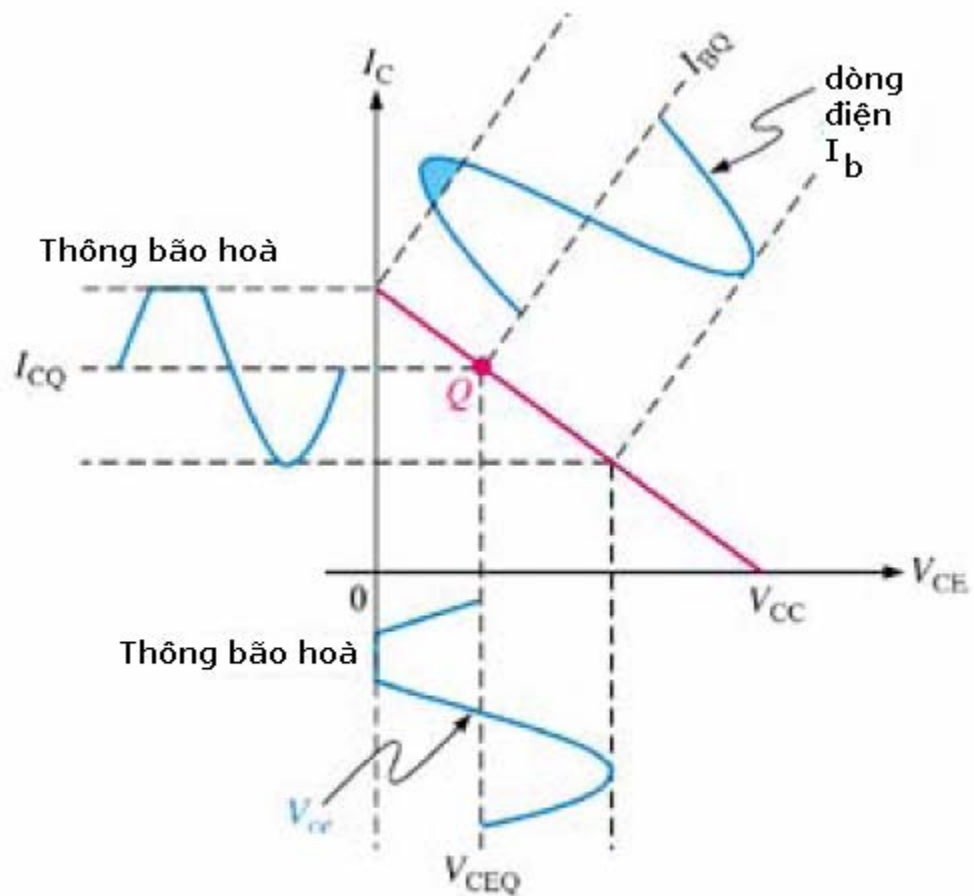
3.1.3.4 Sự méo dạng ở tín hiệu ra do phân cực

Khi ta phân cực để điểm làm việc gần điểm ngưng dẫn hoặc gần điểm thông bão hoà trên đường tải tĩnh có thể dẫn tới hiện tượng méo dạng tín hiệu ở đầu ra.

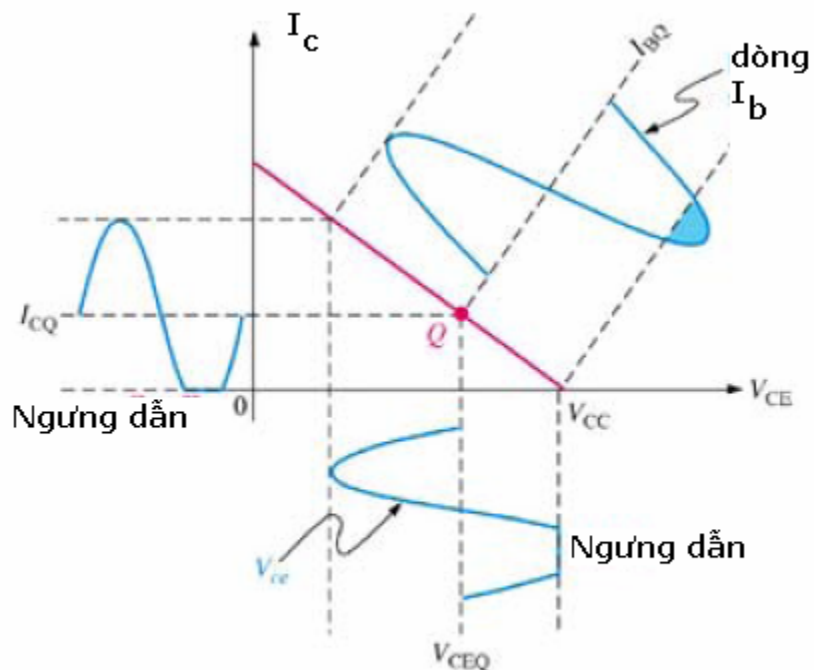
Khi biên độ tín hiệu vào quá lớn cũng có thể dẫn tới hiện tượng méo dạng tín hiệu ở đầu ra

Tín hiệu ra có thể bị cắt ở phía trên trong trường hợp có khoảng thời gian BJT ngưng dẫn trong khoảng thời gian biến thiên của tín hiệu vào; BJT có thể bị cắt ở phía dưới trong trường hợp có khoảng thời gian BJT thông bão hoà trong khoảng thời gian biến thiên của tín hiệu vào; tín hiệu ra có thể bị cắt ở cả phía trên và phía dưới trong trường hợp biên độ tín hiệu vào lớn dẫn tới có khoảng thời gian BJT ngưng dẫn và có cả khoảng thời gian BJT thông bão hoà.

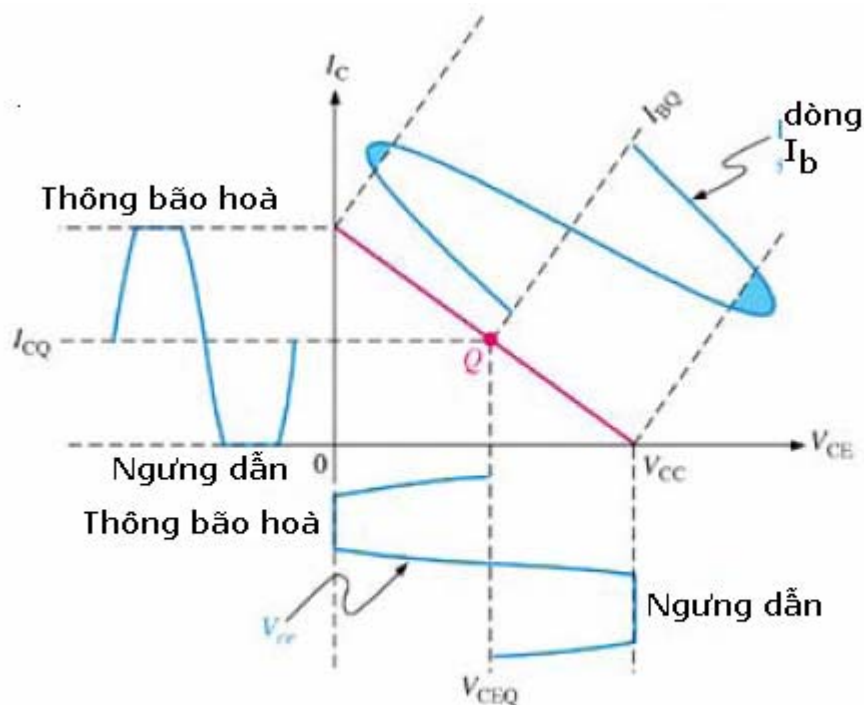
Hình vẽ dưới đây thể hiện các tình huống đã nêu trên:



(a) Q gần điểm thông bão hoà dẫn tới có khoảng thời gian BJT thông bão hoà dẫn tới tín hiệu ra bị cắt dưới



(b) Điểm làm việc Q ở gần điểm ngưng dẫn nên có khoảng thời gian BJT ngưng dẫn làm tín hiệu ra bị cắt dưới



(c) Điểm Q nằm giữa đường tải nhưng tín hiệu vào quá lớn nên có khoảng thời gian BJT ngưng dẫn và thông bão hoà

3.1.3.5 Một số mạch phân cực cho BJT

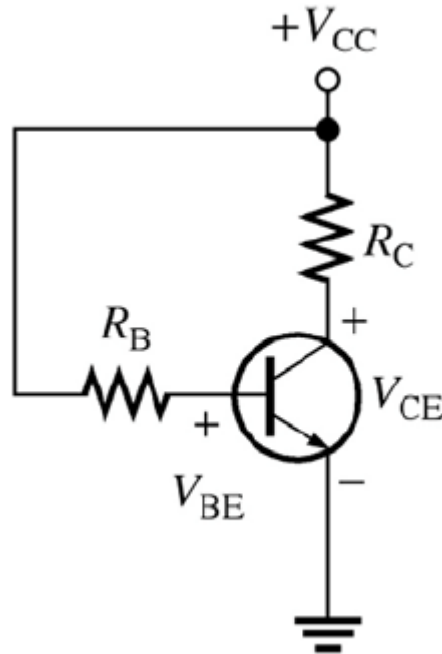
Có nhiều dạng mạch phân cực cho BJT ta chỉ xét một số dạng mạch sau:

Kỹ thuật điện tử

- +Phân cực ba zơ
- +Phân cực bằng điện áp colector phản hồi
- +Phân cực bằng cầu phân áp

a) Phân cực bazơ

- Sơ đồ mạch phân cực



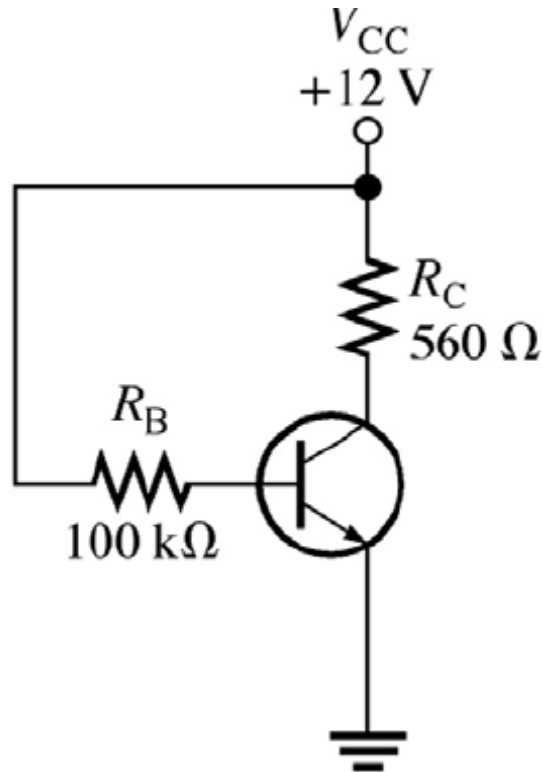
- Tìm điểm làm việc $Q(V_{CE}, I_C)$ của BJT

Từ mạch điện ta có: $I_B = \frac{V_{CC} - 0.7}{R_B}$ suy ra $I_C = \beta_{DC} I_B$; $V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C$

Đánh giá tính ổn định:

Q phụ thuộc vào β_{DC} mà β_{DC} phụ thuộc vào nhiệt độ nên điểm Q phụ thuộc vào nhiệt độ, cũng vì thế mà điểm làm việc Q đối với phương pháp phân cực trên kém ổn định.

Ví dụ: Xác định xem điểm làm việc Q của mạch dưới đây thay đổi như thế nào khi có sự thay đổi nhiệt độ. Biết với sự thay đổi của nhiệt độ β_{DC} thay đổi từ 85 đến 100 và V_{BE} thay đổi từ 0.7 xuống 0.6 (cả hai thay đổi này diễn ra đồng thời)



Giải:

Trước khi nhiệt độ tăng ta có $\beta_{DC} = 85$; $V_{BE} = 0.7V$ do đó

$$I_B(1) = \frac{V_{CC} - V_{BE}(1)}{R_B} = \frac{12V - 0.7V}{100000\Omega} = 11.3 \times 10^{-5} A$$

$$I_C(1) = \beta_{DC} I_B = 9.61 mA; V_{CE}(1) = V_{CC} - I_C(1) R_C = 6.62V$$

Sau khi nhiệt độ tăng ta có $\beta_{DC} = 100$; $V_{BE} = 0.6V$ do đó

$$I_B(2) = \frac{V_{CC} - V_{BE}(2)}{R_B} = \frac{12V - 0.6V}{100000\Omega} = 11.4 \times 10^{-5} A$$

$$I_C(2) = \beta_{DC} I_B = 11.4 mA; V_{CE}(2) = V_{CC} - I_C(2) R_C = 5.62V$$

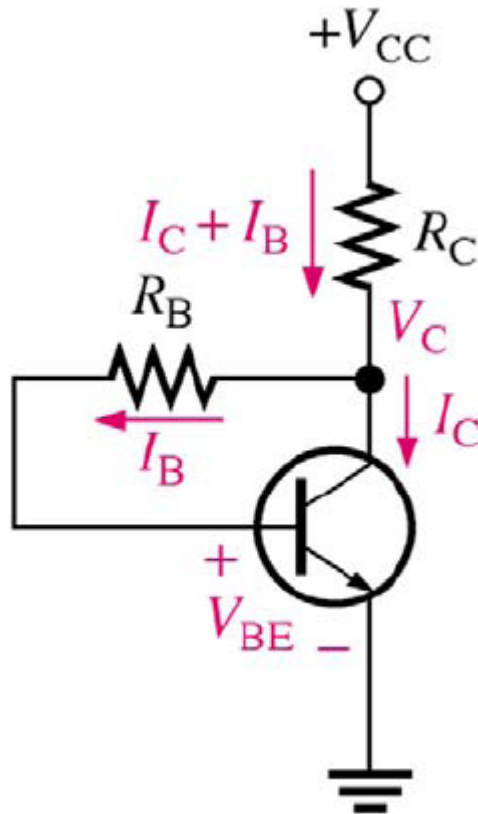
Như vậy có sự thay đổi điểm làm việc khi có sự thay đổi nhiệt độ. Sự thay đổi được đánh giá như sau:

$$\% \Delta I_C = \frac{I_C(2) - I_C(1)}{I_C(1)} 100\% = \frac{11.4 - 9.61}{9.61} 100\% = 18.6\%$$

$$\% V_{CE} = \frac{V_{CE}(2) - V_{CE}(1)}{V_{CE}(1)} 100\% = \frac{5.62 - 6.62}{6.62} 100\% = -15.1\%$$

b) Phân cực bằng điện áp collector phản hồi

-Sơ đồ mạch phân cực:



-Xác định điểm làm việc Q(V_{CE} , I_C)

Ta có : $V_{CC} = (I_B + I_C)R_C + I_B R_B + V_{BE}$

Hay: $V_{CC} = I_B(\beta_{DC} + 1)R_C + I_B R_B + V_{BE}$ từ đây ta tìm được $I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{(\beta_{DC} + 1)R_C + R_B}$

$$I_C = \beta_{DC} I_B = \beta_{DC} \frac{V_{CC} - V_{BE}}{(\beta_{DC} + 1)R_C + R_B}; V_{CE} = V_{CC} - (I_C + I_B)R_C;$$

-Đánh giá tính ổn định

Nếu I_C tăng, dẫn tới V_C giảm, dẫn tới I_B giảm, dẫn tới I_C giảm, dẫn tới V_C tăng

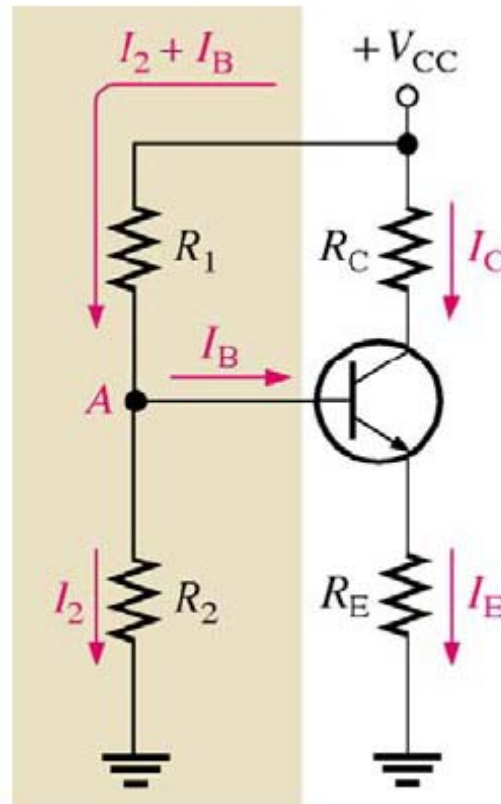
Nếu I_C giảm, dẫn tới V_C tăng, dẫn tới I_B tăng, dẫn tới I_C tăng, dẫn tới V_C giảm

Như vậy với cơ chế hồi tiếp vòng quanh điểm làm việc luôn ổn định.

Ta có thể thấy được sự ổn định của điểm Q căn cứ vào biểu thức của I_C , V_{CE} . Từ biểu thức của I_C , V_{CE} ta thấy trên tử và mẫu của I_C đều xuất hiện β_{DC} nên điểm làm việc ít phụ thuộc vào β_{DC}

c) Phân cực bằng cầu phân áp

-Sơ đồ mạch phân cực



Mạch phân cực kiểu này được sử dụng rộng rãi trong việc phân cực BJT để nó làm việc ở miền khuếch đại tuyến tính. Phương pháp phân cực này sử dụng một nguồn điện áp và một mạch phân áp. Không giống như các phương pháp phân cực khác ở phương pháp này điểm làm việc gần như không phụ thuộc vào β_{DC} nên độ ổn định của điểm làm việc rất cao.

-Xác định điểm làm việc Q(V_{CE} , I_C)

Để xác định điểm làm việc Q ta tính toán theo trình tự sau:

+Tìm V_B

+Tìm V_E

+Tìm I_E

+Tìm I_C

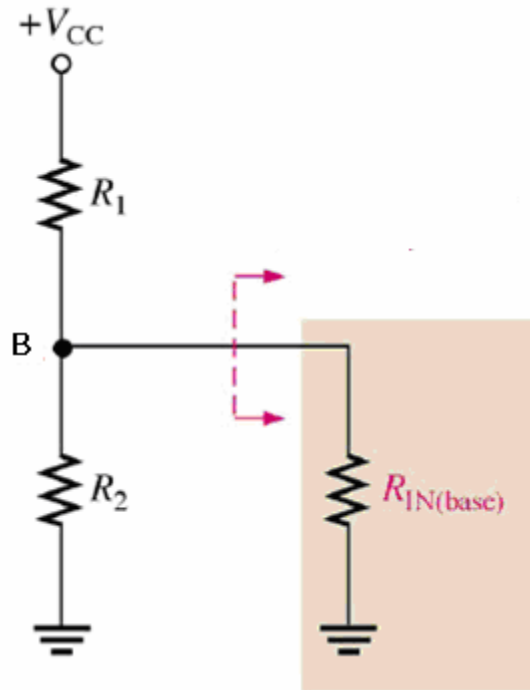
+Tìm V_{CE}

+Tìm V_B

Kỹ thuật điện tử

-Nếu dòng I_B nhỏ hơn nhiều so với dòng I_2 thì ta có thể bỏ qua I_B trong việc tính toán V_B . Khi đó V_B được tính toán theo công thức $V_B = \frac{V_{CC}}{R_1 + R_2} R_2$

-Nếu I_B không đủ nhỏ để có thể bỏ qua thì việc tính toán V_B trở nên phức tạp hơn khi đó cần xét đến điện trở lối vào bazơ 1 chiều $R_{IN}(base)$ như hình vẽ

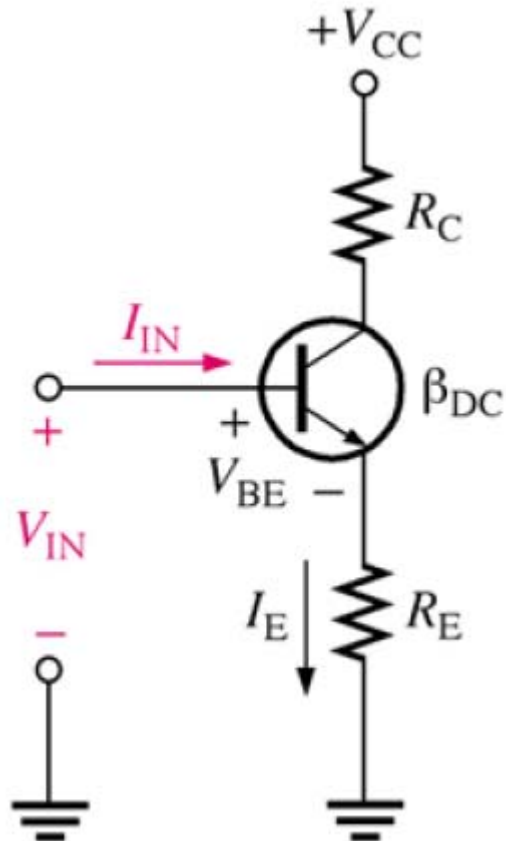


Từ sơ đồ mạch trên ta dễ dàng tìm ra được $V_B = \frac{V_{CC}}{R_1 + R_2 // R_{IN}(base)} (R_2 // R_{IN}(base))$

Khi $R_{IN}(base) \geq 10R_2$ thì ta có thể bỏ qua $R_{IN}(base)$ và V_B được tính theo công thức: $V_B = \frac{V_{CC}}{R_1 + R_2} R_2$.

Xác định $R_{IN}(base)$

Xem xét mạch sau:



$$R_{IN}(base) = \frac{V_{IN}}{I_{IN}} = \frac{V_{BE} + I_E R_E}{I_{IN}}; \quad V_{BE} \ll I_E R_E \quad \text{nên} \quad \text{ta} \quad \text{có}$$

$$R_{IN}(base) = \frac{V_{IN}}{I_{IN}} = \frac{I_E R_E}{I_{IN}} \frac{I_E R_E}{I_B} = (\beta_{DC} + 1) R_E;$$

Như vậy tùy vào $R_{IN}(base)$ mà ta xác định I_B theo một trong hai công thức

-Khi $R_{IN}(base) \geq 10R_2$ ta có thể bỏ qua $R_{IN}(base)$ trong công thức tính V_B . Khi đó

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

-Khi $R_{IN}(base) < 10R_2$ ta xác định V_B theo công thức:

$$V_B = \frac{V_{CC}}{R_1 + R_2 // R_{IN}(base)} (R_2 // R_{IN}(base))$$

+Tìm V_E

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

+Tìm I_E

$$I_E = \frac{V_E}{R_E}$$

+Tìm I_C

$$I_C = \frac{\beta_{DC}}{\beta_{DC} + 1} I_E$$

+Tìm V_{CE}

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

-Đánh giá sự ổn định của điểm làm việc Q

Qua các tính toán ở trên ta thấy I_E gần như độc lập với β_{DC} vì thế I_C cũng độc lập với β_{DC} dẫn đến điểm làm việc Q rất ổn định.

3.2 Bộ khuếch đại tín hiệu nhỏ dùng tranzistor lưỡng cực-BJT

3.2.1 Phân loại các sơ đồ khuếch đại

Có 3 loại tầng khuếch đại tín hiệu nhỏ dùng BJT tương ứng với 3 cách mắc BJT

+Tầng khuếch đại chung Emitter (CE)

+Tầng khuếch đại chung collector(CC)

+Tầng khuếch đại chung Base(CB)

Ở tầng khuếch đại E chung, tín hiệu vào được đưa tới B-E, tín hiệu ra được lấy trên C-E. Ở tầng này cực E dùng chung cho cả tín hiệu vào và ra vì thế gọi là tầng khuếch đại emitter chung,

Ở tầng khuếch đại C chung tín hiệu vào được đưa tới B-C, tín hiệu ra được lấy trên E-C. Ở tầng này cực C dùng chung cho cả tín hiệu vào và ra vì thế gọi là tầng collector chung.

Ở tầng khuếch đại B chung tín hiệu vào được đưa tới E-B, tín hiệu ra được lấy trên C-B. Ở tầng này cực B dùng chung cho cả tín hiệu vào và ra vì thế gọi là tầng base chung.

Những so sánh, tổng kết khác của từng tầng sẽ được trình bày sau khi nghiên cứu xong ba tầng khuếch đại trên.

3.2.2 Phân tích bộ khuếch đại theo sơ đồ tương đương

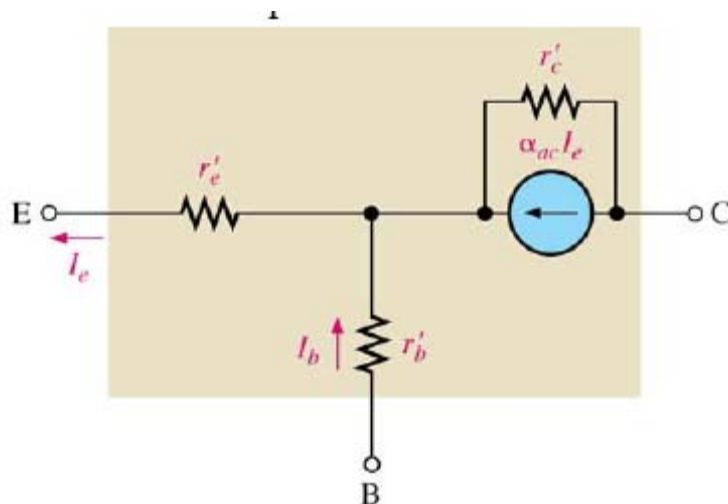
3.2.2.1 Sơ đồ tương đương của BJT trong chế độ khuếch đại tín hiệu nhỏ.

Trong các mạch khuếch đại tín hiệu nhỏ ta có thể thay thế BJT bằng sơ đồ tương đương. Sơ đồ tương đương này chỉ được sử dụng để phân tích xoay chiều chứ không sử dụng để phân tích phân cực.

Kỹ thuật điện tử

Có hai loại sơ đồ tương đương của BJT, loại dựa trên tham số h , loại dựa trên tham số r . Ở đây ta xem xét loại sơ đồ tương đương dựa trên tham số r .

Trong khi phân tích xoay chiều các tầng khuếch đại ta có thể thay thế BJT bằng sơ đồ tương đương sau:



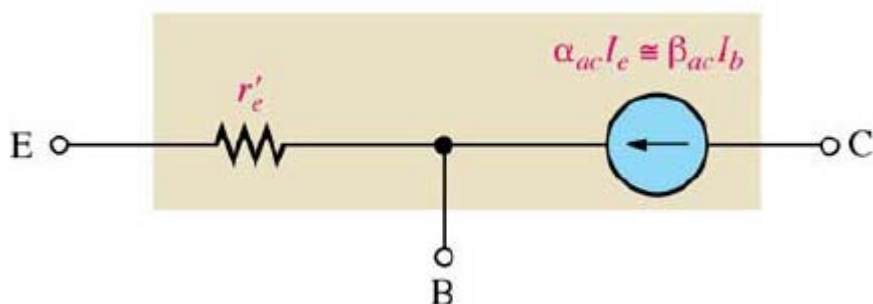
Trong sơ đồ trên:

- + r'_e là điện trở xoay chiều emitter
- + r'_b là điện trở xoay chiều bazơ
- + r'_c là điện trở xoay chiều collector

$$+ \alpha_{ac} = \frac{I_e}{I_c}$$

$$+ \beta_{ac} = \frac{I_c}{I_b}$$

Sơ đồ tương đương của BJT ở hình trên là dạng đầy đủ. Ngoài sơ đồ tương đương dạng đầy đủ còn có sơ đồ tương đương dạng đơn giản thu được từ sơ đồ tương đương dạng đầy đủ bằng cách bỏ qua các thông số không thực sự quan trọng. Sơ đồ tương đương của BJT dạng đơn giản như sau:



Kỹ thuật điện tử

Trong sơ đồ trên r'_b bị bỏ qua vì ảnh hưởng của nó là nhỏ, r'_c bị bỏ qua vì nó quá lớn (hàng trăm $K\Omega$).

Trong sơ đồ tương đương của BJT r'_e là thông số rất quan trọng. r'_e chính là điện trở xoay chiều giữa B và E khi tiếp giáp JE được phân cực thuận.

r'_e được xác định theo công thức: $r'_e = \frac{25mV}{I_E}$ trong đó I_E là dòng điện emitter một chiều.

Collector đóng vai trò như một nguồn dòng điện cung cấp dòng điện $\beta_{ac} I_b$

3.2.2.2 Các bước phân tích tầng khuếch đại tín hiệu nhỏ dùng BJT

Việc phân tích tầng khuếch đại tín hiệu nhỏ dùng BJT trải qua hai bước

Bước 1: Phân tích phân cực

Mục tiêu chính của bước này là xác định điểm làm việc $Q(V_{CE}, I_C)$ và một số đại lượng 1 chiều khác. Từ đó, ta đánh giá được giới hạn của biên độ tín hiệu vào để tín hiệu ra không bị méo.

Trong bước này cần:

- +Tìm sơ đồ mạch phân cực từ sơ đồ mạch khuếch đại (sơ đồ tương đương 1 chiều)
- +Tìm điểm làm việc của tầng $Q(V_{CE}, I_C)$

Lưu ý:

Để tìm được sơ đồ mạch phân cực từ sơ đồ tầng khuếch đại ta làm như sau:

- +Tất cả các tụ điện trong tầng khuếch đại thay thế bằng hở mạch
- +Lựa ra phần mạch có chứa BJT đó chính là sơ đồ mạch phân cực

Bước 2: phân tích xoay chiều

Mục tiêu chính của bước này là xác định được khả năng khuếch đại tín hiệu của tầng thông qua việc tìm các thông số:

- +Hệ số khuếch đại điện áp (A_v)
- +Hệ số khuếch đại dòng điện(A_i)
- +Hệ số khuếch đại công suất(A_p)
- +Trở kháng vào của tầng(R_{in})
- +Trở kháng ra của tầng(R_{out})

Trong bước này cần:

- +Tìm sơ đồ tương đương xoay chiều từ sơ đồ tầng khuếch đại
- +Tìm $A_v, A_i, A_p, R_{in}, R_{out}$

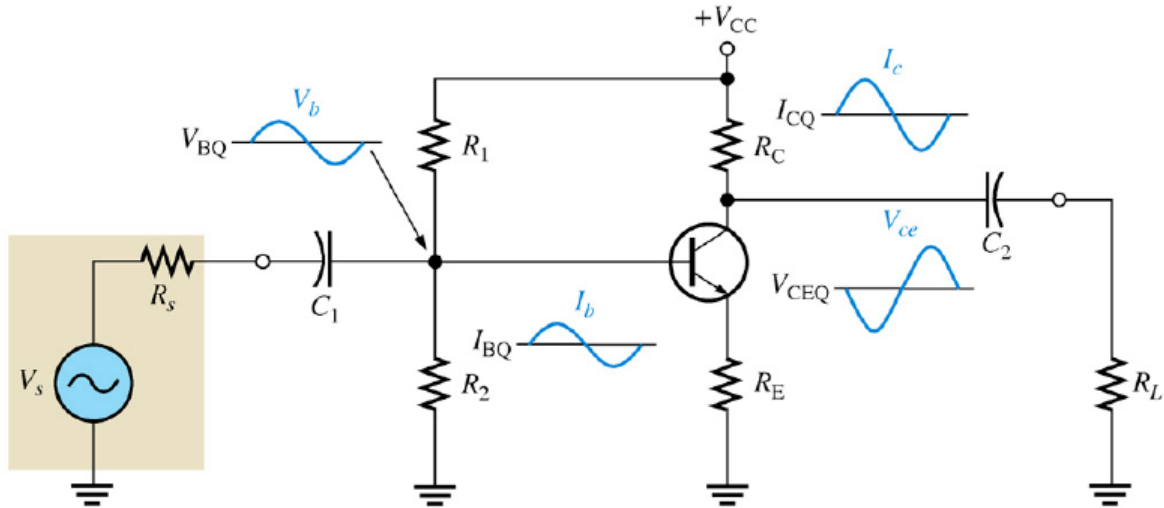
Lưu ý:

Để tìm được sơ đồ tương đương xoay chiều từ sơ đồ tầng khuếch đại ta làm như sau:

- +Tất cả các tụ điện trong tầng thay thế bằng ngắn mạch(đoạn dây nối tắt)
- +Các điểm nối với nguồn nuôi một chiều thay thế bằng việc nối với điểm GND của mạch.

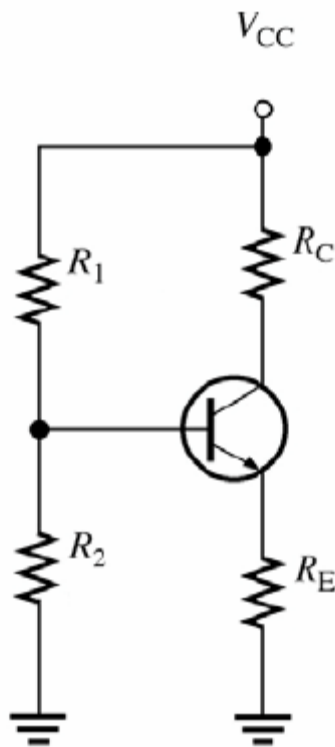
3.2.2.3 Phân tích tầng khuếch đại emitter chung (CE)

Sơ đồ tầng khuếch đại E chung:



Bước 1: Phân tích phân cực

-Sơ đồ mạch phân cực



Sơ đồ mạch phân cực trên thu được sau khi thay thế các tụ bằng hở mạch và chọn ra phần mạch chứa BJT. Bây giờ ta tính các đại lượng 1 chiều và tìm điểm làm việc Q.

Tìm V_B

Ta có $R_{IN(base)} = \beta_{DC} R_E$;

Nếu $R_{IN(base)} \geq 10R_2$ thì $V_B = \frac{V_{CC}}{R_1 + R_2} R_2$

Kỹ thuật điện tử

Nếu $R_{IN(base)} < 10R_2$ thì $V_B = \frac{V_{CC}}{R_1 + R_2 // R_{IN(base)}} (R_2 // R_{IN(base)})$

Tìm V_E

$$V_E = V_B - 0.7 \text{ V}$$

Tìm I_E

$$I_E = \frac{V_E}{R_E}$$

Tìm I_C

$$I_C = \frac{\beta_{DC}}{\beta_{DC} + 1} I_E$$

Tìm V_{CE}

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

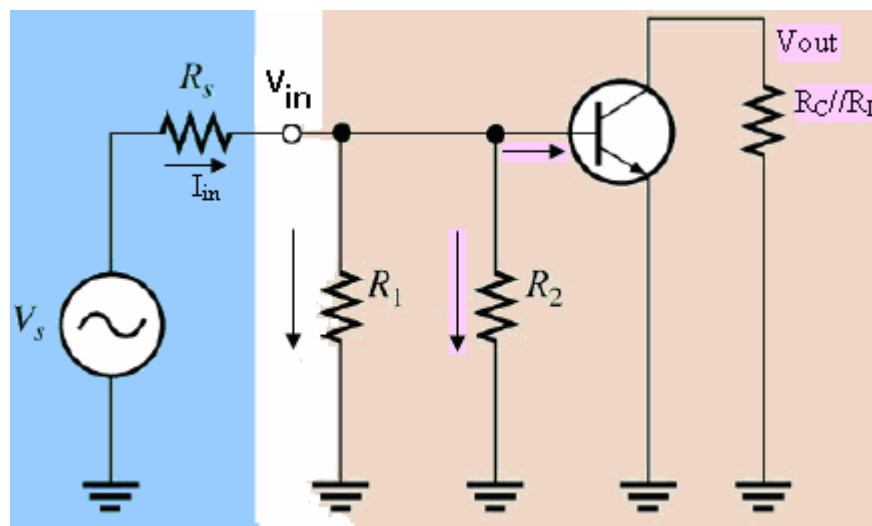
Tìm V_{CB}

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

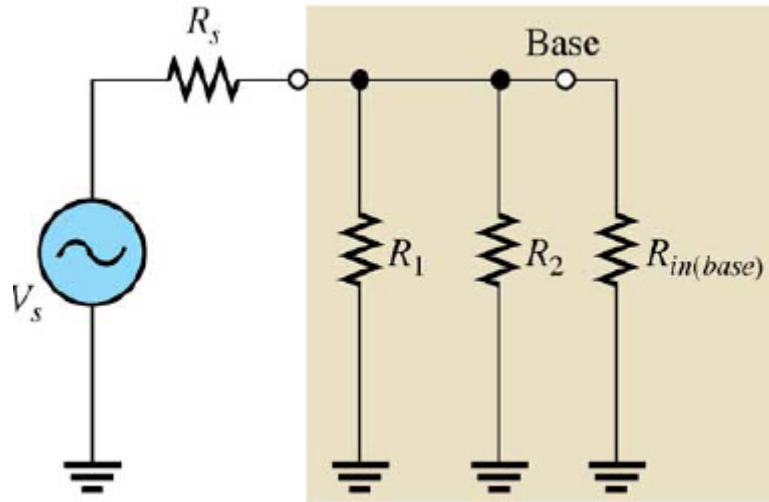
Bước 2 Phân tích xoay chiều

- Sơ đồ tương đương xoay chiều

- Áp dụng các quy tắc trình bày ở mục 3.2.2.2 ta tìm được sơ đồ tương đương xoay chiều của mạch như sau:

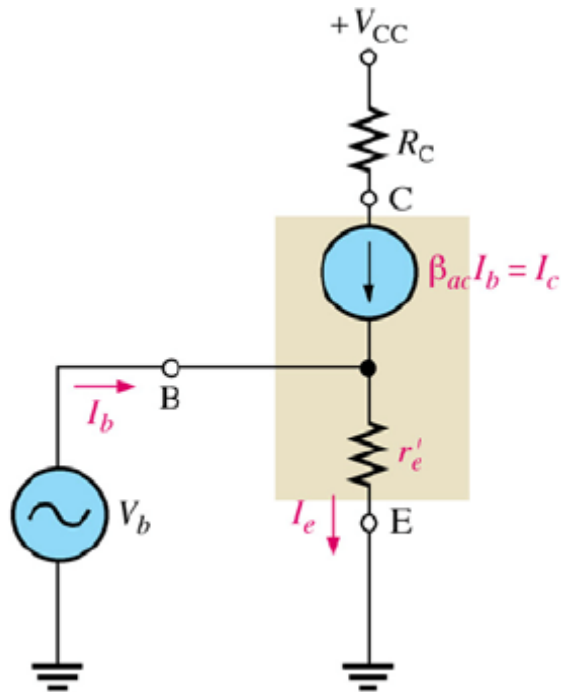


-Tìm trở kháng vào của tầng



$$R_{in} = \frac{V_{in}}{I_{in}} = R_1 // R_2 // R_{in}(base) = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_{in}(base)}}; \text{ trong đó } R_{in}(base) \text{ được gọi là điện}$$

trở lồi vào bazơ xoay chiều. Điện trở này được xác định như sau:



$$R_{in}(base) = \frac{V_b}{I_b} = \frac{I_e r'_e}{I_b} = (\beta_{ac} + 1) r'_e$$

Lưu ý:

Kỹ thuật điện tử

Nếu ở sơ đồ tương đương xoay chiều xuất hiện điện trở mắc giữa cực E với GND thì $R_{in}(base) = (\beta_{ac} + 1)(r'_e + R_E)$.

-Tìm hệ số khuếch đại điện áp(A_v , A_{vs})

$A_{vs} = \frac{V_{out}}{V_s}$; $A_v = \frac{V_{out}}{V_{in}}$; nếu R_s rất nhỏ thì $A_{vs} = A_v$; thông thường ta tính toán A_v . Từ A_v ta có thể tìm ra A_{vs} nếu biết được R_s .

A_v

$A_v = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{V_{out}}{V_b}$; với mạch trên $V_{out} = I_c(R_c // R_L)$; $V_b = I_e \cdot r'_e$ nên ta có

$$A_v = \frac{I_c(R_c // R_L)}{I_e \cdot r'_e} = \frac{\beta_{ac}}{\beta_{ac} + 1} \cdot \frac{R_c // R_L}{r'_e}$$

A_{vs}

Ta

có

$$V_{in} = I_{in}(R_1 // R_2 // R_{in}(base)) = \frac{V_s}{R_s + R_1 // R_2 // R_{in}(base)}(R_1 // R_2 // R_{in}(base))$$

$$\text{nên } V_s = V_{in} \frac{R_s + R_1 // R_2 // R_{in}(base)}{R_1 // R_2 // R_{in}(base)} \text{ từ đó suy ra } A_{vs} = \frac{V_{out}}{V_s} = \frac{R_1 // R_2 // R_{in}(base)}{R_s + R_1 // R_2 // R_{in}(base)} A_v$$

Lưu ý:

Hệ số khuếch đại điện áp ở trên được tính cho trường hợp có tải, muốn tìm hệ số khuếch đại điện áp khi không tải ta chỉ việc bỏ R_L

-Tìm hệ số khuếch đại dòng điện

$$A_i = \frac{I_{out}}{I_{in}} = \frac{\frac{V_{out}}{R_c // R_L}}{\frac{V_{in}}{R_1 // R_2 // R_{in}(base)}} = A_v \frac{R_1 // R_2 // R_{in}(base)}{R_c // R_L}$$

-Tìm hệ số khuếch đại công suất

$$A_p = A_v A_i$$

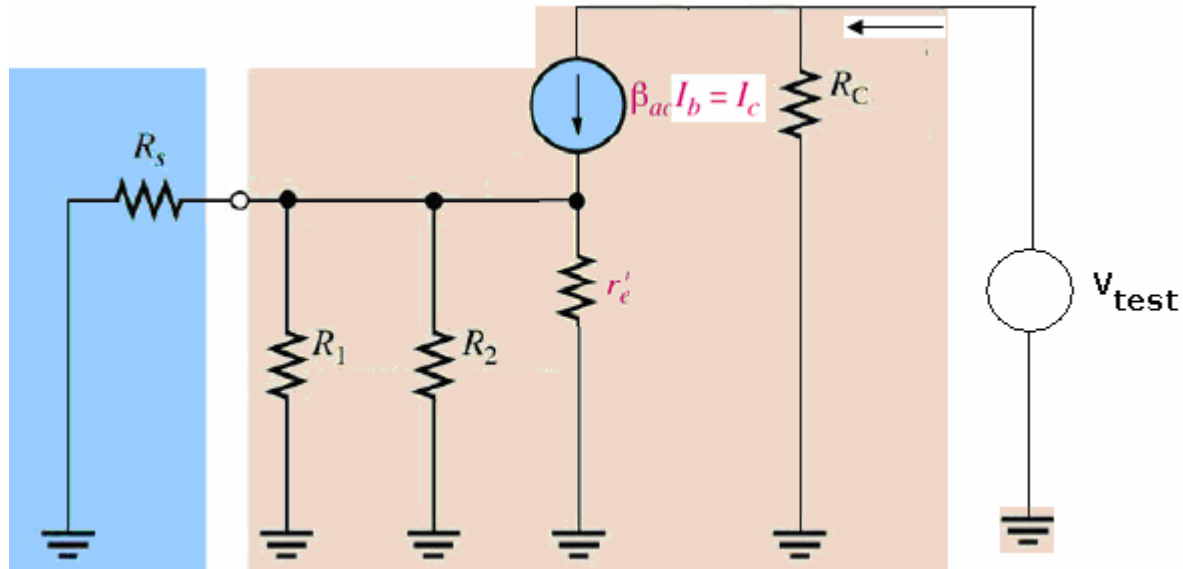
-Tìm trở kháng ra của tầng(khi không tải)

Để tìm trở kháng ra của tầng ta làm như sau:

+Thay thế các nguồn độc lập bằng 0(các nguồn phụ thuộc giữ nguyên)

+Thay thế tải bằng một nguồn giả định V_{test}

$$+R_{out} = \frac{V_{test}}{I_{test}}$$

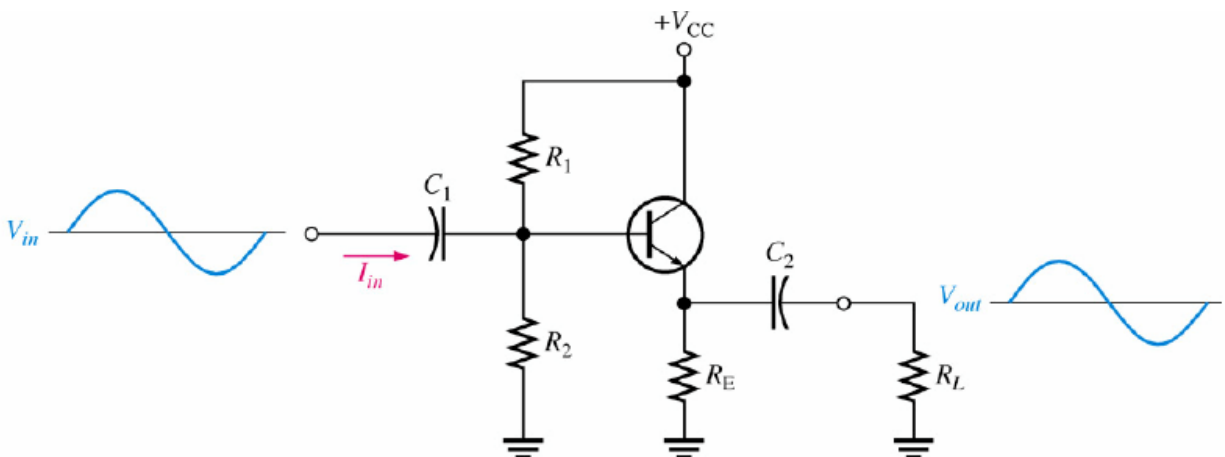


$$R_{out} = \frac{V_{test}}{I_{test}} = R_C$$

Trường hợp có tải $R_{out} = R_C // R_L$

3.2.2.3 Phân tích tầng khuếch đại colectơ chung (CC)

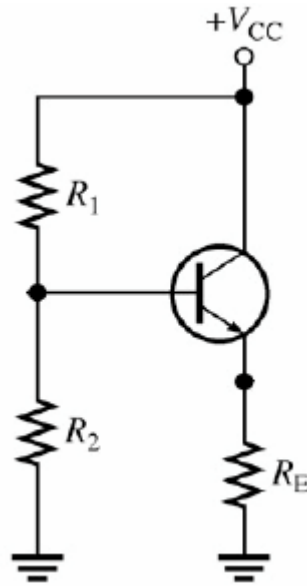
- Sơ đồ tầng khuếch đại colectơ chung



Tầng khuếch đại colectơ chung còn được gọi là tầng lặp lại Emitter. Tầng này tín hiệu vào và tín hiệu ra đồng pha nhau.

Bước 1: Phân tích phân cực

- Sơ đồ mạch phân cực



Tìm V_B

Ta có $R_{IN(base)} = \beta_{DC} R_E$;

Nếu $R_{IN(base)} \geq 10R_2$ thì $V_B = \frac{V_{CC}}{R_1 + R_2} R_2$

Nếu $R_{IN(base)} < 10R_2$ thì $V_B = \frac{V_{CC}}{R_1 + R_2 // R_{IN(base)}} (R_2 // R_{IN(base)})$

Tìm V_E

$$V_E = V_B - 0.7 \text{ V}$$

Tìm I_E

$$I_E = \frac{V_E}{R_E}$$

Tìm I_C

$$I_C = \frac{\beta_{DC}}{\beta_{DC} + 1} I_E$$

Tìm V_{CE}

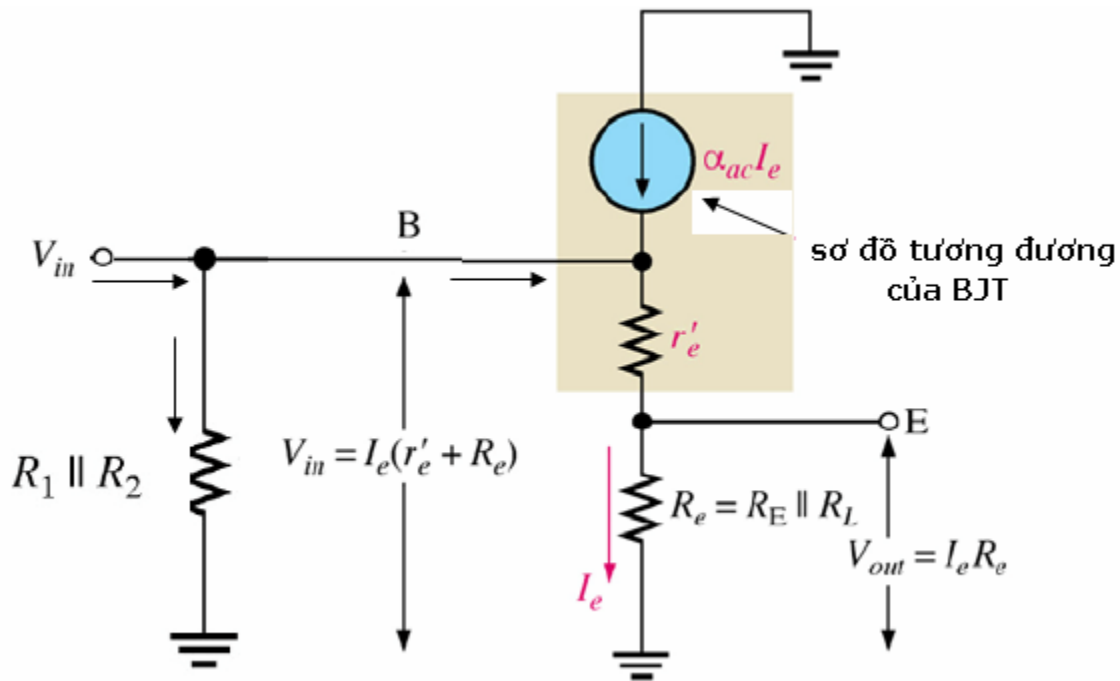
$$V_{CE} = V_{CC} - I_E R_E$$

Tìm V_{CB}

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

Bước 2 phân tích xoay chiều

-Sơ đồ tương đương xoay chiều



-Tìm hệ số khuếch đại điện áp

$$A_v = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{I_e R_e}{I_e (R_e + r'_e)} = \frac{R_e}{R_e + r'_e} (\approx 1) (R_e = R_E // R_L) \text{ trong trường hợp không tải}$$

thì $R_e = R_E$. Vì $r'_e \ll R_e$ nên A_v gần như bằng 1.

-Tìm hệ số khuếch đại dòng điện

$$A_i = \frac{I_e}{I_{in}} = \frac{\frac{V_e}{R_e}}{\frac{V_{in}}{R_{in}}} = \frac{V_e}{V_{in}} \frac{R_{in}}{R_e} = A_v \frac{R_{in}}{R_e}$$

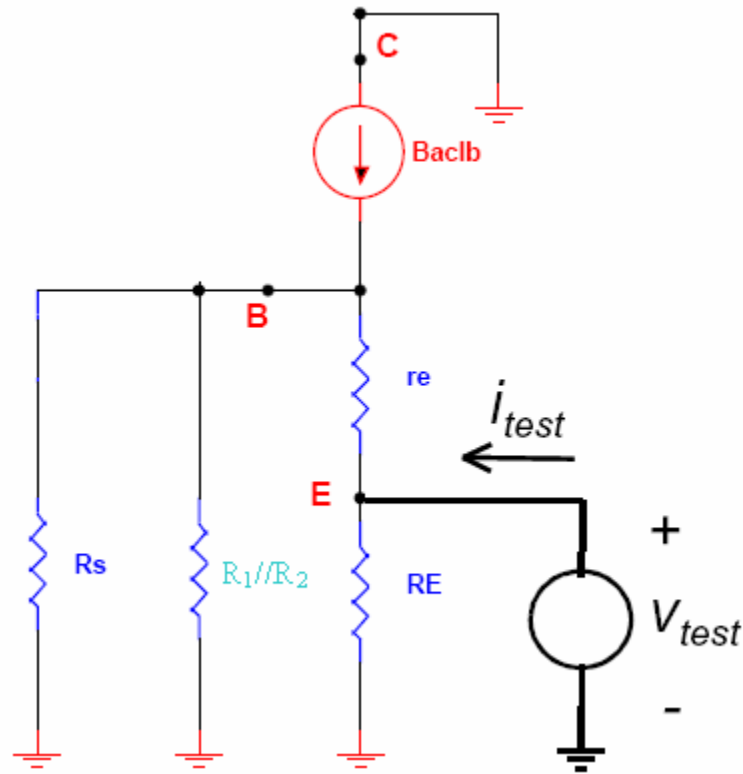
-Tìm hệ số khuếch đại công suất

$$A_p = A_v A_i$$

-Tìm trở kháng vào của tầng

$$R_{in} = \frac{V_{in}}{I_{in}} = R_1 // R_2 + R_{in}(base) = R_1 // R_2 + \frac{V_{in}}{I_b} = R_1 // R_2 + (\beta_{ac} + 1)(R_e + r'_e)$$

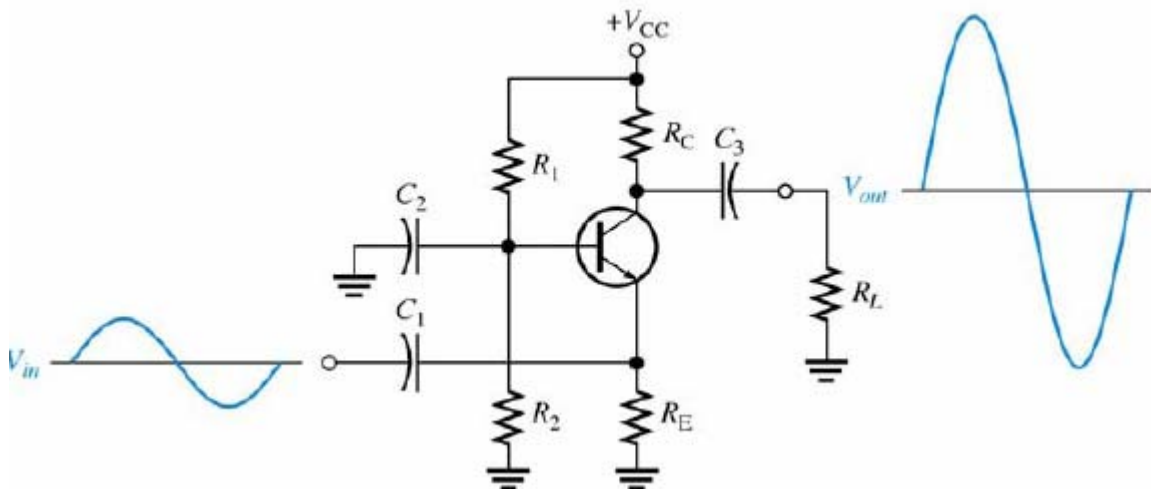
-Tìm trở kháng ra của tầng



$$R_{out} = \frac{V_{test}}{I_{test}} = R_E // (r'_e + \frac{R_s // R_1 // R_2}{\beta_{ac} + 1}); \text{ điện trở này nhỏ cỡ vài ohm}$$

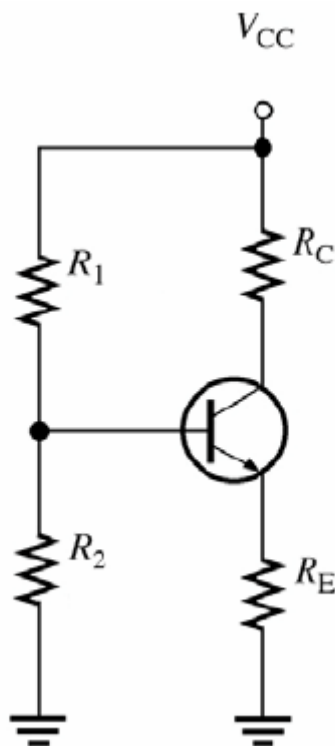
3.2.2.3 Phân tích tầng khuếch đại bazơ chung (CB)

- Sơ đồ tầng khuếch đại Bazơ chung



- Bước 1: Phân tích phân cực

- Sơ đồ mạch phân cực



Tìm V_B

Ta có $R_{IN(base)} = \beta_{DC} R_E$;

Nếu $R_{IN(base)} \geq 10R_2$ thì $V_B = \frac{V_{CC}}{R_1 + R_2} R_2$

Nếu $R_{IN(base)} < 10R_2$ thì $V_B = \frac{V_{CC}}{R_1 + R_2 // R_{IN(base)}} (R_2 // R_{IN(base)})$

Tìm V_E

$$V_E = V_B - 0.7 \text{ V}$$

Tìm I_E

$$I_E = \frac{V_E}{R_E}$$

Tìm I_C

$$I_C = \frac{\beta_{DC}}{\beta_{DC} + 1} I_E$$

Tìm V_{CE}

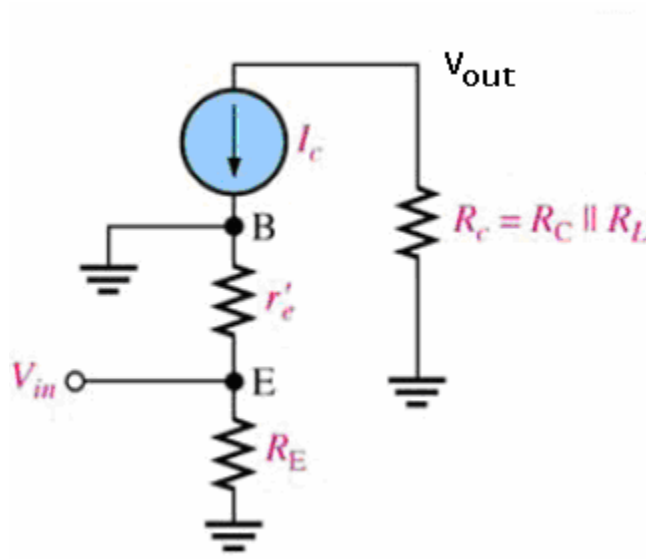
$$V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C - I_E R_E$$

Tìm V_{CB}

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

-Bước 2: Phân tích xoay chiều

-Sơ đồ tương đương xoay chiều



-Tìm trở kháng vào

$$R_{in} = R_E \parallel r'_e$$

-Tìm hệ số khuếch đại điện áp A_v

$$A_v = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{I_c (R_C \parallel R_L)}{I_e (r'_e \parallel R_E)} = \frac{\beta_{ac}}{\beta_{ac} + 1} \cdot \frac{R_C \parallel R_L}{r'_e \parallel R_E}$$

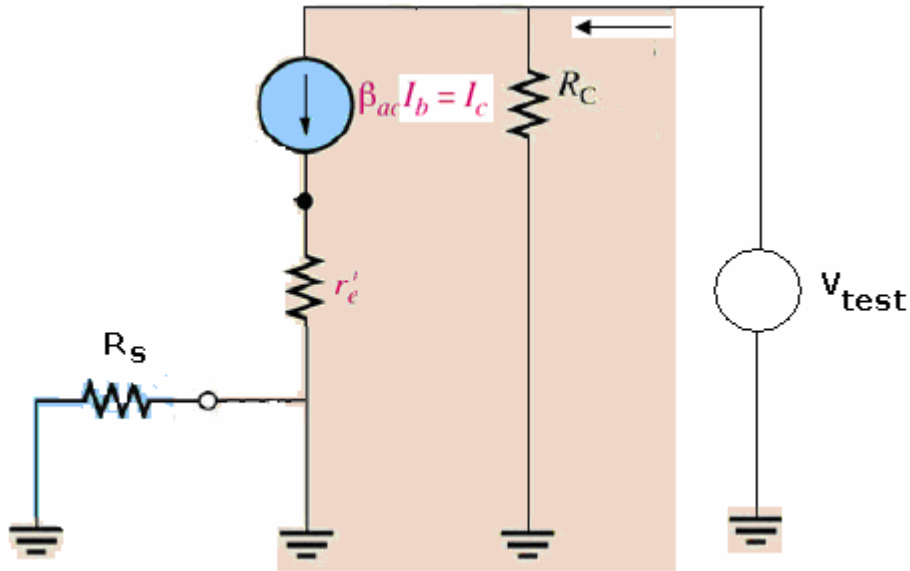
-Tìm hệ số khuếch đại dòng A_i

$$A_i = \frac{I_{out}}{I_{in}} = \frac{I_c}{I_e} = \frac{\beta_{ac}}{\beta_{ac} + 1}$$

-Tìm hệ số khuếch đại công suất A_p

$$A_p = A_v A_i$$

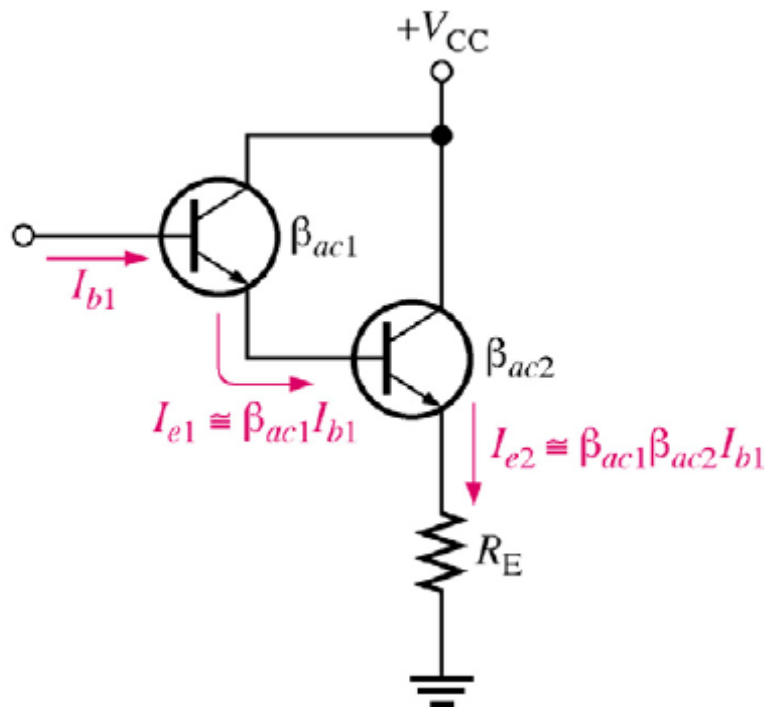
-Tìm trở kháng ra của tầng



$$R_{out} = \frac{V_{test}}{I_{test}} = R_C \text{ (trong trường hợp có tải } R_L \text{ thì } R_{out} = (R_C // R_L))$$

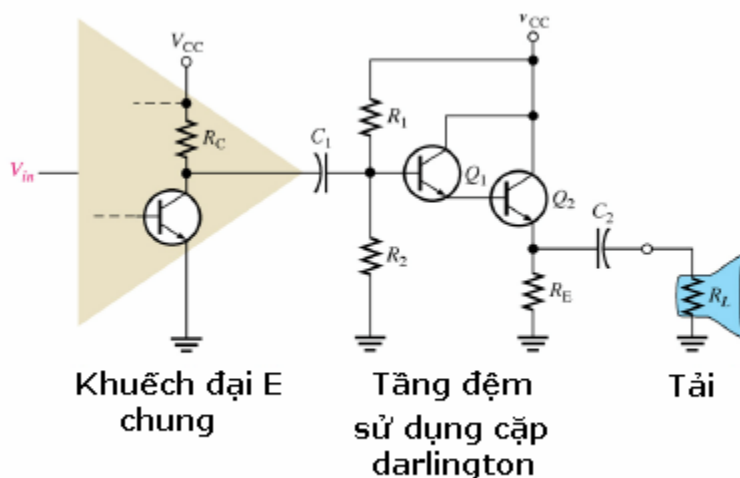
3.3 Khuếch đại đặc biệt Darlington

Qua phân tích các tầng khuếch đại ta thấy trở kháng vào của tầng phụ thuộc vào β_{ac} , β_{ac} giới hạn giá trị cực đại của trở kháng vào. Có một cách để tăng trở kháng vào của tầng là sử dụng cặp darlington.



Để xây dựng cặp darlington sử dụng 2 BJT nối với nhau theo quy tắc: cực collector của hai BJT được nối với nhau, cực emitter của BJT thứ nhất được nối với cực B của BJT thứ hai như hình trên với cách mắc như vậy coi như ta được BJT có hệ số $\beta_{ac} = \beta_{ac1} \cdot \beta_{ac2}$

Cặp Darlington thường được mắc trong tầng đệm (tầng khuếch đại CC) nằm giữa tầng có trở kháng ra cao và tải có trở kháng nhỏ.



3.4 Mạch ghép nối giữa các bộ khuếch đại

3.5 Khuếch đại công suất

3.5.1 Định nghĩa, phân loại, đặc điểm

Mạch khuếch đại công suất có nhiệm vụ tạo ra một công suất đủ lớn cho tín hiệu để kích thích tải. Công suất ra có thể từ vài trăm mW đến vài trăm watt. Như vậy mạch công suất làm việc với biên độ tín hiệu lớn ở lối vào do đó ta không thể dùng mạch tương đương tín hiệu nhỏ để khảo sát mà thường dùng phương pháp đồ thị.

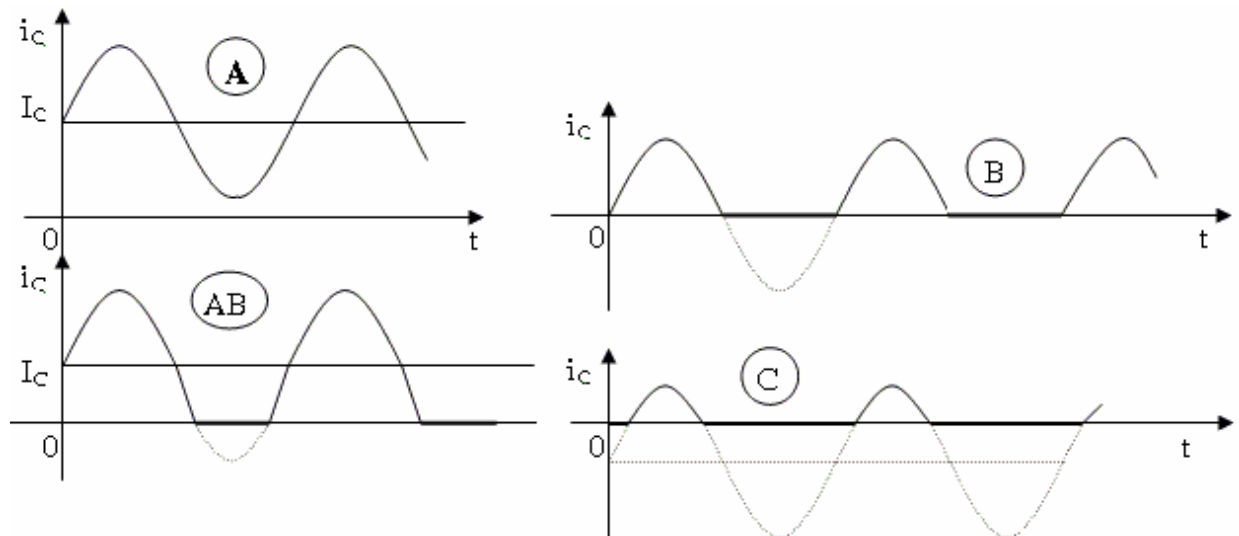
Tùy theo chế độ làm việc của transistor, người ta thường phân mạch khuếch đại công suất ra thành các loại chính như sau:

- Khuếch đại công suất chế độ A: Tín hiệu được khuếch đại gần như tuyến tính, nghĩa là tín hiệu lối ra thay đổi tuyến tính trong toàn bộ chu kỳ của tín hiệu lối vào (Transistor hoạt động ở chế độ khuếch đại ở cả hai nửa chu kỳ của tín hiệu lối vào).
- Khuếch đại công suất loại AB: Transistor được phân cực ở gần vùng ngưng. Tín hiệu lối ra thay đổi hơn một nửa chu kỳ của tín hiệu vào (Transistor hoạt động hơn một nửa chu kỳ - dương hoặc âm - của tín hiệu lối vào).

Kỹ thuật điện tử

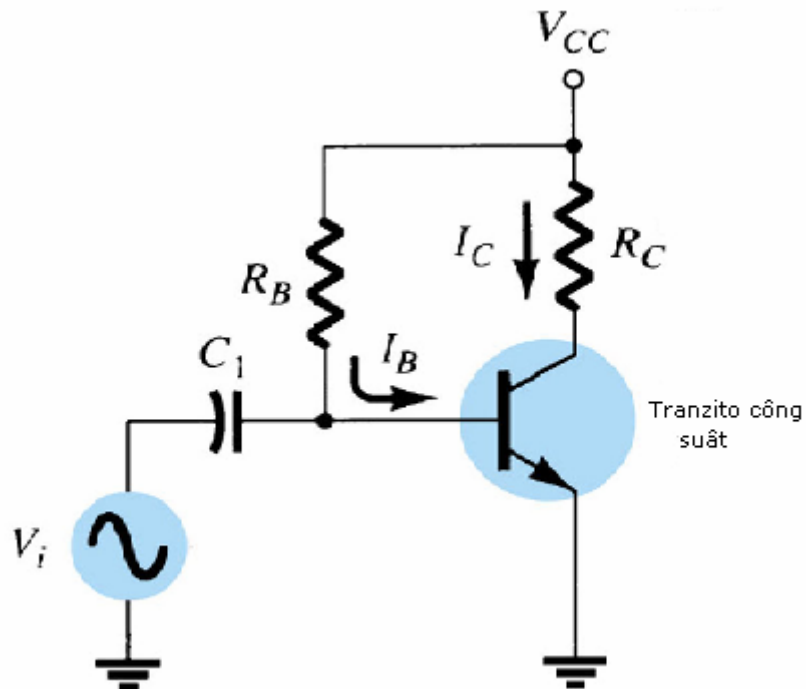
- Khuếch đại công suất loại B: Transistor được phân cực tại $V_{BE}=0$ (vùng ngưng). Chỉ một nửa chu kỳ âm hoặc dương - của tín hiệu lỗi vào được khuếch đại.
- Khuếch đại công suất loại C: Transistor được phân cực trong vùng ngưng để chỉ một phần nhỏ hơn nửa chu kỳ của tín hiệu lỗi vào được khuếch đại. Mạch này thường được dùng khuếch đại công suất ở tần số cao với tải cộng hưởng và trong các ứng dụng đặc biệt.

Hình vẽ dưới đây thể hiện dòng điện I_c đối với các chế độ khuếch đại



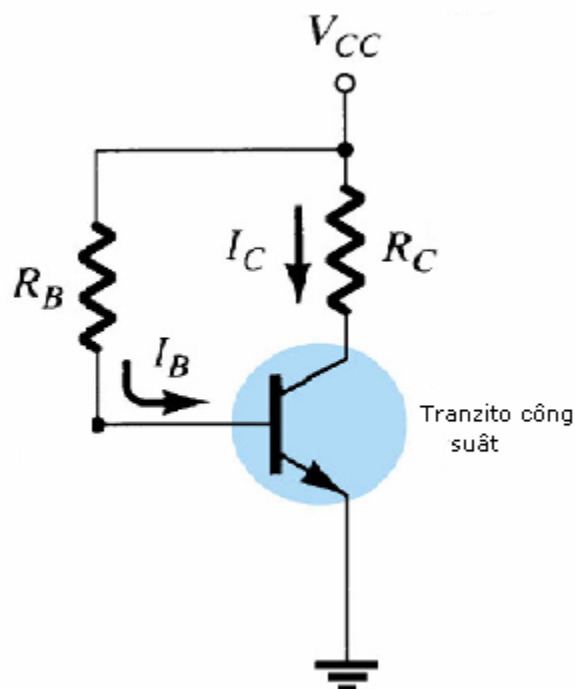
3.5.2 Khuếch đại công suất kiểu đơn chế độ A

a) Sơ đồ mạch khuếch đại



b) Khảo sát phân cực

+ Sơ đồ mạch phân cực

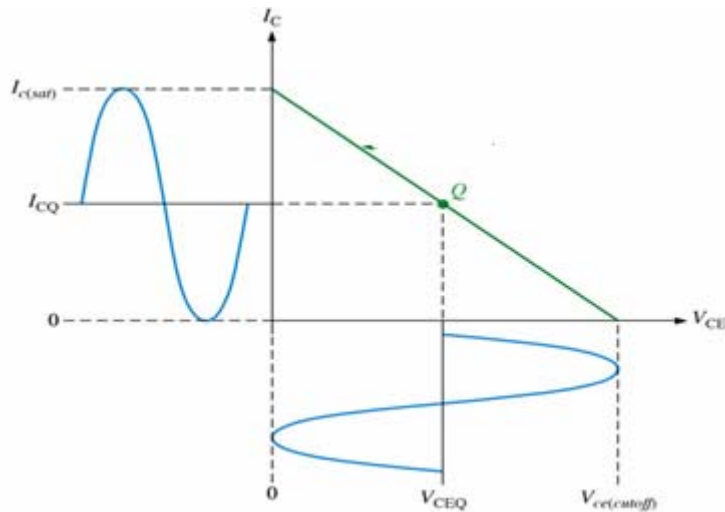


+ Điểm làm việc Q(V_{CE} , I_C)

Từ mạch điện ta có: $I_B = \frac{V_{CC} - 0.7}{R_B}$ suy ra $I_C = \beta_{DC} I_B$; $V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C$

Kỹ thuật điện tử

Để có được hiệu suất lớn nhất ta nên phân cực sao cho điểm làm việc Q nằm chính giữa đường tải tĩnh như hình vẽ trên.

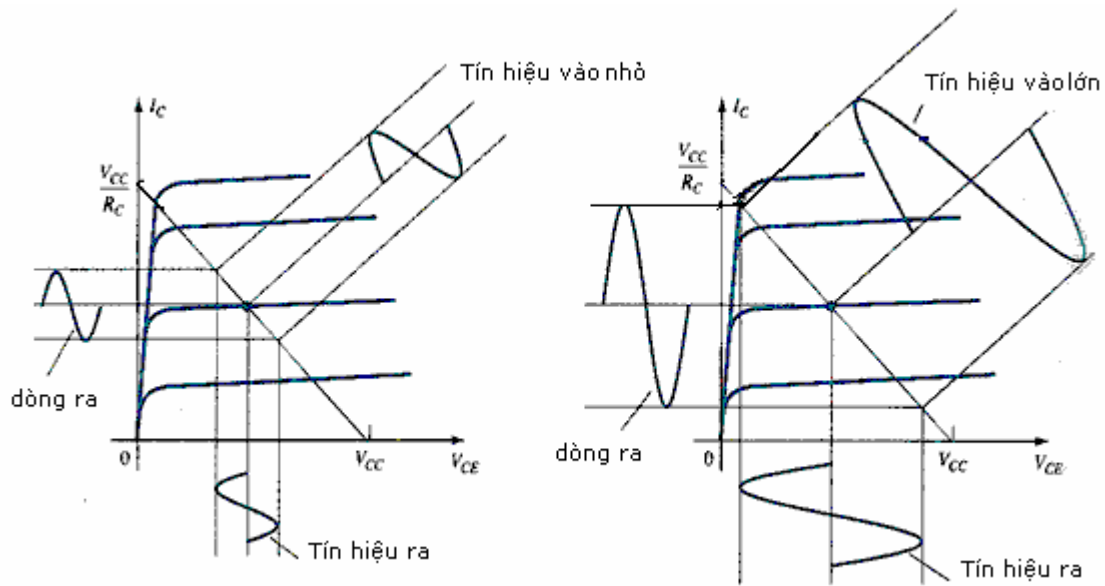


c) Khảo sát xoay chiều

Đối với tầng khuếch đại công suất ta khảo sát xoay chiều bằng phương pháp đồ thị.

Khi đưa tín hiệu V_i tới lối vào dòng I_C và điện áp V_{CE} (tín hiệu ra) sẽ thay đổi quanh điểm làm việc Q. Với tín hiệu vào nhỏ, thì dòng điện bazơ thay đổi rất ít nên dòng điện I_C và điện thế V_{CE} ở lối ra cũng thay đổi ít quanh điểm làm việc.

Khi tín hiệu vào lớn, điện áp ra sẽ thay đổi rất lớn quanh điểm làm việc Q dòng I_C sẽ thay đổi quanh giới hạn 0 mA và V_{CC}/R_C . Điện áp V_{CE} thay đổi giữa hai giới hạn 0V và nguồn V_{CC} .



d) Khảo sát công suất

* Công suất cung cấp cho tải khuếch đại

Công suất đưa vào tải khuếch đại là do V_{CC} cung cấp, vì thế công suất cung cấp

là: $P_i(dc) = V_{CC}I_{CQ}$

* Công suất ra

Dòng điện ra và điện áp ra thay đổi quanh điện áp và dòng điện tại điểm làm việc tĩnh, cung cấp công suất xoay chiều trên tải R_C . Công suất này lớn hay nhỏ tùy vào tín hiệu vào lớn hay nhỏ. Công suất xoay chiều trên tải R_C có thể được xác định bằng một số cách.

+ Tính theo giá trị hiệu dụng

$$\begin{aligned} P_o(ac) &= V_{CE}(rms)I_C(rms) \\ P_o(ac) &= I_C^2(rms)R_C \\ P_o(ac) &= \frac{V_C^2(rms)}{R_C} \end{aligned}$$

+ Tính theo điện áp đỉnh

$$\begin{aligned}P_o(ac) &= \frac{V_{CE}(p)I_C(p)}{2} \\P_o(ac) &= \frac{I_C^2(p)R_C}{2} \\P_o(ac) &= \frac{V_{CE}^2(p)}{2R_C}\end{aligned}$$

+Tính theo điện áp đỉnh-đỉnh

$$\begin{aligned}P_o(ac) &= \frac{V_{CE}(p-p)I_C(p-p)}{8} \\P_o(ac) &= \frac{I_C^2(p-p)R_C}{8} \\P_o(ac) &= \frac{V_{CE}^2(p-p)}{8R_C}\end{aligned}$$

***Hiệu suất biến đổi năng lượng**

Hiệu suất biến đổi năng lượng được xác định theo công thức

$$\% \eta = 100 \times \frac{P_o(ac)}{P_i(dc)} \%$$

Ta tìm hiệu suất cực đại đối với tầng khuếch đại công suất chế độ A kiểu đơn

$$\max V_{CE}(p-p) = V_{CC}$$

$$\max I_C(p-p) = \frac{V_{CC}}{R_C}$$

$$\max P_o(ac) = \frac{V_{CC}(V_{CC}/R_C)}{8} = \frac{V_{CC}^2}{8R_C}$$

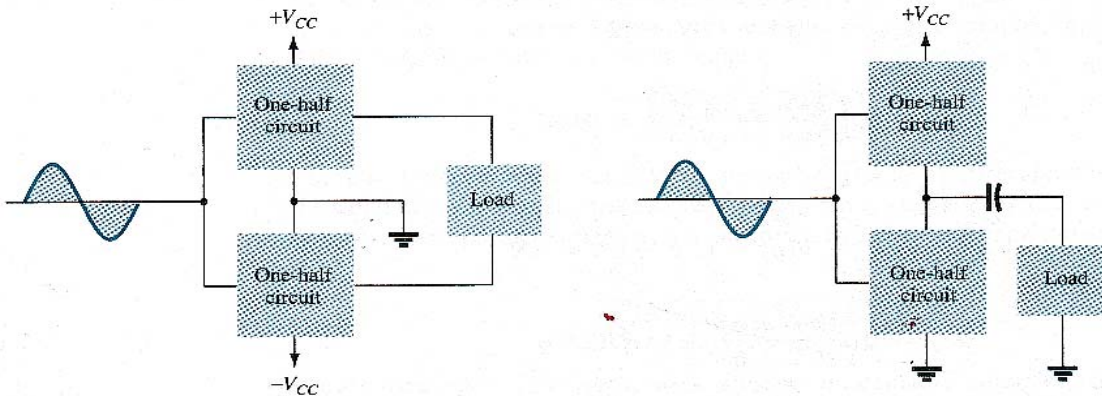
$$\max P_i(dc) = V_{CC}(\max I_C) = \frac{V_{CC}(V_{CC}/R_C)}{8} = \frac{V_{CC}^2}{2R_C}$$

$$\max \% \eta = \frac{\max P_o(ac)}{\max P_i(dc)} \times 100\% = \frac{V_{CC}^2/8R_C}{V_{CC}^2/2R_C} = 25\%$$

3.5.3 Khuếch đại công suất kiểu đẩy kéo chế độ B

Ở tầng khuếch đại công suất chế độ B tranzito được phân cực ở chế độ B (điểm làm việc Q trùng với điểm ngưng dẫn). Nếu sử dụng 1 tranzito thì chỉ khuếch đại được ½ chu kỳ của tín hiệu vào (hoặc ½ chu kỳ âm, hoặc ½ chu kỳ dương). Tầng khuếch đại công suất kiểu đẩy kéo chế độ B sử dụng 2 tranzito mỗi tranzito có nhiệm vụ khuếch đại ½ chu kỳ.

Sơ đồ khối tăng khuếch đại công suất chế độ B



***Công suất cung cấp**

3.6 Khuếch đại thuật toán

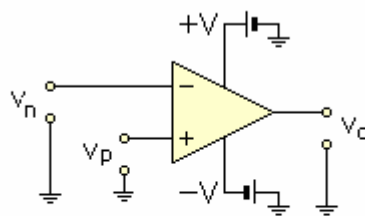
3.6.1 Khái niệm chung

3.6.1.1

Danh từ :”khuếch đại thuật toán”(operational amplifier) thuộc về bộ khuếch đại dòng một chiều có hệ số khuếch đại lớn, có hai đầu vào vi sai và một đầu ra chung.

Tên gọi này có quan hệ tới việc ứng dụng đầu tiên của chúng chủ yếu để thực hiện các phép tính cộng, trừ, tích phân, vv...Hiện nay các bộ khuếch đại thuật toán đóng vai trò quan trọng và được ứng dụng rộng rãi trong kỹ thuật khuếch đại, tạo tín hiệu hình sin và xung, trong bộ ổn áp và bộ lọc tích cực v.v...

3.6.1.2 Ký hiệu của khuếch đại thuật toán



Kí hiệu bộ khuếch đại thuật toán

V_n : điện áp đầu vào đảo

V_p : điện áp đầu vào thuận

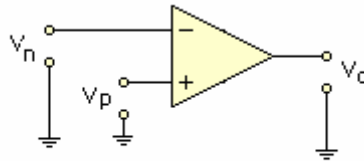
V_o : điện áp đầu ra

Kỹ thuật điện tử

-V : nguồn âm

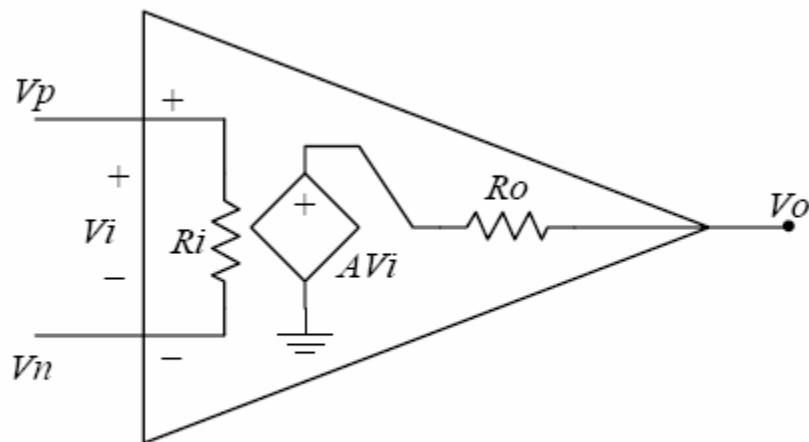
+V: nguồn dương

Trong một số trường hợp ta không để các đầu nối tới nguồn nuôi trong kí hiệu khuếch đại thuật toán khi đó ta có kí hiệu đơn giản hơn như sau:



Kí hiệu bộ khuếch đại thuật toán

3.6.1.3 Mô hình tương đương bộ khuếch đại thuật toán



Mô hình tương đương bộ khuếch đại thuật toán

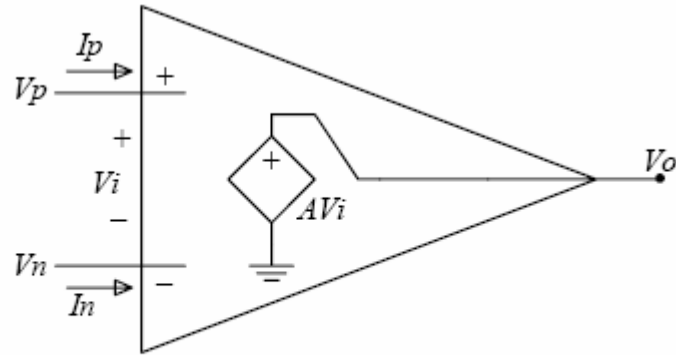
A: là hệ số khuếch đại hở vòng,

$$V_o = A \cdot V_{in} = A(V_p - V_n)$$

A có giá trị lớn cỡ hàng vạn tới hàng triệu, R_i lớn cỡ mega ohm, R_o nhỏ cỡ ohm.

3.6.2 Bộ khuếch đại thuật toán lý tưởng

Kỹ thuật điện tử



Mô hình bộ khuếch đại thuật toán lý tưởng

Với bộ khuếch đại thuật toán lý tưởng ta có:

$$+I_p = I_n = 0$$

$$+R_{in} = \infty$$

$$+R_{out} = 0$$

$$+A = \infty$$

Với bộ khuếch đại thuật toán lý tưởng ta có hai quy tắc quan trọng là:

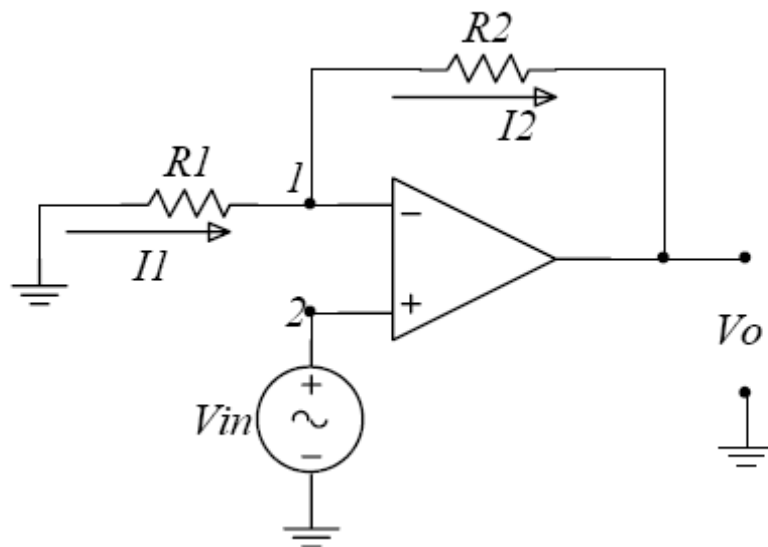
-Dòng điện vào khuếch đại thuật toán bằng không

-Điện áp tại lối vào đảo bằng điện áp tại lối vào thuận ($V_p = V_n$)

3.6.2 Phân tích bộ khuếch đại sử dụng khuếch đại thuật toán

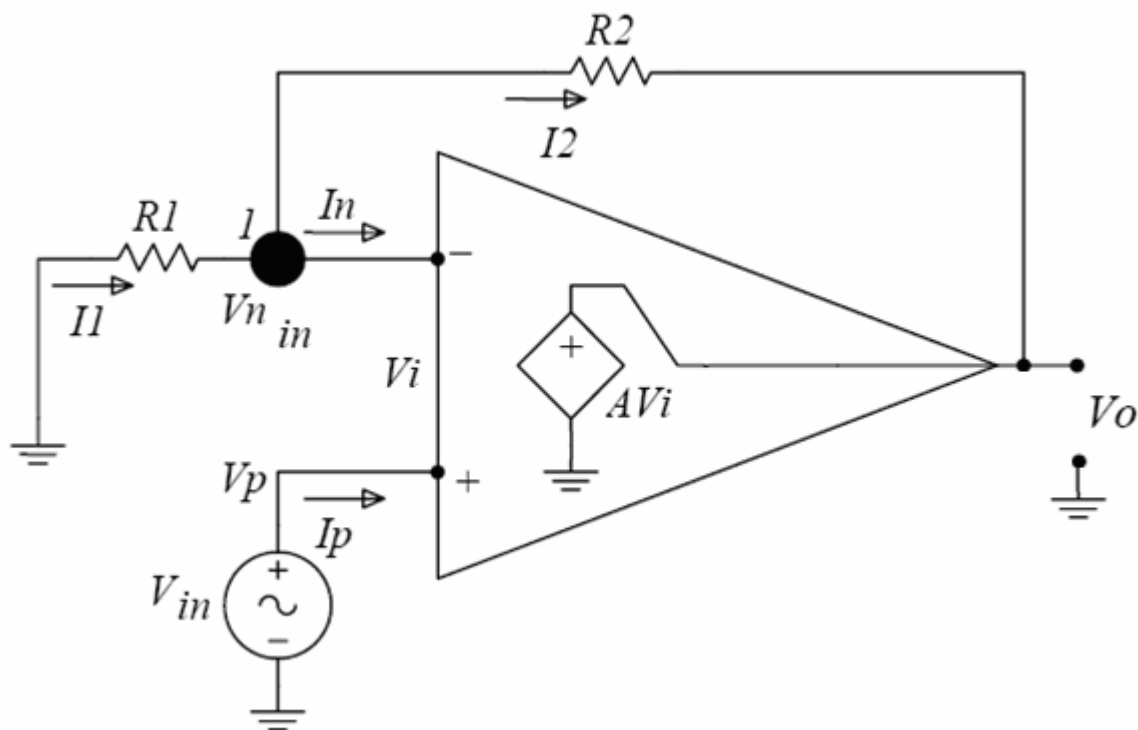
3.6.2.1 Bộ khuếch đại không đảo

-Sơ đồ mạch khuếch đại



Kỹ thuật điện tử

- Sơ đồ mạch tương đương



$$\text{Do } I_n = I_p = 0 \text{ nên } I_1 = I_2 \Rightarrow \frac{-V_n}{R_1} = \frac{V_n - V_o}{R_2} \Rightarrow V_o = V_n \left(\frac{R_2}{R_1} + 1 \right)$$

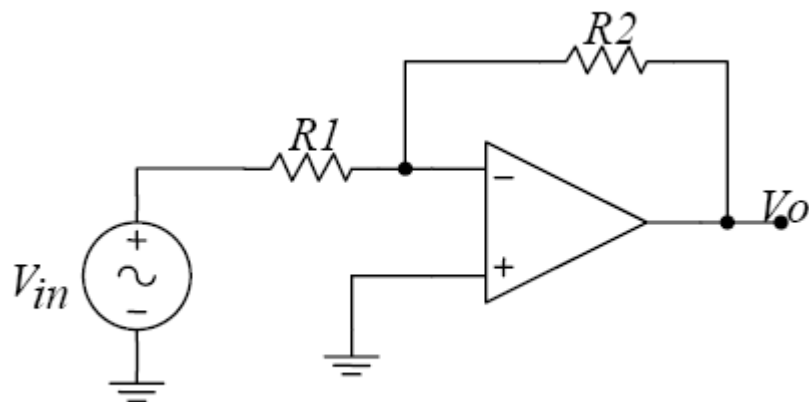
$$\text{Mà } V_o = A(V_{in} - V_n) \Rightarrow V_{in} = \frac{V_o}{A} + V_n = V_n \left(1 + \frac{\frac{R_2}{R_1} + 1}{A} \right) \Rightarrow G = \frac{V_o}{V_{in}} = \frac{\frac{R_2}{R_1} + 1}{1 + \frac{R_1}{A}}$$

Như vậy ta có $V_o = G.V_{in}$ ($G > 0$) biểu thức trên chứng tỏ mạch trên là mạch khuếch đại không đảo. Nếu bộ khuếch đại thuật toán là lý tưởng thì $A \rightarrow \infty$ khi đó ta có

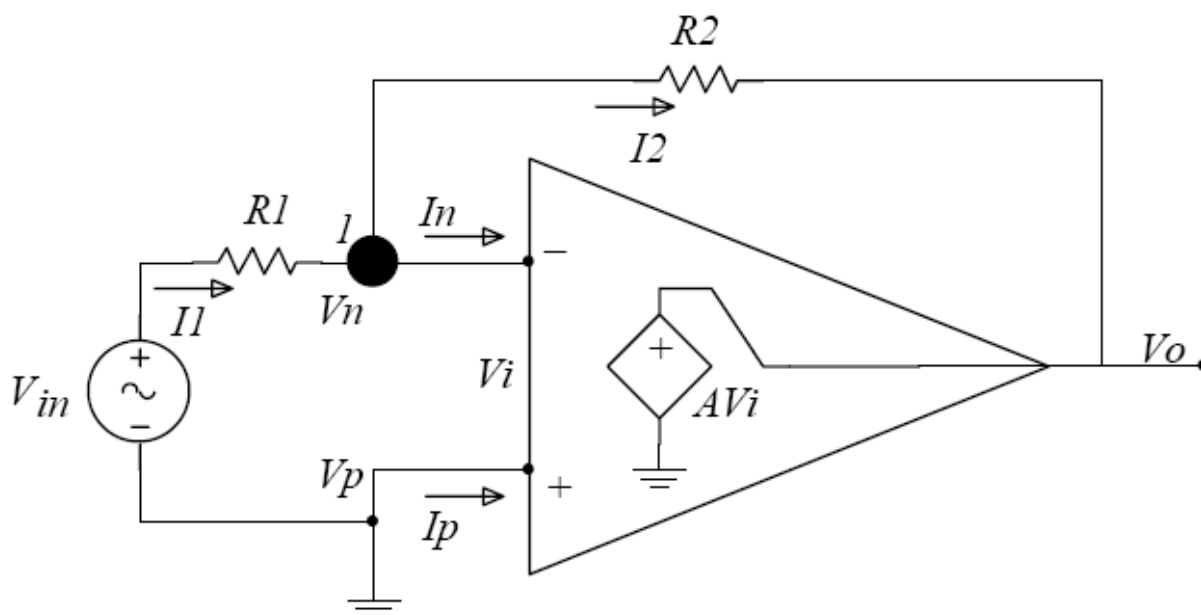
$$V_o = \left(\frac{R_2}{R_1} + 1 \right) V_{in}$$

3.6.2.2 Bộ khuếch đại đảo

- Sơ đồ mạch



- Sơ đồ tương đương



Do mạch trên là mạch tuyến tính nên ta có thể áp dụng nguyên lý xếp chồng tại nút mạch 1.

Theo nguyên lý xếp chồng thì : $V_n = V_{n_o} + V_{n_{in}}$; với V_{n_o} là điện áp tại nút 1 khi $V_{in} = 0$ $V_{n_{in}}$ là điện áp tại nút 1 khi $V_{n_o} = 0$. Việc áp dụng nguyên lý này được thể hiện trên

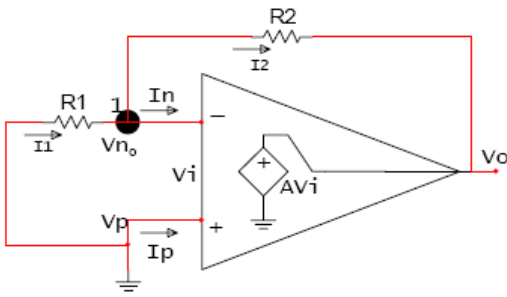
Kỹ thuật điện tử

hình

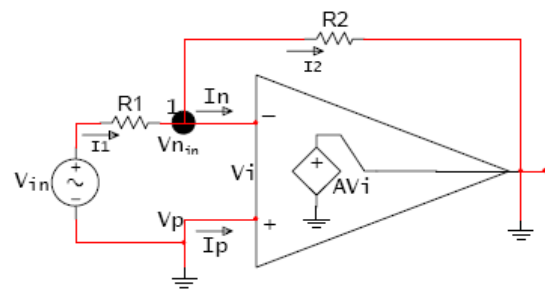
vẽ

dưới

đây:



$$V_{n_o} = V_o \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$



$$V_{n_{in}} = V_{in} \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

Như vậy $V_n = V_o \frac{R_1}{R_1 + R_2} + V_{in} \frac{R_2}{R_1 + R_2}$

$$V_o = A(V_p - V_n) = -AV_n \Rightarrow V_n = -\frac{V_o}{A} \Rightarrow -\frac{V_o}{A} = V_o \frac{R_1}{R_1 + R_2} + V_{in} \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$\text{Mà } \Rightarrow -V_o \left(\frac{1}{A} + \frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) = V_{in} \frac{R_2}{R_1 + R_2} \Rightarrow V_o = - \left(\frac{AR_2}{R_1 + R_2 + AR_1} \right) V_{in} = - \frac{A}{1 + (A+1) \frac{R_1}{R_2}} V_{in}$$

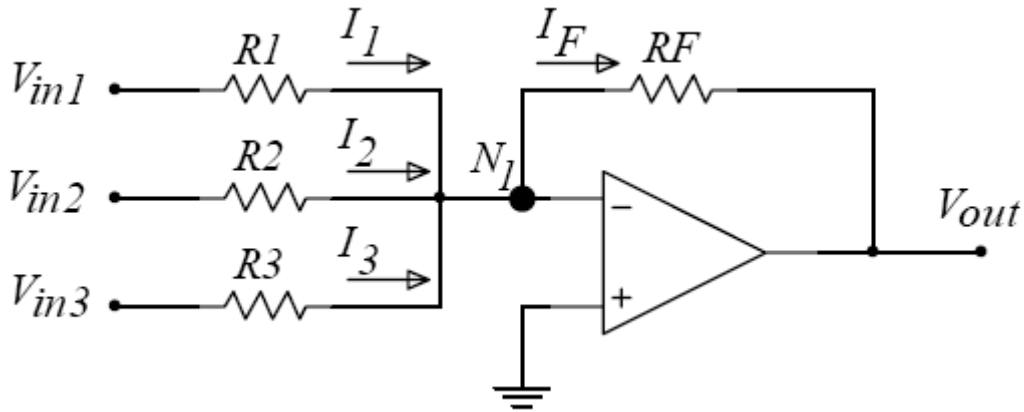
$$\Rightarrow V_o = - \frac{1}{\frac{1}{A} + \left(1 + \frac{1}{A}\right) \frac{R_1}{R_2}} V_{in}$$

Biểu thức trên chứng tỏ mạch trên là mạch khuếch đại đảo. Khi $A \Rightarrow \infty$ thì

$$V_o = - \frac{R_2}{R_1} V_{in}$$

3.6.2.3 Bộ cộng đảo

- Sơ đồ mạch



-Ta phân tích để chứng tỏ mạch trên là mạch cộng đảo

Tại nút N1 ta có $I_1 + I_2 + I_3 = I_F$ mà theo định luật Ohm ta có:

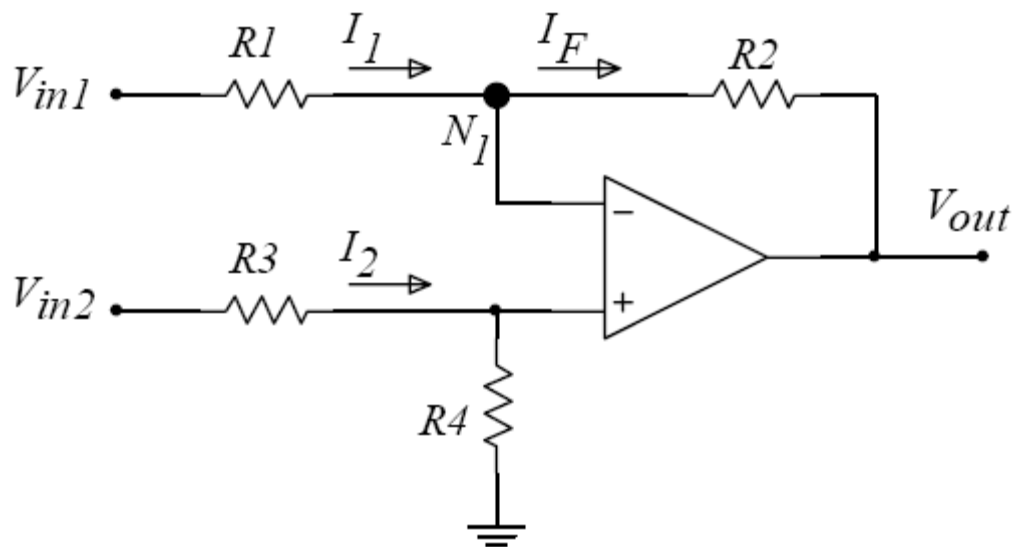
$$I_1 = \frac{V_{in1} - V_{N1}}{R_1} = \frac{V_{in1}}{R_1}; I_2 = \frac{V_{in2} - V_{N1}}{R_2} = \frac{V_{in2}}{R_2}; I_3 = \frac{V_{in3} - V_{N1}}{R_3} = \frac{V_{in3}}{R_3} \text{ (vì } V_{N1} = V_p = 0)$$

$$I_F = \frac{V_{N1} - V_o}{R_F} = -\frac{V_{out}}{R_F}$$

$$\text{Vậy } \frac{V_{in1}}{R_1} + \frac{V_{in2}}{R_2} + \frac{V_{in3}}{R_3} = -\frac{V_o}{R_F} \Rightarrow V_o = -R_F \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) V_{in} \text{ Khi } R_1 = R_2 = R_3 = R_F = R \text{ thì}$$

ta có $V_{out} = -(V_{in1} + V_{in2} + V_{in3})$

3.6.2.4 Bộ khuếch đại hiệu



Kỹ thuật điện tử

Mạch trên là mạch khuếch đại hiệu. Tín hiệu ra tỷ lệ với hiệu của V_{in1} và V_{in2} . Ta tìm mối quan hệ giữa V_{out} với V_{in1} và V_{in2} .

Ta có thể áp dụng nguyên lý xếp chồng để tìm ra mối quan hệ này. Theo nguyên lý xếp chồng thì: $V_{out} = V_{out1} + V_{out2}$. Trong đó V_{out1} là đầu ra của mạch khi $V_{in2} = 0$; V_{out2} là đầu ra của mạch khi $V_{in1} = 0$;

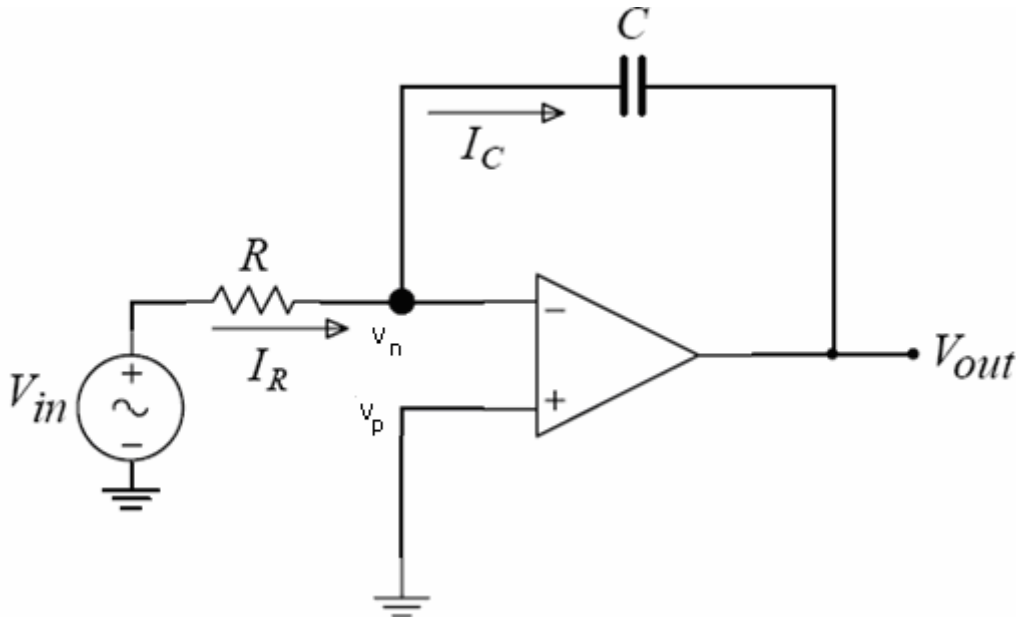
$$V_{out1} = -V_{in1} \frac{R_2}{R_1}$$

$$V_{out2} = V_{in2} \left(\frac{R_4}{R_3 + R_4} \right) \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right)$$

$$\Rightarrow V_{out} = V_{in2} \left(\frac{R_4}{R_3 + R_4} \right) \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) - V_{in1} \frac{R_2}{R_1}$$

Chọn các điện trở $R_1 = R_2 = R_3 = R_4$ ta có $V_{out} = V_{in2} - V_{in1}$. Biểu thức trên chứng tỏ mạch trên là mạch khuếch đại hiệu.

3.6.2.5 Bộ tích phân

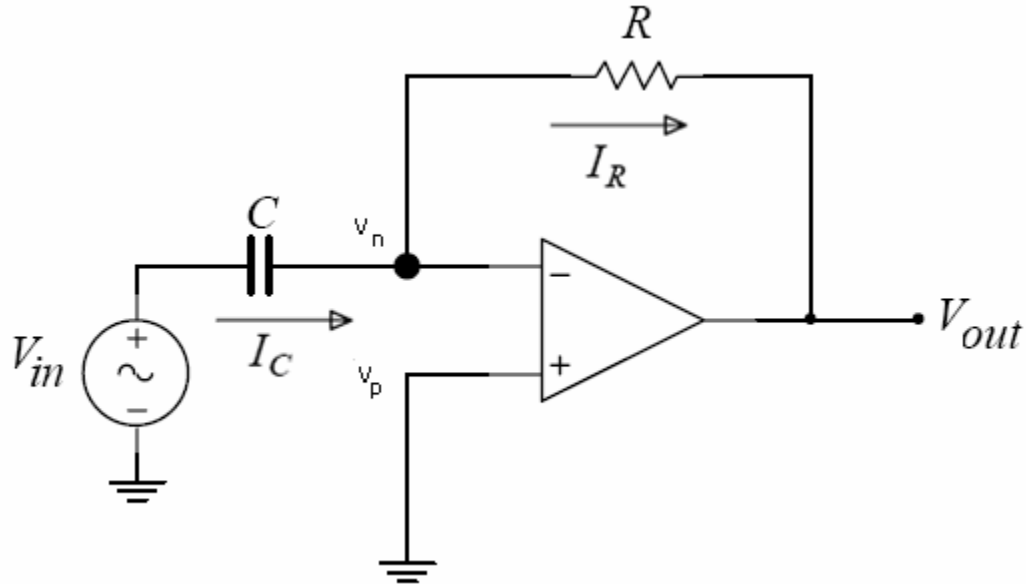


Mạch trên có đầu ra V_{out} tỷ lệ với tích phân của V_{in} vì thế gọi là bộ tích phân. Ta sẽ phân tích để chứng minh điều này.

Ta có: $I_R = I_C$ (vì $I_p = I_n = 0$); mà $I_R = \frac{V_{in} - V_n}{R} = \frac{V_{in}}{R}$; $I_C = C \frac{dV_C}{dt} = -C \frac{dV_{out}}{dt}$ nên ta có $\frac{V_{in}}{R} = -C \frac{dV_{out}}{dt} \Rightarrow V_{out} = -\frac{1}{RC} \int V_{in} dt$. Biểu thức trên chứng tỏ mạch trên là bộ tích phân đảo.

3.6.2.6 Bộ vi phân

-Sơ đồ mạch



-Mạch trên cho điện áp ra V_{out} tỉ lệ với vi phân của điện áp vào vì thế có tên là bộ vi phân. Ta sẽ tìm biểu thức thể hiện mối quan hệ giữa V_{out} và V_{in} để chứng minh điều này.

Ta có $I_c = I_R$; mà

$$I_c = C \frac{dV_c}{dt} = C \frac{d(V_{in} - V_n)}{dt} = C \frac{dV_{in}}{dt}; I_R = \frac{V_n - V_{out}}{R} = \frac{-V_{out}}{R}$$

$$C \frac{dV_{in}}{dt} = -\frac{V_{out}}{R} \Rightarrow V_{out} = -RC \frac{dV_{in}}{dt}$$

Biểu thức trên chứng tỏ mạch trên là bộ vi phân đảo.

Kỹ thuật điện tử

3.7 Tạo dao động điều hòa

3.7.1 Định nghĩa, tham số cơ bản

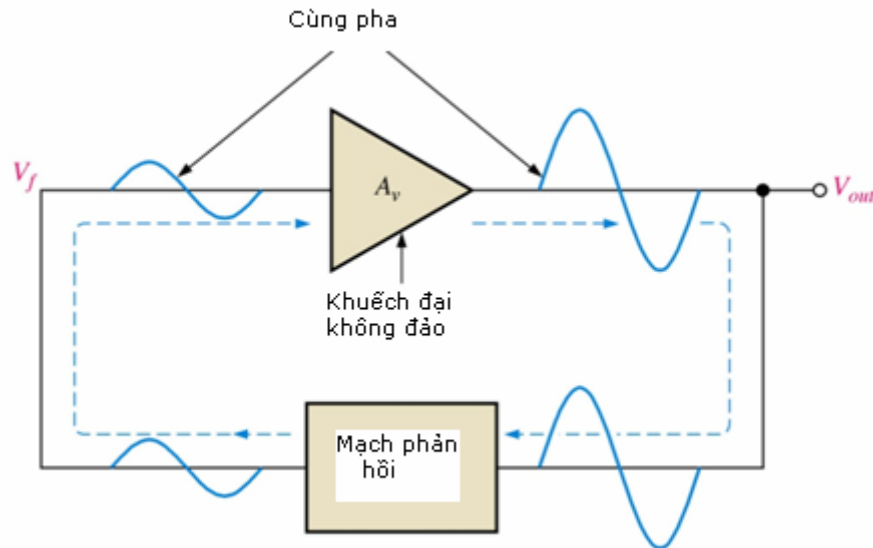
Định nghĩa dao động điều hoà: dao động điều hoà

Định nghĩa mạch tạo dao động

Các tham số cơ bản:

3.7.2 Sơ đồ khối, điều kiện tạo dao động

-Sơ đồ khối



Mạch tạo dao động điều hoà gồm 2 khối chính là khối khuếch đại và khối phản hồi. Khối khuếch đại là khối khuếch đại không đảo có hệ số khuếch đại A_v , khối phản hồi có hệ số truyền đạt là β .

-Điều kiện tạo dao động điều hoà

3.7.3 Tạo dao động LC

3.7.4 Tạo dao động RC

3.8 Nguồn chỉnh lưu

3.8.1 Định nghĩa, sơ đồ khối

Nguồn chỉnh lưu hàm chỉ bộ nguồn được xây dựng dựa trên việc chỉnh lưu dòng điện xoay chiều thành dòng điện một chiều. Sơ đồ khối của nguồn chỉnh lưu được thể hiện trên hình vẽ:

3.8.2 Các mạch chỉnh lưu một pha cơ bản

Mạch chỉnh lưu là bộ phận mạch không thể thiếu được trong nguồn chỉnh lưu. Các mạch chỉnh lưu làm nhiệm vụ biến dòng điện xoay chiều hình sin thành dạng nửa hình sin để thực hiện được điều này là nhờ tính chất van của điốt

Một số mạch chỉnh lưu một pha đã được nghiên cứu trong chương 2 bao gồm :Mạch chỉnh lưu $\frac{1}{2}$ chu kì, mạch chỉnh lưu 2 nửa chu kì và mạch chỉnh lưu cầu.

3.8.3 Mạch lọc trong bộ nguồn chỉnh lưu

Điện áp sau chỉnh lưu cần qua mạch lọc để giảm bớt độ thăng giáng. Các mạch lọc được xây dựng trên các linh kiện tụ điện, cuộn cảm, điện trở.

3.8.4 Ồn áp trong bộ nguồn chỉnh lưu

Mạch ổn áp là bộ phận mạch cuối cùng trong bộ nguồn chỉnh lưu. Mạch ổn áp có nhiệm vụ ổn định điện áp trước sự biến động của điện áp vào bộ nguồn và sự biến động của tải. Tuy nhiên sự biến động này phải nằm trong một dải xác định tùy thuộc vào linh kiện và kết cấu của mạch.

Tài liệu tham khảo

- [1] Tập thể tác giả : Đỗ Xuân Thụ, ... Kỹ thuật điện tử, Nhà xuất bản Giáo dục, 1999
- [2] Phạm Minh Hà : Kỹ thuật mạch điện tử, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật , Hà Nội, 1997
- [3] Nguyễn Thúy Vân : Kỹ thuật số, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 1995
- [4] Phạm Minh Việt, Trần Công Nhượng : Kỹ thuật mạch điện tử phi tuyến, Nhà xuất bản Giáo dục, Hà Nội, 2001
- [5] Đỗ Xuân Thụ, Nguyễn Viết Nguyên : Bài tập kỹ thuật điện tử, Nhà xuất bản Giáo dục, Hà Nội, 1999