TRƯỜNG ĐẠI HỌC GIAO THÔNG VẬN TẢI

KHOA ĐIỆN - ĐIỆN TỬ

Bộ môn Kỹ thuật Điện tử

----- 🕮 -----

Bài giảng

KỸ THUẬT ĐIỆN TỬ

Ngành: **Cơ khí chuyên dùng**

Biên soạn: **Ths. Phạm Thanh Huyền**

HÀ NỘI 1/ 2008

MỤC LỤC

CHƯƠNG I

CƠ SỞ ĐIỆN HỌC

I. NGUỒN GỐC CỦA DÒNG ĐIỆN **7**
1. Bản chất của nguyên tử **7**
2. Định luật Culomb **7**
3. Điện tử tự do **8**
II. MẠCH ĐIỆN VÀ CÁC ĐẠI LƯỢNG ĐẶC TRƯNG **8**
1 - Khái niệm chung **8**
2 - Các đại lượng đặc trưng **9**
a. Nguồn điện ***9***
b. Dòng điện ***10***
c. Sức điện động ***11***
d. Điện áp ***11***
e. Điện thế, hiệu điện thế ***11***
f. Công suất ***11***
II. Các định luật cơ bản khi phân tích mạch điện **11**
1. Định luật bảo toàn năng lượng **11**
2. Định luật về dòng điện (định luật Kiechoff 1) **11**
3. Định luật về điện áp (định luật Kiechoff 2) **11**
4. Định lý Thevenin **12**

CHƯƠNG II

LINH KIỆN THỤ ĐỘNG

I. Điện trở **13**
1 - Định nghĩa và ký hiệu **13**
a - Định nghĩa ***13***
b - Ký hiệu của điện trở trong mạch điện ***13***
c - Cấu trúc của điện trở. ***14***
2 - Các tham số kỹ thuật đặc trưng cho điện trở. **14**
a - Trị số điện trở và dung sai ***14***
b - Công suất tiêu tán cho phép ($P_{tt\ max}$) ***15***
c - Hệ số nhiệt của điện trở: TCR ***15***
3 - Cách ghi và đọc tham số trên thân điện trở **15**
a - Cách ghi trực tiếp ***15***
b - Ghi theo qui ước ***16***
4. Các kiểu mắc điện trở **17**
a. Mắc nối tiếp ***17***
b. Mắc song song ***17***
5 - Phân loại và ứng dụng của điện trở **18**
a - Phân loại ***18***

http://www.ebook.edu.vn

b - Ứng dụng của điện trở *19*
c - Một số điện trở đặc biệt *19*
II. Tụ điện **20**
1. Ký hiệu và cấu tạo của tụ điện **20**
a. Ký hiệu và hình dáng của tụ điện *20*
b. Cấu tạo *20*
2. Các tham số cơ bản của tụ điện **21**
a. Trị số điện dung và dung sai *21*
b. Trở kháng của tụ điện *22*
c. Điện áp làm việc *22*
d. Hệ số nhiệt *22*
e. Dòng điện rò *22*
3. Cách ghi và đọc tham số trên tụ điện **23**
a. Cách ghi trực tiếp *23*
b. Cách ghi theo quy ước *23*
4. Các kiểu ghép tụ **24**
a. Tụ điện ghép nối tiếp *24*
b. Tụ điện mắc song song *25*
5. Phân loại tụ điện **25**
a. Tụ có trị số điện dung không đổi *25*
b. Tụ có trị số điện dung biến đổi *27*
6. Các ứng dụng của tụ điện **28**
a. Tụ dẫn điện ở tần số cao *28*
b. Tụ nạp xả điện trong mạch lọc nguồn *28*
III. Cuộn cảm **29**
1. Cấu tạo và ký hiệu của cuộn dây **29**
2. Các tham số của cuộn dây **30**
a. Hệ số tự cảm *30*
b. Trở kháng của cuộn dây *31*
c. Hệ số phẩm chất Q của cuộn dây *31*
d. Tần số làm việc giới hạn của cuộn dây *31*
3. Các cách ghép cuộn dây **31**
a. Ghép nối tiếp *31*
b. Ghép song song *32*
4. Phân loại và ứng dụng của cuộn dây **32**
a. Theo lõi của cuộn dây *32*
b. Theo hình dáng *32*
c. Theo sự thay đổi của hệ số tự cảm *33*
d. Theo khu vực tần số làm việc *33*
e. Theo ứng dụng *33*
IV. Biến áp **34**
1. Ký hiệu và cấu tạo của biến áp **34**
2. Nguyên tắc hoạt động của máy biến áp **35**
3. Các tỉ lệ của biến áp **35**

http://www.ebook.edu.vn

4. Phân loại và ứng dụng của biến áp 36
a. Biến áp nguồn (biến áp cấp điện) 36
b. Biến áp cộng hưởng 37
c. Biến áp âm tần 37

CHƯƠNG III

LINH KIỆN TÍCH CỰC

I. Vật liệu bán dẫn 38
1. Định nghĩa và tính chất 38
2. Bán dẫn thuần (bán dẫn nguyên tính) 38
3. Bán dẫn pha tạp (bán dẫn ngoại tính) 39
a. Bán dẫn loại N (bán dẫn loại cho, pha tạp chất donor) 39
b. Bán dẫn loại P (bán dẫn loại nhận, pha tạp chất acceptor) 39
II. Diode 40
1. Cấu tạo và ký hiệu 40
2. Nguyên tắc làm việc, đặc tuyến Von-ampe của diode 40
3. Sơ đồ tương đương của diode 41
a. Khi diode phân cực thuận 41
b. Sơ đồ tương đương khi diode phân cực ngược 42
4. Phân loại và ứng dụng của diode 42
a. Diode chỉnh lưu 42
b. Diode ổn áp (Zene) 43
c. Diode biến dung 44
d. Diode phát sáng (LED – Light emitting Diode) 44
e. Diode thu sáng (Photo diode) 44
i. Tế bào quang điện 45
III. Transistor lưỡng cực - BJT 45
1. Cấu tạo và ký hiệu BJT 46
2. Nguyên tắc làm việc của transistor ở chế độ tích cực 47
3. Transistor làm việc như khoá điện tử 48
a. Chế độ ngắt 48
b. Chế độ dẫn bão hoà 49
4. Phân cực và định điểm làm việc cho Transistor 50
a. Nguyên tắc chung 50
b. Đường tải tĩnh và điểm công tác tĩnh 50
5. Các sơ đồ phân cực cho transistor 51
a. Sơ đồ phân dòng cố định 51
b. Sơ đồ phân cực hồi tiếp âm điện áp 52
c. Sơ đồ phân áp 53
IV. Transistor hiệu ứng trường – FET 54
1. Khái niệm chung 54
a. Nguyên tắc hoạt động 54
b. Phân loại 54

http://www.ebook.edu.vn

c. Ký hiệu FET trong sơ đồ mạch *54*
d. Ưu điểm và nhược điểm của FET *54*
1. Transistor trường điều khiển bằng tiếp xúc P - N (JFET) **55**
a. Cấu tạo và nguyên tắc hoạt động *55*
3. Transistor trường loại MOSFET **56**
V. Một số loại linh kiện tích cực khác **59**
a. Cấu tạo và ký hiệu *61*

CHƯƠNG IV

VI MẠCH TÍCH HỢP VÀ KHUẾCH ĐẠI THUẬT TOÁN

I. Vi mạch tích hợp **65**
1. Định nghĩa và phân loại vi mạch **65**
a. Phân loại vi mạch theo bản chất của tín hiệu vào / ra *65*
b. Phân loại theo mật độ tích hợp *65*
4. Phân loại theo công nghệ chế tạo *66*
II. Khuếch đại thuật toán **67**
1. Ký hiệu và cấu tạo **67**
2. Các thông số chính của bộ KĐTT **68**
a. Hệ số khuếch đại *68*
b. Điện áp lệch không *69*
c. Tỷ số nén tín hiệu đồng pha *70*
2. Các sơ đồ mắc cơ bản của bộ KĐTT **68**
a. Mạch khuếch đại đảo *70*
b. Mạch khuếch đại thuận (không đảo) *71*
c. Mạch khuếch đại tổng *71*
d. Mạch khuếch đại hiệu *71*
e. Mạch tích phân *72*
g. Mạch vi phân *73*
h. Mạch so sánh *73*

CHƯƠNG V

MẠCH SỐ

I. Khái niệm cơ bản **78**
1. Các hệ đếm thông dụng **78**
2. Chuyển đổi giữa các hệ đếm khác nhau **79**
a. Chuyển đổi số từ hệ 10 sang hệ 2 ..... *79*
b. Chuyển đổi số từ hệ 10 sang hệ 8 ..... *79*
c. Chuyển đổi số từ hệ 10 sang hệ 16 ..... *80*
d. Chuyển đổi số từ hệ 2 sang hệ 16 ..... *80*
3. Mã hoá hệ số 10 ..... **80**
a. Khái niệm về mã hoá hệ số *80*
b. Các loại mã thông dụng *80*
II. Đại số boolean **82**

http://www.ebook.edu.vn

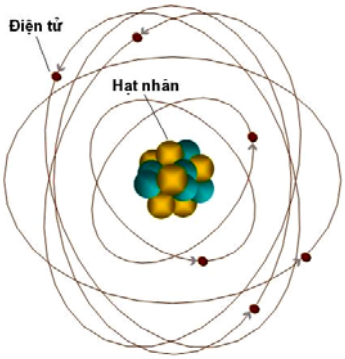
1. Mở đầu **82**
2. Một số tiên đề và định lý của đại số logic **82**
3. Phương pháp biểu diễn hàm logic **83**
a. Phương pháp dùng bảng giá trị của hàm ***83***
b. Phương pháp hình học ***84***
c. Phương pháp biểu thức đại số ***84***
d. Phương pháp dùng bảng Karnaugh ***84***
III. Các hàm logic sơ cấp **83**
IV. Các phần tử nhớ cơ bản **87**
1. Định nghĩa và phân loại **87**
2. RS Flip-Flop **87**
3. JK Flip-Flop **89**
4. D Flip-Flop **90**
5. T Flip-Flop **91**
V. Một số mạch ứng dụng **92**
1. Bộ cộng nhị phân một cột số **92**
2. Mạch mã hoá - lập mã (ENCODER) **94**
3. Mạch giải mã (DECODER) **94**
4. Mạch đếm **96**
5. Thanh ghi dịch **100**

Chương I

CƠ SỞ ĐIỆN HỌC

I. NGUỒN GỐC CỦA DÒNG ĐIỆN

1. Bản chất của nguyên tử



Tất cả các vật chất đều hình thành từ các hạt nhỏ li ti. Những hạt này có mật độ dày đặc và làm cho vật chất dường như là liên tục vì chúng quá nhỏ và di chuyển với tốc độ cực nhanh. Các nhà khoa học đã nhận biết được 92 loại vật chất cơ bản trong tự nhiên, chúng gọi là các nguyên tố. Sau này có một vài nguyên tố do con người tạo ra. Mỗi một nguyên tố đều có cấu trúc hạt của riêng nó được gọi là các nguyên tử. Cho tới cuối thế kỷ 19 người ta vẫn cho rằng nguyên tử là một phần tử vật chất không có cấu trúc và không thể phân chia. Tuy nhiên, sau hàng loạt những nghiên cứu, tới nay người ta đã đưa ra mô hình đúng đắn của nguyên tử dù rằng vẫn chưa thực sự biết được có hạt vật chất nào nhỏ nhất hay không. Dưới đây là một số kết quả của lý thuyết nguyên tử đã được thừa nhận rộng rãi, nó giải thích đặc tính của vật chất tốt hơn bất cứ lý thuyết nào khác.

Tất cả các nguyên tử đều bao gồm một hạt nhân nhỏ tập trung hầu hết khối lượng của nguyên tử. Quay xung quanh hạt nhân này là các điện tử (electron) mang điện tích âm, nhỏ và nhẹ hơn nhiều.

Một sự thay đổi nhỏ trong nguyên tử cũng có thể tạo nên một sự khác biệt cực kỳ lớn về tính chất của nó. Ví dụ, chúng ta chỉ có thể sống được nếu thở bằng oxy thuần tuý nhưng không thể sống nếu chỉ có khí nito. Oxy có thể làm kim loại bị ăn mòn nhưng nito thì không. Mặc dù ở điều kiện bình thường cả oxy và nito đều không màu, không mùi, không vị và trọng lượng nguyên tử gần bằng nhau. Chúng khác nhau vì oxy có 8 proton trong khi nito chỉ có 7.

Hạt nhân bao gồm các hạt proton và nơtron, proton mang điện tích dương còn nơtron không mang điện.

$$q_p = - q_e = 1,6 \times 10^{-19}\ C$$

Khi nguyên tử ở trạng thái bình thường số proton = số điện tử nên nguyên tử trung hoà về điện.

Xét về mặt điện tích thì vật chất ở một trong 3 trạng thái:

- Bình thường số lượng điện tích dương trong hạt nhân bằng số lượng điện tích âm của các điện tử bao quanh, nguyên tử trung hoà về điện.
- Nếu nguyên tử bị mất bớt điện tử thì lượng điện tích dương trong hạt nhân lớn hơn điện tích âm, nguyên tử trở thành ion dương.
- Nếu nguyên tử nhận thêm điện tử thì lượng điện tích dương trong hạt nhân nhỏ hơn điện tích âm, nguyên tử trở thành ion âm.

2. Định luật Culomb

Qua khảo sát lực tác dụng tương hỗ giữa các vật mang điện người ta nhận thấy:

- Hai vật mang điện cùng dấu đẩy nhau, hai vật mang điện trái dấu hút nhau.
- Lực đẩy hay lực hút tỉ lệ với tích số hai lượng điện tích và tỉ lệ nghịch với bình phương khoảng cách giữa chúng. Lực này có công thức tính như sau:

http://www.ebook.edu.vn

$$F = k.\frac{q_1.q_2}{d^2}$$

trong đó:

F: lực Culomb, đơn vị là niutơn (N)
q_1, q_2: điện tích, đơn vị là culông (C)
d: khoảng cách, đơn vị là mét (m)
k: hằng số phụ thuộc vào môi trường

3. Điện tử tự do

Theo định luật Culomb thì hạt nhân và điện tử bao quanh có điện tích trái dấu nên sẽ hút nhau.

Vì lý do nào đó (ví dụ nhận năng lượng bên ngoài) các điện tử thoát khỏi liên kết với hạt nhân của nó và di chuyển tự do thì người ta gọi đó là điện tử tự do.

Tuy nhiên, do các nguyên tử luôn có xu hướng làm cho số lượng điện tử ở lớp ngoài cùng của nó đạt số tối đa (theo công thức $2n^2$) nên các nguyên tử có số lượng gần đạt thì nhận thêm điện tử, ngược lại các nguyên tử có số điện tử ở lớp ngoài cùng rất ít thì cho điện tử đi. Nghĩa là các điện tử của loại nguyên tử này dễ dàng thoát ly khỏi lực hút của hạt nhân và trở thành điện tử tự do. Kim loại là một ví dụ điển hình của hiện tượng này.

II. MẠCH ĐIỆN VÀ CÁC ĐẠI LƯỢNG ĐẶC TRƯNG

1 - Khái niệm chung

Mạch điện là một hệ thống các thiết bị điện ghép thành những vòng kín, gồm một số nhánh, trong đó những quá trình truyền động năng lượng điện từ được thực hiện nhờ sự phân bố dòng điện và điện áp trên các nhánh.

Kết cấu chính của mạch điện là nhánh, đó là một đoạn mạch gồm những phần tử mắc nối tiếp và dòng điện chạy từ đầu này tới đầu kia của nhánh. Nút là điểm gặp nhau của 3 nhánh trở lên. Vòng là một lối đi khép kín qua các nhánh.

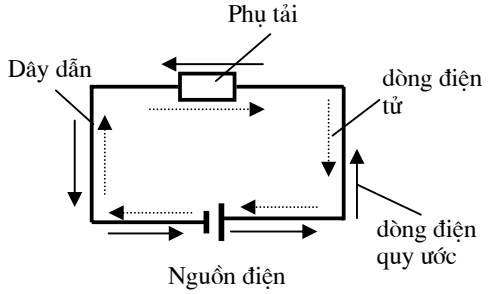
Trong mạch điện có thể có nhiều thiết bị hoạt động trên những nguyên tắc vật lý khác nhau nhưng theo quan điểm năng lượng thì có thể chia thành 3 nhóm lớn sau:

+ Nguồn điện là các thiết bị dùng để biến đổi các dạng năng lượng như cơ năng, hoá năng, nhiệt năng ... sang điện năng. Ví dụ: pin, acquy, máy phát điện ...

+ Phụ tải là các thiết bị dùng để biến đổi điện năng sang các dạng năng lượng khác như cơ năng, nhiệt năng, quang năng ... Ví dụ: động cơ điện, bếp điện, bóng điện ...

+ Dây dẫn là các dây kim loại dùng để truyền tải điện năng từ nguồn tới phụ tải.

Chiều dòng điện quy ước xuất phát từ cực dương của nguồn điện, qua phụ tải và trở về cực âm



của nguồn. Dòng điện tử thực sự tạo nên dòng điện chạy ngược chiều với chiều quy ước, điện tử xuất phát từ cực âm nguồn, qua phụ tải và tới cực dương của nguồn. Qúa trình chuyển động của điện tử trong mạch điện như sau:

+ Dây dẫn làm bằng vật liệu có khả năng dễ dàng phóng thích các điện tử (trong cấu tạo nguyên tử của chúng có lớp điện tử ngoài cùng linh động) như đồng, nhôm, bạc …

+ Dùng nguồn năng lượng bên ngoài để tạo lực làm chuyển động các hạt điện tử để tạo thành dòng điện. Cực dương của nguồn điện sẽ làm tách các điện tử lớp ngoài cùng của nguyên tử để hút về nguồn, khi đó nguyên tử của vật liệu dây dẫn bị mất điện tử và trở thành ion dương cố định. Các ion dương sẽ này hút các điện tử từ âm cực của nguồn để được trung hoà về điện.

+ Cực dương của nguồn lại hút để lấy đi điện tử, quá trình cứ liên tục như vậy và tạo ra dòng chuyển động điện tử tuần hoàn do tương tác điện tích giữa nguồn điện với nguyên tử kim loại và cho

http://www.ebook.edu.vn

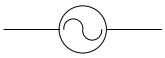
ta dòng điện chạy liên tục trong mạch điện. Quá trình chuyển hoá chỉ kết thúc khi ta ngắt nguồn điện hoặc khi nguồn điện hết khả năng phóng thích điện tử (tức là hết điện).

2 - Các đại lượng đặc trưng

a. Nguồn điện

Có hai loại nguồn điện là nguồn biến đổi và nguồn cố định theo thời gian.

+ Nguồn biến đổi theo thời gian (nguồn AC – Alternative Current)

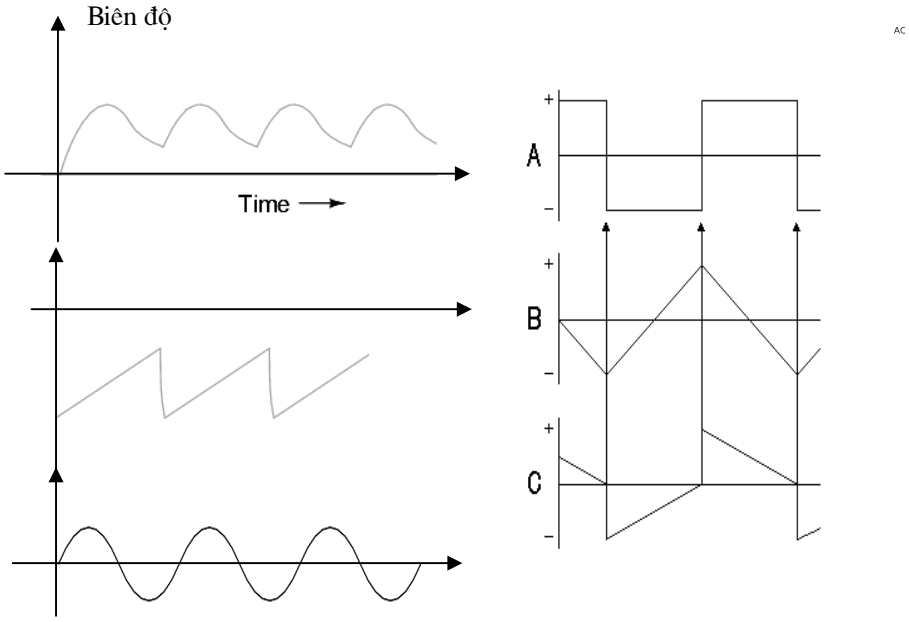
Ký hiệu : 

Nguồn AC được tạo ra bởi các mạch điện tử hoặc các máy phát điện, nó có các dạng như sau:

. Nguồn biến đổi theo một cực tính (dương hoặc âm) tuần hoàn theo thời gian hoặc không tuần hoàn theo thời gian. Nếu biến đổi tuần hoàn theo thời gian ở dạng hình sin gọi là biến đổi điều hoà.

. Nguồn biến đổi phân cực tính (dương hoặc âm), nghĩa là nguồn đổi chiều hay xoay chiều. Có loại biến đổi tuần hoàn hoặc không tuần hoàn theo thời gian. Nếu biến đổi tuần hoàn theo thời gian có dạng hình sin gọi là biến đổi điều hoà.

Một số dạng nguồn AC:

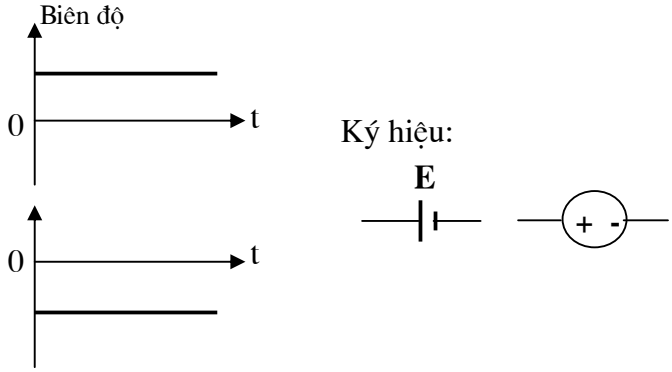


Chú ý: nguồn xoay chiều mà ta quen gọi chỉ là một dạng riêng của nguồn AC, khi đó nguồn ở dạng điều hoà hình sin, phân cực tính.

+ Nguồn không đổi theo thời gian (nguồn DC – Dirrect Current)

Nguồn DC được tạo ra từ pin, acquy hoặc nhờ các bộ nắn điện AC … Khi đó nguồn tạo ra dòng có chiều và giá trị không đổi theo thời gian (xem hình dưới), thường gọi là nguồn một chiều.

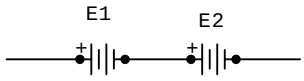
Ký hiệu của nguồn DC như sau:



http://www.ebook.edu.vn

**** Kết hợp nguồn DC và nguồn AC***

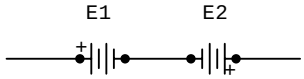
1. Khi mắc nối tiếp hai nguồn E1 và E2 ta sẽ được nguồn tương đương có giá trị E = E1 + E2 và I = I1 + I2



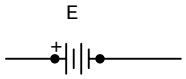
tương đương với

E = E1 + E2

2. Khi mắc nối tiếp đối đầu nhau sẽ được nguồn tương đương có giá trị E = E1 – E2 và I = I1 – I2

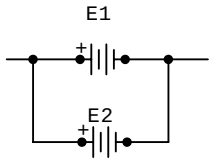


tương đương với

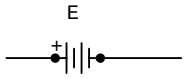


E = E1 - E2

3. Khi mắc song song hai nguồn điện với nhau sẽ được nguồn điện E tương đương có giá trị bằng giá trị của nguồn mạnh hơn và dòng bằng tổng các dòng thành phần.

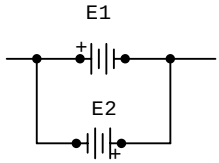


tương đương với

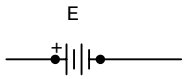


E = E1 (nếu E1 > E2)

4. Khi mắc song song đối đầu hai nguồn điện thì sẽ được nguồn tương đương E có giá trị bằng hiệu và dòng cũng bằng hiệu các dòng thành phần.

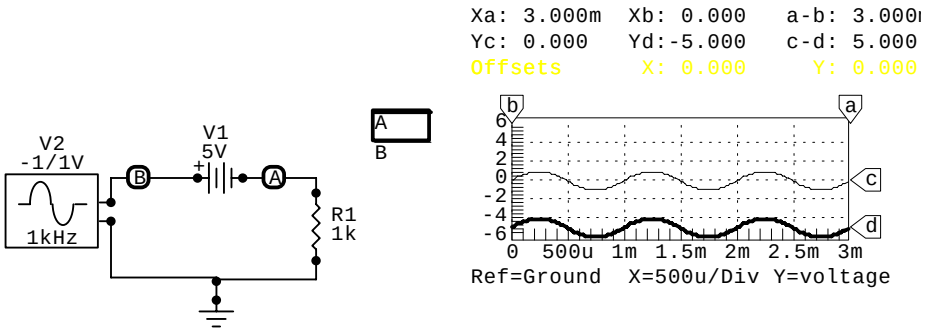


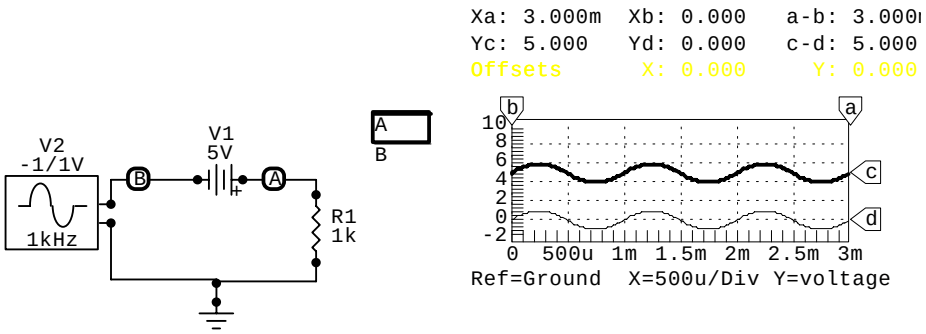
tương đương với



E = E1 – E2 (nếu E1 > E2)

5. Khi mắc nguồn DC với nguồn AC ta sẽ được một nguồn AC tương đương có giá trị tương ứng với cách mắc như sau:





Trên thực tế người ta không mắc nguồn DC và AC song song

b. Dòng điện

Dòng điện là dòng chuyển dời có hướng của các hạt mang điện. Về mặt trị số nó bằng tốc độ biến thiên của điện tích qua tiết diện ngang một vật dẫn bất kỳ.

$$i = \frac{dq}{dt}$$

Chiều dòng điện quy ước là chiều chuyển động của các điện tích dương trong điện trường. Trên một nhánh, dòng điện có thể biến thiên theo thời gian và có thể đổi cả chiều chạy.

Cường độ dòng điện (thường gọi tắt là dòng điện) được ký hiệu là I biểu thị dòng không đổi và i biểu thị dòng thay đổi. Đơn vị của cường độ dòng điện là Ampe (ký hiệu là A).

c. Sức điện động

Để tạo nên dòng điện nguồn điện phải tạo ra một lực (sức) điện để làm tách các điện tử bứt rời khỏi liên kết nguyên tử và định hướng chuyển đọng của nó. Lực (sức) điện của nguồn điện nói chung dùng để để tạo ra dòng điện gọi là sức điện động.

Sức điện động được ký hiệu là E biểu thị có giá trị không đổi hoặc e hay ξ biểu thị giá trị biến đổi. Đơn vị đo giá trị của sức điện động là Volt (ký hiệu là V).

Sức điện động càng lớn sẽ tạo lực hút các điện tử càng mạnh, khi đó sinh ra dòng điện chạy trong mạch điện lớn.

d. Điện áp

Điện áp là áp lực điện của nguồn dùng để đẩy các hạt điện lưu thông trong mạch.

Như vậy, sức điện động tạo lực làm chuyển động các điện tử, đó chính là nội lực của nguồn, trong khi điện áp tạo áp lực làm vận chuyển dòng điện, đó chính là ngoại lực của nguồn.

Điện áp được ký hiệu là U biểu thị áp không đổi và u biểu thị áp thay đổi. Đơn vị của điện áp giống như đơn vị dùng để đo giá trị sức điện động, tức là Volt.

e. Điện thế, hiệu điện thế

Trong mạch điện, mỗi vị trí sẽ có một thế năng điện riêng, gọi tắt là điện thế. Điện thế tại một điểm là thế năng của một đơn vị điện tích dương đặt tại điểm đó so với điểm xa vô cùng, là điểm được coi là có điện thế bằng 0. Về mặt trị số, điện áp bằng công do lực điện trường sinh ra khi dịch chuyển một đơn vị điện tích dương từ điểm có điện thế cao tới điểm có điện thế thấp. Đây cũng chính là chiều dòng điện nếu ta nối giữa hai điểm chênh lệch điện áp đó bằng một dây dẫn.

Hiệu điện thế giữa hai điểm chính là năng lượng của nguồn điện cần để dịch chuyển điện lượng q giữa hai điểm đó.

Đơn vị của hiệu điện thế giống như của sức điện động và điện áp, đó là Volt.

f. Công suất

Khi nguồn điện tạo ra sức điện động E để làm dịch chuyển các hạt điện tạo ra dòng điện I. Như vậy, nguồn điện có một năng lượng, thường gọi là công suất Pn của nguồn.

$$Pn = E.I$$ gọi là công suất phát ra của nguồn điện.

Khi dòng điện I chạy qua tải ở mạch ngoài và U là hiệu điện thế ở hai đầu tải tiêu thụ, ta nói công suất tiêu thụ ở tải có giá trị là Pt.

$$Pt = U.I$$

II. CÁC ĐỊNH LUẬT CƠ BẢN KHI PHÂN TÍCH MẠCH ĐIỆN

1. Định luật bảo toàn năng lượng

Công suất phát ra từ nguồn bằng tổng công suất tiêu thụ mạch ngoài (gồm cả công suất có ích và công suất tổn thất)

Tỷ số giữa công suất có ích và công suất phát ra của nguồn gọi là hiệu suất

Để giảm thiểu công suất tổn thất (chủ yếu do nhiệt trên đường truyền và sự phản xạ sóng) cần ***phối hợp tổng trở*** trong việc truyền thông tin.

2. Định luật về dòng điện (định luật Kiechoff 1)

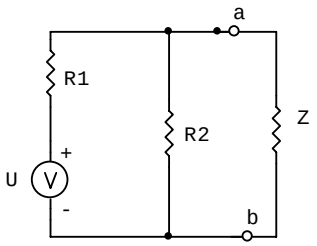
Tổng các dòng đi vào một nút bằng tổng các dòng điện đi ra khỏi nút mạch đó.

3. Định luật về điện áp (định luật Kiechoff 2)

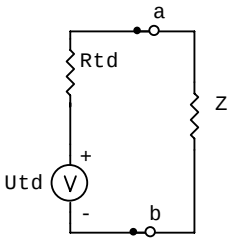
Tổng đại số các điện áp trong một vòng kín bằng 0.

4. Định lý Thevenin

Định lý: Một mạch bất kỳ gồm các trở và các nguồn sức điện động có hai điểm đầu ra là a và b đều có thể thay thế bởi một nguồn thế Utđ và một điện trở tương đương Rtđ mắc nối tiếp. Độ lớn và cực của Utđ đồng nhất với thế hở mạch tại a và b còn điện trở tương đương tính trên tải với tất các các nguồn bị tắt (hở mạch nguồn dòng và ngắn mạch nguồn áp).
Ví dụ: Cho mạch điện gồm như hình a)



a)



b)

áp dụng định lý Thevenin cho đoạn mạch ab, ta có mạch tương đương như hình b)

Trong đó:

$$U_{td} = \frac{R2}{R1 + R2} U$$

$$R_{td} = \frac{R1R2}{R1 + R2}$$

Chương II

LINH KIỆN THỤ ĐỘNG

Trạng thái điện của một phần tử được thể hiện qua hai thông số trạng thái là điện áp u giữa 2 đầu và dòng điện i chảy qua nó, khi phần tử tự nó tạo được các thông số này thì nó được gọi là ***phần tử tích cực*** (có thể đóng vai trò như một nguồn điện áp hay nguồn dòng điện). Ngược lại, phần tử không tự tạo được điện áp hay dòng điện trên nó thì cần phải được nuôi từ một nguồn sức điện động bên ngoài. Người ta gọi đó là các ***phần tử thụ động***, cụ thể trong mạch điện và thiết bị điện tử là điện trở, tụ điện và cuộn dây. Chương này sẽ đề cập đến một số tính chất quan trọng của các loại linh kiện đó.

I. ĐIỆN TRỞ

1 - Định nghĩa và ký hiệu

a - Định nghĩa

Điện trở là linh kiện dùng để ngăn cản dòng điện trong mạch. Nói một cách khác là nó điều khiển mức dòng và điện áp trong mạch.

Để đạt được một giá trị dòng điện mong muốn tại một điểm nào đó của mạch điện hay giá trị điện áp mong muốn giữa hai điểm của mạch người ta phải dùng điện trở có giá trị thích hợp. Tác dụng của điện trở không khác nhau trong mạch điện một chiều và cả mạch xoay chiều, nghĩa là chế độ làm việc của điện trở không phụ thuộc vào tần số của tín hiệu tác động lên nó.

Hầu hết điện trở đều làm từ chất cách điện và nó có mặt ở hầu khắp các mạch điện.

Có thể xác định giá trị điện trở theo định luật Ohm như sau:

Trong chế độ tĩnh: $R = \frac{U}{I} (\Omega)$

Trong chế độ tín hiệu nhỏ: $r = \frac{\Delta U}{\Delta I} hay \frac{\partial u}{\partial i}$ gọi là điện trở vi phân

Với U: sụt áp trên điện trở [V]

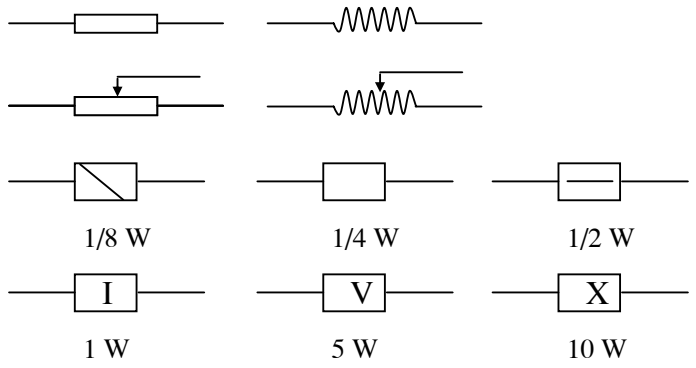
I : dòng điện chạy qua điện trở [A]

R: điện trở [Ω]

Các giá trị của R thường là : mΩ, Ω ,kΩ , MΩ ,GΩ.

Điện trở dẫn cả dòng một chiều và xoay chiều. Điện áp và dòng điện cùng pha.

b - Ký hiệu của điện trở trong mạch điện



Điện trở thường

Điện trở biến đổi

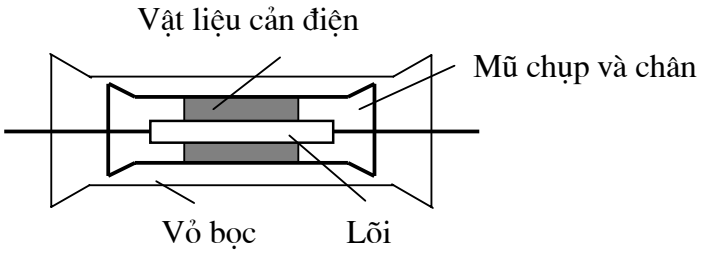
Điện trở công suất

http://www.ebook.edu.vn

Hình dáng thực tế của điện trở:

c - Cấu trúc của điện trở.

Điện trở nhiều dạng kết cấu khác nhau tuỳ theo loại nhưng nói chung có thể biểu diễn cấu trúc tổng quát của một điện trở như sau:



2 - Các tham số kỹ thuật đặc trưng cho điện trở.

Khi sử dụng một điện trở thì các tham số cần quan tâm là: giá trị điện trở tính bằng Ohm (Ω); sai số hay dung sai là mức thay đổi tương đối của giá trị thực so với giá trị sản xuất danh định sản xuất ghi trên nó tính theo phần trăm (%); công suất tối đa cho phép tính bằng oat (W) và đôi khi cả tham số về đặc điểm cấu tạo và loại vật liệu được dùng để chế tạo điện trở.

a - Trị số điện trở và dung sai

Trị số của điện trở là tham số cơ bản, yêu cầu đối với trị số là ít thay đổi theo nhiệt độ, độ ẩm, thời gian… Nó đặc trưng cho khả năng cản điện của điện trở.

Trị số của điện trở phụ thuộc vào vật liệu cản điện, kích thước của điện trở và nhiệt độ môi trường.

Công thức: $R = \rho.\dfrac{l}{S}$

ρ: điện trở suất của vật liệu cản điện [Ωm]
l: chiều dài dây dẫn [m]
S: tiết diện dây dẫn [m^2]

Dung sai (sai số) biểu thị mức độ chênh lệch trị số thực tế của điện trở so với trị số danh định và được tính theo %.

Dung sai được tính : $\dfrac{R_{tt} - R_{dd}}{R_{dd}}.100\%$

Với R_{tt} và R_{dd} là giá trị điện trở thực tế và danh định

Dựa vào đó người ta sản xuất điện trở theo 5 cấp chính xác

Cấp 005 : có sai số ± 0.5%
Cấp 001 : có sai số ± 0.1%
} Dùng trong mạch yêu cầu độ chính xác cao

Cấp I : có sai số ± 5%
Cấp II : có sai số ± 10%
Cấp III : có sai số ± 20%
} Dùng trong kỹ thuật mạch điện tử thông thường

http://www.ebook.edu.vn

b - Công suất tiêu tán cho phép ($P_{tt\,max}$)

Khi có dòng điện chạy qua điện trở sẽ tiêu tán năng lượng điện dưới dạng nhiệt, với công suất là:

$$P_{tt} = \frac{U^2}{R} = I^2.R \ \text{[W]}$$

Tuỳ theo vật liệu cản điện được dùng mà điện trở chỉ chịu được tới một nhiệt độ nào đó. Vì vậy số W chính là thông số cho biết khả năng chịu nhiệt của điện trở.

Công suất tiêu tán cho phép là công suất điện cao nhất mà điện trở có thể chịu đựng được, nếu quá ngưỡng đó thì điện trở sẽ nóng lên và có thể bị cháy.

$$P_{tt\,\max} = \frac{U_{\max}{}^2}{R} = I_{\max}{}^2.R$$

Để điện trở làm việc bình thường thì:

$$P_{tt} < P_{tt\,\max}$$

Thông thường người ta sẽ chọn công suất của điện trở theo công thức:

$$P_R \geq 2P_{tt}$$

Trong đó 2 là hệ số an toàn. Trường hợp đặc biệt có thể chọn hệ số an toàn lớn hơn.

Điện trở than có công suất tiêu tán thấp trong khoảng 0.125; 0.25; 0.5;1.2W

Điện trở dây quấn có công suất tiêu tán từ 1W trở lên và công suất càng lớn thì yêu cầu điện trở có kích thước càng to (để tăng khả năng toả nhiệt).

Trong tất cả các mạch điện, tại khu vực cấp nguồn tập trung dòng mạnh nên các điện trở phải có kích thước lớn. Ngược lại, tại khu vực xử lý tín hiệu, nơi có dòng yếu nên các điện trở có kích thước nhỏ bé.

c - Hệ số nhiệt của điện trở: TCR

Hệ số nhiệt của điện trở biểu thị sự thay đổi trị số của điện trở theo nhiệt độ môi trường và được tính theo công thức:

$$TCR = \frac{1}{R}.\frac{\Delta R}{\Delta T}.100\% \ [\text{ppm}/^0\text{C}]$$

ΔR: lượng thay đổi của trị số điện trở khi nhiệt thay đổi một lượng ΔT.

TCR là trị số biến đổi tương đối tính theo phần triệu của điện trở trên 1°C. TCR càng bé tức độ ổn định nhiệt độ càng cao.

Điện trở than làm việc ổn định nhất ở nhiệt độ 20°C. Khi nhiệt độ tăng hay giảm thì trị số của điện trở than đều tăng.

Điện trở dây cuốn có sự thay đổi điện trở theo nhiệt độ như chất dẫn điện thông thường, nghĩa là trị số của điện trở tăng giảm theo sự giảm tăngcủa nhiệt độ.

Có thể tính sự thay đổi của trị số điện trở theo TCR và ΔT như sau:

$$\Delta R = \pm\frac{R}{10^6}.TCR.\Delta T \ [\Omega]$$

$\Rightarrow$ TCR càng nhỏ càng tốt. Để TCR$\rightarrow$ 0 thì người ta thường dùng vật liệu cản điện có $\rho \approx$ 0.5$\mu\Omega$m và có hệ số nhiệt của điện trở suất nhỏ.

Ví dụ: Bột than nén, màng than tinh thể, màng kim loại (Ni Cr), màng oxit kim loại…

3 - Cách ghi và đọc tham số trên thân điện trở

Trên thân điện trở thường ghi các tham số đặc trưng để tiện cho việc sử dụng, như là: trị số điện trở, dung sai, công suất tiêu tán (nếu có). Có thể ghi trực tiếp trên thân điện trở hoặc theo qui ước.

a - Cách ghi trực tiếp

Nếu thân điện trở đủ lớn (ví dụ như điện trở dây quấn) thì người ta ghi đầy đủ giá trị và đơn vị đo

Ví dụ: 220K 1W

(điện trở có trị số 220Ω, dung sai 10%, công suất tiêu tán cho phép là 1W).

http://www.ebook.edu.vn

b - Ghi theo qui ước

Không ghi đơn vị Ohm. Quy ước như sau:

+ Các chữ cái biểu thị đơn vị: R (hoặc E) = Ω; M = MΩ; K = KΩ.

+ Vị trí của chữ cái biểu thị dấu thập phân

+ Chữ số cuối biểu thị hệ số nhân

Ví dụ:	6R8	= 6.8Ω	2M2	= 2.2MΩ
	R3	= 0.3Ω	4R7	= 4E7 = 4.7Ω
	K47	= 0.47KΩ	332R	= 33.100 Ω
	150	= 150Ω		

Qui ước theo mã

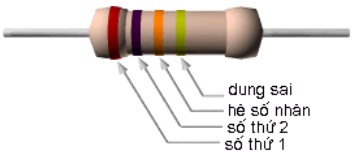
Gồm các số để chỉ thị trị số (chữ số cuối chỉ hệ số nhân hay số số 0 thêm vào) và chữ cái để chỉ % dung sai.

F = 1%; G = 2%; J = 5%; K = 10%; M =20%

Ví dụ:	681J = 680Ω	5%
	153K = 15000Ω	10%
	4703G = 470 KΩ	2%

Qui ước mầu

Khi các điện trở có kích thước nhỏ (ví dụ như điện trở than) thì người ta không thể ghi số và chữ lên được. Người ta sử dụng các vạch mầu để ghi tham số. Có 2 loại vòng mầu là loại 4 mầu và 5 mầu.

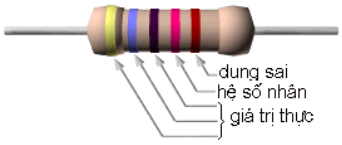


4vòng mầu

Hai vòng đầu chỉ số có nghĩa thực

Vòng ba chỉ số số 0 thêm vào

Vòng bốn chỉ dung sai



5 vòng mầu

Ba vòng đầu chỉ số có nghĩa thực

Vòng bốn chỉ số số 0 thêm vào

Vòng năm chỉ dung sai

Bảng quy ước màu cho điện trở

Màu	Trị số thực Vạch 1,2 (3)	Hệ số nhân Vạch 3 (4)	Dung sai Vạch 4 (5)
Đen	0	10^0	
Nâu	1	10^1	1 %
Đỏ	2	10^2	2%
Cam	3	10^3	-
Vàng	4	10^4	-
Lục	5	10^5	-
Lam	6	10^6	-
Tím	7	10^7	-
Xám	8	10^8	-
Trắng	9	10^9	-
Vàng kim	-	10^{-1}	5 %
Bạch kim	-	10^{-2}	10%

Chú ý:

+ Vòng 1 là vòng gần đầu điện trở hơn vòng cuối cùng. Tuy nhiên, có nhiều điện trở có kích thước nhỏ nên khó phân biệt đầu nào gần đầu điện trở hơn, khi đó ta xem vòng nào được tráng nhũ thì vòng đó là vòng cuối. Nên để điện trở ra xa và quan sát bằng mắt, khi đó ta sẽ không nhìn thấy vòng tráng nhũ, nghĩa là dễ dàng nhận ra được vòng nào là vòng 1.

+ Trường hợp chỉ có 3 vòng màu thì sai số là ± 20%

+ Người ta không chế tạo điện trở có đủ các trị số từ nhỏ nhất đến lớn nhất mà chỉ chế tạo điện trở có trị số theo tiêu chuẩn (xem bảng dưới đây). Do vậy nếu cần những giá trị đặc biệt phải chọn

http://www.ebook.edu.vn

giá trị gần trong bảng nhất hoặc phải đấu nối kết hợp nhiều điện trở với nhau để có giá trị thích hợp.

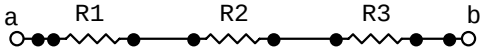
Bảng các giá trị sản xuất thực của điện trở

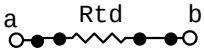
<10 Ω	Ω		KΩ		MΩ	
0,33	10	180	1	18,0	0,27	6,5
0,5	12	220	1,2	22,0	0,33	8,2
1	15	270	1,5	27,0	0,39	10,0
1,5	18	330	1,8	33,0	0,47	12,0
2	22	390	2,2	39,0	0,56	15,0
3	27	470	2,7	47,0	0,68	18,0
3,3	33	560	3,3	56,0	0,82	22,0
3,9	39	680	3,9	68,0	1,0	
4	47	820	4,7	82,0	1,2	
4,7	56		5,6	100	1,8	
5	68		6,8	120	2,2	
5,6	82		8,2	150	2,7	
6	100		10,0	180	3,3	
6,5	120		12,0	220	4,7	
8	150		15,0		5,6	

4. Các kiểu mắc điện trở

a. Mắc nối tiếp

Giả sử mắc 3 điện trở nối tiếp nhau như hình vẽ, khi đó 3 điện trở này sẽ tương đương với 1 điện trở Rtd.





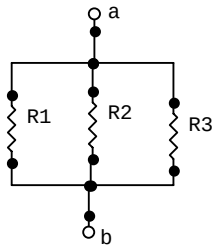
Khi sử dụng điện trở thì cần quan tâm tới hai thông số kỹ thuật là trị số điện trở R và công suất tiêu tán P của nó. Bằng cách mắc nối tiếp nhiều điện trở ta sẽ có điện trở tương đương có tham số như sau:

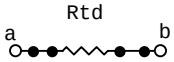
$$Rtd = R1 + R2 + R3 \qquad (1)$$
$$P = P1 + P2 + P3$$

Như vậy cách ghép nối tiếp sẽ làm tăng trị số điện trở và tăng công suất tiêu tán.

b. Mắc song song

Giả sử mắc 3 điện trở song song, khi đó coi như ta có 1 điện trở tương đương Rtd





Rtd có trị số điện trở và công suất tiêu tán như sau:

$$\frac{1}{Rtd} = \frac{1}{R1} + \frac{1}{R2} + \frac{1}{R3} \qquad (2)$$
$$P = P1 + P2 + P3$$

Như vậy cách ghép song song làm tăng công suất tiêu tán nhưng làm giảm trị số điện trở.

Nếu mắc điện trở kiểu hỗn hợp (vừa nối tiếp, vừa song song) thì ta tính điện trở tương đương theo các công thức (1) và (2) còn công suất tiêu tán thì bằng tổng công suất tiêu tán của các điện trở thành phần.

Chú ý: Khi ghép nối điện trở nên chọn loại có cùng công suất nhiệt để tránh hiện tượng có một điện trở chịu nhiệt lớn. Khi thay thế điện trở cũng cần phải thay bằng điện trở không chỉ cùng trị số mà còn phải cùng công suất nhiệt.

http://www.ebook.edu.vn

5 - Phân loại và ứng dụng của điện trở

a - Phân loại

Có nhiều cách phân loại điện trở. Thông thường người ta chia thành 2 loại là điện trở có trị số cố định và điện trở có trị số biến đổi (biến trở).

Trong mỗi loại lại được chia nhỏ hơn theo những chỉ tiêu khác nhau

Điện trở có trị số cố định thường được phân loại:

+ Theo vật liệu cản điện

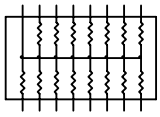
1. **Điện trở than ép** dạng thanh hoặc trụ chế tạo từ bột than (cacbon, chất dẫn điện rất tốt) trộn với chất liên kết (thường là pheno, chất không dẫn điện). Nung nóng để làm hoá thể rắn hỗn hợp trên theo dạng hình trụ và được bảo vệ bằng một lớp vỏ giấy phủ gốm hay lớp sơn. Trở kháng của sản phẩm cuối cùng phụ thuộc vào tỉ lệ của cacbon so với chất không dẫn điện cũng như khoảng cách giữa các đầu dây. Điện trở hợp chất carbon có độ ổn định cao, là loại điện trở phổ biến nhất, có công suất danh định từ 1/8W đến 1W hoặc 2W. Loại điện trở này có trị số có thể rất nhỏ hoặc rất lớn, giá trị từ 10Ω đến $20M\Omega$. Mặt khác, nó mang tính thuần trở, các yếu tố điện dung cũng như điện cảm hầu như không đáng kể. Điều này làm cho điện trở hợp chất carbon được sử dụng rộng rãi trong các bộ xử lý tín hiệu radio.

3. **Điện trở màng kim loại** (còn gọi là điện trở dạng phim – film resistor) chế tạo theo cách kết lắng màng Ni-Cr trên thân gốm có xẻ rãnh xoắn sau đó phủ lớp sơn, loại này có độ ổn định cao hơn loại than nhưng giá thành cũng cao hơn vài lần.

4. **Điện trở oxit kim loại:** kết lắng màng oxit thiếc trên thanh SiO_2, có khả năng chống nhiệt và chống ẩm tốt, công suất danh định 1/2W

5. **Điện trở dây quấn** thường dùng khi yêu cầu giá trị điện trở rất thấp, chịu dòng lớn và công suất từ 1W đến 25W (trường hợp đặc biệt chúng chính là bộ đốt nóng bằng điện và có công suất lên tới hàng ngàn oat). Nó được cấu tạo bằng cách sử dụng một đoạn dây dẫn làm từ chất không dẫn điện tốt, ví dụ như nicrome. Dây dẫn sẽ quấn quanh một vật hình trụ giống như một cuộn dây (nên còn được gọi là điện trở cuộn dây). Trở kháng khi đó phụ thuộc vào vật liệu làm dây dẫn, đường kính và chiều dài dây dẫn. Nhược điểm chính của điện trở loại này là nó hoạt động như một bộ cảm ứng điện từ, nghĩa là không phù hợp với các mạch tần số cao.

6. **Điện trở mạch tích hợp** là các điện trở được chế tạo ngay trên một chip bán dẫn tạo thành một IC. Độ dài, loại vật liệu và độ tập trung của các chất pha trộn thêm vào sẽ quyết định giá trị của điện trở.



+ Theo công dụng

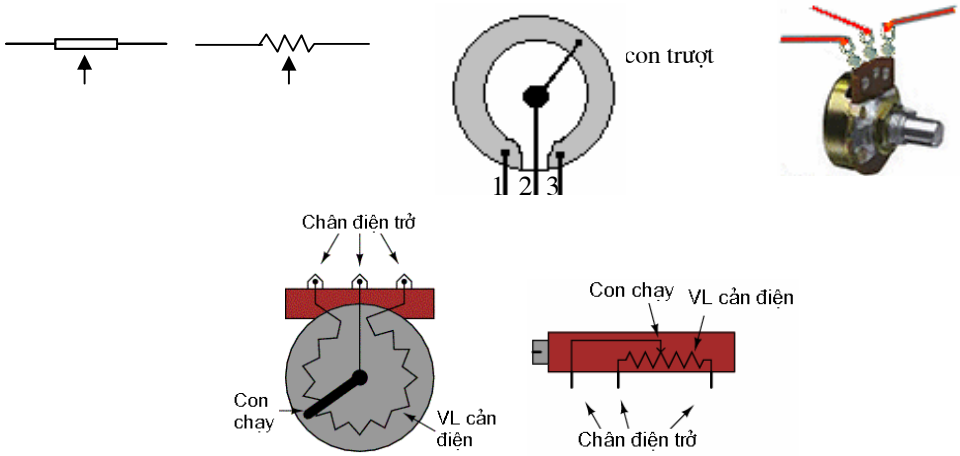
Loại chính xác

Loại bán chính xác

Loại đa dụng

Loại công suất

Điện trở có trị số thay đổi (biến trở) có ký hiệu, hình dáng và cấu tạo như hình dưới đây.



Biến trở còn được gọi là chiết áp được cấu tạo gồm một điện trở màng than hay dây quấn có dạng hình cung góc quay 270^0. Chiết áp có một trục xoay ở giữa nối với một con trượt làm bằng

http://www.ebook.edu.vn

than (cho biến trở dây quấn) hay làm bằng kim loại cho biến trở than, con trượt sẽ ép lên mặt điện trở để tạo kiểu nối tiếp xúc làm thay đổi trị số điện trở khi xoay trục.

Biến trở dây quấn là loại biến trở tuyến tính có trị số điện trở tỉ lệ với góc xoay. Biến trở than là loại biến trở phi tuyến có trị số điện trở thay đổi theo hàm logarit với góc xoay (tức là ban đầu tăng nhanh sau con chạy càng dịch ra xa giá trị điện trở sẽ càng tăng chậm lại). Loại than có công suất danh định thấp từ 1/4 – 1/2 W với giá trị điển hình: 100, 220, 470, 1K, 2.2K, 4.7K, 10K, 22K, 47K, 100K, 220K, 470K, 1M, 2.2M và 4.7M. Loại dây quấn có công suất danh định cao hơn từ 1W đến 3W với các giá trị điển hình: 10, 20, 47, 100, 220, 470, 1K, 2.2K, 4.7K, 10K, 22K và 47K.

Có 3 loại biến trở: đa dụng, chính xác và điều chuẩn (loại này còn gọi là trimơ, nó không có trục xoay mà phải điều chỉnh bằng cái vặn vit với độ chính xác rất cao)

b - Ứng dụng của điện trở

Trong sinh hoạt, điện trở được dùng để chế tạo các loại dụng cụ điện như bàn là, bếp điện, bóng đèn sợi đốt …

Trong công nghiệp, điện trở được dùng để chế tạo các thiết bị sấy, sưởi, giới hạn dòng điện khởi động của động cơ …

Trong lĩnh vực điện tử, điện trở được sử dụng để giới hạn dòng điện, tạo sụt áp, phân áp, định hằng số thời gian, phối hợp trở kháng, tiêu thụ năng lượng …

c - Một số điện trở đặc biệt

+ Điện trở nhiệt (Th – Thermistor)

Là một linh kiện bán dẫn có trị số điện trở thay đổi theo nhiệt độ. Có 2 loại nhiệt trở là nhiệt trở âm và nhiệt trở dương.

Ký hiệu và hình dáng của nhiệt trở

Nhiệt trở có hệ số nhiệt âm là loại nhiệt trở khi nhận nhiệt độ cao hơn thì điện trở của nó giảm

xuống và ngược lại khi nhiệt độ thấp hơn thì điện trở của nó tăng lên.

Nhiệt trở có hệ số nhiệt dương là loại điện trở khi nhận nhiệt độ cao hơn thì trị số của nó tăng lên và ngược lại.

Trị số của nhiệt trở ghi trong sơ đồ là trị số đo được ở 25^0 C.

Nhiệt trở thường được sử dụng để ổn định nhiệt cho các mạch của thiết bị điện tử (đặc biệt là tầng khuếch đại công suất) để điều chỉnh nhiệt độ hay làm linh kiện cảm biến trong các hệ thống tự động điều khiển theo nhiệt độ.

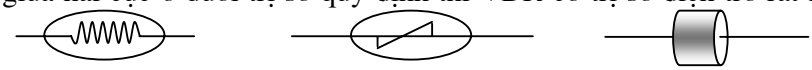
Ví dụ: Trong các bộ ampli, khi hoạt động lâu các sò công suất sẽ nóng lên, nhờ sử dụng nhiệt trở mà sự thay đổi của nhiệt độ được thể hiện ở sự thay đổi của trị số điện trở làm cho dòng điện qua sò công suất yếu đi, tức là bớt nóng hơn.

+ Điện trở tuỳ áp (VDR – Voltage Dependent Resistor)

VDR còn gọi là varistor là một linh kiện bán dẫn có trị số điện trở thay đổi khi điện áp đặt lên nó thay đổi.

Ký hiệu và hình dáng của VDR như hình sau:

Khi điện áp giữa hai cực ở dưới trị số quy định thì VDR có trị số điện trở rất lớn coi như hở



VDR VDR

mạch. Khi điện áp này tăng lên thì VDR sẽ có trị số giảm xuống để ổn định điện áp ở hai đầu nó. Giá trị điện áp mà VDR ổn định được cho trước bởi nhà sản xuất, đây chính là thông số đặc trưng cho VDR.

VDR thường được mắc song song với các cuộn dây có hệ số tự cảm lớn để dập tắt các điện áp cảm ứng quá cao khi cuộn dây bị mất dòng điện đột ngột tránh làm hỏng các linh kiện trong mạch.

+ Quang trở (Photo Resistor)

Quang trở thường được chế tạo từ chất sunfua cadmi nên trên ký hiệu thường ghi chữ CdS. Giá trị điện trở của quang trở phụ thuộc vào cường độ chiếu sáng vào nó. Độ chiếu sáng càng mạnh thì

http://www.ebook.edu.vn

điện trở có trị số càng nhỏ và ngược lại.

Khi quang trở bị che tối điện trở của nó khoảng vài trăm KΩ đến vài MΩ. Khi được chiếu sáng thì giá trị điện trở này khoảng vài trăm Ω đến vài KΩ.

Quang trở thường được sử dụng trong các mạch tự động điều khiển bằng ánh sáng như: phát hiện người qua cửa, tự động mở dèn khi trời tối, điều chỉnh độ sáng và độ nét tự động ở màn hình LCD, camera …

II. TỤ ĐIỆN

Tụ điện là phần tử có giá trị dòng điện qua nó tỉ lệ với tốc độ biến đổi điện áp trên nó theo thời gian theo công thức:

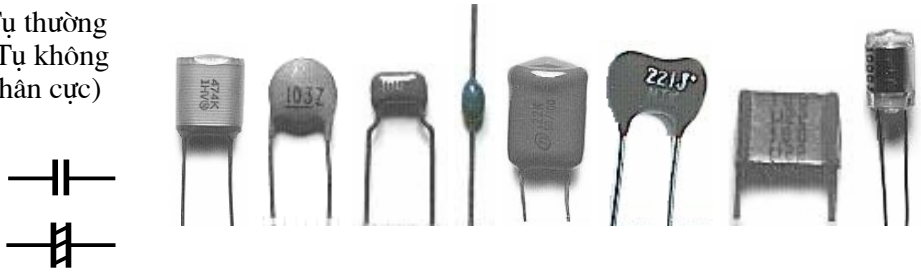
$$i = C\frac{du}{dt}$$

Tụ điện dùng để tích và phóng xả điện

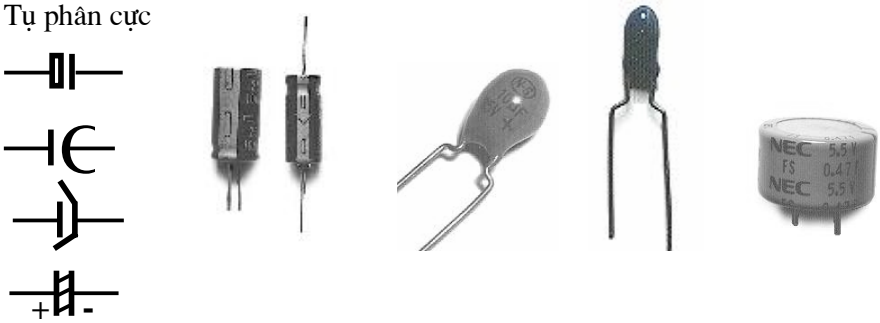
1. Ký hiệu và cấu tạo của tụ điện

a. Ký hiệu và hình dáng của tụ điện

Tụ thường (Tụ không phân cực)



Tụ phân cực



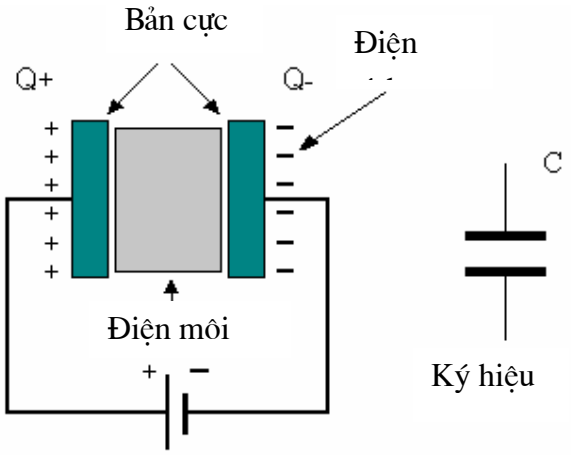
Tụ biến đổi

b. Cấu tạo

Tụ thường

Về cấu tạo, tụ không phân cực gồm các lá kim loại xen kẽ với các lá làm bằng chất cách điện gọi là chất điện môi. Tên của tụ được đặt theo tên chất điện môi như tụ giấy, tụ gốm, tụ mica, tụ dầu …

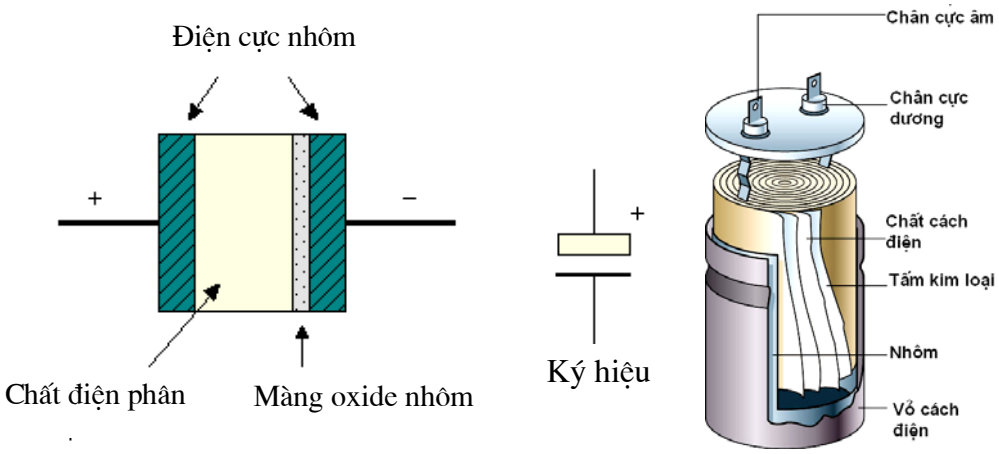
Giá trị của tụ thường có điện dung từ 1,8pF tới 1μF, khi giá trị điện dung lớn hơn thì kích thước của tụ khá lớn nên khi đó chế tạo loại phân cực tính sẽ giảm được kích thước đi một cách đáng kể. Hình dưới đây là cấu trúc cơ bản của tụ thường và ký hiệu của nó.



Tụ điện phân

Tụ điện phân có cấu tạo gồm 2 điện cực tách rời nhau nhờ một màng mỏng chất điện phân, khi có một điện áp tác động lên hai điện cực sẽ xuất hiện một màng oxit kim loại không dẫn điện đóng vai trò như lớp điện môi. Lớp điện môi càng mỏng kích thước của tụ càng nhỏ mà điện dung lại càng lớn. Đây là loại tụ có cực tính được xác định và đánh dấu trên thân tụ, nếu nối ngược cực tính, lớp điện môi có thể bị phá huỷ và làm hỏng tụ (nổ tụ), loại này dễ bị rò điện do lượng điện phân còn dư.

Ví dụ: Tụ hoá có cấu tạo đặc biệt, vỏ ngoài bằng nhôm làm cực âm, bên trong vỏ nhôm có thỏi kim loại (đồng hoặc nhôm) làm cực dương. Giữa cực dương và cực âm là chất điện phân bằng hoá chất (axitboric) nên gọi là tụ hoá. Dưới đây là cấu trúc cơ bản và thực tế của một tụ điện phân.



2. Các tham số cơ bản của tụ điện

a. Trị số điện dung và dung sai

Để đặc trưng cho khả năng nạp, xả điện của tụ ít hay nhiều người ta đưa ra khái niệm điện dung (dung lượng điện) để ước lượng.

Điện dung của tụ được tính theo công thức:

$$C = \varepsilon.\frac{S}{d} \quad [F]$$

ε là hằng số điện môi của chất cách điện

S là diện tích hiệu dụng của bản cực [m^2]

d là khoảng cách giữa hai bản cực [m]

Hằng số điện môi của một số chất cách điện thông dụng để làm tụ điện có trị số như sau:

Không khí khô	ε = 1
Parafin	ε = 2
Nhựa ebonit	ε = 2,7 – 2,9

http://www.ebook.edu.vn

Giấy tẩm dầu $\varepsilon = 3,6$
Gốm $\varepsilon = 5,5$
Mica $\varepsilon = 4 - 5$

Trị số của điện dung được tính bằng F (fara) nhưng trên thực tế đơn vị này rất lớn nên không sử dụng mà thường dùng ước số của fara

Microfara $1\ \mu F = 10^{-6}\ F$
Nanofara $1\ nF = 10^{-9}\ F$
Picofara $1\ pF = 10^{-12}\ F$

Dung sai của tụ điện biểu thị độ chính xác của trị số điện dung thực tế so với giá trị điện dung danh định của tụ điện và được tính bằng:

$$\frac{C_{tt} - C_{dd}}{C_{dd}} 100\%$$

Tuỳ theo yêu cầu của mạch mà cần tụ có độ chính xác tương ứng, có tụ có dung sai 0,001% nhưng cũng có tụ có dung sai 150%. Với tụ sử dụng trong kỹ thuật điện tử thông thường thì tụ có dung sai từ 5 – 20%

b. Trở kháng của tụ điện

Tụ điện là một linh kiện có tác dụng ngăn dòng một chiều chảy qua nó (ở trạng thái xác lập ổn định). Trở kháng của tụ điện được xác định một cách tổng quát như sau:

$$Z_C = \frac{1}{j2\pi f.C} = \frac{1}{jX_C}$$

với f là tần số của tín hiệu xoay chiều tác dụng lên tụ

$X_C = 2\pi f.C$ gọi là dung kháng của tụ

Nhận xét:

+ Tụ điện không cho thành phần một chiều qua
+ Khi tần số tín hiệu tác động lên tụ càng tăng, trở kháng của tụ càng giảm.

c. Điện áp làm việc

Khi nạp điện cho tụ tức là đặt vào đầu tụ một điện áp, người ta gọi điện áp làm việc của tụ chính là điện áp một chiều lớn nhất mà tụ có thể chịu được, tức là nếu quá giá trị này thì tụ bị nổ (nên còn gọi là điện áp đánh thủng).

Điều này được giải thích như sau: khi đặt vào tụ một điện áp lớn thì sẽ sinh ra một lực điện trường mạnh làm cho các điện tử bị bức xạ thành các điện tử tự do và sẽ có dòng điện chạy qua chất điện môi, lúc này chất điện môi bị đánh thủng. Do vậy khi sử dụng tụ điện để nạp và xả điện thì cần chọn tụ có điện áp đánh thủng lớn hơn điện áp đặt vào tụ vài lần.

Điện áp đánh thủng của điện môi phụ thuộc vào tính chất của lớp điện môi và bề dày của nó nên các tụ chịu được điện áp lớn thường là tụ có kích thước lớn và làm bằng chất điện môi tốt (ví dụ như mica, gốm hay ebonit)

d. Hệ số nhiệt

Mỗi loại tụ chỉ làm việc trong một môi trường làm việc có dải nhiệt độ nhất định.

Ví dụ: -20^0C - $+65^0C$
-40^0C - $+65^0C$
-55^0C - $+125^0C$

Tương tự như với điện trở người ta dùng hệ số nhiệt TCC để đánh giá sự biến đổi của trị số điện dung khi nhiệt độ thay đổi

$$TCC = \frac{1}{C}.\frac{\Delta C}{\Delta T}.10^6 \ [ppm/^0C]$$

ΔC là lượng tăng giảm của điện dung khi nhiệt độ thay đổi một lượng ΔT

TCC càng nhỏ càng tốt vì khi đó giá trị điện dung C sẽ càng ổn định

e. Dòng điện rò

Dòng điện rò là dòng chạy qua giữa 2 bản cực của tụ điện, nó phụ thuộc vào điện trở cách điện của chất điện môi.

Khi đặt một điện áp lên tụ thì dung kháng của tụ được tính bằng:

http://www.ebook.edu.vn

$X_C = \frac{1}{2\pi fC}$ với f [Hz] là tần số của điện áp đặt lên tụ

Như vậy dung kháng của tụ phụ thuộc vào tần số và giảm khi tần số tăng, đối với thành phần một chiều (f = 0) có thể coi dung kháng của tụ là lớn vô cùng, nghĩa là không có dòng rò nhưng trên thực tế, thành phần này luôn tồn tại và phụ thuộc nhiều vào nhiệt độ.

Tụ điện giải có dòng rò lớn nhất (cỡ vài μA khi điện áp đặt lên tụ lớn hơn 10V). Tụ điện mica và tụ gốm có dòng rò nhỏ nhất.

3. Cách ghi và đọc tham số trên tụ điện

Các tham số ghi trên thân tụ điện là điện dung (có kèm theo dung sai) và điện áp làm việc. Có hai cách ghi là ghi trực tiếp và ghi theo quy ước.

a. Cách ghi trực tiếp

Cách ghi này áp dụng cho tụ có kích thước lớn như tụ hoá, tụ mica

Ví dụ: trên thân tụ hoá có ghi 100 μF, 50V, +85^{0}C nghĩa là tụ có điện dung 100 μF, điện áp một chiều lớn nhất mà tụ chịu được là 50V và nhiệt độ cao nhất mà nó không bị nổ là 85^{0}C.

b. Cách ghi theo quy ước

Cách ghi này dùng cho tụ có kích thước nhỏ, gồm các số và chữ với một số kiểu quy ước như sau:

Với loại tụ ký hiệu bằng 3 chữ số và 1 chữ cái

+ Đơn vị là pF
+ Chữ số cuối cùng chỉ số số 0 thêm vào
+ Chữ cái chỉ dung sai

Bảng ý nghĩa của chữ số thứ 3

Chữ số	Hệ số nhân
0	1
1	10
2	100
3	1000
4	10.000
5	100.000
6	Không sử dụng
7	Không sử dụng
8	0,01
9	0,1

Bảng quy ước dung sai cho chữ cái cuối cùng

Chữ cái	Dung sai	Chữ cái	Dung sai
B	+/- 0.10%	J	+/- 5%
C	+/- 0.25%	K	+/- 10%
D	+/- 0.5%	M	+/- 20%
E	+/- 0.5%	N	+/- 0.05%
F	+/- 1%	P	+100% ,-0%
G	+/- 2%	Z	+80%, -20%
H	+/- 3%		

ví dụ:

Cách ghi	Ý nghĩa
0.047 200 VDC	Tụ có điện dung 0,047 μF, điện áp một chiều lớn nhất mà tụ chịu được là 200 V (tụ màng mỏng)
2.2 / 35	Tụ có điện dung 2,2 μF, điện áp chịu đựng là 35V (tụ tantan)
102J	Tụ có điện dung 1000 pF = 1 nF, dung sai 5%
.22K	Tụ có điện dung 0,22 μF, dung sai 10%
474F	Tụ có điện dung 0,47 μF, dung sai 1%

Trong kỹ thuật điện tử thông thường tụ điện thường có dung sai từ ±5% đến ± 20%

Ghi theo quy ước vạch màu (gần giống như điện trở)

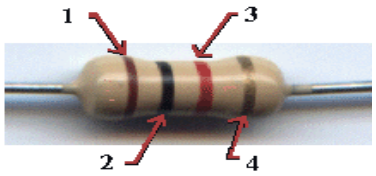
Loại 4 vạch màu

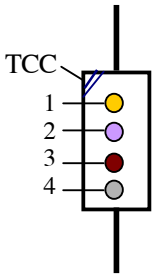
Vạch 1, 2 là số thực có nghĩa

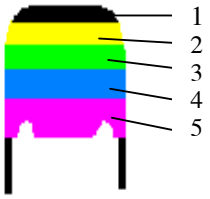
http://www.ebook.edu.vn

Vạch 3 là chỉ số số 0 thêm vào (với đơn vị pF)
Vạch 4 chỉ điện áp làm việc

Loại 5 vạch màu
Vạch 1, 2 là số thực có nghĩa
Vạch 3 là chỉ số số 0 thêm vào (với đơn vị pF)
Vạch 4 chỉ dung sai
Vạch 5 chỉ điện áp làm việc







Bảng quy ước màu cho tụ điện

Màu	Trị số thực	Hệ số nhân	Dung sai	Điện áp làm việc [V]	
				Nhôm	Tantan
Đen	0	10^0	-	-	10
Nâu	1	10^1	± 1%	100	-
Đỏ	2	10^2	± 2%	250	-
Cam	3	10^3	-	-	-
Vàng	4	10^4	-	400	6,3
Lục	5	10^5	± 0,5%	-	16
Lam	6	10^6	± 0,2%	630	20
Tím	7	10^7	± 0,1%	-	-
Xám	8	10^8	-	-	25
Trắng	9	10^9	+ 5%, -20%	-	3
Vàng kim	-	10^{-1}	± 5%	-	-
Bạch kim	-	10^{-2}	± 10%	-	-
Hồng	-	-		-	35

Bảng mã màu TCC

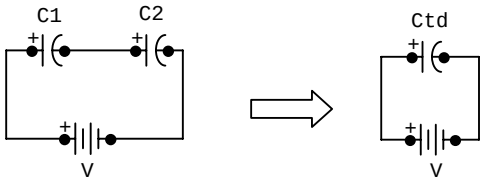
Màu	TCC [ppm/^{0}C]	Màu	TCC [ppm/^{0}C]
Đen	0	Vàng	220
Đỏ	75	Xanh lá cây	330
Đỏ tím	100	Xanh lam	430
Cam	150	Tím	750

Tương tự như điện trở, tụ điện chỉ được sản xuất với các trị số điện dung tiêu chuẩn với các số thứ nhất và thứ 2 như sau:

10	27	68
12	33	75
15	39	82
18	47	
22	56	

Do vậy để có trị số điện dung mong muốn cần mắc tụ theo kiểu nối tiếp, song song hay hỗn hợp.

4. Các kiểu ghép tụ



a. Tụ điện ghép nối tiếp

Khi ghép các tụ nối tiếp ta sẽ có trị số điện dung và điện áp làm việc của tụ tương

http://www.ebook.edu.vn

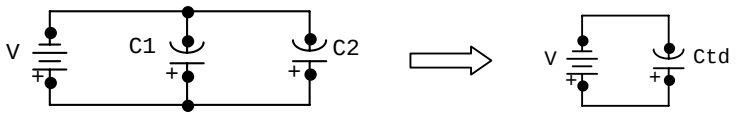
đương như sau:

$$\frac{1}{Ctd} = \frac{1}{C1} + \frac{1}{C2}$$

$$U = U1 + U2$$

Như vậy ghép nối tiếp tụ điện sẽ làm tăng điện áp làm việc nhưng làm giảm trị số điện dung.

b. Tụ điện mắc song song



Công thức tính điện dung và điện áp làm việc của tụ tương đương như sau:

$$Ctd = C1 + C2$$

$$U = \min(U1, U2)$$

Như vậy ghép song song cho làm tăng giá trị điện dung còn điện áp làm việc bằng điện áp làm việc nhỏ nhất của các tụ thành phần (do đó nên chọn các tụ có điện áp làm việc bằng nhau nếu ghép song song).

5. Phân loại tụ điện

Người ta thường phân loại tụ điện thành loại tụ có trị số không đổi và tụ có trị số biến đổi. Trong các loại tụ này người ta lại tiếp tục phân chia theo chất điện môi làm tụ đó.

a. Tụ có trị số điện dung không đổi

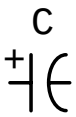
**** Tụ oxit hoá (gọi tắt là tụ hoá)***

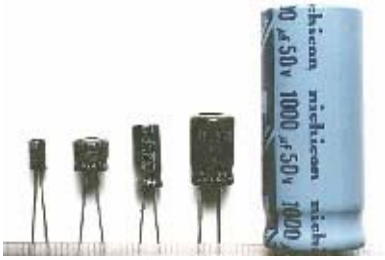
Tụ hoá (hay còn gọi là tụ điện phân, tụ điện giải) có điện dung lớn từ 1 μF đến 10.000 μF là loại tụ ***có phân loại cực tính dương và âm***, điện áp làm việc nhỏ hơn 500V.

Tụ hoá được chế tạo với bản cực nhôm và bề mặt cực dương có một lớp oxit nhôm và lớp bọt khí có đặc tính cách điện để làm chất điện môi. Do lớp oxit nhôm rất mỏng nên điện dung của tụ lớn và điện áp đánh thủng nhỏ. Tụ có kích thước càng lớn thì điện dung càng lớn. Khi sử dụng tụ cần chú ý cực tính của tụ để tránh làm hỏng tụ. Do có kích thước lớn nên các giá trị điện dung, điện áp làm việc, nhiệt độ, đánh dấu cực tính đều được ghi rất rõ ràng trên thân tụ hoá (xem hình dưới đây)

Do có điện dung lớn nên tụ hoá thường được sử dụng làm tụ san phẳng điện áp trong các mạch

Ký hiệu và hình dáng của tụ hoá

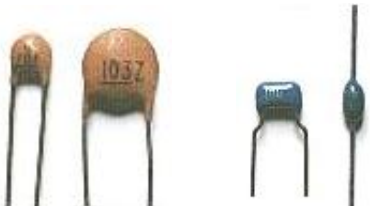




nguồn (tụ có điện dung càng lớn càng tốt) hay tụ lọc khu vực tần số thấp.

**** Tụ gốm***

Ký hiệu và hình dáng của tụ gốm



Tụ gốm có điện dung từ 1 pF đến 1 μF là loại tụ không có cực tính và điện áp làm việc lớn đến vài trăm vôn nhưng dòng điện rò khá lớn. Tụ gốm có thường có dạng đĩa, dạng phiến, đơn khối hoặc dạng ống.

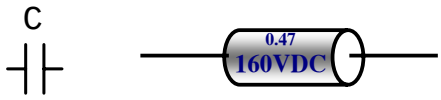
http://www.ebook.edu.vn

Tụ gốm được cấu tạo bằng cách lắng đọng màng kim loại trên hai mặt của một đĩa gốm mỏng. Dây dẫn nối tới màng kim loại và tất cả được bọc trong vỏ chất dẻo. Về hình dáng tụ gốm có nhiều dạng và nhiều cách ghi trị số khác nhau.

Tụ gốm thường được sử dụng để nối tắt tín hiệu cao tần xuống đất. Do tính ổn định không cao, gây nhiễu cho tín hiệu nên tụ gốm không được dùng cho các mạch gia công tín hiệu tương tự.

**** Tụ giấy***

Ký hiệu và hình dáng của tụ giấy

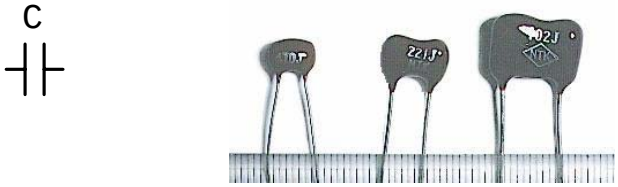


Tụ giấy là loại tụ không có cực tính gồm có hai bản cực là các băng kim loại dài, ở giữa có lớp cách điện là giấy tẩm dầu và cuộn lại thành ống. Điện áp làm việc của tụ giấy có thể lên tới 1000V với giá trị điện dung từ 0,001μF – 0,1μF. Loại tụ này càng ngày càng ít được sử dụng do kích thước lớn.

**** Tụ mica***

Tụ mica tráng bạc là loại tụ không có cực tính, điện dung từ 2,2pF - 10nF, điện áp làm việc rất cao, trên 1000V.

Ký hiệu và hình dáng của tụ mica



Tụ mica được cấu tạo từ các lá kim loại đặt xen kẽ với các lá mica, một chân tụ là dây nối các lá kim loại chẵn và chân tụ kia là dây dẫn nối các lá kim loại lẻ, tất cả được bọc trong vở chất dẻo. Thông thường người ta dùng phương pháp lắng đọng kim loại lên các lớp mica để tăng hệ số phẩm chất của tụ.

Tụ mica đắt tiền hơn tụ gốm vì ít sai số, đáp tuyến tần số cao tốt, độ bền cao. Cách ghi và đọc thông số của tụ mica giống như tụ gốm nhưng với một số loại kích thước quá nhỏ thì người ta sử dụng các chấm màu để ghi trị số điện dung và đọc như điện trở.

**** Tụ màng mỏng***

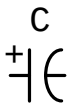
Là loại tụ không có cực tính có chất điện dung là polyeste, polyetylen, polystyrene hay polypropylene …. Tụ màng mỏng có điện dung từ vài trăm pF đến vài chục μF, điện áp làm việc từ hàng trăm đến hàng chục ngàn vôn.

Ký hiệu và hình dáng của tụ màng mỏng

**** Tụ tantan***

Tụ tantan là ***loại tụ có phân biệt cực tính*** với điện cực làm bằng tantan, điện dung của tụ có thể rất cao từ 0,1 μF đến 100 μF nhưng kích thước cực nhỏ. Điện áp làm việc của tụ tantan thấp chỉ vài chục vôn.

Ký hiệu và hình dáng của tụ tantan:



Xét về mặt ổn định nhiệt và đặc tuyến tần số ở khu vực tần số cao thì tụ tantan tốt hơn nhiều so với tụ nhôm, do vậy với các mạch yêu cầu độ ổn định trị số điện dung cao thì người ta phải sử dụng tụ tantan thay cho tụ nhôm dù tụ này có đắt hơn tụ nhôm.

b. Tụ có trị số điện dung biến đổi

Đây là loại tụ mà trong quá trình làm việc ta có thể điều chỉnh trị số điện dung của chúng.

* ***Tụ xoay***

Tụ xoay (hay còn gọi là tụ đa dụng) được cấu tạo bởi 2 má kim loại đặt song song với nhau, trong đó có một má tĩnh và một má động. Chất điện môi có thể là không khí, mica, gốm hay màng chất dẻo …

Ký hiệu và hình dáng của tụ xoay:

Khi xoay trục của tụ xoay các lá động sẽ di chuyển giữa các lá tĩnh để làm thay đổi trị số điện dung của tụ.

Tụ xoay thường được sử dụng trong các mạch cộng hưởng chọn sóng để dò kênh trong máy thu thanh (với điện dung thay đổi từ 0 đến 270 pF).

* ***Tụ vi chỉnh (trimcap)***

Tụ vi chỉnh (hay còn gọi là tụ điều chuẩn) có cấu tạo tương tự như tụ xoay nhưng kích thước nhỏ hơn rất nhiều, không có núm vặn điều chỉnh mà chỉ có rãnh điều chỉnh bằng tuoclovit.

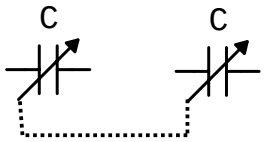
Ký hiệu và hình dáng của trimcap

Trị số của tụ vi chỉnh thường nhỏ từ 0 đến vài chục pF. Loại tụ này thường được mắc kết hợp với tụ xoay và dùng chủ yếu để cân chỉnh mạch.

* ***Tụ đồng trục chỉnh***

Đây là loại tụ có một lá tĩnh và nhiều lá động cùng gắn trên một trục, khi xoay trục sẽ cùng lúc thay đổi giá trị của nhiều tụ. Ứng dụng này thường gặp trong các mạch chọn đài của máy radio, chọn cộng hưởng …

Ký hiệu và hình dáng thực tế của tụ đồng trục chỉnh



http://www.ebook.edu.vn

6. Các ứng dụng của tụ điện

a. Tụ dẫn điện ở tần số cao

Dung kháng của tụ được tính theo công thức

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC}$$

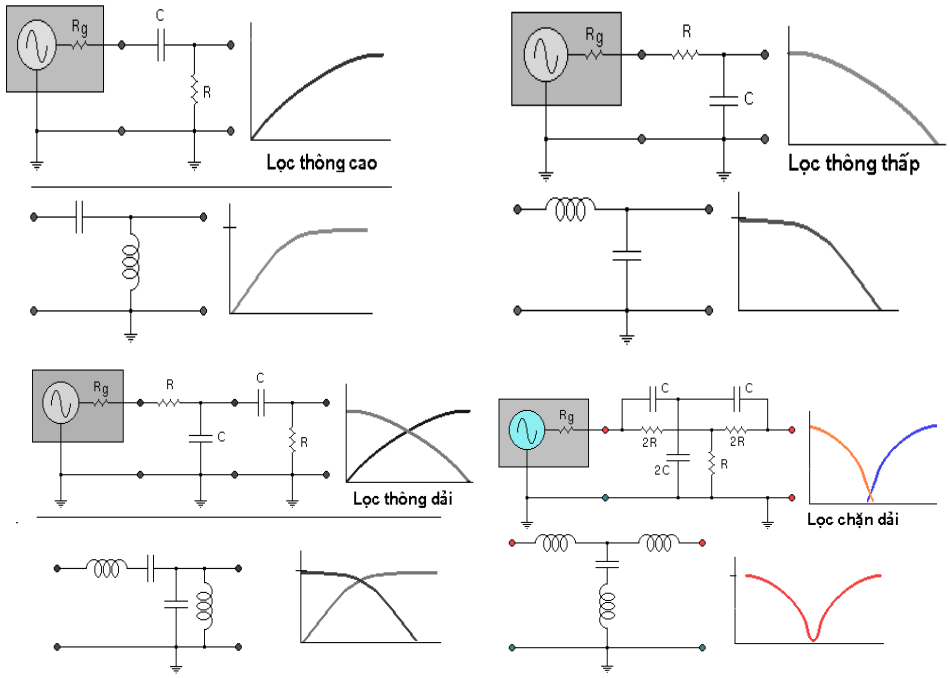
Như vậy dung kháng của tụ tỉ lệ nghịch với tần số f của dòng điện qua nó. Ở tần số càng cao thì dung kháng X_C càng nhỏ nên dòng điện qua dễ dàng, ngược lại tần số thấp qua tụ khó hơn và có thể coi tụ chặn thành phần một chiều (khi f = 0, $X_C = \infty$). Hơn nữa, nếu ở cùng một tần số thì tụ có điện dung lớn sẽ có dung kháng nhỏ hơn tụ có điện dung nhỏ.

Dựa vào đặc tính dẫn điện phụ thuộc vào tần số người ta sử dụng tụ cho các mục đích:

+ Tụ liên lạc: để dẫn tín hiệu xoay chiều đồng thời chặn thành phần một chiều qua các tầng. (nếu tín hiệu xoay chiều tần số cao có thể sử dụng cả tụ phân cực và tụ thường nhưng nếu ở tín hiệu tần số thấp thì phải sử dụng tụ phân cực vì loại tụ này có điện dung lớn)

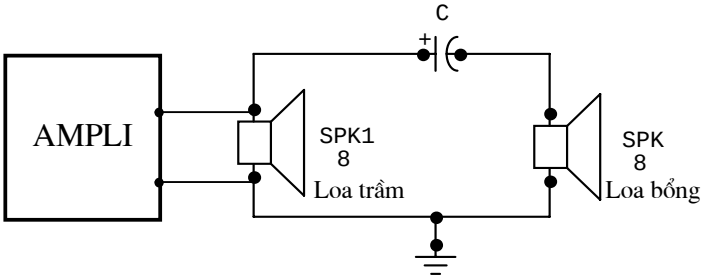
+ Tụ thoát: dùng để loại bỏ tín hiệu không cần thiết (thường là tạp âm) xuống đất

+ Tụ lọc: dùng trong các mạch lọc để phân chia dải tần (lọc thông cao, thông thấp hay lọc dải). Khi này có thể kết hợp tụ với điện trở hoặc với cuộn dây để tạo ra các mạch lọc thụ động. Dưới đây là một số ví dụ về sơ đồ ***mạch lọc thụ động***



+ Tụ cộng hưởng: dùng trong các mạch cộng hưởng LC để bắt tín hiệu hay triệt tín hiệu ở tần số cộng hưởng của mạch.

Ví dụ: Đối với tín hiệu âm thanh thì âm bổng thuộc loại tần số cao nên tín hiệu âm bổng sẽ qua được tụ để đưa vào loa bổng còn âm trầm tần số thấp sẽ bị chặn lại và đi vào loa trầm.

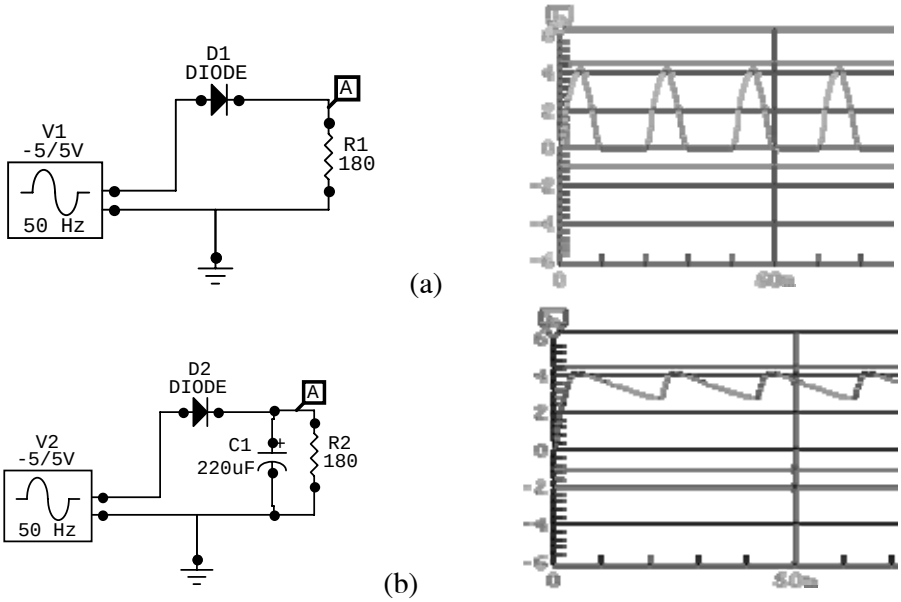


b. Tụ nạp xả điện trong mạch lọc nguồn

Giả sử có mạch nắn điện sử dụng một diode như hình vẽ dưới đây. Diode có tác dụng chỉ cho bán kỳ dương của dòng điện xoay chiều đi qua và chặn lại bán kỳ âm. Dòng điện qua tải sẽ có dạng

http://www.ebook.edu.vn

là những bán kỳ dương gián đoạn (hình a). Nếu mắc thêm tụ song song với tải thì tụ sẽ nạp điện ở bán kỳ dương và xả điện ở bán kỳ âm, như vậy nhờ có tụ mà dòng điện qua tải được liên tục và giảm bớt hệ số đập mạch của dòng điện xoay chiều hình sin (hình b).



III. CUỘN CẢM

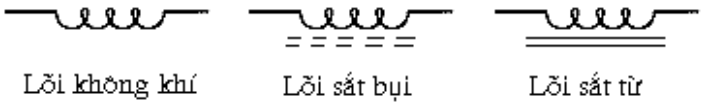
Cuộn cảm là loại linh kiện chống lại dòng điện xoay chiều bằng cách lưu trữ tạm thời một số lượng điện như một từ trường. Hoạt động của thành phần này gọi là tự cảm.

Các cuộn cảm thường bao gồm các cuộn dây, đôi khi là một đoạn dây hay một cặp dây. Độ tự cảm có thể có ở nhiều nơi và trở nên đáng quan tâm khi tần số của dòng xoay chiều tăng lên. Phần này chúng ta sẽ đi sâu tìm hiểu các đặc tính và hoạt động của cuộn cảm ở dạng cuộn dây.

1. Cấu tạo và ký hiệu của cuộn dây

Cuộn dây là một dây dẫn điện có bọc bên ngoài lớp sơn cách điện (thường được gọi là dây điện từ) quấn nhiều vòng liên tiếp trên một lõi. Lõi có thể có từ tính hoặc không có từ tính (tương ứng với khả năng gia tăng mật độ thông lượng từ hay không)

Tuỳ vào loại lõi mà cuộn dây có ký hiệu như sau:



Cuộn dây có lõi sắt lá dùng cho các dòng điện xoay chiều tần số thấp, lõi sắt bụi cho tần số cao và lõi không khí cho tần số rất cao.

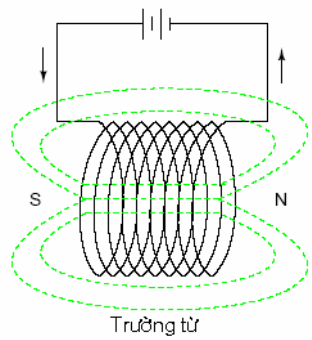
Hình dáng thực tế của cuộn dây

http://www.ebook.edu.vn

**** Tạo cảm ứng điện từ***

Cuộn dây được dùng để tạo ra cảm ứng điện từ. Cho dòng điện một chiều cường độ I chạy qua cuộn dây thì cuộn dây sẽ tương đương như một nam châm với cực tính được xác định theo chiều dòng điện I chạy trong cuộn dây đó (quy tắc vặn nút chai), khi đó ta nói cuộn dây là một nam châm điện.

Nếu đặt thêm một cuộn dây thứ 2 di chuyển một cách tương đối với cuộn dây trên thì trên cuộn thứ 2 này xuất hiện một dòng điện, người ta nói có sự cảm ứng điện từ truyền từ cuộn 1 sang cuộn 2 và trên cuộn 2 có dòng điện cảm ứng. Tốc độ dịch chuyển càng nhanh thì cảm ứng từ càng mạnh.



Khi cho dòng điện xoay chiều cường độ i chạy qua cuộn dây L1 thì cuộn dây sẽ tương đương một nam châm biến thiên, do đó tạo ra từ trường biến thiên xung quanh nó. Nếu đặt gần cuộn L1 một cuộn dây L2 thì 2 đầu cuộn dây L2 sẽ xuất hiện dòng điện. Ta nói rằng có sự cảm ứng về điện từ truyền từ L1 sang L2. Như vậy tác dụng của dòng xoay chiều cũng giống như tác dụng của dòng một chiều với điều kiện cuộn dây phải di chuyển, nghĩa là, từ trường biến thiên sẽ sinh ra cảm ứng điện từ với cuộn dây đặt trong khu vực đó. Khi dòng điện i1 trên cuộn L1 và i2 trên cuộn L2 cùng chiều thì gọi là cảm ứng thuận, ngược lại gọi là cảm ứng nghịch. Sau khi xuất hiện dòng điện trên cuộn L2 thì bản thân dòng điện này cũng sẽ sinh ra một từ trường biến thiên gây cảm ứng ngược trở lại cuộn L1, người ta gọi đó là hiện tượng cảm ứng tương hỗ hay hỗ cảm.

2. Các tham số của cuộn dây

a. Hệ số tự cảm

Khi cuộn dây do nhiều vòng dây quấn lại thì rõ ràng phải mất một khoảng thời gian nhất định để dòng điện di chuyển dọc theo dây và khi dòng điện chạy quanh toàn bộ cuộn dây, từ trường đạt đến mức cực đại. Như vậy, một năng lượng nhất định được lưu lại trong từ trường. Khả năng của cuộn dây lưu năng lượng bằng cách này là đặc điểm của độ tự cảm, viết tắt bằng L. Độ tự cảm L là một hàm phụ thuộc vào số lượng vòng dây, đường kính cuộn dây, chiều dài của cuộn dây và vật liệu làm lõi.

+ Với cuộn dây không có lõi

$$L = \mu_0 . \frac{n^2}{l} . S$$

+ Với cuộn dây có lõi

$$L = \mu_r \mu_0 . \frac{n^2}{l} . S$$

μ_0: hệ số từ thẩm của chân không

$\mu_0 = 4\pi.10^{-7}$

L: hệ số tự cảm [H]

l: chiều dài lõi [m]

S: diện tích lõi [m^2]

n: số vòng dây

μ_r: hệ số từ thẩm tương đối của vật liệu làm lõi đối với chân không

Khi cho dòng điện I qua cuộn dây n vòng sẽ tạo ra từ thông Φ. Để tính quan hệ giữa dòng điện I và từ thông Φ người ta đưa ra hệ thức:

$L = n.\frac{\Delta\Phi}{\Delta I}$ gọi là hệ số tự cảm của cuộn dây, đơn vị là henry [H]

Khi đó có thể tính sức điện động cảm ứng theo công thức:

$e = -n.\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -L\frac{\Delta I}{\Delta t}$ (dấu "-" biểu thị tác dụng chống lại sự biến thiên)

" Đơn vị của độ tự cảm là tỉ số giữa tỉ lệ thay đổi của dòng điện và điện áp qua một cuộn cảm. Một độ tự cảm là một Henry (H), đại diện cho hiệu điện thế một volt qua một cuộn cảm trong đó dòng điện tăng lên hoặc giảm xuống một ampe mỗi giây".

Trên thực tế, đơn vị H là một giá trị rất lớn và hiếm khi gặp, thông thường người ta sử dụng đơn vị mH và μH.

http://www.ebook.edu.vn

b. Trở kháng của cuộn dây

Một cuộn dây có tác dụng như một điện trở dây quấn bình thường đối với thành phần dòng một chiều, nhưng với thành phần dòng xoay chiều thì hiện tượng tự cảm có xu thế đối lập lại dòng điện ban đầu chảy qua và sự cản trở này được đặc trưng bởi thông số cảm kháng của cuộn dây X_L.

$$X_L = 2\pi fL \quad [\Omega]$$

với f là tần số của dòng xoay chiều và L là độ tự cảm của cuộn dây

Khi đó trở kháng của cuộn dây là: $Z_L = R_L + jX_L$

Và modun của hệ thức trên được tính bằng:

$$|Z_L| = \sqrt{R_L^2 + X_L^2} \quad [\Omega]$$

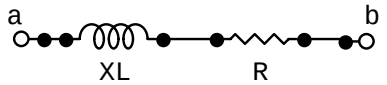
Nhận xét:

+ Tần số dòng xoay chiều qua cuộn dây càng lớn thì điện kháng càng tăng

+ Nếu tín hiệu có chứa cả thành phần một chiều và xoay chiều cao tần thì khi tác động vào cuộn dây nó sẽ dễ dàng cho qua thành phần 1 chiều (hay tần số thấp) và chặn thành phần cao tần. *(như vậy phản ứng của cuộn dây với tín hiệu ngược với phản ứng của tụ điện)*

c. Hệ số phẩm chất Q của cuộn dây

Khi dòng điện chạy qua cuộn dây thì trên thực tế cuộn dây sẽ nóng lên, nghĩa là có tổn hao năng lượng. Người ta biểu thị tổn hao này bằng một điện trở mắc nối tiếp với cuộn dây như sau:



Với R là điện trở của dây dẫn làm cuộn dây, X_L là cảm kháng của cuộn dây. Hệ số phẩm chất Q là tỷ số giữa thành phần cảm và thành phần trở của cuộn dây.

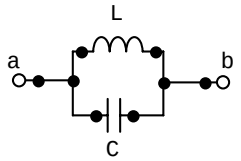
$$Q = \frac{X_L}{R} \text{ với } X_L = 2\pi fL$$

Q càng cao chứng tỏ tổn thất trên cuộn dây càng nhỏ, có thể giảm R để tăng Q bằng cách sử dụng dây quấn là kim loại có độ dẫn điện tốt.

d. Tần số làm việc giới hạn của cuộn dây

Trên thực tế cuộn dây có tần số làm việc bị giới hạn bởi điện dung riêng là điện dung phân tán giữa các vòng dây.

Ở khu vực tần số thấp thành phần điện dung này có thể bỏ qua nhưng ở khu vực tần số cao thì cuộn dây lúc này trở thành một mạch cộng hưởng song song có tần số làm việc bị giới hạn bởi tần số riêng của mạch.

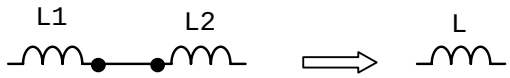


$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L.C}}$$

Nếu cuộn dây làm việc ở khu vực tần số cao hơn f_0 thì nó mang tính dung nhiều hơn tính cảm, do đó tần số làm việc của cuộn dây phải nhỏ hơn f_0.

3. Các cách ghép cuộn dây

a. Ghép nối tiếp

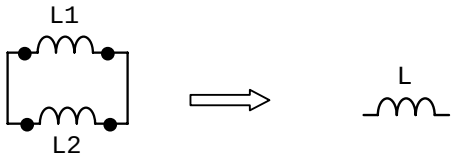


Các cuộn dây ghép nối tiếp sẽ có hệ số tự cảm tương đương bằng tổng các hệ số tự cảm của các cuộn dây thành phần (tính như điện trở nối tiếp)

$$L = L1 + L2 \text{ [H]}$$

http://www.ebook.edu.vn

b. Ghép song song



Các cuộn dây mắc song song sẽ có hệ số tự cảm tương đương được tính như điện trở mắc song song.

$$\frac{1}{L} = \frac{1}{L1} + \frac{1}{L2}$$

4. Phân loại và ứng dụng của cuộn dây

Có nhiều cách phân loại cuộn dây

a. Theo lõi của cuộn dây

Cuộn dây lõi không khí (hay không lõi) là cuộn dây được quấn trên cốt bằng bìa, sứ hoặc không có cốt. Loại cuộn dây này có hệ số tự cảm nhỏ (< 1mH) và thường được sử dụng ở khu vực tần số cao hoặc siêu cao. Cuộn dây lõi không khí được sử dụng phần lớn trong các thiết bị thu phát tần số vô tuyến và các hệ thống anten. Vì không khí không tiêu thụ nhiều năng lượng ở dạng nhiệt nên có thể coi cuộn dây lõi rỗng có độ hao phí bằng 0 và có khả năng dẫn điện không hạn chế miễn là có kích cỡ lớn và đường kính sợi dây lớn.

Cuộn dây lõi sắt bụi là cuộn dây có lõi làm bằng bột sắt nguyên chất trộn với chất dính không có từ tính. Loại cuộn dây này có hệ số tự cảm lớn hơn loại không lõi nhưng nhỏ hơn loại lõi sắt từ tuỳ vào hỗn hợp được sử dụng. Chúng thường được sử dụng ở khu vực tần số cao và trung tần.

Cuộn dây lõi ferit thường được sử dụng ở khu vực tần số cao và trung tần, có khi cả ở khu vực tần thấp như âm tần vì ferit có độ từ thẩm cao hơn bột sắt rất nhiều. Lõi ferit có nhiều hình dạng khác nhau như: dạng thanh, hình ống, hình xuyến, chữ E, chữ C, hình nồi …

Cuộn dây lõi sắt từ sử dụng ở khu vực tần số thấp (âm tần). Loại này được làm từ lõi sắt cacbon, sắt silic hay sắt niken … dây dẫn là dây đồng tráng men cách điện quấn thành nhiều lớp, các lớp được chống ẩm và cách điện với nhau. Do lõi bằng sắt từ có độ từ thẩm lớn nên cuộn dây lõi sắt từ có hệ số tự cảm cao nhưng kích thước và trọng lượng cũng rất lớn.

Một số hình dạng lõi ferit và cuộn dây lõi ferit

Chú ý:

Các cuộn dây có lõi sắt từ khi chịu dòng lớn có thể làm cho lõi bị bão hoà. Điều này xảy ra khi lõi bằng vật liệu sắt từ không thể tạo ra từ thông tăng khi dòng điện tăng, kết quả là làm độ tự cảm thay đổi, làm giảm dòng điện của cuộn dây.

Bản thân lõi sắt từ tiêu tốn một lượng điện khá lớn dưới dạng nhiệt và nếu lõi bị nóng đến một mức nào đó nó sẽ bị gãy, nghĩa là làm hỏng độ tự cảm và hạn chế khả năng quản lý dòng điện của nó.

b. Theo hình dáng

Cuộn dây dạng thanh, trụ (solenoid): loại được sử dụng đầu tiên và phổ biến nhất do dễ chế tạo và dễ điều chỉnh độ từ thẩm.

http://www.ebook.edu.vn

Cuộn dây hình xuyến (toroid): loại này nhiều ưu điểm hơn loại solenoid vì cần ít cuộn dây hơn để có được độ tự cảm nhất định và kích thước cũng nhỏ hơn. Nhưng ưu điểm hơn cả là tất cả thông lượng trong một cuộn cảm toroid được chứa bên trong vật liệu lõi, nghĩa là không có hỗ cảm không mong muốn với các thành phần xung quanh. Tuy nhiên, nó cũng có nhược điểm là khó điều chỉnh độ từ thẩm và khó quấn hơn cuộn solenoid.

Cuộn dây hình nồi: loại này có ưu điểm như toroid ở chỗ lõi có khuynh hướng ngăn chặn từ thông vượt ra ngoài kết cấu vật lý. Độ tự cảm của cuộn dây lõi nồi được tăng lên một cách đáng kể với một kích thước nhỏ. Nhược điểm chính là việc điều chỉnh rất khó khăn và phải chuyển đổi số vòng dây nhờ các van tại các điểm khác nhau của cuộn dây.

c. Theo sự thay đổi của hệ số tự cảm

Cuộn dây có hệ số tự cảm không đổi là cuộn dây không điều chỉnh được hệ số tự cảm.

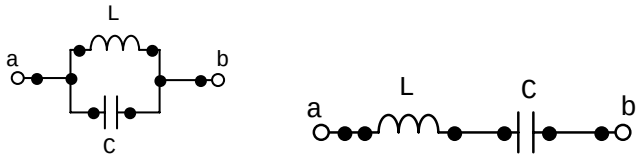
Cuộn dây có hệ số tự cảm thay đổi là cuộn dây có thể thay đổi hệ số tự cảm bằng cách điều chỉnh lõi hay số vòng dây của nó. Việc di chuyển vào ra của lõi sẽ làm thay đổi độ từ thẩm bên trong cuộn dây. Chuyển động vào của lõi làm độ tự cảm tăng lên còn khi lõi chuyển động ra độ tự cảm sẽ giảm.

d. Theo khu vực tần số làm việc

Cuộn cao tần
Cuộn trung tần
Cuộn âm tần

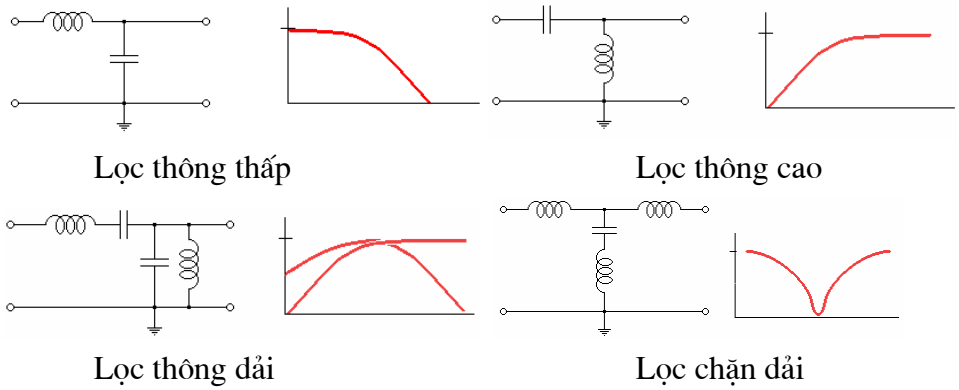
e. Theo ứng dụng

Cuộn cộng hưởng là cuộn dây cùng với tụ điện kết hợp thành một mạch cộng hưởng để tạo dao động, chọn sóng, bẫy nhiễu …



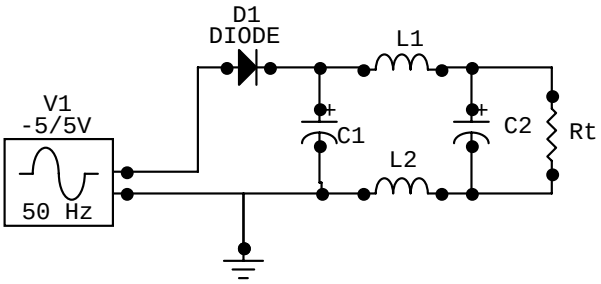
Mạch cộng hưởng song song và cộng hưởng nối tiếp

Cuộn lọc là cuộn dây kết hợp với tụ điện để tạo thành các mắt lọc để phân chia dải tần.
Dưới đây là một số mạch lọc LC thụ động và đáp ứng tần số – biên độ của chúng.

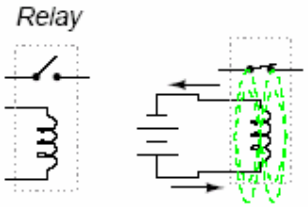


Cuộn chặn thường là cuộn có lõi sắt từ để chặn thành phần cao tần, lọc phẳng điện áp nguồn cung cấp, tránh cho dòng một chiều có biến động bất thường. Những cuộn cảm làm nhiệm vụ này phải có trị số lớn (vài H)

http://www.ebook.edu.vn



Role điện từ đây là một ứng dụng rất phổ biến của cuộn dây cho phép điều khiển công tắc bằng điện thay vì đóng mở bằng tay. Hoạt động của role điện từ dựa vào hiện tượng cảm ứng từ của cuộn dây khi có dòng điện đi qua. Như đã biết, dòng điện qua cuộn dây sẽ làm cho cuộn dây hoạt động như một nam châm điện có khả năng hút lá kim loại chạm vào tiếp điểm. Khi sử dụng role cần chú ý điện áp hoạt động và dòng chịu đựng của các tiếp điểm, các thông số này đều được ghi trên thân của role



Liên lạc vô tuyến. Anten của đài phát thanh hay truyền hình ... thực chất cũng là một cuộn dây sẽ tạo nên sóng điện từ có từ trường biến thiên lan toả trong không gian. Từ trường biến thiên này sẽ cảm ứng sang các anten ở máy thu và như vậy ta thu được thông tin từ xa mà không cần truyền tải qua đường dây.

Máy phát điện được cấu tạo với bộ phận chính là các cuộn dây bố trí trong lòng của một nam châm. Khi cho các cuộn dây quay hoặc cho nam châm quay (nhờ thuỷ lực, khí nóng, gió hay năng lượng mặt trời ...) sẽ có từ trường biến thiên và do đó sinh ra cảm ứng điện từ sang các cuộn dây, nghĩa là tạo ra các dòng điện (một pha hoặc ba pha)

Biến áp là một trường hợp đặc biệt khi mắc song song hai cuộn dây qua một lõi sắt từ hay lõi ferit, phần tiếp theo đây sẽ trình bày cụ thể về biến áp.

IV. BIẾN ÁP

Biến áp là linh kiện dùng để ngăn dòng một chiều giữa hai cuộn dây và biến đổi giá trị điện áp của các dòng điện xoay chiều từ cuộn nọ sang cuộn kia.

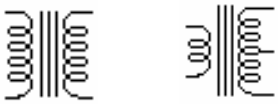
1. Ký hiệu và cấu tạo của biến áp

Biến áp gồm hai hay nhiều cuộn dây tráng sơn cách điện quấn chung trên một lõi thép (mạch từ)

Lõi của biến áp có thể là sắt lá, sắt bụi hay không khí

Cuộn dây đấu vào nguồn cung cấp gọi là cuộn sơ cấp, cuộn đấu ra tải tiêu thụ gọi là cuộn thứ cấp.

Năng lượng từ cuộn sơ cấp sang cuộn thứ cấp thông qua cảm ứng điện từ, biến áp có tác dụng biến đổi từ một điện áp vào thành nhiều điện áp ra khác nhau.

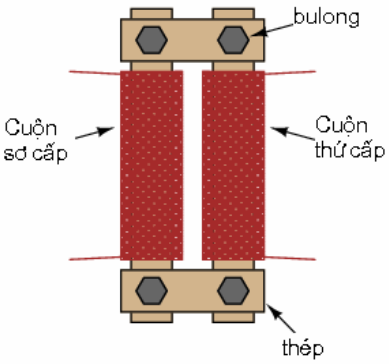


Biến áp lõi sắt từ

Biến áp lõi sắt bụi

Biến áp không lõi

Biến áp tự ngẫu



Khi hai cuộn dây cùng được quấn trên một lõi thì biến áp gọi là biến áp tự ngẫu và biến áp không được cách ly về điện.

http://www.ebook.edu.vn

2. Nguyên tắc hoạt động của máy biến áp

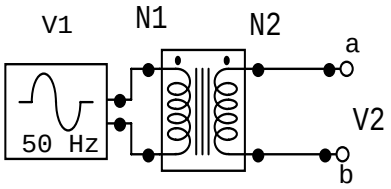
Khi cho dòng điện xoay chiều vào cuộn dây sơ cấp thì dòng điện sẽ tạo ra từ trường biến thiên chạy trong mạch từ và sang cuộn dây thứ cấp, cuộn dây thứ cấp nhận được từ trường biến thiên và trong nó sẽ xuất hiện một dòng cảm ứng xoay chiều cùng tần số.

Ở cuộn sơ cấp ta có:

$$u_1 = e_1 = -N_1 \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$$

Ở cuộn thứ cấp ta có:

$$u_2 = e_2 = -N_2 \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$



trong đó N_1 là số vòng dây của cuộn sơ cấp và N_2 là số vòng dây của cuộn thứ cấp.

3. Các tỉ lệ của biến áp

Tỉ lệ về điện áp: $\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} = n$

Như vậy, muốn tăng điện áp ra cần tăng số vòng dây cuộn thứ cấp hoặc giảm số vòng dây cuộn sơ cấp và ngược lại, khi muốn giảm điện áp ra cần giảm số vòng cuộn thứ cấp hoặc tăng số vòng cuộn sơ cấp.

Tỉ lệ về dòng điện: $\frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1} = \frac{1}{n}$

Hệ thức trên cho thấy một biến áp tăng áp bao giờ cũng làm hạ dòng và ngược lại, biến áp hạ áp sẽ làm tăng dòng.

Tỉ lệ về công suất: $P_1 = P_2$

Một biến áp lý tưởng coi như không có tổn hao trên hai cuộn dây và mạch từ sẽ có công suất ở sơ cấp và thứ cấp bằng nhau.

Tuy nhiên trên thực tế công suất tiêu thụ ở bên thứ cấp luôn nhỏ hơn công suất của nguồn cung cấp cho sơ cấp. Nguyên nhân là do các cuộn sơ cấp và thứ cấp có điện trở của dây dẫn nên tiêu hao năng lượng dưới dạng nhiệt. Thêm vào đó, lõi từ có dòng điện cảm ứng do từ thông thay đổi sẽ tự kín mạch trong lõi (gọi là dòng Fuco) cũng tiêu thụ năng lượng dưới dạng nhiệt.

Vì những tổn hao trên người ta đưa ra thông số hiệu suất của biến áp là tỉ số giữa công suất ra và công suất vào tính theo % như sau:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1}.100\% = \frac{P_2}{P_2 + P_{\text{tổn hao}}}.100\%$$

với: P_1 là công suất của cuộn sơ cấp

P_2 là công suất thu được ở cuộn thứ cấp

$P_{\text{tổn hao}}$ là công suất mất mát do tổn hao trên cuộn dây và mạch từ

Khi hở mạch tải trên mạch bên thứ cấp thì vẫn có tổn hao trên biến áp gọi là tổn hao không tải, nó thường chiếm khoảng 5% công suất danh định của biến áp. Khi biến áp có tải lớn nhất theo công suất danh định (gọi là đầy tải) thì hiệu suất cao nhất khoảng 80% đến 90%.

Để tăng hiệu suất của biến áp phải giảm tổn hao bằng cách dùng lõi làm bằng các lá sắt từ mỏng có quét sơn cách điện, dây quấn dùng loại có tiết diện lớn và ghép chặt.

Tỉ lệ về tổng trở:

Có: $U_1 = \frac{N_1}{N_2}.U_2 = n.U_2$

$I_1 = \frac{1}{n}.I_2$

$$\Rightarrow R_1 = \frac{U_1}{I_1} = n^2.\frac{U_2}{I_2} = n^2.R_2 \qquad \Rightarrow \frac{R_1}{R_2} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 = n^2$$

với R_2 là tải thứ cấp và R_1 được gọi là điện trở tải phản ánh về sơ cấp.

Khi có tải với trở kháng Z_2 nối tới cuộn thứ cấp, trở kháng của cuộn sơ cấp lúc đó là $Z_1 = n_2.Z_2$, từ đó có thể xác định n theo hệ thức:

$$n = \sqrt{\frac{Z_1}{Z_2}} \approx \sqrt{\frac{R_1}{R_2 + R_t}} \approx \sqrt{\frac{R_1}{R_t}}$$

đây chính là hệ thức để xác định loại biến áp dùng để phối hợp trở kháng giữa mạch sơ cấp R_1 và mạch thứ cấp Rt (>> R2)

4. Phân loại và ứng dụng của biến áp

Biến áp là linh kiện dùng để biến đổi điện áp, biến đổi dòng, ngăn cách thành phần dòng một chiều giữa các mạch khi hai cuộn dây được cách điện với nhau và có khi là phối hợp trở kháng giữa các tầng.

Người ta thường phân loại biến áp theo ứng dụng của chúng.

Một số loại biến áp thường gặp:

a. Biến áp nguồn (biến áp cấp điện)

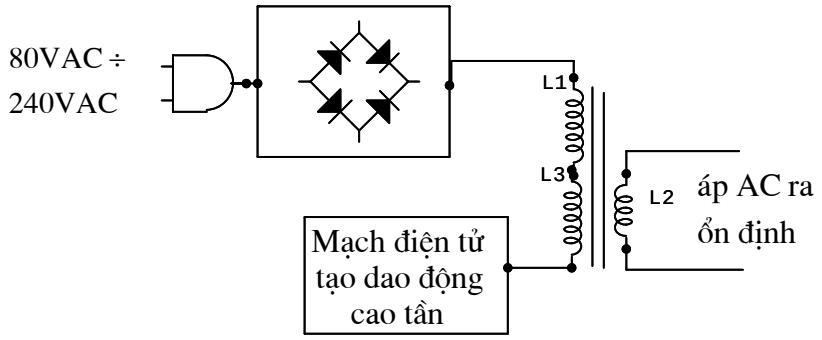
Biến áp nguồn là biến áp làm việc ở tần số 50 đến 60 Hz để biến đổi điện áp lưới (thường là 110V – 60 Hz hoặc 220V – 50Hz) thành điện áp và dòng điện đầu ra theo yêu cầu đồng thời ngăn cách thiết bị khỏi nguồn điện cao áp.

Các biến áp nguồn thường có 3 đầu vào (0V, 110V và 220V) và nhiều đầu ra (0V, 1.5V, 3V, 4.5V, 6V … 12V … 24V)

Các thông số chính để chọn biến áp nguồn là trị số điện áp đầu ra và dòng điện lớn nhất qua được biến áp. Hai thông số này sẽ quyết định tới kích thước và giá thành của biến áp.

Các yêu cầu đối với một biến áp nguồn tốt là tổn hao trong lõi nhỏ, hệ số ghép cao, kích thước nhỏ gọn.

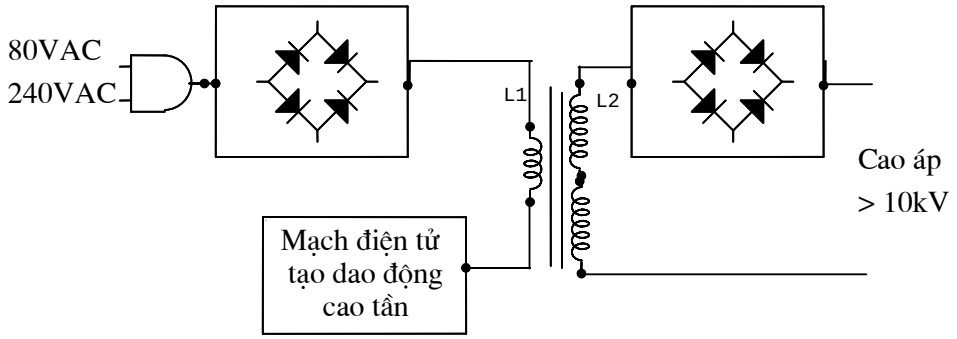
Hiện nay, với một số thiết bị yêu cầu nguồn cung cấp có độ ổn định cao như máy tính, màn hình, tivi, VCR … người ta sử dụng mạch ổn áp dải rộng gọi là autovolt với sơ đồ như sau:



Sơ đồ trên có nguyên tắc hoạt động như sau: Nguồn điện lưới không ổn định được đưa vào mạch nắn điện để tạo ra điện áp một chiều. Dòng dc này chạy qua cuộn dây bên sơ cấp rồi qua mạch điện tử tạo dao động cao tần. Dao động cao tần làm ức chế dòng dc, lúc có lúc mất, do đó tạo nên dòng i (ac) biến đổi nhanh, tạo ra sức điện động tự cảm rất lớn do di/dt lớn. Sức điện động này có thể lên tới 1kVAC và như vậy sự không ổn định của điện lưới ban đầu (80VAC – 240VAC) có thể coi như không ảnh hưởng tới sức điện động của cuộn sơ cấp, tức là cũng chẳng ảnh hưởng tới cuộn thứ cấp, đầu ra ac của mạch được ổn định.

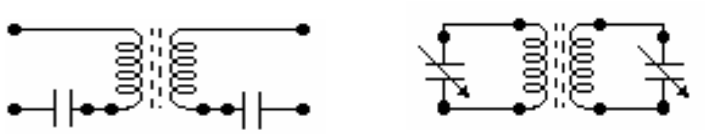
Dưới đây là mạch tạo cao áp cho đèn hình của tivi hoặc monitor máy tính cũng với nguyên tắc hoạt động giống như trên nhưng số vòng dây của L2 lớn hơn nhiều số vòng dây của L1 và bộ nắn điện thứ 2 đồng thời là bộ bội áp và đầu ra ta sẽ có cao áp có thể lên tới 20 – 30kV.

http://www.ebook.edu.vn



b. Biến áp cộng hưởng

Đây là biến áp cao tần có lõi không khí, sắt bụi hoặc ferit được ghép lỏng để có thể điều chỉnh lõi. Các tụ được mắc với các cuộn sơ cấp và thứ cấp để tạo thành các mạch cộng hưởng. Nếu chỉ có một tụ gọi là mạch cộng hưởng đơn, nếu có hai tụ gọi là cộng hưởng kép hoặc cộng hưởng lệch (nếu tần số cộng hưởng lệch nhau)



Biến áp cộng hưởng thường được sử dụng làm tải cho các tầng khuếch đại trộn tần, chọn lọc tần số …

c. Biến áp âm tần

Biến áp âm tần làm việc ở dải tần số âm tần từ 20 Hz đến 20 kHz. Biến áp này cho phép biến đổi điện áp mà không gây méo dạng sóng, ngăn cách thành phần một chiều giữa các tầng, biến đổi pha …

Do làm việc ở tần số thấp nên các biến áp âm tần thường có lõi sắt từ, kích thước và trọng lượng lớn. Chính vì lý do này mà biến áp âm tần càng ngày càng ít được sử dụng.

Chương III

LINH KIỆN BÁN DẪN

I. VẬT LIỆU BÁN DẪN

Trong ngành vật liệu điện người ta chia vật liệu ra làm 4 nhóm vật liệu là: chất dẫn điện, chất cách điện, chất dẫn từ và chất bán dẫn. Phần này chúng ta sẽ quan tâm tới chất bán dẫn.

1. Định nghĩa và tính chất

Bắt đầu từ những năm 60 chất bán dẫn trở nên không thể thiếu đối với ngành kỹ thuật điện tử, nó có mặt ở tất cả các thiết bị điện tử.

Vật liệu bán dẫn là vật liệu mà trong một số điều kiện nó trở thành cách điện và trong một số điều kiện khác nó lại dẫn điện. Tính đa năng này nằm ở chỗ sự dẫn điện có thể được điều khiển để tạo ra các hiệu ứng như sự khuếch đại âm thanh, sự chỉnh lưu dòng điện, chuyển đổi và trộn lẫn tín hiệu …

Xét về đặc tính dẫn điện thì vật liệu bán dẫn có điện trở suất lớn hơn vật liệu dẫn điện nhưng nhỏ hơn vật liệu cách điện.

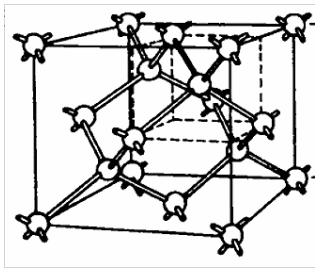
Điện trở suất ρ (Ωm)	Loại vật liệu
$10^{-8} \div 10^{-5}$	Dẫn điện
$10^{-6} \div 10^{8}$	Bán dẫn
$10^{7} \div 10^{17}$	Cách điện

Đặc điểm nổi bật của vật liệu bán dẫn là điện trở suất của nó phụ thuộc rất nhiều và nhiệt độ, điện trở suất giảm khi nhiệt độ tăng. Ngoài ra nó còn phụ thuộc vào loại chất pha tạp, nồng độ tạp chất, ánh sáng chiếu vào, thế năng ion hoá ….

Trong kỹ thuật điện tử, một số chất bán dẫn được sử dụng rộng rãi là Silicon (Si), Germani (Ge) và Galium Arsenide (GaAs). Germani (Ge) được sử dụng trong những năm đầu của công nghệ bán dẫn còn hiện nay chỉ xuất hiện trong những ứng dụng đặc biệt.

2. Bán dẫn thuần (bán dẫn nguyên tính)

Định nghĩa và tính chất



Chất bán dẫn thuần là chất bán dẫn mà trong cấu trúc mạng tinh thể tại mỗi nút mạng chỉ có nguyên tử của một nguyên tố.

ví dụ: Si nguyên chất và Ge nguyên chất

Cấu trúc tinh thể của Si được cho ở hình bên

Ở nhiệt độ rất thấp (0 độ tuyệt đối), các điện tử hoá trị có liên kết chặt chẽ với lõi ion do đó độ dẫn điện thấp, điện trở suất cao. Chúng được coi như chất cách điện. Khi nhiệt độ tăng lên số lượng hạt dẫn tăng theo do một số cặp điện tử – lỗ trống được hình thành, người ta gọi đó là hiện tượng phát xạ cặp điện tử – lỗ trống do nhiệt. Nói chung điện trở suất của chất bán dẫn tinh khiết là rất lớn.

Dưới đây là một số chất bán dẫn thông dụng

**** Silicon***

Silicon (Si) thường được sử dụng rộng rãi trong diode, mạch tích hợp. Tuy nhiên, để có tính chất mong muốn người ta phải pha các chất khác vào trong Si. Si có thể được khai thác trong tự nhiên hoặc để có chất lượng cao nhất thì tạo ra bằng cách nuôi các tinh thể trong điều kiện phòng thí nghiệm, sau đó sẽ được đưa vào trong các chip.

http://www.ebook.edu.vn

**** Selenium***

Selenium (Se) có trở kháng phụ thuộc rất mạnh vào cường độ ánh sáng tác động vào nó. Đây là tính chất chung của vật liệu bán dẫn nhưng thể hiện rõ nhất ở Se, vì vậy Se được sử dụng để chế tạo các tế bào quang điện. Ngoài ra, Se được còn dùng để chế tạo các thiết bị chỉnh lưu ở khu vực điện áp không ổn định do khả năng chịu được điện áp cao bất thường của Se tốt hơn nhiều so với Si.

**** Germanium***

Germanium (Ge) nguyên chất là một chất dẫn điện kém. Nó trở thành chất bán dẫn khi thêm một số tạp chất vào. Germanium được sử dụng rộng rãi trong thời kỳ đầu nhưng vì Ge dễ bị hư hỏng bởi nhiệt độ nên sau đó người ta ít dùng loại vật liệu này, trừ những trường hợp đặc biệt.

3. Bán dẫn pha tạp (bán dẫn ngoại tính)

Bán dẫn tạp là bán dẫn mà trong mạng tinh thể ở một số nút mạng được thay thế bởi nguyên tử của một nguyên tố khác. Quá trình thêm tạp chất vào được gọi là quá trình pha tạp và việc này làm cho tính chất của vật liệu thay đổi rất nhiều tuỳ vào chất pha tạp và nồng độ của chất đó. Mức độ pha tạp được tính bằng đơn vị ppm (đơn vị phần triệu)

Khi này nồng độ của điện tử và lỗ trống không còn cân bằng nữa. Nếu bán dẫn có hạt tải điện chủ yếu là điện tử thì người ta gọi đó bán dẫn loại N và nếu hạt tải điện chủ yếu là lỗ trống thì gọi là bán dẫn loại P.

a. Bán dẫn loại N (bán dẫn loại cho, pha tạp chất donor)

Là bán dẫn hình thành khi pha tạp chất nhóm V vào bán dẫn thuần.

Ví dụ: pha tạp chất As, P, Sn (nhóm V) vào bán dẫn nền Si (nhóm IV)

Nguyên tử tạp chất có 5 điện tử hoá trị ở lớp ngoài cùng nên nó sẽ dùng 4 điện tử cho 4 liên kết cộng hoá trị với 4 nguyên tử Si (hoặc Ge) ở bên cạnh. Điện tử thứ 5 sẽ thừa ra và có liên kết rất yếu với nguyên tử tạp chất. Để giải phóng điện tử này chỉ cần cung cấp một năng lượng rất nhỏ vào khoảng 0,01 eV đối với Ge và 0,05 eV đối với Si.

Khi tách khỏi nguyên tử thì điện tử thứ 5 sẽ trở thành điện tử tự do và nguyên tử tạp chất trở thành ion dương cố định. Như vậy số điện tử tự do chính bằng số nguyên tử pha tạp vào. Tạp chất nhóm V vì vậy được gọi là *tạp chất cho (hay tạp chất donor)*. Và đặc tính điện quan trọng nhất của bán dẫn loại N là có hạt dẫn đa số là điện tử còn hạt dẫn thiểu số là lỗ trống.

b. Bán dẫn loại P (bán dẫn loại nhận, pha tạp chất acceptor)

Khi đưa tạp chất là nguyên tử của nguyên tố nhóm III vào bán dẫn thuần thì ta có bán dẫn loại P.

Ví dụ: pha Ga, In, B (nhóm III) vào bán dẫn nền Ge (nhóm IV)

Nguyên tử tạp chất có 3 điện tử ở lớp ngoài cùng nhưng chúng lại phải thiết lập 4 mối liên kết cộng hoá trị với 4 nguyên tử Si hoặc Ge bên cạnh. Do đó mối liên kết thứ 4 có một lỗ trống. Các điện tử bên cạnh sẽ nhảy sang để lấp đầy vào lỗ trống này và nguyên tử tạp chất sẽ trở thành ion âm còn nguyên tử có điện tử vừa rời đi trở thành ion dương cố định. Tạp chất nhóm III vì vậy được gọi là *tạp chất nhận (hay tạp chất acceptor)*. Vì vậy, đặc tính điện quan trọng nhất của bán dẫn loại P là có hạt dẫn đa số là lỗ trống và hạt dẫn thiểu số là điện tử.

Kết luận: Qúa trình pha tạp chất vào bán dẫn nguyên tính không chỉ làm tăng độ dẫn điện mà còn tạo ra một chất dẫn điện có điện tử chiếm ưu thế (loại N) hay lỗ trống chiếm ưu thế (loại P). Nghĩa là, nếu để tạo thành dòng điện thì sự di chuyển của các hạt dẫn đa số mới có ý nghĩa.

* Ngoài các loại bán dẫn kể trên, hiện nay người ta quan tâm nhiều tới một số hợp chất oxit kim loại cũng có những tính chất như các chất bán dẫn thuần tuý. Đó chính là công nghệ MOS (metal-oxide semiconductor) và CMOS (complementary metal-oxide semiconductor). Đặc điểm nổi trội của các thiết bị MOS và CMOS là chúng hầu như không cần bất cứ năng lượng nào để hoạt động. Chúng cần ít năng lượng đến nỗi mà một viên pin ở trên thiết bị MOS hay CMOS sẽ kéo dài thời gian sử dụng cho đến khi nào nó còn nằm trên giá của nó. Thêm nữa, các thiết bị MOS và CMOS có tốc độ rất cao. Điều này cho phép nó hoạt động ở tần số cao và có khả năng thực hiện nhiều phép tính trên giây. Ngày càng có nhiều transistor và mạch tích hợp sử dụng công nghệ MOS

và CMOS vì nó cho phép một số lượng lớn diode và transistor riêng biệt nằm trên một chip đơn. Nói cách khác, công nghệ MOS/CMOS có mật độ tích hợp cao hơn. Tuy nhiên, vấn đề lớn nhất đối với MOS và CMOS đó là các thiết bị dễ bị hư hỏng vì tĩnh điện.

II. DIODE

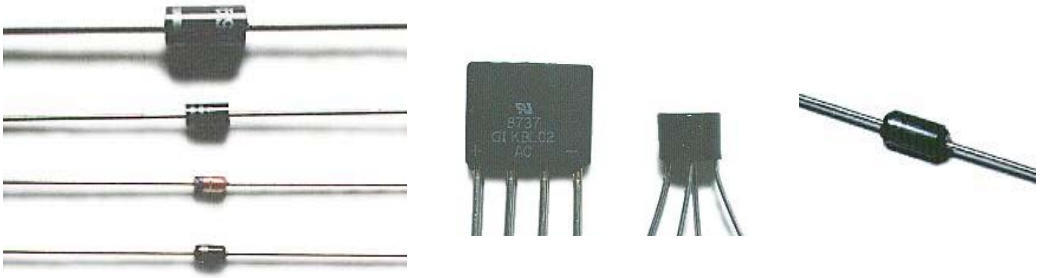
"Diode" nghĩa là "hai nguyên tố". Trong những năm đầu của điện tử và vô tuyến, hầu hết các diode là các ống chân không hai cực. Catot phát ra các điện tử và anot sẽ thu các điện tử đó. Trong các ống chân không này điện áp của catot và anot lên tới hàng trăm thậm chí hàng ngàn Volt một chiều.

Ngày nay, khi nói tới diode chúng ta hình dung đó là không phải là ống chân không nặng nề mà chỉ là các mẫu nhỏ làm từ silicon hoặc các vật liệu bán dẫn khác, người ta gọi đó là diode bán dẫn. Diode bán dẫn có những đặc tính tuyệt vời mà ống chân không không thể có và chúng được ứng dụng rất rộng rãi trong ngành kỹ thuật điện tử. Phần dưới đây sẽ giới thiệu chi tiết diode bán dẫn.

1. Cấu tạo và ký hiệu

Diode bán dẫn là một linh kiện điện tử gồm 1 chuyển tiếp P - N và 2 chân cực anốt nối với bán dẫn P và catốt nối với bán dẫn N.

Cấu tạo, ký hiệu diode



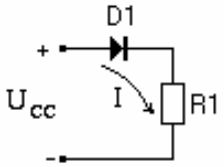
Hình dạng thực tế của một số loại diode

2. Nguyên tắc làm việc, đặc tuyến Von-ampe của diode

+ Nguyên tắc làm việc của diode

Dựa trên tính chất dẫn điện một chiều của chuyển tiếp P - N.

Khi đưa điện áp ngoài có cực dương nối vào anốt, cực âm nối vào catốt ($U_{AK} > 0$) thì diode sẽ dẫn điện và trong mạch có dòng điện chạy qua (coi như ngắn mạch). Khi điện tử dịch chuyển từ bên N (catot) sang bên P (anot) do sự chênh lệch nồng độ thì sự thiếu hụt này sẽ được cực âm của nguồn pin cung cấp. Đồng thời, cực dương của nguồn cũng thu lại các điện tử này từ bên P. Khi này người ta nói chuyển tiếp P - N được phân cực thuận và diode như một khoá đóng làm ngắn mạch.



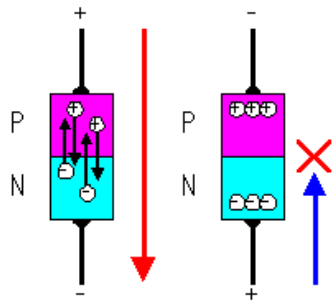
Sơ đồ nguyên lý của diode

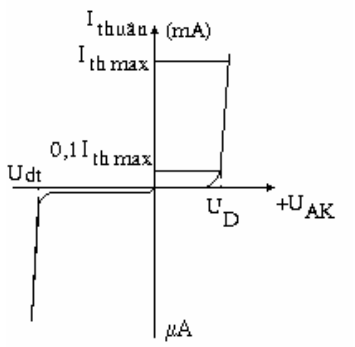
Khi điện áp ngoài có cực âm nối vào anốt, dương nối vào catốt ($U_{AK} < 0$) diode sẽ bị khoá (coi như làm hở mạch). Sở dĩ vậy là do các điện cực hút điện tử bên N về phía cực dương còn lỗ trống bên P lại bị hút về phía cực âm,

http://www.ebook.edu.vn

nghĩa là các hạt dẫn điện đa số bị kéo về hai đầu cực. Điều này làm cho số hạt dẫn trong vùng chuyển tiếp giảm đi rõ rệt và hoạt động như một chất cách điện. Ta nói chuyển tiếp P - N phân cực ngược và diode như một khoá mở làm ngắt mạch (thực chất là chỉ có dòng điện ngược rất nhỏ chạy qua)

+ Đặc tuyến Von-ampe của diode





Đặc tuyến Von-ampe của diode biểu thị mối quan hệ giữa dòng điện qua diode và điện áp đặt giữa 2 chân cực anốt và catốt (U_{AK}). Đây chính là đặc tuyến Von-ampe của lớp chuyển tiếp P - N vì bộ phận chính của diode là lớp chuyển tiếp P - N.

Phần thuận của đặc tuyến (khi $U_{AK} > 0$)

+ Khi $U_{AK} < U_D$: dòng điện tăng chậm theo quy luật hàm mũ là: $\left[\exp(\frac{V_{AK}}{2.V_T}) - 1\right]$ (thông thường khi này $I_{th} < 1\%\ I_{thmax}$)

+ Khi $U_{AK} > U_D$: dòng điện tăng nhanh hơn theo quy luật hàm mũ là: $\left[\exp(\frac{V_{AK}}{V_T}) - 1\right]$

(tăng gần như tuyến tính với điện áp)

Trong đó, U_D được gọi là điện áp ngưỡng của diode. Khi $U_{AK} = U_D$ diode mới bắt đầu được tính là phân cực thuận, lúc này dòng điện thuận mới đủ lớn và bằng $0{,}1I_{thmax}$

I_{thmax} là dòng điện thuận cực đại cho phép của diode, diode không được làm việc với dòng điện cao hơn trị số này. Điện áp ứng với giá trị I_{thmax} được gọi là U_{bh}, nó có giá trị khoảng 0,8V đối với diode Ge và khoảng 1,2V đối với diode Si.

Với diode Ge giá trị $U_D \approx 0{,}3V$ và với diode Si giá trị $U_D \approx 0{,}7V$

Vùng phân cực thuận có đặc trưng là dòng lớn (mA), điện áp nhỏ và điện trở nhỏ (Ω)

Phần ngược của đặc tuyến Von-ampe

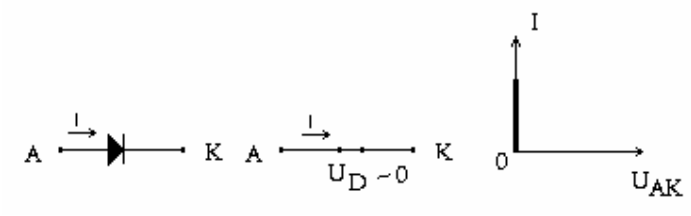
Vùng phân cực ngược (hay còn gọi là vùng khoá của diode) với đặc trưng là dòng nhỏ có giá trị I_{S0} (μA) gần như không đổi, áp lớn (hàng chục cho tới hàng trăm V tuỳ từng loại diode) và điện trở lớn (hàng chục nghìn Ω)

Khi U_{AK} tăng tới một giá trị U_{dt} thì dòng điện ngược tăng vọt, người ta gọi đó là ***hiện tượng đánh thủng*** chuyển tiếp P - N. Hiện tượng này làm mất khả năng chỉnh lưu của diode (trừ diode Zene là diode sử dụng đoạn đánh thủng của đặc tuyến để ổn định điện áp). Điện áp tại điểm đánh thủng gọi là điện áp đánh thủng và ký hiệu là U_{dt}.

U_{dt} có giá trị khoảng 12V đối với diode tách sóng và khoảng 100V đối với diode nắn điện.

3. Sơ đồ tương đương của diode

a. Khi diode phân cực thuận

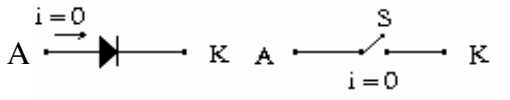


Diode như một khoá điện tử đóng

Khi điện áp trong mạch lớn hơn nhiều điện áp ngưỡng U_D ($U_D \sim 0,6V$ với Si và 0,2V với Ge). Lúc này coi diode như một khoá điện tử ở trạng thái đóng và đặc tuyến Von-ampe coi như trường hợp ngắn mạch.

b. Sơ đồ tương đương khi diode phân cực ngược

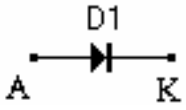
Khi bị phân cực ngược, diode hầu như không cho dòng đi qua, do đó có thể coi như một khoá điện tử mở.



Diode như một khoá điện tử mở

4. Phân loại và ứng dụng của diode

a. Diode chỉnh lưu



Ký hiệu của diode chỉnh lưu

Diode chỉnh lưu sử dụng đặc tính dẫn điện một chiều để chỉnh lưu dòng điện xoay chiều thành dòng điện một chiều. Nghĩa là nó chỉ chuyển dòng điện theo một hướng thuận khi anot có điện áp dương hơn catot (dương hơn một giá trị điện áp nhất định tuỳ thuộc loại diode, đó chính là điện áp ngưỡng)

Cần quan tâm tới 2 tham số quan trọng sau khi sử dụng diode chỉnh lưu:

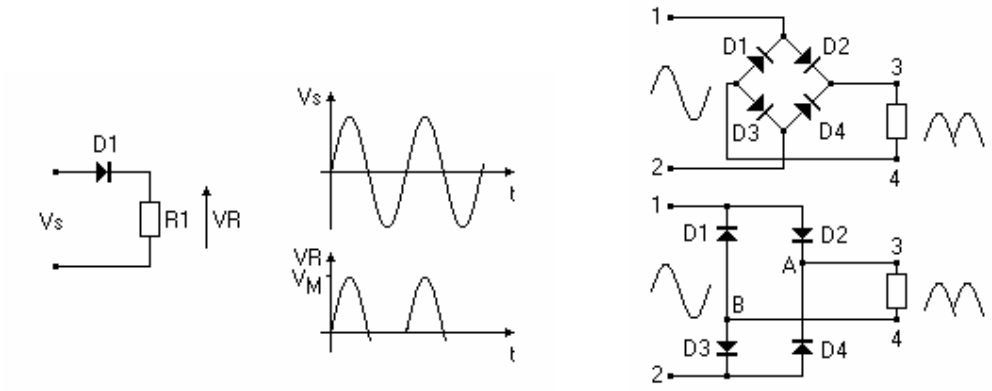
+ Dòng điện thuận cực đại I_{max} là dòng điện cho phép xác định dòng chỉnh lưu cực đại.

+ Điện áp ngược tối đa cho phép $U_{ngược\ max}$ sẽ xác định điện áp chỉnh lưu lớn nhất. Người ta thường chọn $U_{ngược\ max} = 0,8\ U_{dt}$.

Diode chỉnh lưu dùng để biến đổi dòng điện xoay chiều thành dòng điện một chiều. Có 2 kiểu chỉnh lưu là chỉnh lưu nửa chu kỳ và chỉnh lưu cả chu kỳ.

Hiện nay người ta sản xuất sẵn cầu diode nhưng lắp 4 diode theo kiểu cầu cho chất lượng mạch tốt hơn và dễ sửa chữa hơn dù mạch có cồng kềnh hơn.

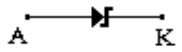
http://www.ebook.edu.vn



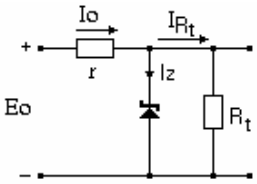
Mạch chỉnh lưu nửa chu kỳ và mạch chỉnh lưu cả chu kỳ

b. Diode ổn áp (Zene)

Cấu tạo: diode Zene có cấu tạo giống như diode thông thường nhưng các chất bán dẫn được pha tạp chất với tỉ lệ cao hơn diode thông thường. Đa số các diode ổn áp đều được chế tạo từ Si và là diode tiếp mặt (do phải chịu dòng lớn)

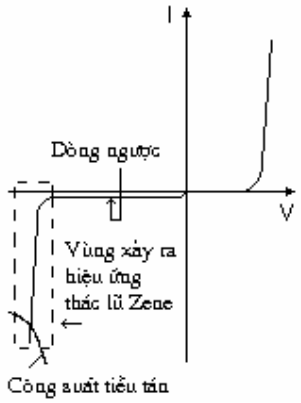


Ký hiệu của diode Zene



Mạch điện ổn áp dùng diode Zene

Nguyên tắc làm việc: diode ổn áp làm việc trên đoạn đặc tuyến ngược (xem hình dưới đây). Người ta lợi dụng chế độ đánh thủng về điện của chuyển tiếp P - N để ổn định điện áp (từ 3 đến 300V).



Đặc tuyến Von-ampe của diode Zene

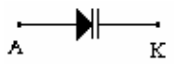
Khi phân cực thuận diode Zene hoạt động như một diode bình thường. Khi phân cực ngược và làm việc ở chế độ đánh thủng thì nó không bị hỏng như diode khác. Từ sơ đồ trên ta thấy khi điện áp thấp hơn điện áp ngưỡng diode coi như làm hở mạch, khi điện áp vượt quá điện áp ngược điện trở của diode bắt đầu giảm. Điện áp càng tăng dòng qua diode càng lớn, nghĩa là nó ngăn chặn một cách hiệu quả điện áp đảo vượt quá điện áp cho phép trên hai đầu điện trở tải.

http://www.ebook.edu.vn

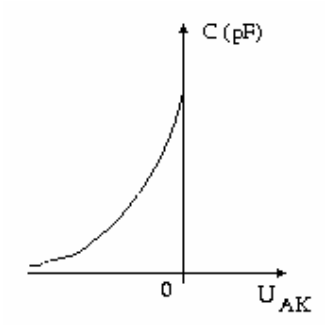
Khi điện áp một chiều mang giá trị từ (1,5 ÷2)V_Z thì điện áp ra trên hai đầu của diode Zene là V_Z.

Diode Zene được sử dụng trong các mạch nguồn và các mạch có yêu cầu độ ổn định điện áp cao.

c. Diode biến dung



Ký hiệu của diode biến dung



Sự phụ thuộc của điện dung chuyển tiếp P - N lên điện áp ngược đặt lên nó

Diode biến dung (diode varactor) làm từ silicon hoặc galium arsenide là loại diode được sử dụng như một tụ điện có trị số điện dung điều khiển được bằng điện áp.

Nguyên tắc làm việc của diode biến dung là dựa vào sự phụ thuộc của điện dung rào thế của chuyển tiếp P - N với điện áp ngược đặt vào nó.

Trị số của diode biến dung tuỳ thuộc vào cấu tạo của nó và tỉ lệ nghịch với căn bậc hai của điện áp ngược đặt lên nó.

Varactor thường được sử dụng trong các mạch dao động cần điều khiển tần số cộng hưởng bằng điện áp ở khu vực siêu cao tần như: mạch tự động điều chỉnh tần số AFC (automatic frequency controller), các mạch điều tần và thông dụng nhất là các bộ dao động khống chế bằng điện áp VCO (Voltage Controlled Oscilator)

d. Diode phát sáng (LED – Light emitting Diode)

Đây là loại diode có khả năng phát ra ánh sáng nhìn thấy hoặc các bước sóng khác tuỳ theo vật liệu cấu tạo khi được phân cực thuận. LED có kí hiệu và hình dạng thực tế như hình trên.

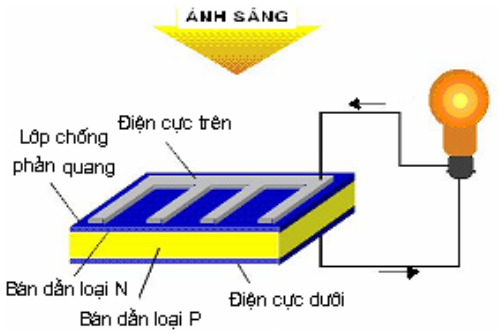
e. Diode thu sáng (Photo diode)

Diode quang có cấu tạo giống như diode thông thường nhưng vỏ bọc cách điện là nhựa hoặc thuỷ tinh trong suốt để ánh sáng bên ngoài chiếu vào mối nối P-N.

Khi đặt điện áp phân cực ngược lên hai cực và có ánh sáng rọi vào diode quang sẽ dẫn, cường độ sáng mạnh hay yếu sẽ làm cho diode dẫn mạnh hay yếu tương ứng. Photo diode gồm hai loại cơ bản là PIN và APD.

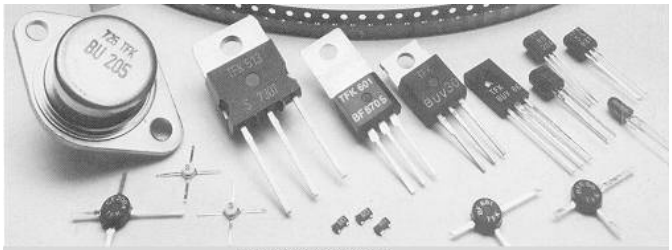
Diode quang được sử dụng rộng rãi trong các hệ thống tự động điều khiển theo ánh sáng, báo động cháy, kết hợp với led trong hệ thống thu phát quang …

i. Tế bào quang điện



Một diode silicon được chiếu sáng bằng ánh sáng mặt trời sẽ tạo ra dòng điện một chiều (nếu có đủ bức xạ điện từ tác động lên chuyển tiếp P – N), đây chính là hiệu ứng quang điện thuận, đó cũng là nguyên tắc hoạt động của các tế bào mặt trời. Như vậy, các tế bào này đã chuyển năng lượng mặt trời thành năng lượng điện. Tế bào quang điện được chế tạo để có được bề mặt chuyển tiếp P – N lớn nhất, nghĩa là diện tích nhận ánh sáng là lớn nhất (điện cực có dạng thanh như trong hình 71). Một tế bào quang điện silicon đơn có thể tạo ra khoảng 0,6V điện thế một chiều, với ánh sáng mặt trời trực tiếp 1 inch vuông bề mặt P – N có thể tạo ra khoảng 160mA. Để tăng dòng và áp người ta mắc song song một chuỗi các tế bào quang điện để tạo thành pin mặt trời cung cấp cho các thiết bị điện tử.

III. TRANSISTOR LƯỠNG CỰC - BJT



TRANSISTORS

Transistor = transfer reristor / điện trở truyền đạt

Tên gọi của transistor xuất phát từ công dụng cơ bản của nó là có khả năng biến đổi điện trở bản thân nhờ điều khiển bằng dòng hoặc áp. Chỉ cần tác dụng một điện áp nhỏ vào cực gốc thì điện trở giữa hai cực còn lại sẽ thay đổi ứng với các trường hợp:

+ Nội trở giảm mạnh, tức là transistor dẫn mạnh
+ Nội trở tăng, tức là transistor dẫn yếu

Với tính chất cơ bản như trên, sự ra đời của transistor đã làm thay đổi hoàn toàn xu hướng cũng như tốc độ phát triển của kỹ thuật điện tử, nó là một minh chứng cho thời điểm chấm dứt vai trò của các ống chân không để thay vào đó là các thiết bị bán dẫn. Đây thực sự là một bước ngoặt cho kỹ thuật điện tử nói riêng và cuộc sống của con người nói chung.

Transistor gồm các loại cơ bản là:

+ BJT (Bipolar Junction Transistor): transistor lưỡng cực (hai mối nối)
+ JFET (Junction Field Effect Transistor): Transistor hiệu ứng trường mối nối
+ MOSFET (Metal Oxide Semiconductor FET): transistor hiệu ứng trường oxit kim loại
+ UJT (Unijuntion Transistor): transistor đơn nối

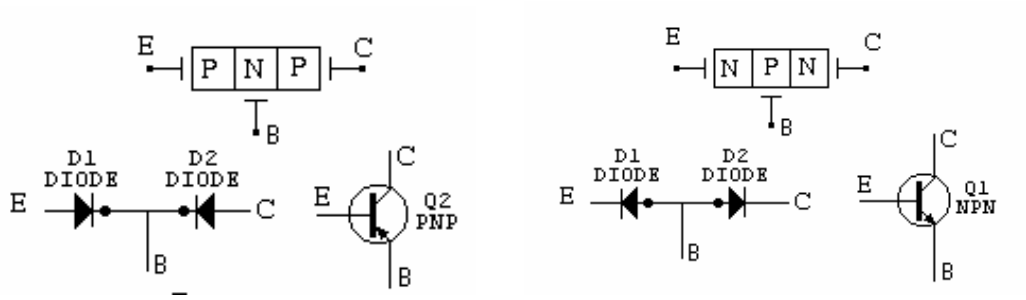
Ngoài ra, người ta còn đặt tên cho transistor theo phương pháp công nghệ chế tạo: transistor hợp kim; transistor khuếch tán; transistor plana …

Dưới đây ta sẽ xét tới transistor lưỡng cực và gọi tắt là transistor. (các loại khác sẽ nói tới ở phần IV, V)

http://www.ebook.edu.vn

1. Cấu tạo và ký hiệu BJT

Transistor được tạo thành bởi 2 chuyển tiếp P - N ghép liên tiếp trên 1 phiến đơn tinh thể. Nghĩa là về mặt cấu tạo transistor gồm các miền bán dẫn P - N xếp xen kẽ nhau. Do trình tự sắp xếp các miền P - N mà ta có 2 loại cấu trúc transistor là PNP và NPN.



Cấu tạo và ký hiệu của transistor loại PNP và NPN

Miền thứ nhất gọi là miền phát (emitor), điện cực nối với miền này gọi là cực emitor. Miền ở giữa gọi là miền bazo (miền gốc) điện cực nối với miền này gọi là cực bazo. Miền còn lại gọi là miền góp (miền collector) điện cực nối với nó gọi là cực góp (cực collector).

Chuyển tiếp P - N giữa emitor và bazo gọi là chuyển tiếp E-B hay là chuyển tiếp emitor . T_E

Chuyển tiếp P - N giữa bazo và collector gọi là chuyển tiếp C-B hay chuyển tiếp collector. T_C

Về mặt cấu tạo có thể xem transistor được tạo thành từ 2 diode mắc ngược nhưng không có nghĩa là cứ ghép 2 diode thì sẽ tạo ra được transistor .

3 miền của transistor được pha tạp với nồng độ khác nhau và có độ rộng cũng khác nhau để các miền thực hiện được chức năng của mình là:

+ Emtor phát xạ hạt dẫn có điều khiển trong transistor (pha tạp nhiều)

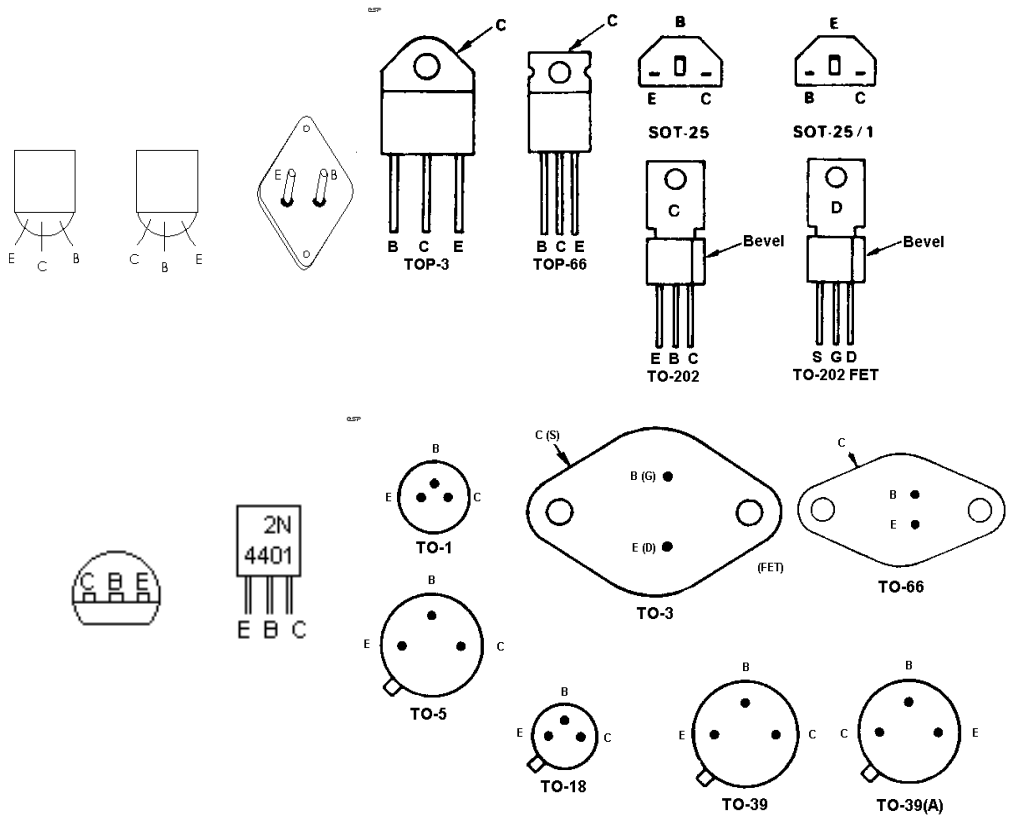
+ Bazo truyền đạt hạt dẫn từ E sang C (pha tạp ít để số lượng hạt từ E sang ít bị tái hợp và kích thước mỏng để giảm thiểu thời gian đi qua của hạt dẫn)

+ Collector thu góp hạt dẫn từ E qua B, điện trở của vùng này là lớn nhất.

Tuỳ vào chiều điện áp phân cực cho chuyển tiếp emitor và chuyển tiếp collector mà có thể phân biệt 4 miền làm việc của transistor như sau:

T_E	Tc	Miền làm việc	Ứng dụng
Phân cực thuận	Phân cực thuận	Miền bão hoà	Khoá điện tử
Phân cực thuận	Phân cực ngược	Miền tích cực	Khuếch đại
Phân cực ngược	Phân cực ngược	Miền cắt	Khoá
Phân cực ngược	Phân cực thuận	Miền tích cực ngược	

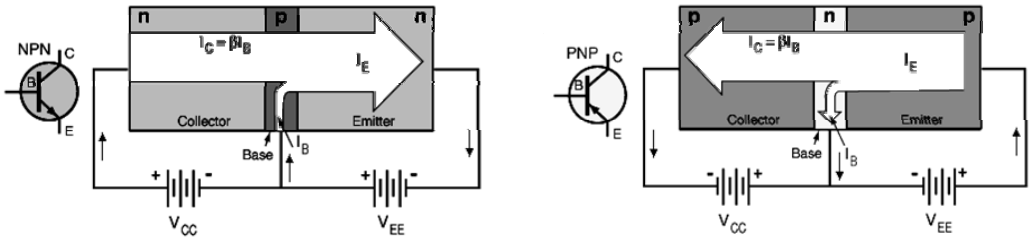
Khi sử dụng transistor điều rất quan trọng là phải xác định chính xác vị trí các chân của transistor, việc này có thể xác định bằng ohm kế hoặc đối chiếu theo quy ước của nhà sản xuất, như hình dưới đây.



2. Nguyên tắc làm việc của transistor ở chế độ tích cực

Đây là chế độ làm việc thông dụng nhất của transistor. Khi này transistor đóng vai trò là phần tử tích cực có khả năng khuếch đại hay nói cách khác, trong transistor có quá trình điều khiển dòng, điện áp hay công suất.

Như đã nói, để transistor làm việc ở chế độ tích cực (chế độ khuếch đại) cần cấp nguồn điện một chiều sao cho T_E phân cực thuận và T_C phân cực ngược.



Nói chung, các transistor PNP và NPN có thể hoạt động như nhau trong các mạch điện tử nhưng có điểm khác biệt là đảo chiều sự phân cực điện áp và hướng của dòng điện. Do vậy, ở đây ta chỉ cần xét *hoạt động của loại PNP như sau*:

+ Trong trường hợp chưa có điện áp ngoài đặt vào các chuyển tiếp emtor và collector thì qua các cực của transistor không có dòng điện. Hiện tượng không có dòng chảy qua transistor cũng xảy ra khi đặt điện áp lên cực C và E nhưng cực B để hở.

+ Khi cấp nguồn cho transistor sao cho T_E được phân cực thuận và T_C được phân cực ngược trên 3 cực của transistor sẽ xuất hiện dòng điện như biểu diễn trong hình trên.

Dòng điện cực emitor I_E khi đi vào miền base, một phần tái hợp với điện tử, phần còn lại sẽ

qua T_C sang miền collector và tạo nên dòng cực góp I_C.

$$I_C = \alpha . I_E$$

với α là hệ số truyền đạt dòng điện (hay hệ số khuếch đại dòng điện cực phát)

α = số lỗ trống không bị tái hợp / tổng số lỗ trống xuất phát từ cực emitor

$\alpha \approx 0{,}95 \div 0{,}999$

Quan hệ giữa các thành phần dòng trong transistor là:

$$I_E = I_C + I_B$$

$\alpha = \dfrac{I_C}{I_E} = \dfrac{\beta}{1+\beta}$ gọi là hệ số truyền đạt của transistor

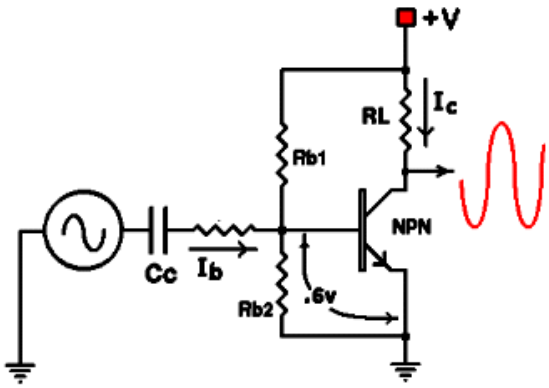
$\beta = \dfrac{I_c}{I_B} = \dfrac{\alpha}{1-\alpha}$ gọi là hệ số khuếch đại của transistor (giá trị từ vài chục tới vài trăm, giá trị điển hình 50 – 150)

β là thông số đánh giá tác dụng điều khiển của dòng I_B tới dòng I_C

2 tham số α và β có giá trị xác định đối với mỗi loại transistor và được ghi trong bảng thông số kỹ thuật.

Khả năng khuếch đại của transistor :

Khi đặt giữa cực emito và bazo một nguồn tín hiệu U~ thì điện áp phân cực cho T_E sẽ thay đổi, tức là làm thay đổi dòng phun từ emito sang bazo (I_E). Tuy điện áp phân cực cho T_C không đổi nhưng do số hạt thiểu số trội trong miền bazo thay đổi nên dòng ngược qua chuyển tiếp T_C (dòng I_C) cũng thay đổi theo đúng quy luật của tín hiệu đầu vào.



Nếu mắc điện trở tải ở cực collector thì điện áp rơi trên điện trở này cũng có quy luật biến thiên như điện áp tín hiệu đặt ở đầu vào. Thêm vào đó, trong khi điện trở của E-B không đáng kể thì điện trở của B-C lại rất lớn và dòng I_C xấp xỉ dòng I_E nên theo định luật Ohm điện áp của tín hiệu ở lối ra lớn hơn rất nhiều lần điện áp của tín hiệu ở lối vào. Đây chính là khả năng khuếch đại của transistor.

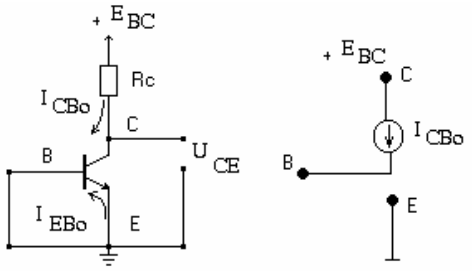
3. Transistor làm việc như khoá điện tử

Đây là chế độ làm việc thông dụng thứ 2 của transistor, chế độ làm việc này của transistor còn gọi là chế độ đóng mở. Khi này nó chỉ có 2 trạng thái ổn định: hoặc đóng (ngắn mạch cho dòng qua transistor) hoặc mở (hở mạch không cho dòng chảy qua transistor).

Đôi khi transistor chuyên dụng làm việc ở chế độ đóng mở còn gọi là transistor xung vì có thể coi chúng làm việc ở chế độ xung.

Trong kĩ thuật điều khiển tự động và kĩ thuật số nói chung các transistor hầu hết đều hoạt động như khoá điện tử .

a. Chế độ ngắt



Sơ đồ mạch điện transistor trong chế độ ngắt và sơ đồ tương đương

Ở chế độ ngắt nguồn một chiều được cấp cho transistor sao cho cả 2 chuyển tiếp T_E và T_C đều phân cực ngược. Lúc này qua 2 chuyển tiếp chỉ có dòng điện ngược I_{EBo} và I_{CBo} rất nhỏ nên có thể coi mạch cực phát hở và coi điện trở của transistor rất lớn, dòng qua transistor bằng 0. Như vậy transistor như 1 khoá ở trạng thái mở.

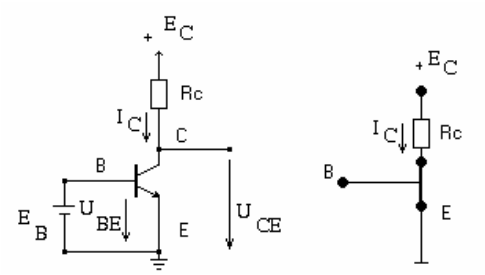
$U_{CE} \approx E_{BC}$

b. Chế độ dẫn bão hoà

Transistor được phân cực sao cho chuyển tiếp T_E và T_C đều phân cực thuận. Khi đó điện trở của cả 2 chuyển tiếp đều nhỏ nên có thể coi 2 cực phát và góp được nối tắt.

Dòng qua transistor I_C khi này khá lớn và chỉ phụ thuộc vào điện áp nguồn cung cấp E_C và không phụ thuộc vào transistor .

$I_C = \frac{E_C}{R_C}$ và $U_{CE} \approx 0$ (thực tế thường lấy = 0,3 V)

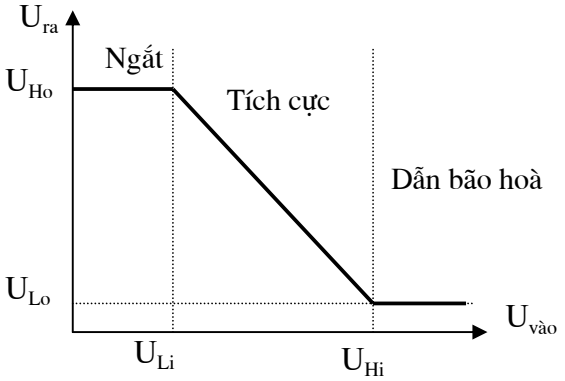


Sơ đồ mạch và sơ đồ tương đương của transistor ở chế độ bão hoà

Hai chế độ ngắt và bão hoà của transistor được sử dụng trong kĩ thuật xung và kĩ thuật mạch logic. Ở đây điện áp đặt lên lối vào chỉ có 2 mức là mức cao và mức thấp

Nếu U_{BE} = mức thấp thì transistor ngắt lối ra có $U_{CE} \approx E_C$

U_{BE} = mức cao thì transistor dẫn bão hoà lối ra có $U_{CE} = 0$

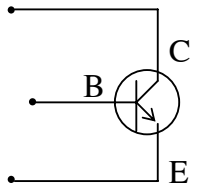


Đặc tuyến truyền đạt của transistor làm việc ở chế độ đóng mở

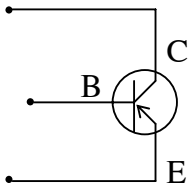
Như vậy transistor làm việc như một khoá điện tử và không có khả năng biến đổi tín hiệu.

4. Phân cực và định điểm làm việc cho Transistor

a. Nguyên tắc chung



$V_C > V_B > V_E$



$V_C < V_B < V_E$

Nguyên tắc phân cực cho Transistor loại NPN và PNP ở chế độ khuếch đại

Để Transistor làm việc cần đặt điện áp ngoài lên chuyển tiếp emito va colecto với cực tính và trị số thích hợp, việc này gọi là ***phân cực*** cho transistor hay xác định điểm làm việc tĩnh cho transistor. Vị trí của điểm công tác tĩnh này quyết định chế độ làm việc của mạch, vì vậy tuỳ vào mục đích sử dụng mà phân cực cho phù hợp.

Trong trường hợp transistor làm việc ở chế độ khuếch đại cần đặt điện áp một chiều lên các chân cực sao cho chuyển tiếp T_E phân cực thuận và chuyển tiếp T_C phân cực ngược.

Trong trường hợp transistor làm việc ở chế độ khoá điện tử cần đặt điện áp một chiều lên các chân cực sao cho chuyển tiếp T_E và T_C cùng phân cực thuận hoặc cùng phân cực ngược.

b. Đường tải tĩnh và điểm công tác tĩnh

Xét một sơ đồ phân cực cho transistor như hình bên.

Phương trình đường tải tĩnh là phương trình biểu diễn mối quan hệ giữa dòng ra và điện áp ra khi chưa đưa tín hiệu vào và chưa mắc tải.

Cụ thể là ở sơ đồ bên phương trình đường tải tĩnh biểu diễn mối quan hệ giữa I_C và U_{CE}.

Theo định luật Kiechoff về áp ta có:

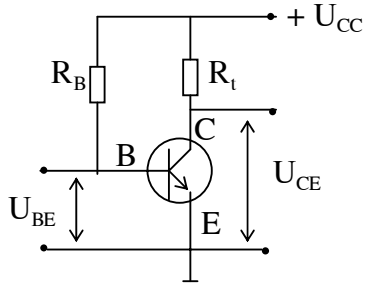
$$U_{CC} = I_C.R_t + U_{CE}$$

$$\Rightarrow \quad U_{CE} = U_{CC} - I_C.R_t$$ đây chính là phương trình đường tải tĩnh.

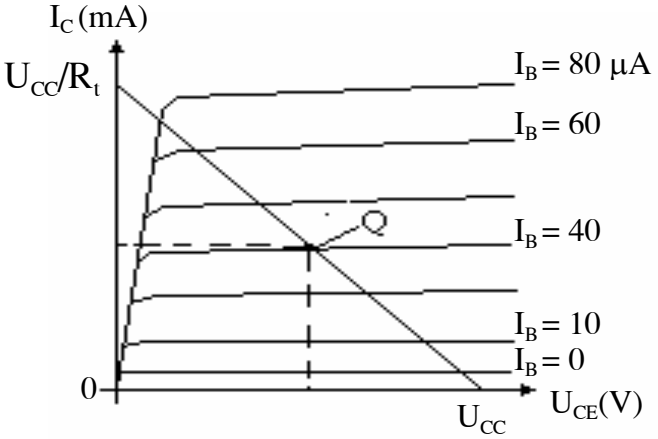
Vẽ đường tải tĩnh trên đặc tuyến ra. Giao điểm của đường tải tĩnh và đường đặc tuyến ra gọi là điểm công tác tĩnh Q.

Việc chọn Q có ý nghĩa rất lớn đối với chế độ làm việc khuếch đại của transistor, thông thường người ta chọn Q nằm giữa đường tải tĩnh để tín hiệu đầu ra có thể có biên độ lớn nhất mà không bị méo. Khi Q dịch khỏi vị trí giữa thì để tín hiệu ra không bị méo tín hiệu phải có biên độ nhỏ.

Khi Q nằm gần giá trị Icmax nghĩa là transistor ở vùng bão hoà còn khi Q nầm gần điểm (U_{CC},0) transistor ở vùng ngắt, đây là hai vùng làm việc của khoá điện tử.



http://www.ebook.edu.vn



Đường tải tĩnh và điểm công tác Q

5. Các sơ đồ phân cực cho transistor

a. Sơ đồ phân dòng cố định

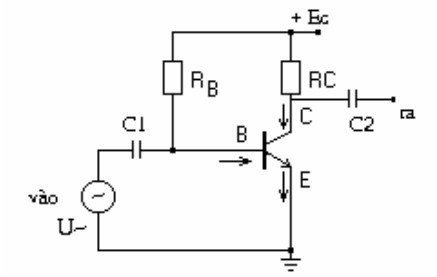
Xét mạch điện như trong hình vẽ dưới đây.

Trong đó:

R_B đấu từ dương nguồn Ec về cực gốc để dẫn điện áp dương về cực gốc sao cho tiếp xúc T_E phân cực thuận

R_C dẫn điện áp từ dương nguồn Ec về cực góp sao cho cực góp dương hơn so với cực gốc để tiếp xúc T_C phân cực ngược.

Tụ điện C1 ngăn cách ảnh hưởng của nguồn cấp dc tới nguồn tín hiệu xoay chiều và chặn thành phần một chiều từ nguồn xoay chiều tới BJT. Tụ C2 chặn thành phần một chiều từ colecto tới đầu ra.



Sơ đồ phân dòng cố định cho transistor NPN

Dòng điện I_C chạy từ dương nguồn Ec qua R_C , qua transistor về âm nguồn. Dòng điện I_B chạy từ dương nguồn Ec qua R_B , qua transistor về âm nguồn.

Trong sơ đồ trên dòng I_B có giá trị không đổi nên gọi là sơ đồ phân dòng cố định và độ ổn định của sơ đồ này không tốt (vì dòng I_C không được bù sự thay đổi).

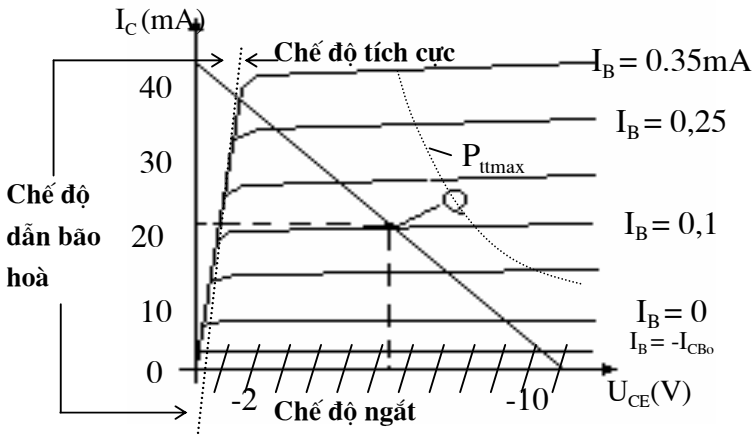
Viết phương trình Kiechoff áp cho vòng qua R_B và vòng R_C như sau:

Phương trình đầu vào: $E_C = I_B R_B + U_{BE}$ (1)

Phương trình đầu ra: $E_C = I_C R_C + U_{CE}$ (2) còn gọi là phương trình đường tải tĩnh, thể hiện mối quan hệ giữa dòng điện và điện áp đầu ra là I_C và U_{CE}

Từ (1) xác định được: $I_B = \dfrac{E_C - U_{BE}}{R_B} \Rightarrow I_C = \beta I_B$ thay vào (2) xác định được U_{CE}. Điểm có toạ độ (U_{CE}, I_C) vừa xác định được chính là điểm Q, điểm làm việc tĩnh của transistor.

Ngòai ra có thể dùng phương pháp đồ thị để xác định điểm Q. Đó là vẽ đường tải tĩnh trên đường đặc tuyến ra, giao của đường tải tĩnh với đặc tuyến ra chính là điểm Q. Với đặc tuyến ra: $I_C = f(U_{CE})\big|_{I_B=const}$, dưới đây là hình minh hoạ cho cách xác định điểm Q bằng đồ thị.

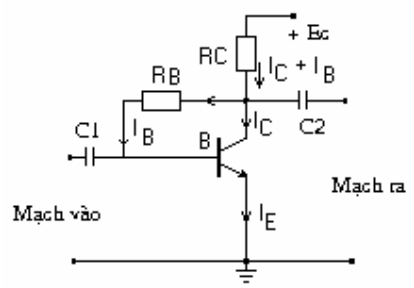


b. Sơ đồ phân cực hồi tiếp âm điện áp

Sơ đồ này khác sơ đồ trên ở chỗ điện trở R_B không dẫn dòng trực tiếp từ dương nguồn về B mà dẫn dòng từ cực C về B.

Sơ đồ này có độ ổn định tốt hơn sơ đồ trên do sự thay đổi của I_C được hồi tiếp trở lại đầu vào làm cho dòng I_B thay đổi theo hướng ngược lại để giữ ổn định cho dòng I_C.

Việc xác định điểm làm việc tĩnh và đường tải tĩnh của sơ đồ phân cực bằng hồi tiếp âm điện áp tương tự như ở đã làm ở phần trên. Cụ thể là:



Sơ đồ mạch phân cực hồi tiếp âm điện áp

Từ sơ đồ mạch ta có:

Phương trình đầu vào: $E_C = (I_C + I_B)R_C + I_B R_B + U_{BE}$

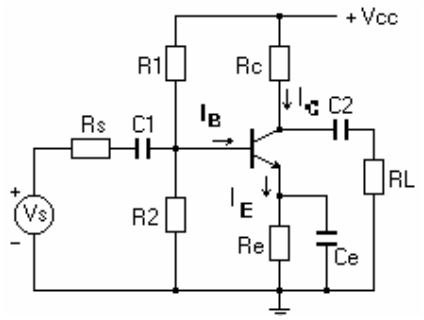
Vì: $I_C = \beta I_B \Rightarrow I_{CQ} = \dfrac{E_C - U_{BE}}{\dfrac{R_B}{\beta} + \dfrac{R_C}{1+\dfrac{1}{\beta}}}$

Phương trình đầu ra: $E_C = (I_C + I_B)R_C + U_{CE}$

$\Rightarrow U_{CEQ} = E_C - I_{CQ}(1+\dfrac{1}{\beta})R_C$ phương trình đường tải tĩnh để xác định U_{CEQ} theo I_{CQ}

http://www.ebook.edu.vn

c. Sơ đồ phân áp



Sơ đồ phân cực bằng mạch phân áp

Đây là sơ đồ có độ ổn định tốt nhất so với các sơ đồ trên.

Dòng điện trên R_E sẽ tạo một sụt áp trên nó có xu hướng chống lại sự thăng giáng của điện áp phân cực thuận cho lớp tiếp xúc phát, nghĩa là ổn định được vị trí điểm làm việc tĩnh.

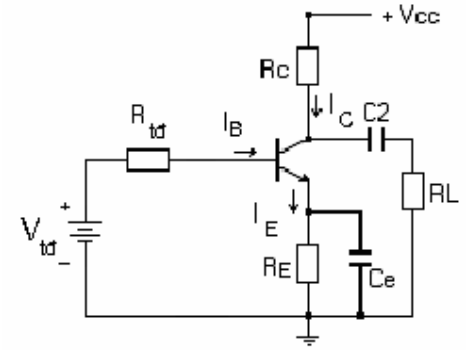
Để phân tích sơ đồ này cần kiểm tra giá trị của R2 như sau:

* Nếu $10R_2 < \beta Re$ ta sẽ bỏ qua giá trị dòng I_B để tính điện áp tại Bazo là $V_B = \dfrac{R_2}{R_1 + R_2} V_{CC}$

mà $V_B = U_{BE} + I_E Re$ $\Rightarrow I_{CQ} \approx I_E = \dfrac{V_B - U_{BE}}{Re}$

Phương trình đầu ra: $V_{CC} = I_C R_C + U_{CE} + I_E Re$ $\Rightarrow U_{CEQ} = V_{CC} - I_{CQ}(R_C + Re)$

* Nếu $10R2 < \beta Re$ cần áp dụng định lý Thevenin để phân tích đoạn mạch R1, R2. Khi đó có sơ đồ tương đương như sau:



Trong đó: $R_{td} = \dfrac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$ và $V_{td} = \dfrac{R_2}{R_1 + R_2} V_{CC}$

Viết phương trình Kiechoff về áp cho vòng đầu vào và ra ta có:

Phương trình đầu vào: $V_{td} = I_B R_B + U_{BE} + I_E R_E$

Vì $I_C \approx I_E \approx \beta I_B$ $\Rightarrow I_{CQ} = \dfrac{V_{td} - U_{BE}}{\dfrac{R_B}{\beta} + R_E}$

Phương trình đầu ra: $V_{CC} = I_C R_C + U_{CE} + I_E R_E$ $\Rightarrow U_{CEQ} = V_{CC} - I_{CQ}(R_C + R_E)$

http://www.ebook.edu.vn

IV. TRANSISTOR HIỆU ỨNG TRƯỜNG – FET

1. Khái niệm chung

a. Nguyên tắc hoạt động

Nguyên tắc hoạt động cơ bản của FET là làm cho dòng điện cần điều khiển đi qua một môi trường bán dẫn có tiết diện dẫn điện thay đổi dưới tác dụng của điện trường vuông góc với lớp bán dẫn đó. Sự thay đổi cường độ điện trường sẽ làm thay đổi điện trở của lớp bán dẫn và do đó làm thay đổi dòng điện đi qua nó. Lớp bán dẫn này được gọi là kênh dẫn điện. Đây là điểm khác biệt so với BJT vì BJT dùng dòng điện cực gốc để điều khiển.

Trong FET, dòng điện hình thành do một loại hạt dẫn duy nhất, hoặc là điện tử hoặc là lỗ trống.

b. Phân loại

Transistor trường có 2 loại là:

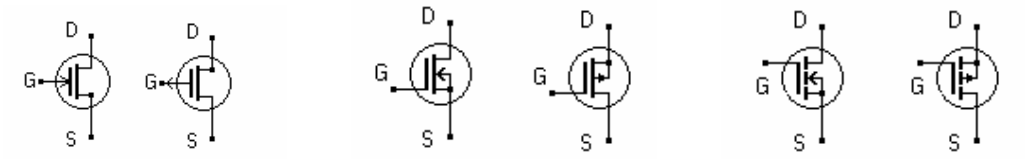
+ Transistor trường có điều khiển bằng tiếp xúc P - N (hay còn gọi là transistor mối nối – JFET- Junction field effect transistor)

+ Transistor có cực cửa cách điện (IGFET – insulated gate field effect transistor) hay MOSFET (metal oxide semiconductor field effect transistor).

MOSFET được chia làm 2 loại là MOSFET kênh có sẵn và MOSFET kênh cảm ứng

Mỗi loại FET ở trên lại được chia thành loại kênh N hoặc kênh P (tuỳ theo hạt dẫn điện là điện tử hay lỗ trống)

c. Ký hiệu FET trong sơ đồ mạch



Kênh N Kênh P Kênh N Kênh P Kênh N Kênh P

JFET MOSFET kênh có sẵn MOSFET kênh cảm ứng

S: Source – cực nguồn mà qua đó các hạt đa số đi vào kênh và tạo ra dòng điện nguồn I_S

D: Drain – cực máng là cực mà ở đó các hạt dẫn đa số rời khỏi kênh dẫn

G: Gate – cực cửa là cực điều khiển dòng điện chạy qua kênh dẫn

d. Ưu điểm và nhược điểm của FET

Ưu điểm:

+ Trở kháng vào rất cao

+ Tạp âm ít hơn nhiều so với transistor lưỡng cực

+ Độ ổn định nhiệt cao

+ Tần số làm việc cao

Nhược điểm:

http://www.ebook.edu.vn

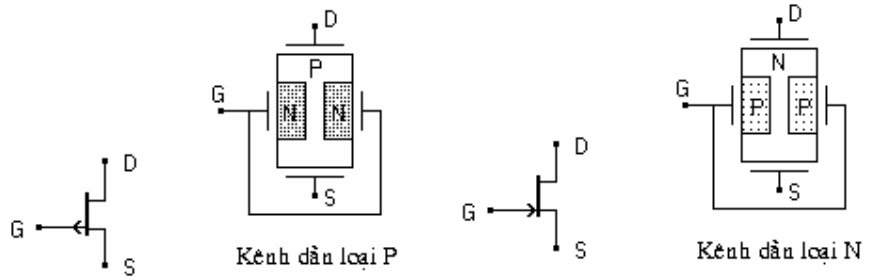
+ Công nghệ chế tạo phức tạp nên khó sản xuất hơn BJT

+ Hệ số khuếch đại thấp hơn nhiều so với BJT

1. Transistor trường điều khiển bằng tiếp xúc P - N (JFET)

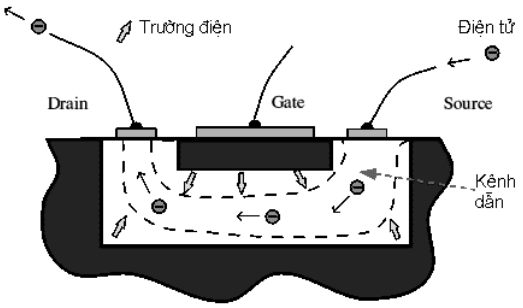
a. Cấu tạo và nguyên tắc hoạt động

JFET có cấu tạo gồm có một miếng bán dẫn mỏng loại N (ta có JFET kênh loại N) hoặc loại P (ta có JFET kênh loại P) ở giữa 2 tiếp xúc P - N và được gọi là kênh dẫn điện. Hai đầu của miếng bán dẫn được đưa ra 2 chân cực gọi là cực máng (D) và cực nguồn (S). Hai miếng bán dẫn ở 2 bên của kênh được nối với nhau và đưa ra một chân cực gọi là cực cửa (G)



Các JFET hầu hết là loại có cấu trúc đối xứng, nghĩa là khi đấu trong mạch có thể đổi chỗ 2 chân cực máng và nguồn mà tính chất và tham số của FET không thay đổi.

Nguyên tắc làm việc của JFET:



Muốn JFET làm việc ở chế độ khuếch đại cần phải cung cấp nguồn điện một chiều giữa cực cửa và cực nguồn U_{GS} có chiều sao cho cả 2 tiếp xúc P - N đều được phân cực ngược còn nguồn điện cung cấp giữa cực máng và cực nguồn U_{DS} có chiều sao cho các hạt dẫn đa số phải chuyển động từ cực nguồn S đi qua kênh về cực máng để tạo nên dòng điện cực máng I_D.

JFET kênh N và kênh P có nguyên tắc hoạt động giống nhau. Chúng chỉ khác nhau về chiều của nguồn điện cung cấp là ngược chiều nhau. ở đây ta xét trường hợp JFET kênh loại N.

Với JFET kênh loại N cần mắc nguồn cung cấp sao cho:

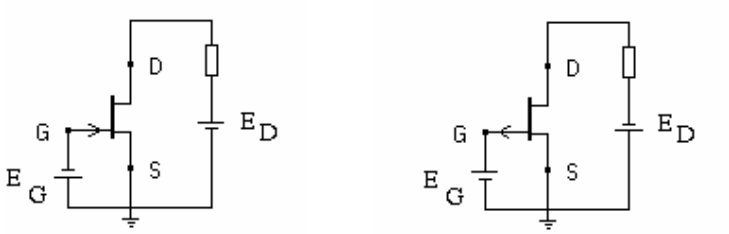
$U_{GS} < 0$ để 2 chuyển tiếp P và N phân cực ngược (dòng $I_G \approx 0$)

$U_{DS} > 0$ để điện tử di chuyển từ S tới D và ta có thể tính dòng I_D theo U_{GS} dựa vào phương trình Shockley như sau:

$$I_D = I_{Dbh}(1 - \frac{U_{GS}}{U_P})^2$$

với I_{Dbh} là dòng cực máng bão hoà trong trường hợp tăng U_{DS} tới giá trị nhất định nào đó với cực cửa để hở. U_P là điện áp thắt, khi giữ nguyên giá trị của U_{DS} mà tăng trị số của U_{GS} thì dòng I_D sẽ nhỏ lại (vì kênh dẫn hẹp lại do chuyển tiếp P-N phân cực ngược lớn) và tới khi $U_{GS} = U_P$ thì dòng $I_D = 0$, ta nói kênh dẫn bị thắt. Với mỗi JFET giá trị của I_{Dbh} và U_P được cho trước vì vậy phương trình truyền đạt này hoàn toàn xác định được, nó đi qua 3 điểm (0, I_{Dbh}); (U_P, 0); và ($U_P/2$, $I_{Dbh}/4$).

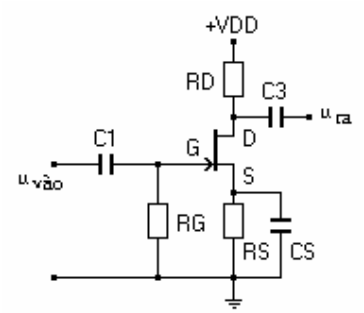
http://www.ebook.edu.vn



Sơ đồ phân cực cho JFET kênh N và kênh P

Để xác định điểm làm việc tĩnh của JFET cần xác định thêm một phương trình thể hiện mối quan hệ giữa U_{GS} và I_D (phương trình đầu vào). Khi đó, giao của 2 đồ thị này chính là điểm Q.

Ví dụ: Xét sơ đồ phân cực cho JFET như sau:



Khi đó ta có các phương trình:

Phương trình Shockley (phương trình của đặc tuyến truyền đạt):

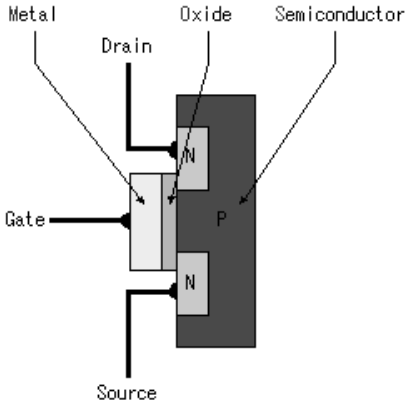
$$I_D = I_{Dbh}(1 - \frac{U_{GS}}{U_P})^2 \quad (1)$$

Phương trình đầu vào: $U_{GS} + I_S.R_S = 0$ (2) (vì $I_G \approx 0$)

Thay U_{GS} từ (2) vào (1), giải phương trình bậc 2 và loại 1 nghiệm không hợp lý để xác định được I_{DQ}. Thay vào (2) để xác định lại U_{GSQ}.

Cũng có thể xác định Q bằng cách vẽ đồ thị của (1) và (2) và tìm giao điểm, đó chính là điểm Q.

3. Transistor trường loại MOSFET



Đây là loại transistor trường có cực cửa cách điện với kênh dẫn điện bằng một lớp cách điện mỏng. Lớp cách điện thường được dùng là chất oxit nên transistor trường loại này còn được gọi là transistor MOS.

a. Cấu tạo của MOSFET

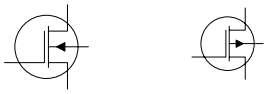
Điện cực cửa của MOSFET được cách điện đối với kênh dẫn điện bằng một màng điện môi mỏng thường là oxit silic (SiO_2). Đế của linh kiện là một chất bán dẫn khác loại với chất bán dẫn làm cực S và D. (MOS – Metal – oxit – semiconductor)

MOSFET có 2 loại là MOSFET kênh có sẵn (còn gọi là DMOSFET - Depleted MOSFET - loại nghèo) và MOSFET kênh cảm ứng (còn gọi là EMOSFET – Enhanced MOSFET - loại giàu). Trong mỗi loại này lại có 2 loại là kênh dẫn loại N và kênh dẫn loại P.

http://www.ebook.edu.vn

MOSFET kênh có sẵn là loại transistor mà khi chế tạo người ta đã chế tạo sẵn kênh dẫn. Loại này có nhược điểm là có dòng rò lớn nên hiện nay người ta sử dụng loại này rất ít.

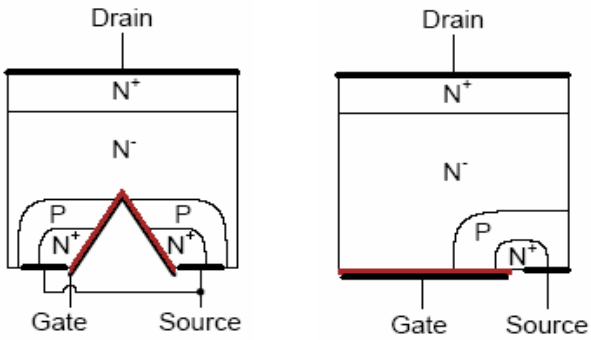
Ký hiệu của loại DMOSFET như sau:



MOSFET kênh cảm ứng là loại transistor khi chế tạo người ta không chế tạo sẵn kênh dẫn mà kênh dẫn được hình thành trong quá trình transistor làm việc. Ký hiệu của EMOSFET như sau:

Dưới đây là một số hình ảnh pha tạp thực tế để tạo EMOSFET loại N.

Kênh N



b. Nguyên tắc làm việc

Nguyên tắc hoạt động của MOSFET kênh loại P và MOSFET kênh loại N giống nhau nhưng cực tính nguồn cung cấp ngược nhau.

MOSFET kênh có sẵn (loại N) – DMOSFET loại N

Kênh N

Khi transistor làm việc thông thường cực nguồn S được nối với đế của linh kiện và nối đất nên $U_S = 0$. Các điện áp đặt vào các chân cực cửa G và cực máng D là so với chân cực S.

Các chân cực được cấp nguồn sao cho dòng điện chạy từ cực S tới cực D, điện áp trên cực cửa sẽ quyết định MOSFET làm việc ở chế độ giàu hạt dẫn hay nghèo hạt dẫn.

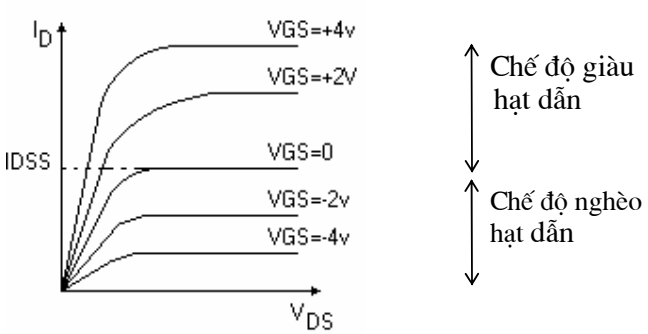
Khi $U_{GS} = 0$ trong mạch vẫn có dòng điện cực máng (dòng các hạt điện tử) nối giữa cực S và cực D. Gia tăng giá trị của U_{DS} sẽ có dòng cực máng tăng nhưng tới một giá trị nào đó thì không tăng nữa, dòng cực máng khi đó đạt giá trị bão hoà.

Khi $U_{GS} > 0$ điện tử bị hút vào vùng kênh đối diện với cực cửa làm giàu hạt dẫn cho kênh, tức là làm giảm điện trở của kênh do đó tăng dòng cực máng I_D. Chế độ làm việc này gọi là chế độ giàu của DMOSFET. Khi này giá trị dòng cực máng có thể tăng quá giá trị dòng bão hoà, làm cho MOSFET dễ bị nóng và cháy hỏng, vì vậy chế độ này không được sử dụng.

Khi $U_{GS} < 0$ qúa trình xảy ra ngược lại, tức là điện tử bị đẩy ra xa kênh dẫn làm điện trở của kênh tăng lên, do vậy dòng cực máng I_D giảm. Chế độ này gọi là chế độ nghèo hạt dẫn của DMOSFET. Giá trị của dòng cực máng sẽ phụ thuộc vào sự điều khiển của điện áp U_{GS} và DMOSFET chỉ làm việc ở chế độ này. Kết quả là ta có phương trình truyền đạt giống như của JFET,

http://www.ebook.edu.vn

nghĩa là: $I_D = I_{Dbh}(1 - \frac{U_{GS}}{U_P})^2$



Họ đặc tuyến ra của MOSFET kênh có sẵn loại N

MOSFET kênh cảm ứng (loại N) – EMOSFET loại N

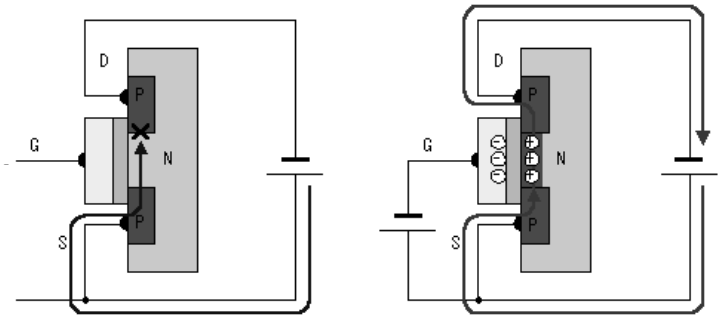
Loại EMOSFET này kênh dẫn chỉ xuất hiện trong quá trình làm việc

Khi $U_{GS} \leq 0$, kênh dẫn không tồn tại, dòng $I_D = 0$

Khi $U_{GS} > 0$ tại vùng đế đối diện cực cửa xuất hiện các điện tử tự do và hình thành kênh dẫn nối giữa nguồn và máng. Độ dẫn điện của kênh phụ thuộc vào U_{GS}. Như vậy, MOSFET kênh cảm ứng chỉ làm việc với một loại cực tính của U_{GS} và chỉ ở chế độ giàu.

Trên thực tế kênh dẫn chỉ hình thành khi U_{GS} lớn hơn một giá trị nhất định gọi là điện áp ngưỡng U_T, đây là giá trị mà bắt đầu từ đó hình thành kênh dẫn ($U_T > 0$)

Dưới đây là hình minh hoạ cho những phân tích trên



EMOSFET có phương trình truyền đạt như sau:

$$I_D = k(U_{GS} - U_T)^2$$

với k là hệ số không đổi trong quá trình làm việc của EMOSFET và có thể xác định được thông qua một cặp giá trị (U_{GS}, I_D) nào đó.

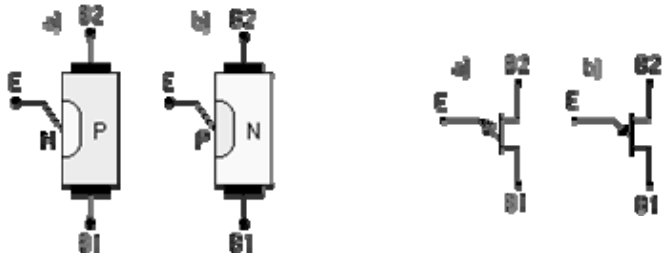
Việc xác định điểm Q của MOSFET giống như với JFET, nghĩa là có hai cách: hoặc là giải phương trình bậc hai sau khi thế phương trình đầu vào vào phương trình truyền đạt, hoặc là vẽ hai đồ thị để tìm giao điểm.

http://www.ebook.edu.vn

V. MỘT SỐ LOẠI LINH KIỆN TÍCH CỰC KHÁC

1. Transistor một tiếp giáp (UJT)

a. Cấu tạo và ký hiệu



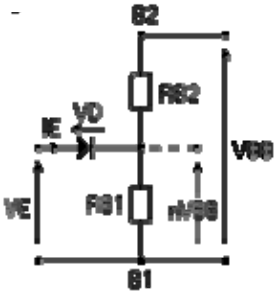
UJT là transistor một tiếp giáp (Uni-junction Transistor) tức UJT là một linh kiện có một chuyển tiếp đơn, giống như Diode. Tuy nhiên, cấu trúc chi tiết của nó lại khác. Nó gồm một phiến bán dẫn silic loại N (hay P) hai đầu gắn điện cực gọi là cực base 1 và base 2. Trên phiến bán dẫn này, gần hơn với base 2 có một chuyển tiếp P-N như chỉ ra ở hình dưới đây. Điện cực thứ 3 được gọi là "emitter".

Ký hiệu của Transistor một tiếp giáp UJT (hình a là cấu tạo và ký hiệu của UJT loại P, hình b biểu diễn loại N)

Trở kháng giữa base 1 và base 2 được đo khi dòng emitter = 0 được gọi là "trở kháng giữa các base" R_{BB} và có giá trị điển hình khoảng 5K – 10 KΩ.

b. Nguyên tắc hoạt động

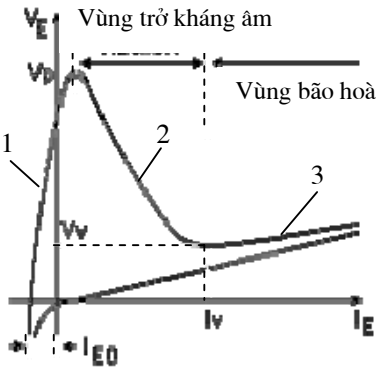
Hình bên chỉ ra mạch tương đương đơn giản của UJT với cực Base loại N. Trở kháng R_{BB} được phân đôi bởi chuyển tiếp P-N (biểu thị bởi diode) thành 2 điện trở R_{B1} và R_{B2} , mà tổng của nó bằng R_{BB} .



Trong chế độ hoạt động thông thường, điện áp V_{BB} được cung cấp cho base 1 và base 2, với base 2 dương hơn so với 1. Khi không có dòng I_E , phiến bán dẫn sẽ hoạt động giống như một bộ phân áp đơn giản và có một phần điện áp xác định của V_{BB} xuất hiện trên R_{B1}. Tỷ số n được gọi là "tỷ số cân bằng nội" và giá trị của nó khoảng 0,5 đến 0,9 . Tỷ số này được cho bởi:

$$n = \frac{R_{B1}}{R_{B1} + R_{B2}}$$

Điện áp V_{BB} khiến cathode của diode của dương hơn so với B1 và có giá trị điện thế $n.V_{BB}$. Nếu điện áp emitter V_E nhỏ hơn giá trị này, chuyển tiếp sẽ được phân cực ngược và chỉ có một dòng emitter ngược nhỏ chảy qua.



Nếu V_E lớn hơn ($nV_{BB} + V_D$) , với V_D là điện áp ngưỡng của chuyển tiếp, thì diode sẽ được phân cực ngược và có một dòng emitter thuận I_E chảy qua. Dòng này do các lỗ trống "khuếch tán" vào phần thấp hơn của thanh bán dẫn và làm tăng độ dẫn (do số lượng các hạt dẫn tự do tăng). Điều này khiến cho điện trở R_{B1} giảm. Khi R_{B1} giảm, điện áp $n.V_{BB}$ cũng giảm, bởi thế có sự gia tăng điện áp thuận qua diode và tất nhiên dòng qua diode cũng tăng. Quá trình tích luỹ này tiếp tục cho đến khi đạt đến giá trị dòng I_E tức đạt đến trạng thái bão hoà của thanh bán dẫn tại miền R_{B1} . Bắt đầu từ các điều kiện này, điện áp V_E , mà có giá trị nhỏ nhất Vv (điện áp điểm trũng), bắt đầu tăng khi dòng tăng, giống

như đặc tuyến thông thường của diode.

Đặc trưng của đặc tuyến dòng/áp của UJT như chỉ ra ở hình bên.

Từ đường cong này ta thấy UJT có 3 miền làm việc:

Vùng 1: 0 < VE < VP : dòng IE là rất nhỏ và trở kháng vào rất cao.

Vùng 2: VP < VE < Vv : trở kháng vào là âm, có nghĩa một sự gia tăng dòng sẽ khiến cho điện áp giảm.

Vùng 3: VE > Vv : trở kháng vào lại trở nên dương và có giá trị tương tự với trở kháng của diode khi dẫn.

Các điểm đặc trưng:

V_P được gọi là điện áp đỉnh và bằng:

$$V_P = n.V_{B2B1} + V_D = n.V_{BB} + V_D.$$

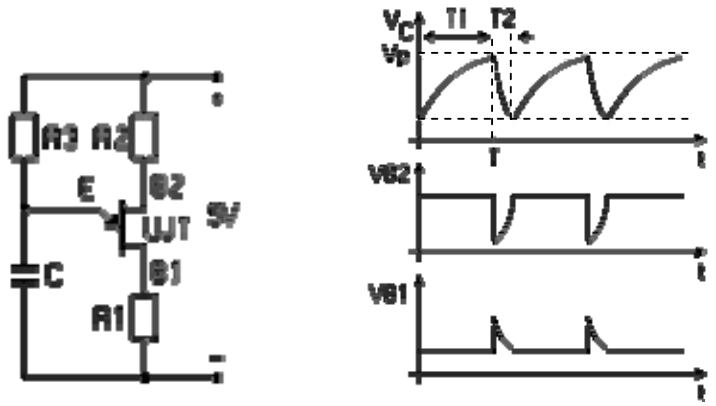
Vv : điện áp điểm trũng.

Iv : dòng điện điểm trũng.

Transistor UJT được dùng chủ yếu trong các mạch chuyển mạch, định thời, mạch trigger và mạch tạo xung.

c. Một số mạch ứng dụng của UJT

Mạch tạo xung răng cưa.



Giả thiết tại thời điểm bắt đầu của chu kỳ, tụ C đã phóng hết điện. Khi này chuyển tiếp emitter bị phân cực ngược do điện áp trên R1 > 0. Vì vậy, tụ sẽ nạp qua R3 với hằng số thời gian R3.C . Khi điện áp trên C đạt tới điện áp đỉnh của UJT, UJT bắt đầu dẫn, cho phép tụ điện phóng qua R_{B1} và R1 và giảm xuống điện áp nhỏ nhất rất gần điện áp điểm trũng. Tại thời điểm này, UJT lại khoá (ngắt) và bắt đầu chu kỳ kế tiếp.

Các tín hiệu tại các điểm khác nhau của mạch được chỉ ra ở hình trên

Như thấy trong hình, tụ điện phóng tạo nên xung dương qua R1 và xung âm qua R2, mà chu kỳ của xung phụ thuộc hằng số thời gian $(R1+R_{B1}).C$.

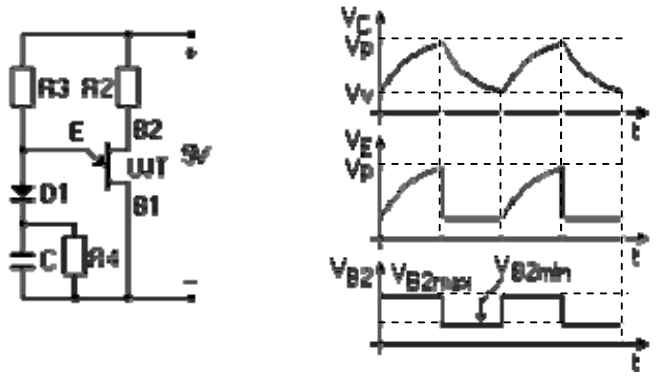
Thành phần điện áp 1 chiều dc của V_{R1} và V_{R2} được xác định bởi dòng "tĩnh", dòng này chảy qua 2 điện trở này khi không có tín hiệu vào trên Emitter. Biên độ của xung V_{B1}và V_{B2} có thể khác nhau vì chúng được xác định bởi các điện trở R1, R2, R_{B2}

Tần số f của tín hiệu (nếu hằng số thời gian phóng là rất nhỏ so với hằng số nạp) sẽ được biểu diễn bởi (chú ý T = T1 + T2 ≈ T1):

$$f = \frac{-1}{R_3.C.\ln(1-n)}$$

Từ quan hệ này có thể thấy tần số sẽ không phụ thuộc điện áp nguồn cung cấp.

Bộ tạo xung vuông.



Tại thời điểm bắt đầu của chu kỳ, giả thiết C phóng hết và do vậy UJT ngắt. Sau đó tụ C sẽ nạp điện qua R3 và D1 cho đến khi điện áp trên nó đạt tới giá trị điện áp đỉnh. Tại thời điểm này, UJT bắt đầu dẫn và được nối với nguồn cung cấp qua R3. Tụ điện C, lúc này cách ly với UJT do D1, sẽ phóng điện qua R4.

Khi điện áp qua R4//C rơi xuống mức điện áp trũng, UJT sẽ ngắt và chu kỳ lại bắt đầu.

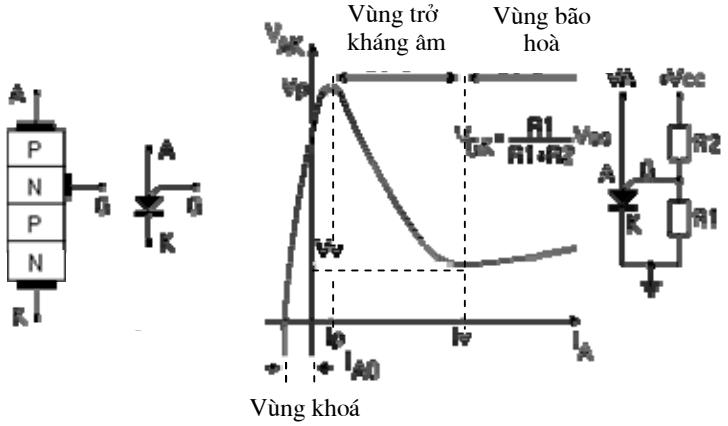
Tín hiệu tại các điểm khác nhau được vẽ ở hình trên.

Chu kỳ T của tín hiệu là hàm của hằng số thời gian phóng và nạp của tụ C. Bởi thế, nó phụ thuộc vào C, R3, R4 như sau:

$$T = R3.C.\ln\left(\frac{E-Vv}{E-V_P}\right) + R4.C.\ln\left(\frac{V_P}{Vv}\right) \approx R3.C.\ln\left(\frac{1}{1-n}\right) + R4.C.\ln\left(\frac{V_P}{Vv}\right)$$

2. PUT (Programmable UJT - UJT điều khiển được)

a. Cấu tạo và ký hiệu



PUT gồm 3 chuyển tiếp và 3 cực: anode A; cathode K và cực cửa gate G. Cấu trúc bên trong và ký hiệu của PUT được thể hiện như hình trên.

b. Nguyên tắc hoạt động

Điều kiện dẫn của PUT hay là dòng dẫn giữa anode và cathode sẽ phụ thuộc vào điện áp trên cực cửa G. Cực cửa là cực điều khiển của PUT. PUT hoạt động giống như một UJT, nhưng khác ở điểm là : dòng bắt đầu của PUT có thể được thiết lập nhờ các linh kiện bên ngoài.

Trong chế độ hoạt động thông thường của PUT, sẽ có một điện áp cố định V_{GK} giữa cực G và Cathode. Khi điện áp anode V_{AK} thay đổi sẽ có 3 vùng hoạt động sau:

Vùng khoá: V_{AK} nhỏ hơn điện áp V_P - điện áp "đỉnh" ($V_P \approx V_{GK} - 0.5$ V) Trong miền này, dòng anode rất nhỏ.

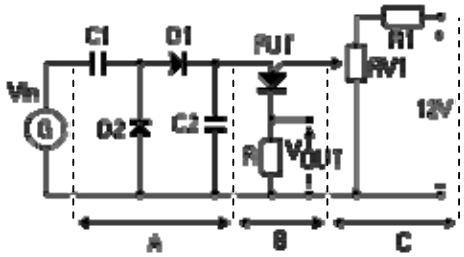
Vùng điện trở âm: nếu $V_{AK} > V_P$; I_A sẽ tăng; điện trở giữa A và K giảm và V_{AK} cũng giảm.

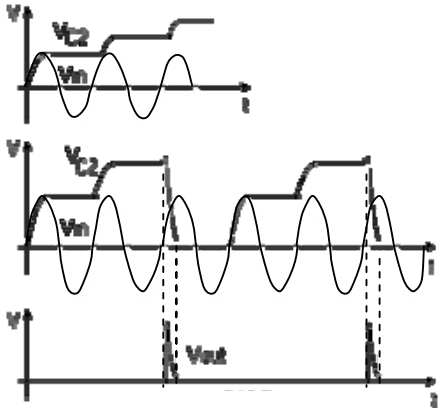
Vùng bão hoà: lúc này, V_{AK} cao hơn điện áp "trũng" Vv ; trở kháng giữa A và K có giá trị dương. PUT duy trì dẫn cho đến khi dòng anode I_A giảm thấp hơn dòng "điểm trũng" Iv.

c. Các ứng dụng của PUT.

Các ứng dụng điển hình của PUT tương tự như UJT. Ta chỉ xét ứng dụng tạo mạch chia tần.

Xét mạch trong hình trên. Đoạn A là thể hiện mạch bội áp. Điện áp trên C2 sẽ gấp đôi điện áp



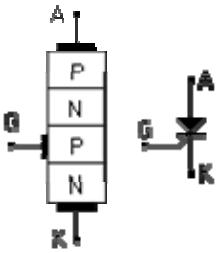


vào. Khi nối một PUT vào mạch (đoạn B) cho phép C2 có thể phóng điện khi đạt đến điện áp ngưỡng của PUT. Do sự phóng điện sẽ có một xung điện áp trên R và tần số của xung điện áp ra này tỷ lệ với tần số của tín hiệu vào.

3. Chỉnh lưu có điều khiển SCR (Silicon Controlled Rectifier)

a. Cấu tạo và ký hiệu

SCR gồm 3 chuyển tiếp và có 3 cực: Anode A; cathode K; cực cửa G.



SCR (chỉnh lưu có điều khiển) còn được gọi là *thyristor*. SCR là một linh kiện điện tử có hai trạng thái hoạt động ổn định.

Trạng thái ngắt *OFF,* dòng qua là rất nhỏ và SCR có thể xem như hở mạch.

Trạng thái bật *ON*, dòng rất lớn (giới hạn bởi điện trở ngoài), và SCR thực chất là ngắn mạch.

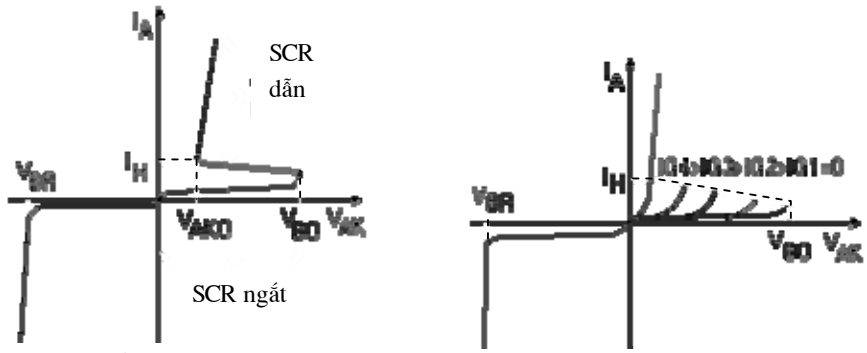
b. Nguyên tắc hoạt động

Hoạt động của SCR được mô tả như sau:

Một xung dòng điện trên cực cửa G sẽ điều khiển trạng thái bắt đầu dẫn giữa anode và cathode.

Để giữ SCR ở trạng thái dẫn, cần một dòng nhỏ trên anode được gọi là dòng "duy trì".

Giảm dòng anode xuống dưới giá trị ngưỡng "duy trì", hay đảo ngược phân cực giữa anode và cathode sẽ đưa SCR vào trạng thái ngắt.



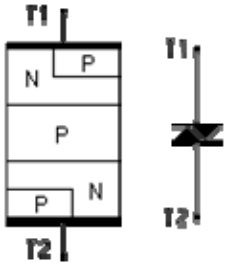
Hình trên chỉ ra đặc tuyến dòng/áp cho 1 SCR khi không có tín hiệu trên cực cửa G và điện áp ngưỡng thủng phụ thuộc vào dòng cực cửa I_G.

Ta có thể thấy rằng, trong miền phân cực ngược SCR sẽ hoạt động giống như một Diode. Trong miền phân cực thuận (anode dương hơn so với cathode), ban đầu chỉ có một dòng điện nhỏ chảy qua SCR trong trạng thái mở thông. Khi điện áp phân cực thuận tăng lên và đạt đến giá trị "ngưỡng thủng" V_{B0} (break-over) thì dòng bắt đầu tăng nhanh, điện áp V_{AK} qua SCR giảm đột ngột xuống một giá trị thấp gọi là điện áp "ngưỡng thuận" V_{AK0} . Khi mà SCR dẫn, nó sẽ có mức trở kháng rất nhỏ và điện áp qua nó rất nhỏ (khoảng vài Volt), ít phụ thuộc vào dòng điện.

Tác dụng của cực cửa G là điều khiển điện áp "ngưỡng đánh thủng" V_{B0} .

4. DIAC và TRIAC.

a. DIAC



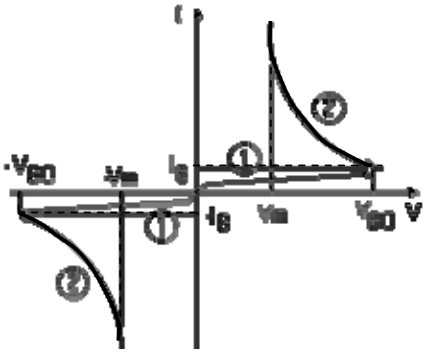
DIAC là một linh kiện gồm 2 phần PNPN kết nối song song-đối nhau, xem hình bên.

Có hai điểm khác biệt của DIAC so với SCR là:

DIAC dẫn không cần điện áp đưa vào cực cửa mà chỉ cần đạt điện áp ngưỡng giữa cực T1 và T2.

DIAC có thể dẫn theo cả hai hướng.

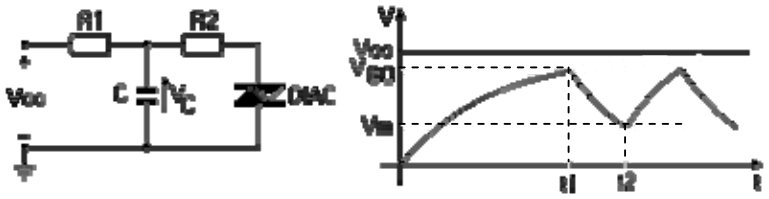
Những đặc trưng này được chỉ ra trên đường cong dòng/áp của hình dưới đây.



Trong đoạn (1) của đặc tuyến ($-V_{B0} \div V_{B0}$), DIAC sẽ hoạt động như một chuyển mạch với cả hai chiều phân cực thuận và nghịch. Khi điện áp vượt qua giá trị "ngưỡng đánh thủng" V_{B0} , dòng bắt đầu tăng nhanh và điện áp giảm xuống giá trị Vm.

Trong đoạn (2) của đặc tuyến ($-V_{B0} \div -Vm$ hoặc $Vm \div V_{B0}$), điện áp sụt xuống trong khoảng thời gian ngắn, trong khoảng thời gian này, DIAC có điện trở âm. Nếu điện áp đặt vào DIAC giảm

xuống nhỏ hơn Vm, DIAC sẽ quay trở lại trạng thái hở mạch (ngắt).

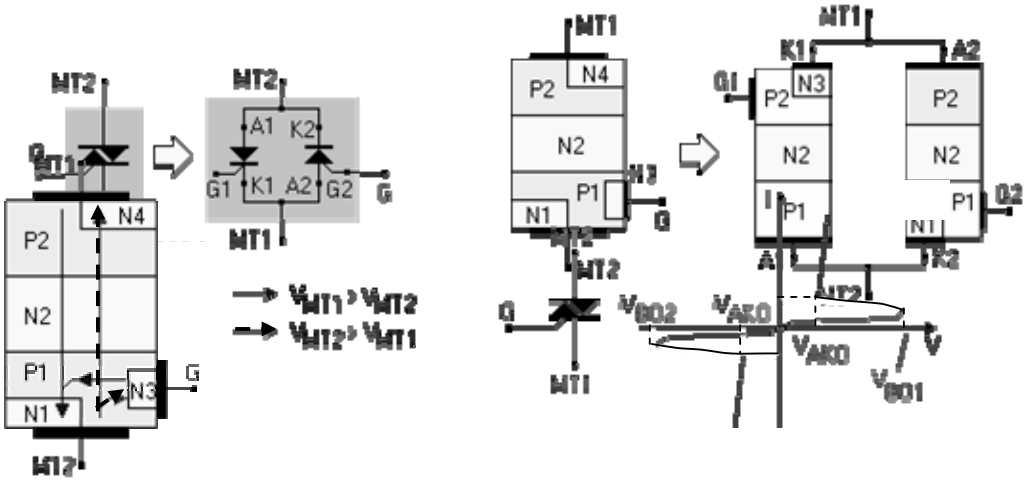


Hình trên là sơ đồ một bộ tạo dao động đơn giản sử dụng DIAC.

Với mạch này, tụ sẽ nạp qua R1 trong khoảng t1. Khi điện áp trên tụ bằng với V_{B0} DIAC sẽ bắt đầu dẫn. Lúc này, tụ sẽ phóng qua R2 và DIAC ; điện áp trên tụ giảm xuống giá trị Vm. Khi này , DIAC chuyển về trạng thái hở mạch (ngắt). Chu kỳ lại tiếp tục.

b. TRIAC

Cấu tạo và ký hiệu



Hình dưới đây cho thấy TRIAC về mặt cấu tạo tương đương như 2 SCR mắc song song, một kiểu P và một kiểu N. Tuy nhiên, TRIAC khác biệt so với SCR ở khả năng dẫn theo hai hướng.

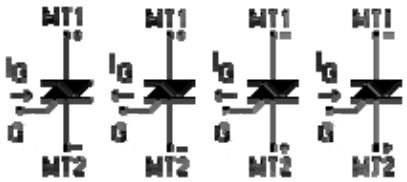
Nguyên tắc hoạt động

Đặc tuyến dòng/áp được thể hiện ở hình trên.

Khi không có tín hiệu vào cực cửa G, TRIAC sẽ luôn ngắt, vì luôn có một diode phân cực ngược: nếu $V_{MT2} > V_{MT1}$, chuyển tiếp N2P1 sẽ đảm bảo trạng thái ngắt; còn nếu $V_{MT1} > V_{MT2}$ chuyển tiếp N2 P2 sẽ đảm bảo cho trạng thái ngắt.

TRIAC sẽ dẫn khi điện áp giữa MT1 và MT2 vượt quá giá trị ngưỡng V_{B0}. Cũng giống như SCR, giá trị ngưỡng V_{B0} có thể được điều khiển bởi dòng trên cực cửa G. Sự dẫn có thể theo hai hướng: khi MT1 dương hơn MT2 thì P2N2P1N1 sẽ tạo đường dẫn, còn khi MT2 dương hơn so với MT1 thì dòng sẽ chảy qua P1N2P2N4

TRIAC sẽ dẫn khi có các điện áp phân cực và dòng điều khiển có chiều như hình dưới đây.



http://www.ebook.edu.vn

Chương IV
VI MẠCH TÍCH HỢP VÀ KHUẾCH ĐẠI THUẬT TOÁN

I. VI MẠCH TÍCH HỢP

1. Định nghĩa và phân loại vi mạch

Vi mạch là những linh kiện điện tử có một chức năng xác định và được chế tạo bằng một công nghệ riêng. Vi mạch hiện đại thường đa năng và có thể sử dụng linh hoạt trong nhiều thiết bị điện tử khác nhau

Người ta phân loại theo một số tiêu chí sau:

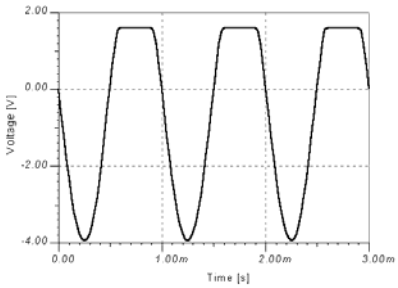
+ Phân loại theo bản chất của tín hiệu điện vào / ra của vi mạch
+ Phân loại theo mật độ tích hợp
+ Phân loại theo công nghệ chế tạo

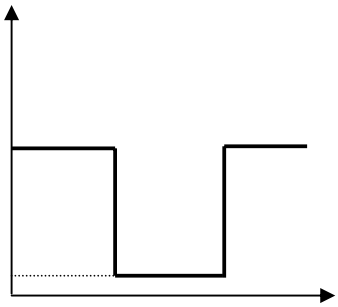
a. Phân loại vi mạch theo bản chất của tín hiệu vào / ra

Như đã biết, tín hiệu điện được phân thành 2 loại là tín hiệu tương tự và tín hiệu số.

+ Tín hiệu tương tự (analog) là tín hiệu có biên độ biến thiên liên tục theo thời gian

+ Tín hiệu số (digital) là tín hiệu có biên độ ở một trong hai gía trị hữu hạn mang ý nghĩa logic 0 hoặc 1, ứng với 2 mức thấp và cao. Tín hiệu số gián đoạn theo thời gian.





Nếu ký hiệu X, Y là tín hiệu vào và ra của vi mạch, theo bản chất của tín hiệu vào / ra này ta sẽ có các loại vi mạch sau:

Tín hiệu vào	Tín hiệu ra	Loại vi mạch
Tương tự	Tương tự	Tương tự
Số	Số	Số
Tương tự	Số	ADC / bộ biến đổi tương tự sang số
Số	Tương tự	DCA / bộ biến đổi số sang tương tự

b. Phân loại theo mật độ tích hợp

Mật độ tích hợp được định nghĩa là tổng các phần tử tích cực (transistor) hoặc cổng logic chứa trên một đơn vị diện tích của màng tinh thể bán dẫn trong vi mạch

ví dụ:Bộ vi xử lý Pentium III của Intel có mật độ tích hợp là 9triệu transistor trên 1 inch vuông

Bộ vi xử lý Pentium IV của Intel có mật độ tích hợp là 24triệu transistor trên 1 inch vuông

Mức tích hợp được định nghĩa là tổng số những phần tử tích cực hoặc cổng logic trên mảng tinh thể bán dẫn của vi mạch

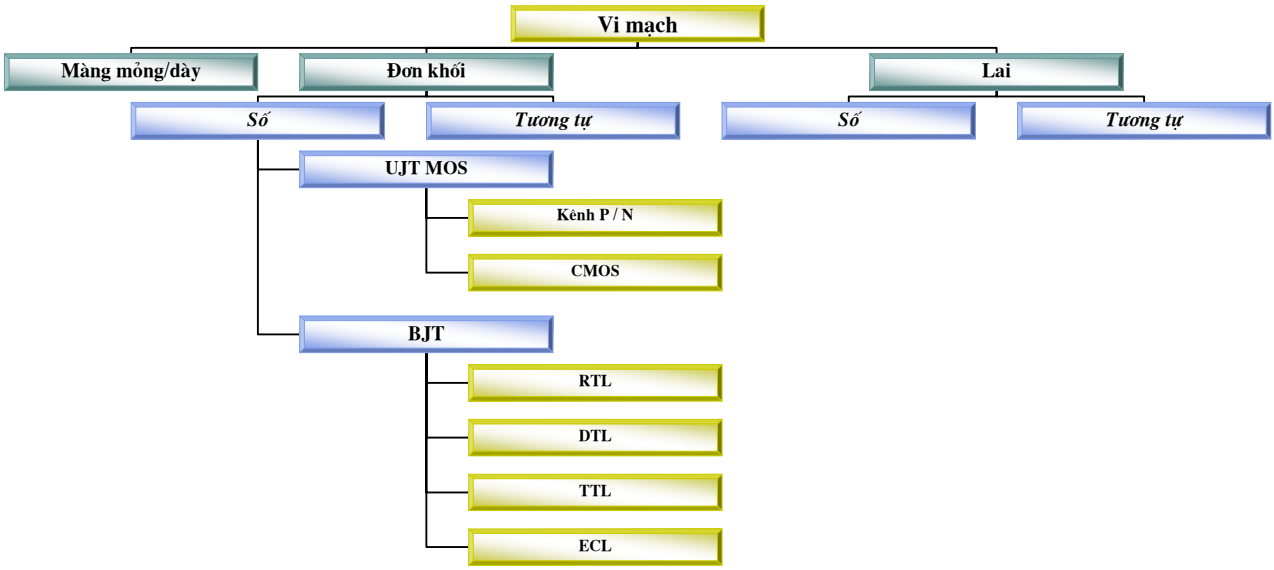
Những thông số trên phần nào cho thấy độ phức tạp của mạch. Phân loại theo mức độ tích hợp ta có các loại vi mạch như trong bảng sau:

http://www.ebook.edu.vn

Loại mạch	Số transistor	Số cổng logic	Ví dụ
SSI – Vi mạch cỡ nhỏ	Hàng chục	1 - 10	Cổng logic, flip-flop
MSI – Vi mạch cỡ trung bình	Hàng trăm	10 - 100	Cổng logic, bộ đếm, thanh ghi dịch, bộ giải mã, bộ nhớ cỡ nhỏ
LSI – Vi mạch cỡ lớn	Hàng nghìn	100 - 1000	Bộ nhớ cỡ lớn, bộ vi xử lý 4 hoặc 8 bit
VLSI - Vi mạch cỡ rất lớn	Hàng vạn	> 1.000	Bộ vi xử lý 16 hoặc 32 bit, bộ điều khiển vào/ra 8086, Z8000
ULSI – Vi mạch cỡ cực lớn	Hàng triệu	> 10.000	Bộ vi xử lý 64 bit trở lên

4. Phân loại theo công nghệ chế tạo

IC có thể chia ra làm 4 loại: IC màng mỏng/ màng dày; IC khối rắn; và IC lai
Dưới đây là các hướng phát triển vi mạch theo công nghệ chế tạo



Vi mạch màng mỏng / màng dày

Các IC loại này được chế tạo bằng cách lắng đọng những vật liệu nhất định trên một đế cách điện (ví dụ như gốm, sứ..). Sau hàng loạt các quá trình tạo "mask" trên đế tạo thnàh điện trở, điện dung hay điện cảm. Các linh kiện tích cực như diode, transistor … sẽ được chế tạo theo cách thông thường với kích thước nhỏ (thường là FET). Mạch này cho độ tích hợp khá cao nhưng không bằng loại đơn khối, tuy nhiên lại có khả năng chịu đựng điện áp và nhiệt tốt hơn. IC màng mỏng và màng dày được sử dụng cho các mạch đòi hỏi độ chính xác cao

Vi mạch bán dẫn đơn khối

IC đơn khối được tạo ra hoàn toàn trên một đơn vị tinh thể chất bán dẫn nền là Si, các chất bán dẫn khác sẽ được khuếch tán vào trong chất nền để tạo ra nhiều loại mặt ghép khác nhau. Những mặt ghép này có thể tạo thành điện trở, điện dung, diode hay transistor.

Những vật liệu bán dẫn được khuếch tán vào trong chất nền dưới dạng hơi và đọng lại trên chất nền sau hàng loạt các quá trình tạo mask ở nhiệt độ cao.

Quá trình tạo mask là quá trình trong đó người ta tiến hành oxy hoá bề mặt chất bán dẫn, tức là lấp kín bề mặt của nó bằng SiO2. Sau đó phủ một lớp cảm quang lên trên bề mặt SiO2. Dạng mạch thu nhỏ, chụp lên phim tạo thành khuôn sáng. Đặt khuôn sáng lên bề mặt chất cảm quang, chiếu ánh sáng vào ta sẽ thu được dạng mạch theo yêu cầu. Dùng hoá chất ăn mòn các rãnh, loại bỏ

chất cảm quang để thực hiện khuếch tán chất vào. Mask được tạo thành bằng phương pháp như trên gọi là phương pháp quang khắc.

Vi mạch monolithic có 2 loại là mạch lưỡng cực và mạch MOS, ngày nay vi mạch MOS trở nên phổ biến do dễ chế tạo, diện tích nhỏ nên khả năng tích hợp cao.

Vi mạch lai

Đây là sự kết hợp của 2 loại vi mạch trên. IC lai có thể bao gồm nhiều tinh thể monolithic được ghép với nhau thành khối, đó cũng có thể là sự kết hợp giữa mạch monolithic với mạch màng mỏng thụ động.

IC lai mang đầy đủ ưu điểm của 2 loại vi mạch monolithic và màng mỏng / màng dầy như kích thước nhỏ gọn mà công suất lại lớn, độ chính xác cao …

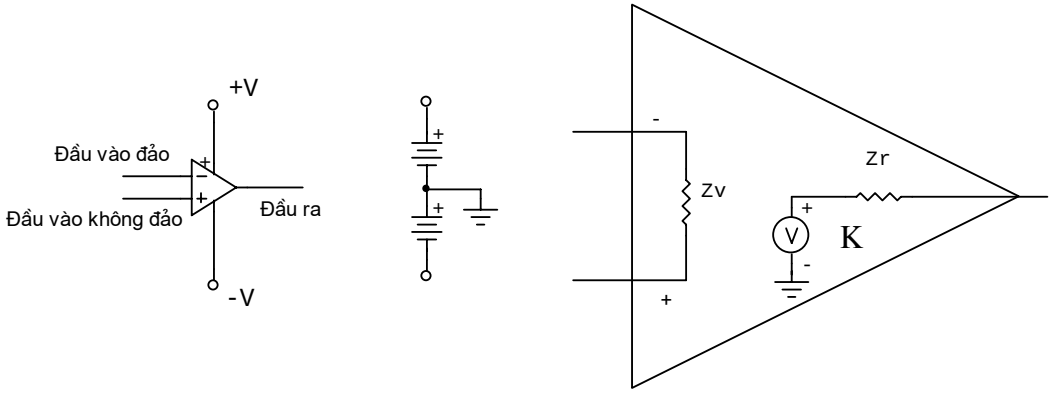
II. KHUẾCH ĐẠI THUẬT TOÁN

Khuếch đại thuật toán (**Op**erational **Amp**lifier – viết tắt là Op Amp) là một thuật ngữ được đưa ra để chỉ một bộ khuếch đại đặc biệt có thể có nhiều cấu hình hoạt động khác nhau bằng cách ghép nối hợp lý các thành phần bên ngoài. Cái tên **Khuếch đại thuật toán** (KĐTT) được đặt là do những ứng dụng đầu tiên trong các máy tính tương tự với các phép tính số học đơn giản như cộng, trừ, nhân, chia, vi phân và tích phân. Khả năng này là kết quả của sự kết hợp giữa hệ số khuếch đại lớn và hồi tiếp âm.

Cùng với sự phát triển không ngừng của kỹ thuật điện tử từ cấu tạo bằng những bóng chân không nặng nề, sau đến các BJT rời rạc, tới nay các bộ KĐTT đều ở dạng mạch tích hợp. Việc này làm cho các bộ KĐTT trở nên gọn nhẹ, tiêu thụ ít năng lượng, làm việc ổn định và chi phí thấp. KĐTT được coi như mạch đa năng vì những ứng dụng rất rộng rãi của chúng như khuếch đại, thực hiện hàm toán học, mạch lọc, mạch tạo dao động, mạch so sánh ….

Phần tiếp theo đây sẽ giới thiệu cơ bản về KĐTT cũng như các kỹ thuật phân tích mạch KĐTT thông dụng nhất.

1. Ký hiệu và cấu tạo

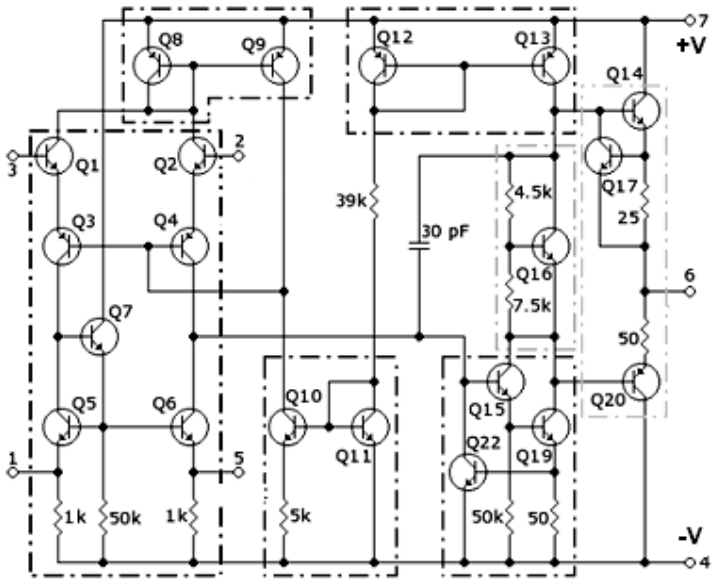


Ký hiệu, mắc nguồn pin đối xứng và sơ đồ tương đương của một bộ KĐTT

Bộ KĐTT là vi mạch tích hợp có hệ số khuếch đại rất lớn. Chúng thường có hai đầu vào tín hiệu, một đầu ra, hai đầu vào cấp nguồn, và các chân bù điện áp lệch, bù tần số … (thông thường bộ KĐTT là IC có 8 chân dạng DIP).

Hai đầu vào là **đầu vào đảo** (ký hiệu bởi dấu "-" hay chữ N) vì tín hiệu ra ngược pha với tín hiệu ở đầu vào này; và **đầu vào không đả**o (ký hiệu bởi dấu "+" hay chữ P) vì tín hiệu ra cùng pha với tín hiệu ở đầu vào này.

Bộ KĐTT được cấp bởi nguồn đối xứng +/-V nên nếu dùng nguồn pin thì đấu như trong hình trên. Giá trị của V tuỳ thuộc vào từng loại KĐTT, ví dụ như +/-5V, +/-15V



Chân 7, 4: cấp nguồn cung cấp +/-V
Chân 2: đầu vào đảo
Chân 3: đầu vào không đảo
Chân 1, 5: điều chỉnh lệch 0
Chân 6: đầu ra

Cấu tạo bên trong và hình dáng thực tế của IC 741

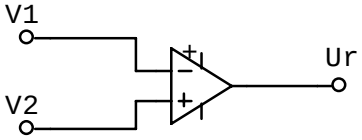
Như vậy, KĐTT thực chất là một mạch bao gồm một bộ khuếch đại vi sai ở tầng vào, các bộ khuếch đại đệm và cuối cùng là bộ khuếch đại công suất. Các mạch khuếch đại này có thể là transistor lưỡng cực (BJT) hoặc transistor trường (FET), vì vậy các thông số của các bộ KĐTT cũng khác nhau ít nhiều.

2. Các thông số của bộ KĐTT

a. Hệ số khuếch đại

Hệ số khuếch đại hở mạch K_0

Hệ số khuếch đại hở mạch K_0 được định nghĩa như tỷ số điện áp đầu ra và điện áp đầu vào vi sai khi không có hồi tiếp về đầu vào đảo.



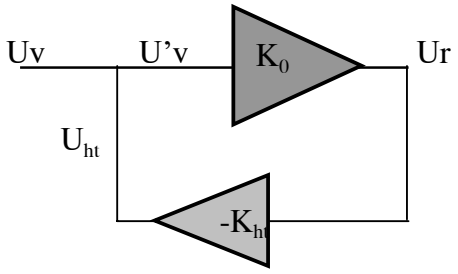
$$Ur = K_0(V_2 - V_1) = K_0U_D$$

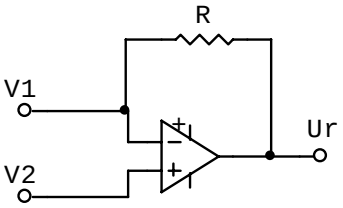
Mạch khuếch đại hở mạch

Hệ số khuếch đại K_0 có giá trị trong khoảng 10^5-10^6, nghĩa là chỉ với giá trị rất nhỏ của đầu vào cũng làm cho đầu ra rơi vào trạng thái bão hoà. Khi đó, đầu ra mang giá trị +Vcc nếu $V_2 > V_1$ hoặc –Vcc nếu $V_1 > V_2$, điều này sẽ được ứng dụng trong mạch so sánh.

Hệ số khuếch đại có hồi tiếp âm

Như đã nói ở trên, khi không có hồi tiếp âm, hệ số khuếch đại của bộ KĐTT là rất lớn và không điều khiển được. Do vậy, muốn sử dụng bộ KĐTT trong nhiều sơ đồ khác nhau thì cần phải điều khiển được hệ số khuếch đại của nó bằng cách sử dụng hồi tiếp âm *(lấy một phần đầu ra đưa trở lại đầu vào đảo)*. Dưới đây là sơ đồ hồi tiếp âm và mạch KĐTT có hồi tiếp âm





Trong sơ đồ trên ta có:

$$U'v = Uv + Uht = Uv - K_{ht}Ur$$

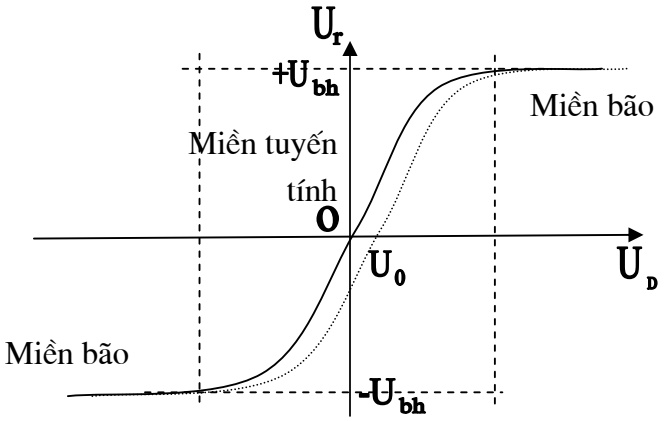
Suy ra: $Ur = K_0 .U'v = K_0.(Uv - K_{ht}Ur)$

$$Ur(1+K_0K_{ht}) = K_0Uv$$

Vì K_0 rất lớn $\Rightarrow K_{tp} = \dfrac{Ur}{Uv} = \dfrac{K_0}{1+K_0K_{ht}} \approx \dfrac{1}{K_{ht}}$

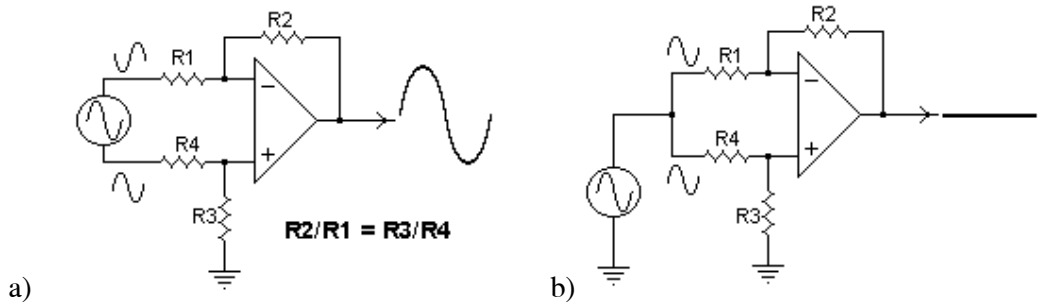
Công thức của hệ số khuếch đại toàn phần Ktp của mạch khi có hồi tiếp âm ở trên cho thấy chỉ phụ thuộc vào Kht nghĩa là chỉ phụ thuộc vào mạch hồi tiếp bên ngoài của bộ KĐTT mà không phụ thuộc vào hệ số khuếch đại của các phần tử bên trong của nó.

Khi 2 tín hiệu vào của bộ KĐTT ngược pha nhau, tín hiệu ra rất lớn và tỉ lệ với độ sai khác giữa hai tín hiệu đó nên ta nói bộ KĐTT có hệ số khuếch đại vi sai lớn, ký hiệu là Kd. Tuy nhiên, điện áp đầu ra chỉ tỉ lệ với vi sai đầu vào trong khoảng giá trị nhất định (miền tuyến tính), ngoài khoảng đó điện áp đầu ra không đổi và xấp xỉ nguồn cung cấp (miền bão hoà) như biểu diễn trong hình dưới đây.



Đặc tuyến truyền đạt của bộ KĐTT

Khi 2 tín hiệu vào của bộ KĐTT cùng pha và cùng độ lớn, tín hiệu ra về mặt lý thuyết theo công thức Ur = K(V2-V1) phải bằng 0 nhưng trên thực tế khác 0 và có giá trị rất bé, ta nói bộ KĐTT có hệ số khuếch đại đồng pha, ký hiệu là Kcm. Hệ số Kcm rất có ý nghĩa trong việc ổn định mạch với các tác động bên ngoài như nhiệt độ, nhiễu … vì những tác động đó có thể coi là các thành phần đồng pha của 2 đầu vào và nó coi như không xuất hiện ở đầu ra khi Kcm xấp xỉ 0 như minh hoạ trong hình sau.



Đưa tín hiệu ngược pha (a) và tín hiệu đồng pha (b) vào bộ KĐTT

b. Điện áp lệch không

Đường liền nét trong hình đặc tuyến là đặc tuyến truyền đạt của bộ KĐTT lý tưởng (mạch được chế tạo hoàn toàn đối xứng), nó đi qua điểm 0, nghĩa là khi $V_P = V_N = 0$, tức $U_D = 0$ thì Ur = 0. Điều này có được là do dòng lối vào $I_P = I_N = 0$, tức dòng tĩnh lệch không $I_0 = I_P - I_N = 0$. Trong một bộ KĐTT thực, khi các transistor vi sai đầu vào không hoàn toàn giống nhau thì dòng lối vào khác nhau dù điện áp lối vào bằng 0, tức dòng lệch 0 sẽ khác 0 làm cho Ur khác 0. Khi đó ta coi đặc tuyến truyền đạt bị lệch khỏi điểm 0 như đường chấm chấm trong hình này và để làm cho điện áp ra bằng 0 cần đặt giữa hai đầu vào một hiệu điện thế ngược dấu và có giá trị bằng U_0 để bù trừ và gọi

đó là *điện áp lệch 0*. Nói cách khác, điện áp lệch không là điện áp để cân bằng điện áp rất nhỏ tồn tại ở đầu vào.

Vì không có tín hiệu nào được đưa tới bộ khuếch đại và giả thiết không có ảnh hưởng của dòng lệch cũng như dòng phân cực thì điện áp ra chỉ có do điện áp lệch không. Đo được Vro cho phép tính giá trị của điện áp lệch không Vr. Khi đó nếu ta đưa một điện áp bằng nhưng đảo dấu so với điện áp lệch không vào đầu vào thì điện áp đầu ra sẽ bằng 0.

c. Tỷ số nén tín hiệu đồng pha

Tỷ số nén tín hiệu đồng pha CMRR(common mode rejection ratio).

Nếu đặt vào đầu vào đảo và đầu vào không đảo các điện áp bằng nhau thì theo lý thuyết Vr phải bằng 0. Nhưng trên thực tế lại không như vậy, lúc này sẽ có:

$$Vr = Kcm.Vcm$$

Với Kcm là hệ số khuếch đại đồng pha (KĐTT lý tưởng Kcm = 0, tức là Vr = 0 như hình trên)

$$Vcm = V_P = V_N$$

Để đánh giá khả năng làm việc của bộ KĐTT thực so với bộ KĐTT lý tưởng người ta đưa ra hệ số CMRR để so sánh giữa hệ số khuếch đại hiệu Kd và hệ số khuếch đại đồng pha Kcm

$$CMRR = Kd / Kcm \qquad (\text{khoảng } 10^3 - 10^5)$$

Chú ý: Tỷ số nén tín hiệu đồng pha thường được tính theo đơn vị decibel

$$CMRR(dB) = 20\lg\left|\frac{K_d}{K_{cm}}\right| \qquad (\text{khoảng } 76dB–100dB)$$

Để hiểu rõ về một bộ KĐTT thực tế người ta thường so sánh các thông số của nó với các thông số của một bộ KĐTT lý tưởng như trong bảng dưới đây.

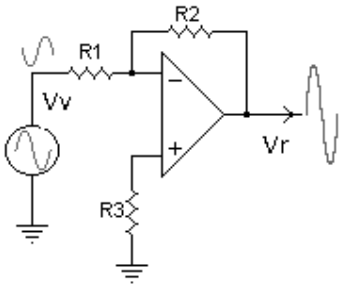
Thông số	Bộ KĐTT lý tưởng	Bộ KĐTT thực tế
Trở kháng vào	$Zv \approx \infty$	khoảng 10^6 (với BJT) và $10^9 - 10^{12}$ (với FET)
Hệ số khuếch đại điện áp hở mạch	$K_0 \approx \infty$	K_0 từ 10^5 - 10^9
Đáp ứng tần số	như nhau ở mọi tần số	suy giảm khi tần số tăng lên (thực tế tần số giới hạn là 1MHz – 10MHz)
Trở kháng ra	Zr = 0	100 - 1000Ω
Dòng vào bằng không	Iv = 0	Cỡ nA - pA
Điện áp lệch 0	$U_0 = 0$	# 0
Nhiễu	Không có	Có

3. Các sơ đồ cơ bản của bộ KĐTT

a. Bộ khuếch đại đảo

Hệ số khuếch đại hở mạch của một bộ khuếch đại thuật toán rất lớn (điển hình khoảng 100 000 lần hay 100dB). Hệ số này quá lớn nên sẽ gây mất ổn định cho mạch, do đó không được sử dụng trên thực tế.

Để giảm bớt hệ số khuếch đại của mạch người ta sử dụng biện pháp hồi tiếp âm. Nghĩa là lấy một phần tín hiệu ra quay trở về đầu vào đảo của bộ KĐTT. Mạch cơ bản của cấu hình này như hình bên.



Trong hình này, đầu vào đảo có cùng điện thế so với đầu vào không đảo tức bằng 0V, do vậy thường gọi đầu vào đảo là điểm "đất ảo".

Dòng chảy qua R1 được cho bởi:

$$I = Vv / R1$$

Chú ý: Trở kháng vào có giá trị vô cùng nên dòng điện I này sẽ chảy qua Rf và điện áp Vr qua nó sẽ là:

$$Vr = - R2 . I$$

Dấu "-" xuất phát từ thực tế rằng, nếu Vv > 0V dòng chảy từ Vv tới Vr bởi thế Vr có mức điện áp thấp hơn đầu vào đảo; tuy nhiên đầu vào đảo lại là điểm đất ảo (0V) nên Vr sẽ phải âm.
Thay thế giá trị của I vào ta được :

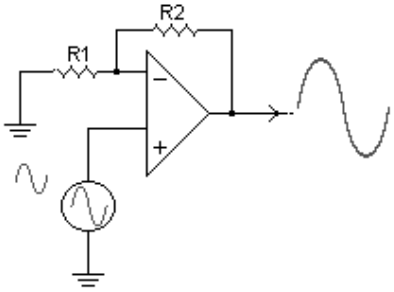
$$Vr = - Vv . R2 / R1$$

vì hệ số khuếch đại được định nghĩa như tỷ số giữa áp vào và áp ra nên:

$$K = Vr / Vv = - R2 / R1$$

Chú ý: Với bộ khuếch đại thực, trở kháng vào và hệ số khuếch đại không phải là vô cùng nhưng cũng rất lớn do đó công thức trên có thể chấp nhận được.

b. Mạch khuếch đại thuận (không đảo)



Một mạch khuếch đại không đảo đơn giản được chỉ ra như ở hình dưới đây

Để ổn định mạch khuếch đại, một phần tín hiệu ra được lấy quay trở về đầu vào đảo (hồi tiếp âm).

Tương tự, từ tính chất trở kháng vào bằng vô cùng, có thể thấy rằng dòng chảy qua R2 sẽ bằng dòng chảy qua R1. R1 và R2 sẽ tạo thành mạch phân áp đối với điện áp ra Vr.
Từ đó, suy ra hệ số khuếch đại:

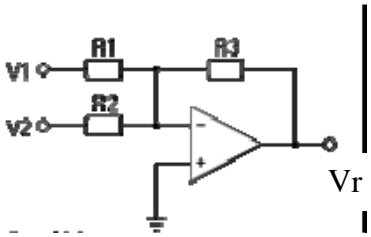
$$K = \frac{Vr}{Vv} = 1 + \frac{R2}{R1}$$

Các công thức trên đúng cho mạch KĐTT thực tế có hệ số khuếch đại lớn và trở kháng vào cao.

Chú ý: Từ công thức trên thấy rằng hệ số khuếch đại của mạch không đảo không thể nhỏ hơn 1, hệ số này chỉ bằng 1 khi R2=0 hoặc R1 = ∞.

c. Mạch khuếch đại tổng

Mạch khuếch đại tổng có 2 đầu vào và có thể nhiều hơn nếu cần. Như thấy trong hình bên điện áp V1 và V2 đều được đưa đến đầu vào đảo của bộ KĐTT qua điện trở R1 và R2.



Mỗi đầu vào sẽ tạo tác động trên đầu ra độc lập với nhau. Bởi thế, điện áp ra được xác định bằng tổng kết quả tính với mỗi đầu vào.

$$V_r = -\left(V1 * \frac{R3}{R1} + V2 * \frac{R3}{R2}\right)$$

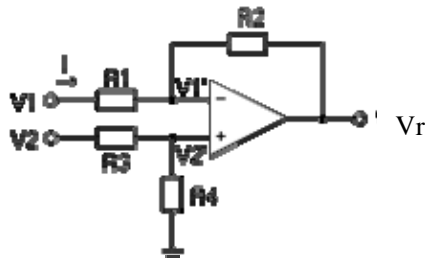
Dấu "-" biểu thị đầu ra sẽ ngược pha với tín hiệu vào.

Từ công thức trên, nếu yêu cầu đầu ra là tổng của các đầu vào thì tỷ số R3/R1= R3/R2 = 1. Lúc này: Vr = - (V1 +V2).
Nếu đầu ra bằng trung bình điện áp của các đầu vào thì tỷ số R3/R1 =R3/R2=0,5.
Tức là: Vr = -(V1+V2)/2.

Chú ý: Có thể có rất nhiều đầu vào, nhưng chú ý rằng số lượng này cũng giới hạn để không khiến cho bộ khuếch đại vượt ra khỏi khoảng làm việc tuyến tính, đồng thời tổng dòng phải nhỏ hơn dòng max cho phép do nhà sản xuất quy định.
Mạch khuếch đại tổng sẽ làm việc với cả tín hiệu dc lẫn tín hiệu ac.

d. Mạch khuếch đại hiệu

Mạch khuếch đại hiệu sẽ cho ta điện áp ra bằng hiệu của 2 (hay nhiều) điện áp vào. Mạch điển hình sử dụng bộ KĐTT để tính hiệu hai điện áp được chỉ ra trong hình dưới.



Ta có thể tìm các công thức tính toán đối với mạch khuếch đại hiệu, giả thiết rằng bộ KĐTT là lý tưởng. Vì trở kháng vào, trong trường hợp này song song với R4, theo lý thuyết là vô cùng, nên điện áp vào cực không đảo sẽ là:

$$V2' = V2.\frac{R4}{R3+R4}$$

Vì mạch KĐTT lý tưởng có hệ số khuếch đại vô cùng nên điện áp V1'=V2'. Do vậy, dòng I qua R1 là:

$$I = \frac{V1 - V1'}{R1} = \frac{V1 - \frac{V2 * R4}{R3+R4}}{R1}$$

Toàn bộ dòng điện này sẽ chảy qua R2 do trở kháng đầu vào bằng vô cùng. Do vậy, điện áp ra là:

Vr = V1' –I*R2

Thay các công thức trên vào ta tính được Vr như sau:

$$Vr = -\frac{R2}{R1}V1 + (1+\frac{R2}{R1})\frac{R4}{R3+R4}V2$$

Nếu tỷ số R2/R1=R4/R3 thì ta có:

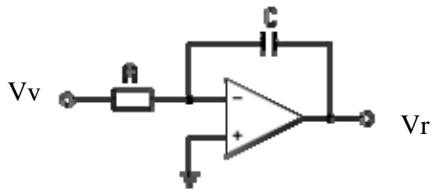
Vr = (V2 - V1)*R2/R1.

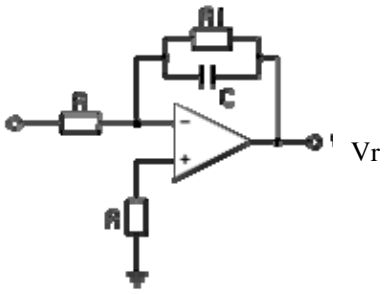
và nếu R2=R1 và R4=R3 thì:

Vr = V2 - V1.

e. Mạch tích phân

Mạch tích phân đơn giản nhất được cho ở hình dưới đây (bên trái).





Ta thấy có tụ điện C trong mạch hồi tiếp.

Đầu vào không đảo nối đất, do vậy đầu vào đảo coi như có điện áp 0 V (điểm đất ảo). Bởi thế, dòng chảy qua điện trở R sẽ được tính bởi tỷ số Vv chia cho R. Toàn bộ dòng điện này sẽ nạp cho tụ. Nói cách khác, ta có:

$$\frac{Vv}{R} = C.\frac{dVr}{dt}$$

vì Vr = -Vv, nên: $dVr = -\frac{1}{RC}.Vv.dt$

tích phân 2 vế, ta có:

$$Vr = -\frac{1}{RC}\int Vv.dt$$

vậy điện áp ra sẽ bằng tích phân của điện áp vào chia cho hằng số thời gian τ = RC

http://www.ebook.edu.vn

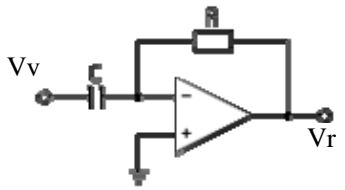
Biến τ có thể được định nghĩa như là thời gian cần thiết cho điện áp Vr đạt tới biên độ bằng với điện áp vào, bắt đầu từ điều kiện 0 và với điện áp vào là hằng số.

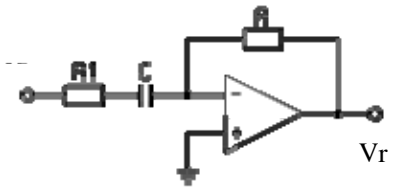
Xét với bộ KĐTT thực, ta có thể tìm được điện áp lệch không, xuất hiện như là điện áp dc tại đầu vào và khi được tích phân sẽ xuất hiện tại đầu ra như là một điện áp tăng tuyến tính. Tương tự, một phần của dòng thiên áp cũng được tích phân, tạo nên sự thay đổi của điện áp ra.

Hai nguyên nhân gây lỗi trên thực tế sẽ đưa bộ KĐTT đến trạng thái bão hoà. Đây chính là một hạn chế của mạch. Vấn đề này sẽ được khắc phục bởi việc nối thêm 1 điện trở giữa đầu vào không đảo và đất, để bù ảnh hưởng của dòng thiên áp; đồng thời thêm điện trở mắc song song với tụ C để trung hoà ảnh hưởng của điện áp lệch (hình bên phải).

g. Mạch vi phân

Sơ đồ mạch vi phân được chỉ ra ở hình bên trái dưới đây. Điện trở được dùng trong mạch hồi tiếp, trong khi tụ được nối với điện áp vào.





Giả sử bộ KĐTT lý tưởng, đầu vào đảo sẽ có mức điện áp 0 (điểm đất ảo), bởi thế, dòng chảy qua R được cho bởi:

$$i = Vr/R.$$

với tụ điện, ta có quan hệ sau:

$$i=C*dV/dt.$$

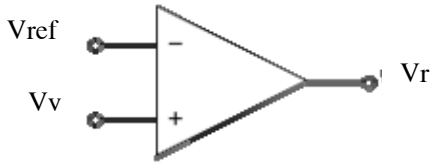
vì trở kháng vào bằng vô cùng, nên dòng qua tụ sẽ bằng với dòng qua trở R, thay vào ta có:

$$Vr = -RC\frac{dVr}{dt}$$

Nếu tín hiệu vào là tín hiệu dc, điện áp ra sẽ bằng 0V, vì tụ ngăn cản dòng dc. Nghĩa là hệ số khuếch đại sẽ bằng 0 với thành phần tín hiệu dc. Khi tần số tăng, biên độ điện áp ra cũng như hệ số khuếch đại cũng tăng từ công thức trên ta thấy: ***Vr tỷ lệ với*** ω (dựa vào đây người ta xây dựng mạch biến đổi tần số-điện áp)

Theo lý thuyết, nếu tần số bằng vô cùng, tụ điện sẽ có dung kháng bằng 0, tức là hệ số khuếch đại bằng vô cùng với mạch vi phân. Tuy nhiên, hệ số khuếch đại cao khiến mạch không ổn định. Ngoài ra, vì hệ số khuếch đại gia tăng theo tần số, nên nhiễu giao thoa tại tần số cao sẽ được khuếch đại gây biến dạng tín hiệu ban đầu. Do vậy điện trở R1 sẽ được mắc nối tiếp với tụ C (như hình trên bên phải) để giới hạn hệ số khuếch đại của mạch vi phân, với tỷ số R/R1 tại tần số cao khi dung kháng của tụ là rất nhỏ (nói cách khác là mở rộng dải tần hoạt động của mạch)

h. Mạch so sánh



Mạch so sánh là mạch mà so sánh tín hiệu vào Vv và tín hiệu chuẩn Vref. Điện áp ra của bộ so sánh Vr có thể nhận một trong hai giá trị: Vmin hay Vmax.

Trong ứng dụng này, mạch khuếch đại hoạt động trong miền không tuyến tính.

Xét mạch trong hình trên, giả thiết KĐTT là lý tưởng, khi Vv>Vref thì đầu ra của bộ so sánh sẽ đạt tới mức điện áp dương max (bão hoà dương); ngược lại nếu Vv<Vref thì đầu ra đạt mức giá trị âm max (bão hoà âm).

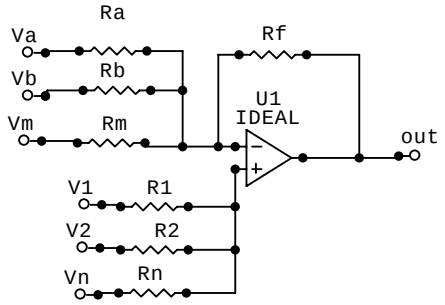
Hoạt động của mạch có được do hệ số khuếch đại rất cao, bởi vì một điện áp hiệu rất nhỏ cũng đủ để đưa mạch vào trạng thái bão hoà. Ta có thể thấy rằng mạch điện rất đơn giản không cần có thêm các linh kiện ngoài. Ứng dụng chủ yếu của mạch là bộ phát hiện *qua mức 0* và mạch tạo xung vuông.

PHẦN BÀI TẬP

1. Bài toán thuận phân tích một mạch KĐTT được thực hiện như sau:
Viết phương trình KCL cho nút N để tìm V_N theo các nguồn đầu vào đảo
Viết phương trình KCL cho nút P để tìm V_P theo các nguồn đầu vào thuận
Cho $V_P = V_N$ để tìm dạng điện áp đầu ra theo các điện áp đầu vào

Chú ý: Bước 1 và 2 được thực hiện với giả thiết dòng vào các cửa của bộ KĐTT bằng không.

Ví dụ:



Xác định điện áp đầu ra theo điện áp đầu vào của mạch sau:

Áp dụng KCL cho nút P ta có:

$$\frac{V_P - V_1}{R1} + \frac{V_P - V_2}{R2} + \ldots + \frac{V_P - V_n}{Rn} = 0$$

$$\rightarrow V_P = (R1 // R2 // \ldots // Rn)(\frac{V_1}{R1} + \frac{V_2}{R2} + \ldots + \frac{V_n}{Rn})$$

Tương tự, áp dụng dòng điện nút cho nút N ta có:

$$\frac{V_N - V_a}{Ra} + \frac{V_N - V_b}{Rb} + \ldots + \frac{V_N - V_m}{Rm} + \frac{V_N - V_{out}}{Rf} = 0$$

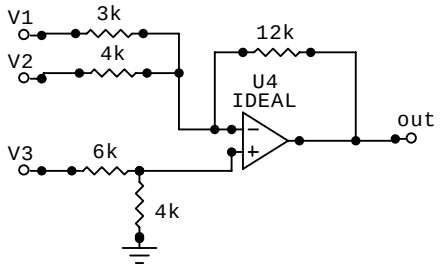
$$\rightarrow V_N = (R1 // R2 // \ldots // Rn)(\frac{V_a}{Ra} + \frac{V_b}{Rb} + \ldots + \frac{V_m}{Rm}) + \frac{V_{out}}{Rf}(R1 // R2 // .$$

Thay $V_N = V_P$ ta được:

$$V_{out} = (\frac{V_1}{R1} + \frac{V_2}{R2} + .. + \frac{V_n}{Rn})(R1 // R2 // \ldots // Rn)\frac{Rf}{Ra // Rb // \ldots // Rx // Rf}$$

$$- Rf(\frac{V_a}{Ra} + \frac{V_b}{Rb} + \ldots + \frac{V_m}{Rm})$$

<u>*Bài tập mẫu:*</u>
Cho mạch điện như hình vẽ. Tìm biểu thức của điện áp đầu ra theo các đầu vào



Viết phương trình KCL tại điểm N với giả thiết trở kháng vào của bộ khuếch đại rất lớn nên coi như không có dòng vào cửa đảo.

$$\frac{V_1 - V_N}{3} + \frac{V_2 - V_N}{4} + \frac{Vout - V_N}{12} = 0$$

$$\rightarrow V_N = \frac{V}{2} + \frac{3.V2}{8} + \frac{Vout}{8}$$

Cũng với giả thiết như trên ta coi như không có dòng vào cửa thuận. Khi đó phương trình KCL cho nút P sẽ là:

$$\frac{V_P - V_3}{6} + \frac{V_P}{4} = 0$$

$$\rightarrow V_P = \frac{4}{4+6}V_3 = \frac{2.V_3}{5}$$

Theo tính chất của bộ khuếch đại thuật toán điện áp tại cửa đảo bằng điện áp tại cửa thuận nên ta có: $V_N = V_P$

Do vậy :

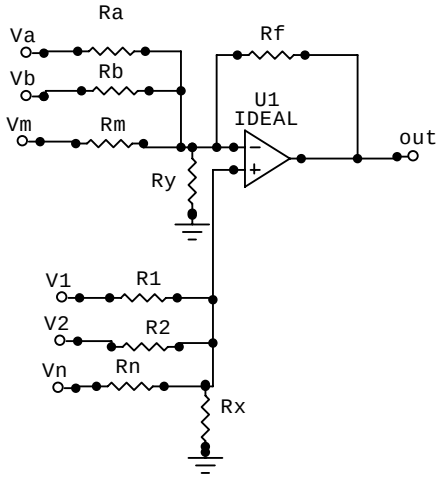
$$V_N = \frac{V_1}{2} + \frac{3.V_2}{8} + \frac{Vout}{8} = V_P = \frac{2.V_3}{5}$$

$$\rightarrow Vout = -4V_1 - 3V_2 + \frac{16}{5}V_3$$

2. Bài toán ngược

Thiết kế một mạch KĐTT có phương trình:

Vout = X1.V1 + …+XnVn – Y1Va - … - YmVm



Trong đó X1, X2, Xn là hệ số khuếch đại của các đầu vào không đảo

Y1, Y2 …Ym là hệ số khuếch đại của các đầu vào đảo

Giả sử mạch cần thiết kế có dạng sau:

Từ phân tích lý thuyết người ta đưa ra cách làm như sau:

+ Tính:

$$X = \sum_{i=1}^{n} Xi = X1 + X2 + \ldots + Xn$$

$$Y = \sum_{j=1}^{m} Yj = Y1 + Y2 + \ldots + Ym$$

Z = X- Y – 1

+ Dựa vào giá trị của Z ta sẽ chọn 1 trong 3 trường hợp sau để tính:

TH	**Z**	**Ry**	**Rx**	**R1,2**	**Ra,b**
1	> 0	Rf/Z	∞	Rf/Xi	Rf/Yj
2	< 0	∞	-Rf/Z		
3	= 0	∞	∞		

Chú ý: nên chọn giá trị của Rf cỡ 100k - 200k

<u>*Bài tập mẫu*</u>:

Thiết kế mạch cộng sử dụng bộ khuếch đại thuật toán có mối quan hệ giữa đầu vào và đầu ra như sau:

$$Vout = 10v_1 + 6v_2 + 4v_3 - 5v_a - 2v_b$$

Giải:

$$X = \sum_{i=1}^{3} Xi = 10 + 6 + 4 = 20$$

$$Y = \sum_{j=a}^{b} Yj = 5 + 2 = 7$$

Z = X - Y – 1 = 20 -7 – 1 = 12

Do Z > 0 nên ta sẽ áp dụng cách tính của trường hợp 1. Chọn Rf = 120kΩ.

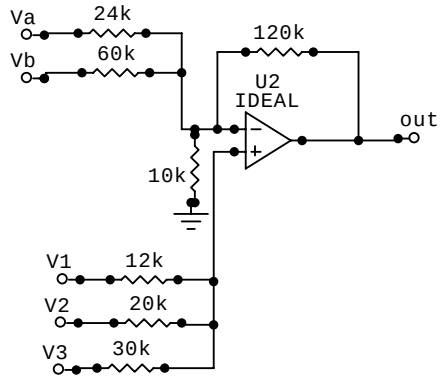
Khi đó các giá trị còn lại được tính như sau:

$$R1 = \frac{Rf}{X1} = \frac{120k\Omega}{10} = 12k\Omega \qquad Ra = \frac{Rf}{Ya} = \frac{120k\Omega}{5} = 24k\Omega$$

$$R2 = \frac{Rf}{X2} = \frac{120k\Omega}{6} = 20k\Omega \qquad Rb = \frac{Rf}{Yb} = \frac{120k\Omega}{2} = 60k\Omega$$

$$R3 = \frac{Rf}{X3} = \frac{120k\Omega}{4} = 30k\Omega \qquad Ry = \frac{Rf}{Z} = \frac{120k\Omega}{12} = 10k\Omega$$

Kết quả là ta có mạch như sau:



3. Thiết kế một mạch KĐTT có phương trình của điện áp đầu ra chứa cả biểu thức tính tổng, hiệu, vi phân và tích phân.

Ta thực hiện như sau:
Bước 1: Thiết kế mạch dùng bộ KĐTT 1 thực hiện phép tính tổng, hiệu
Bước 2: Thiết kế mạch dùng bộ KĐTT 2 thực hiện phép tính vi phân
Bước 3: Thiết kế mạch dùng bộ KĐTT 3 thực hiện phép tính tích phân
Bước 4: Dùng một bộ tổng với các hệ số bằng 1 để cộng các kết quả trên

Bài tập mẫu:
Thiết kế mạch sử dụng bộ KĐTT thực hiện hàm sau:

$$y = \frac{da}{2dt} + 2\int bdt + c - 3d$$

Giải:
Dựa vào biểu thức đã cho ta sẽ thiết kế mạch

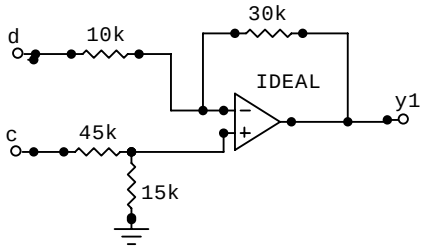
$$y1 = c - 3d$$

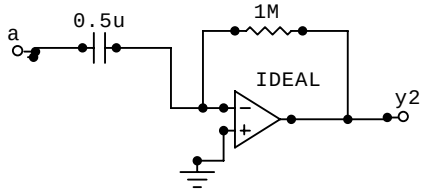
$$y2 = -\frac{1}{2}.\frac{da}{dt}$$

$$y3 = -2\int bdt$$

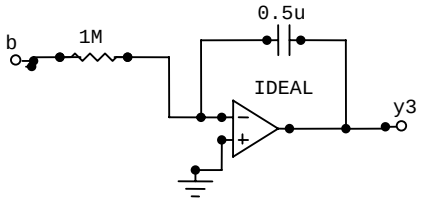
$$\rightarrow y = y1 - y2 - y3$$

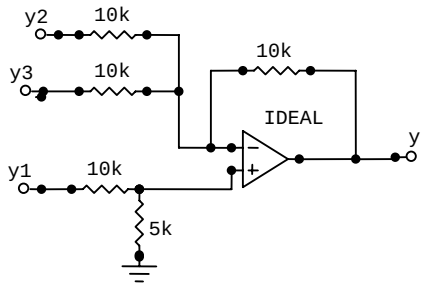
áp dụng tính như các bài tập đã biết ta có kết quả như sau:



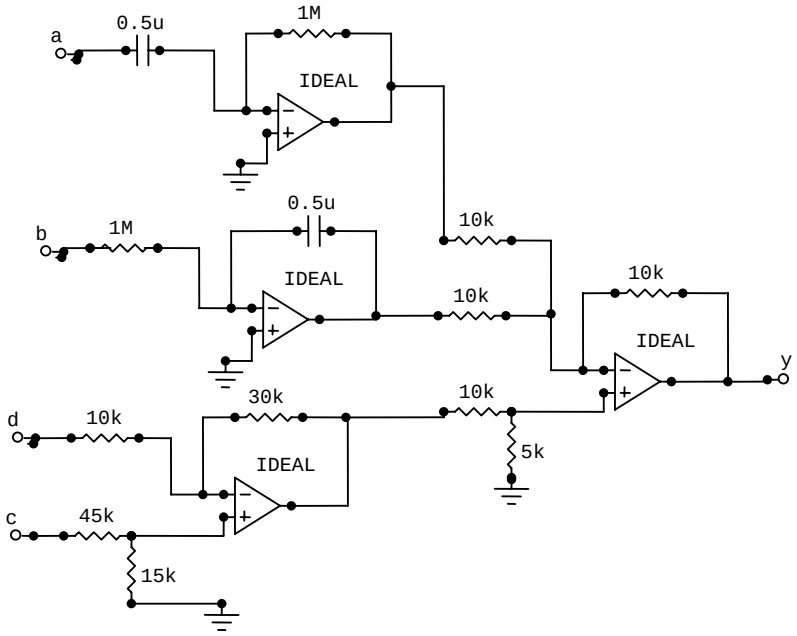


http://www.ebook.edu.vn





Kết quả là ta có mạch sau:



http://www.ebook.edu.vn

Chương V
MẠCH SỐ

I. KHÁI NIỆM CƠ BẢN

1. Các hệ đếm thông dụng

+ ***Hệ thống đếm*** là tổ hợp các quy tắc gọi và biểu diễn các con số có giá trị xác định
+ ***Chữ số*** là những ký hiệu dùng để biểu diễn một con số
+ ***Phân loại hệ thống đếm*** gồm 2 loại là hệ thống đếm theo vị trí và hệ thống đếm không theo vị trí

. *Hệ thống đếm theo vị trí* là hệ thống mà trong đó giá trị về mặt số lượng của mỗi chữ số phụ thuộc vừo vị trí của chữ số đó nằm trong con số

Ví dụ: trong hệ đếm thập phân: Con số 1278 có số 8 chỉ 8 đơn vị
Con số 1827 có số 8 chỉ 8.10^3 đơn vị

Như vậy tuỳ vào vị trí khác nhau trong con số mà chữ số biểu diễn giá trị khác nhau.

. *Hệ thống đếm không theo vị trí* là hệ thống mà giá trị về mặt số lượng của mỗi chữ số không phụ thuộc vào vị trí của chữ số đó nằm trong con số.

Ví dụ: trong hệ đếm La mã trong các con số IX, XX hay XXXIX đều có X để biểu diễn giá trị 10 trong hệ thập phân mà không phụ thuộc vào vị trí của nó trong con số.

Nhận xét: hệ thống đếm không theo vị trí cồng kềnh khi biểu diễn giá trị lớn do đó ít sử dụng. Do vậy, khi nói tới hệ thống đếm người ta hiểu đó là hệ thống đếm theo vị trí và gọi tắt là ***hệ đếm***.

Nếu một hệ đếm có cơ sở là N thì một con số bất kỳ trong hệ đếm đó sẽ có giá trị trong hệ thập phân thông thường như sau:

$$A = a_{n-1}.N^{n-1} + a_{n-2}.N^{n-2} + ... + a_1.N^1 + a_0.N^0$$

Trong đó a_k là các chữ số lập thành con số (k = 0, 1 … n-1) và $0 < a_k < N-1$

Sau đây là một số hệ đếm thông dụng:

+ Hệ đếm mười (thập phân): có cơ sở là 10, các chữ số trong hệ đếm này là: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 và 9.

ví dụ: con số $1278 = 1.10^3 + 2.10^2 + 7.10^1 + 8.10^0$ biểu diễn một nghìn hai trăm bảy mươi tám đơn vị theo nghĩa thông thường

+ Hệ đếm hai (nhị phân): có cơ sở là 2, các chữ số trong hệ đếm này là 0 và 1

ví dụ: 1011 trong hệ nhị phân sẽ biểu diễn giá trị

$A = 1.2^3 + 0.2^2 + 1.2^1 + 1.2^0 = 11$ trong hệ đếm 10 thông thường

+ Hệ đếm tám (bát phân – octa): có cơ sở là 8 với các chữ số 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 và 7

ví dụ: con số 12 trong hệ octa biểu diễn giá trị

$A = 1.8^1 + 2.8^0 = 10$ trong hệ đếm mười thông thường

+ Hệ đếm mười sáu (thập lục phân – hexa): có cơ sở là 16 với các chữ số: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E và F

ví dụ: 8E trong hệ đếm hexa sẽ biểu diễn giá trị

$A = 8.16^1 + 14.16^0 = 142$ trong hệ đếm 10 thông thường

http://www.ebook.edu.vn

Bảng đối chiếu 16 con số đầu tiên trong các hệ đếm trên

Hệ 10	Hệ 2	Hệ 16	Hệ 8
0	0000	0	0
1	0001	1	1
2	0010	2	2
3	0011	3	3
4	0100	4	4
5	0101	5	5
6	0110	6	6
7	0111	7	7
8	1000	8	10
9	1001	9	11
10	1010	A	12
11	1011	B	13
12	1100	C	14
13	1101	D	15
14	1110	E	16
15	1111	F	17

2. Chuyển đổi giữa các hệ đếm khác nhau

a. Chuyển đổi số từ hệ 10 sang hệ 2

Chuyển đổi theo nguyên tắc *phần nguyên chia liên tiếp cho 2 và lấy phần dư.* Phép chia dừng lại khi phần nguyên của kết quả phép chia bằng 0. Số nhị phân khi đó chính là các số dư đọc theo thứ tự ngược lại.

ví dụ: chuyển đổi số 19 hệ 10 sang hệ 2 như sau:

Số chia cho 2	Phần dư
19	1
9	1
4	0
2	0
1	1
0	

Kết quả đọc là: 10011

b. Chuyển đổi số từ hệ 10 sang hệ 8

Thực hiện phép chia 8 lấy phần dư (các bước tương tự như chuyển từ hệ 10 sang hệ 2).

Ví dụ: Chuyển đổi số 112 trong hệ 10 sang hệ 8

Số chia cho 16	Phần dư
112	0
14	6
1	1
0	

Kết quả đọc là: 160

c. Chuyển đổi số từ hệ 10 sang hệ 16

Thực hiện phép chia 16 lấy phần dư (các bước tương tự như chuyển từ hệ 10 sang hệ 2).
Ví dụ: Chuyển đổi số 178 trong hệ mười sang hệ 16

Số chia cho 16	Phần dư
178	2
11	11
0	

B

Kết quả đọc là: B2

d. Chuyển đổi số từ hệ 2 sang hệ 16

Để chuyển một số từ hệ 2 sang hệ 16 có thể thực hiện một trong 2 cách sau:

+ Chuyển từ hệ 2 sang hệ 10 và chuyển từ hệ 10 sang hệ 16 theo các nguyên tắc đã nói ở phần trên.

+ Chia các bit của số hệ 2 thành các nhóm 4 bit. Nếu tổng số bit không phải là bội của 4 thì thêm vào bên trái các số 0 sao cho tổng số bit là bội của 4. Tính tương ứng các giá trị của nhóm 4 bit này trong hệ 16,

ví dụ: chuyển số 1001010110110 sang hệ 16

Chia thành các nhóm như sau:	0001	0010	1011	0110
Chuyển sang hệ 16	1	2	B	6

Kết quả đọc là: 12B6

3. Mã hoá hệ số 10

a. Khái niệm về mã hoá hệ số

Để thực hiện việc chuyển đổi các con số giữa 2 hệ thống đếm 2 và 10 người ta sử dụng phương pháp biểu diễn 2 – 10. Phương pháp này gọi là *mã hoá **các con số** trong hệ đếm 10 bằng các nhóm mã hệ 2* (BCD – Binary Coded Decimal).

Các chữ số trong hệ 10 gồm các số từ 0 tới 9 do đó sẽ được biểu diễn bằng các hệ số 2 có 4 chữ số. Nghĩa là thực hiện chuyển đổi một số hệ 2 sang hệ 10 ta phải thực hiện chuyển đổi với n = 4.

Ví dụ:

$$A = a_{n-1}.2^{n-1} + a_{n-2}.2^{n-2} + ... + a_1.2^1 + a_0.2^0$$

$$A = 8a_3 + 4a_2 + 2a_1 + 1a_0$$

Trong đó, 8-4-2-1 gọi là trọng số và mã có quy luật trên gọi là mã BCD có trọng số tự nhiên hay mã BCD 8421

ví dụ:

Hệ 10	Mã BCD 8421
12	0001 0010
1278	0001 0010 0111 1000

Tuy nhiên, trên thực tế người ta còn sử dụng các mã BCD với trọng số khác nhau như: 7421, 5421, 2421 …

Chú ý: mã BCD 8421 và 7421 là duy nhất trong khi các mã BCD 5421 hay 2421 là không duy nhất

b. Các loại mã thông dụng

Khi sử dụng 4 chữ số hệ 2 ta sẽ có 16 tổ hợp khác nhau nhưng mã BCD chỉ sử dụng 10, do đó dư 6 tổ hợp. Bằng cách chọn 10 trong số 16 tổ hợp khác nhau người ta sẽ có nhiều loại mã khác nhau. Thông dụng nhất là:

Mã BCD Mã thừa 3 Mã Gray

Ngoài ra có thể sử dụng 5 chữ số hệ 2 để mã hoá, ví dụ: Mã Johnson, Mã 2 trên 5 …

+ Mã BCD: đã được trình bày ở trên

+ Mã thừa 3: được tạo thành bằng cách cộng thêm 3 đơn vị vào mã BCD 8421. Loại mã này

http://www.ebook.edu.vn

được sử dụng rộng rãi trong thiết bị tính toán số học của hệ thống xử lý hoặc gia công các tín hiệu số.

+ Mã Gray: có đặc điểm là khi chuyển từ một mã số này sang mã số khác tiếp theo thì từ mã chỉ thay đổi tại cùng 1 vị trí của ký hiệu mã

+ Mã 2 trên 5: sử dụng 5 chữ số hệ 2 để biểu diễn các chữ số hệ 10. Mỗi tổ hợp luôn có 2 chữ số 1 và 3 chữ số 0.

+ Mã Johnson: sử dụng 5 chữ số hệ 2 với đặc điểm: Trong bảng mã các bít bằng 1 được đẩy dần lên từ bít trẻ nhất đến bít già nhất, và khi đẩy hết thì nó lại vơi dần đi từ bít trẻ nhất (số bít 1 tăng dần từ phải sang trái tới khi đạt 11111 (ứng với 5 trong hệ 10) sẽ bắt đầu thay 1 bằng 0 và cũng theo chiều từ phải sang trái).

Bảng biểu diễn các chữ số hệ 10 theo các loại mã khác nhau

Số hệ 10	Số hệ 2 (BCD– 8421)				Mã thừa 3				Mã Gray				Mã 2 trên 5					Mã Johnson				
	B3	B2	B1	B0	A3	A2	A1	A0	G3	G2	G1	G0	D4	D3	D2	D1	D0	J4	J3	J2	J1	J0
0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1
2	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1
3	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	1
4	0	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1
5	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1
6	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0
7	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0
8	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0
9	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0

4. Các loại mạch số

Mạch số được chia làm 2 loại là :

+ Mạch tổ hợp / Combinational Circuit

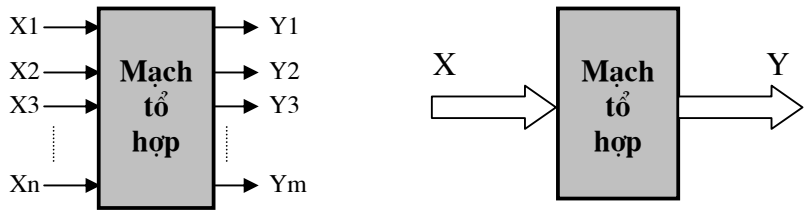
+ Mạch dãy / Sequential Circuit

Mạch tổ hợp là mạch mà tín hiệu ra chỉ phụ thuộc vào tín hiệu vào mà không phụ thuộc vào trạng thái trong của mạch. Phương trình xác định tín hiệu ra của mạch là:

$$Yi = fi(X1, X2, \ldots, Xn) \text{ với } \forall i = 1 \div m$$

Yi là tín hiệu ra ở đầu ra thứ i, có m đầu ra

Xj là tín hiệu vào ở đầu vào thứ j, có n đầu vào



Mô hình toán học của mạch tổ hợp

Người ta còn gọi mạch tổ hợp là mạch không có nhớ

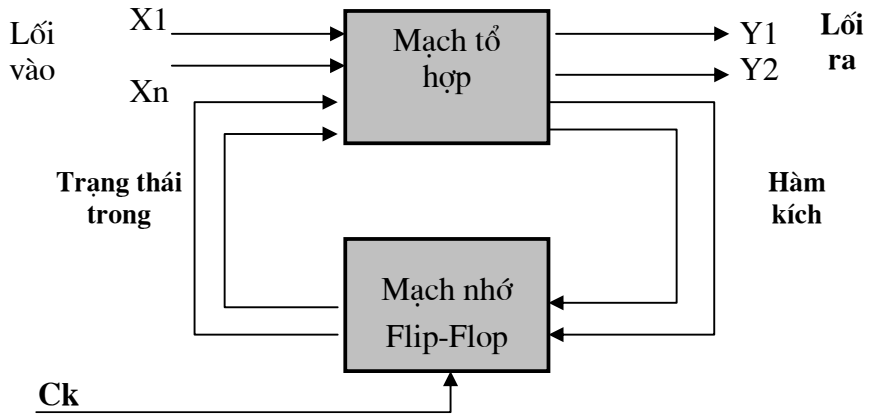
Mạch dãy là mạch có tín hiệu ra phụ thuộc vào trạng thái trong của mạch và có thể phụ thuộc hoặc không phụ thuộc vào tín hiệu vào. Phương trình đặc trưng của mạch dãy là:

$$Yi = fi(X1, X2, \ldots Xn, S1, S2, \ldots Sk) \text{ với } \forall i = 1 \div m$$

Yi là tín hiệu ra ở đầu ra thứ i, có m đầu ra

Xj là tín hiệu vào ở đầu vào thứ j, có n đầu vào

St là trạng thái trong của mạch, mạch có k trạng thái trong



Mô hình toán học của mạch dãy

Mạch dãy có khả năng lưu trữ dữ liệu nên còn được gọi là mạch có nhớ.

Có thể coi mạch tổ hợp là một trường hợp riêng của mạch dãy với số trạng thái trong của mạch là 1.

II. ĐẠI SỐ BOOLEAN

1. Mở đầu

Kỹ thuật điện tử ngày nay được chia làm 2 nhánh lớn kỹ thuật điện tử tương tự và kỹ thuật điện tử số. Kỹ thuật điện tử số ngày càng thể hiện nhiều tính năng ưu việt về tốc độ xử lý, kích thước nhỏ gọn, khả năng chống nhiễu cao, tiêu thụ điện năng ít …. Do đó, điện tử số được ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực và ngày càng trở thành một phần thiết yếu hơn trong các hệ thống và thiết bị ở hầu hết các lĩnh vực có ứng dụng khoa học kỹ thuật và công nghệ mới (cơ khí, hoá học, y học...).

Trong mạch số, tín hiệu đầu vào ở 1 trong 2 trạng thái logic 0 hoặc 1 và đầu ra cũng ở 1 trong 2 trạng thái 0 hoặc 1tuỳ theo tín hiệu đầu vào và các phần tử trong mạch gọi là các cổng logic. Để mô tả mạch số người ta sử dụng công cụ toán học là ***đại số Boolean (đại số logic)***. Đây là cơ sở toán học cho mọi lĩnh vực có liên quan đến kỹ thuật số.

2. Một số tiên đề và định lý của đại số logic

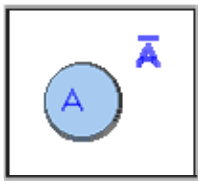
+ Đại số logic: là một tập hợp S của các đối tượng A, B, C … trong đó xác định 2 phép toán cộng logic và nhân logic với các tính chất sau:

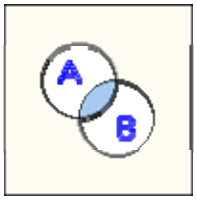
Tính chất	Tên gọi
S chứa (A + B) và (A.B)	tính đóng kín
A + B = B + A A.B = B.A	Luật giao hoán
(A + B).C = A.C + B.C A + B.C = (A + B).(A + C)	Luật phân phối
(A + B) + C = A + (B + C) (A.B).C = A.(B.C)	Luật kết hợp
A + A = A A.A = A	
A + B = B ⇔ A.B = A	tính nhất quán
A + 0 = A A . 0 = 0 A + 1 = 1 A . 1 = A	

http://www.ebook.edu.vn

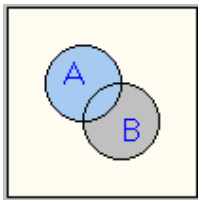
$A+\overline{A}=1$ $A.\overline{A}=0$	
A. (A + B) ≡ A + A.B ≡ A	Luật hấp thụ
$\overline{A+B}=\overline{A}.\overline{B}$ $\overline{A.B}=\overline{A}+\overline{B}$	Luật De Morgan
$A+\overline{A}B=A+B$ $A.B+A.C+B.\overline{C}=A.C+B.\overline{C}$	
$\overline{\overline{A}}\equiv A$ $\overline{1}=0$ $\overline{0}=1$	

+ Giản đồ Venn: đây là cách biểu diễn trực quan các phép toán trong đại số logic. Trên giản đồ Venn tập hợp S được biểu diễn bằng 1 ô vuông còn các phần tử A, B, C … được biểu diễn bằng các miền nằm trong ô vuông đó. Miền không có trên giản đồ được coi bằng 0 và miền lớn nhất (toàn bộ ô vuông) được coi bằng đơn vị 1.
ví dụ: tập hợp S là một nhóm các sinh viên và được biểu diễn bởi toàn bộ miền trong hình vuông;





A.B hay $A\cap B$



A+B hay $A\cup B$

trong nhóm sinh viên đó có 2 nhóm phụ A và B, với sinh viên thuộc nhóm A có tóc nâu trong khi các sinh viên của nhóm B có mắt xanh.
Khi đó, phần giao của A và B bao gồm các sinh viên có cả mắt xanh và tóc nâu (A.B). Họ là thành viên của cả nhóm A và nhóm B.
Nhóm các sinh viên mà có tóc nâu hoặc mắt xanh có thể được biểu diễn: A+B (được xem như *hợp* của các nhóm).

3. Phương pháp biểu diễn hàm logic

a. Phương pháp dùng bảng giá trị của hàm

Phương pháp này sử dụng bảng ghi ***tất cả các tổ hợp có thể*** của biến và giá trị hàm tương ứng. Bảng này còn gọi là bảng hàm hay bảng chân lý (bảng sự thật)
ví dụ: Cho một hàm 3 biến có giá trị như trong bảng ứng với các tổ hợp của biến như sau:

X3	X2	X1	F
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	X
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	X

X là ký hiệu mà tại đó giá trị của hàm không xác định (có thể là 0 và có thể là 1)
Nhận xét: Phương pháp trên có ưu điểm là trực quan và rõ ràng nhưng nó tỏ ra cồng kềnh và quá

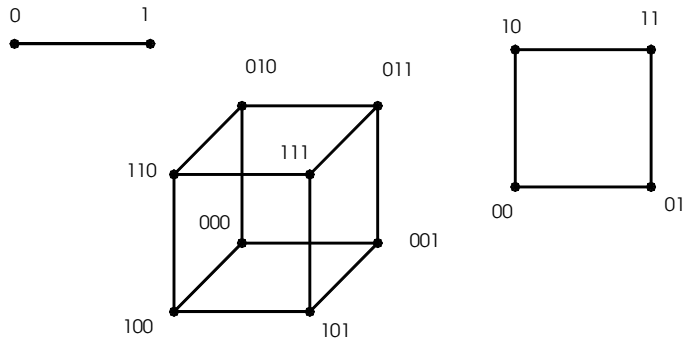
http://www.ebook.edu.vn

rườm rà khi số biến tăng lên. Do đó phương pháp này chỉ dùng để biểu diễn cho các hàm sơ cấp hay các hàm có số biến nhỏ.

b. Phương pháp hình học

Trong phương pháp này người ta biểu diễn n biến ứng với không gian n chiều. Mỗi tổ hợp của biến được biểu diễn bởi một điểm trong không gian đó

Như vậy, n biến sẽ biểu diễn bởi 2^n điểm với quy ước 2 điểm trên cùng một cạnh chỉ khác nhau ở 1 biến duy nhất.



ví dụ: trường hợp 1, 2 và 3 biến biểu diễn như trong hình bên.

c. Phương pháp biểu thức đại số

Định lý: Một hàm logic n biến bất kỳ luôn có thể biểu diễn dưới dạng chuẩn tắc tuyển đầy đủ hoặc chuẩn tắc hội đầy đủ

Dạng chuẩn tắc tuyển đầy đủ là tuyển của nhiều thành phần, mỗi thành phần là hội gồm đầy đủ n biến

Dạng chuẩn tắc hội đầy đủ là hội của nhiều thành phần, mỗi thành phần là tuyển gồm đầy đủ n biến

Cách viết hàm số dưới dạng chuẩn tắc tuyển (CTT) đầy đủ:

+ Số lần hàm bằng 1 sẽ là số tích của n biến
+ Trong mỗi tích các biến có giá trị 1 được giữ nguyên, các biến có giá trị 0 được lấy phủ định
+ Hàm F bằng tổng các tích trên

Cách viết hàm số dưới dạng chuẩn tắc hội (CTH) đầy đủ:

+ Số lần hàm bằng 0 sẽ là số tổng của biểu thức n biến
+ Trong mỗi tổng các biến có giá trị 0 được giữ nguyên, các biến có giá trị 1 được lấy phủ định
+ Hàm F bằng tích các tổng trên

ví dụ: Xây dựng hàm logic của các biến A, B ,C có các giá trị như sau:

F (0,0,0) = F(1, 0,0) = F(1,1,0) = 1

Các trường hợp khác bằng 0

Thực hiện các bước như trên ta có hàm F viết dưới dạng CTT và CTH như sau:

F(A, B, C) = $\overline{A}.\overline{B}.\overline{C} + A.\overline{B}.\overline{C} + A.B.\overline{C} = \sum 0,4,6$

F(A, B, C) = $(A+B+\overline{C})(A+\overline{B}+C)(A+\overline{B}+\overline{C})(\overline{A}+B+\overline{C})(\overline{A}+\overline{B}+\overline{C}) = \prod 1,2,3,5,7$

d. Phương pháp dùng bảng Karnaugh

Quy tắc xây dựng bảng:

+ Bảng có 2^n ô để biểu diễn hàm n biến, mỗi ô cho một tổ hợp biến
+ Các ô cạnh nhau hay đối xứng nhau chỉ khác nhau 1 biến (ghi theo thứ tự của mã Gray). Các hàng và cột của bảng được ghi các tổ hợp giá trị biến sao cho hàng và cột cạnh nhau hay đối xứng nhau chỉ khác nhau 1 biến
+ Ghi giá trị của hàm ứng với tổ hợp tại ô đó

Chú ý: đối với CTT ô giá trị hàm bằng 0 được để trống
đối với CTH ô giá trị hàm bằng 1 được để trống
Hàm không xác định tại tổ hợp nào thì đánh dấu X vào ô đó

ví dụ: biểu diễn hàm sau bằng bảng Karnaugh

F(A, B, C) = $\sum 0,2,5$ với N = 1, 4 (cách viết theo CTT)

http://www.ebook.edu.vn

F(A, B, C) = $\prod 3,6,7$ với N = 1, 4 (cách viết theo CTH)

Với N là tập hợp của tổ hợp biến mà tại đó giá trị của hàm không xác định.

Thực hiện như các bước ở trên ta có bảng Karnaugh biểu diễn cho hàm F theo CTT như sau:

A \ BC	00	01	11	10
0	1	X		1
1	X	1		

Hoặc có thể biểu diễn hàm F theo CTH như sau:

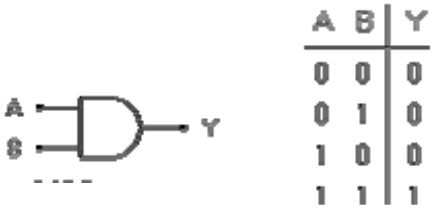
A \ BC	00	01	11	10
0		X	0	
1	X		0	0

III. CÁC HÀM LOGIC SƠ CẤP

+ Hàm F(A) = $\overline{A}$

Hàm này thực hiện phép lấy phần tử bù của A. Phần tử thực hiện hàm là phần tử NOT, thường được gọi là cổng đảo, có một đầu vào và một đầu ra. Trạng thái của đầu ra luôn ngược với đầu vào. Ký hiệu của mạch như sau:

+ Hàm F(A,B) = A.B



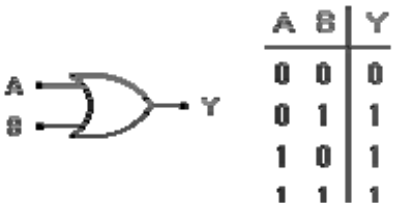
Hàm này thực hiện phép nhân logic (hay còn gọi là phép hội). Phần tử thực hiện chức năng của hàm trên là phần tử AND (còn gọi là cổng AND). Một cổng AND có hai hay nhiều đầu vào và chỉ có một đầu ra. Đầu ra có mức logic 1 chỉ khi tất cả các đầu vào ở mức 1; và có mức 0 khi một trong các đầu vào ở mức 0. Hình dưới đây chỉ ra ký hiệu và bảng chân lý của cổng AND với 2 đầu vào.

Tổng quát: Hàm AND chỉ mang gía trị 1 khi các đầu vào đồng thời bằng 1

+ Hàm F(A,B) = A + B

Hàm này thực hiện phép cộng logic (hay còn gọi là phép tuyển). Phần tử thực hiện là phần tử OR (còn gọi là cổng OR). Cổng OR có mức logic cao khi có ít nhất một đầu vào ở mức 1; và chỉ khi cả 2 đầu vào ở mức logic 0 đầu ra cổng OR mới có mức logic 0. Hàm OR có ký hiệu và bảng chân lý như hình dưới đây:

Tổng quát: Hàm OR chỉ mang giá trị 0 khi tất cả các đầu vào đồng thời bằng 0



+ Hàm F(A,B) = $\overline{A.B}$

A	B	Y
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Hàm này còn gọi là hàm Sheffer. Phần tử mạch điện thực hiện hàm là phần tử NAND (cổng NAND). Về cơ bản, đây là một cổng AND theo sau là cổng NOT. Đầu ra có mức logic 0 chỉ khi tất cả đầu vào có mức logic 1. Dưới đây là ký hiệu và bảng trạng thái (bảng chân lý) của cổng NAND 2 đầu vào.

Tổng quát: Hàm NAND chỉ mang giá trị 0 khi tất cả các đầu vào đều có mức logic 1

+ Hàm F(A,B) = $\overline{A+B}$

A	B	Y
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

Hàm này còn gọi là hàm Pierce. Phần tử mạch điện thực hiện hàm là phần tử ***NOR (cổng NOR).*** Đây là cổng OR theo sau bởi cổng NOT. Đầu ra có mức logic thấp khi một hay nhiều đầu vào ở mức logic cao; và đầu ra có mức logic cao chỉ khi tất cả đầu vào ở mức thấp. Dưới đây là ký hiệu và bảng chân lý của hàm.

Tổng quát: hàm NOR chỉ mang giá trị 1 khi tất cả các đầu vào đều có mức logic 0

+ Hàm F(A,B) = $A \oplus B = A\overline{B} + \overline{A}.B$

A	B	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Phần tử thực hiện hàm này là phần tử Exclusive OR (hay cổng XOR). Cổng này có 2 đầu vào. Cổng này là thành phần cơ bản của phép so sánh. Khi 2 đầu vào giống nhau, đầu ra ở mức logic 0; còn khi 2 đầu vào khác nhau, đầu ra có mức logic 1. Dưới đây là ký hiệu và bảng trạng thái.

Tổng quát: hàm XOR cho giá trị 1 khi số các chữ số 1 trong tổ hợp là một số lẻ. Đây chính là tính chất của hàm cộng module n biến

+ Hàm F(A,B) = $\overline{A \oplus B} = A \sim B = A \otimes B = A.B + \overline{A}.\overline{B}$

A	B	Y
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

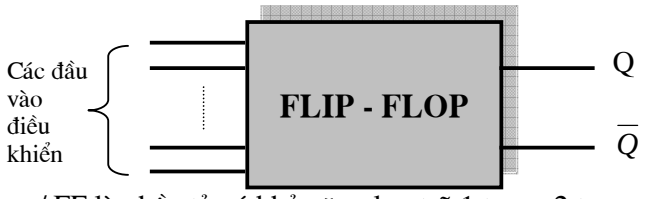
Hàm này gọi là hàm tương đương. Cổng logic thực hiện hàm này là cổng XNOR. Đây là sự kết hợp của hàm XOR và theo sau bởi hàm NOT. Khi 2 đầu vào giống nhau đầu ra ở mức logic 1; còn khi 2 đầu vào khác nhau, đầu ra có mức logic 0. Dưới đây là bảng chân lý và ký hiệu hàm

Tổng quát: hàm XNOR sẽ mang giá trị 1 khi số các chữ số 1 trong tổ hợp là một số chẵn (kể cả 0)

IV. CÁC PHẦN TỬ NHỚ CƠ BẢN

Như đã nói, mạch dãy là mạch có tín hiệu ra không chỉ phụ thuộc vào tín hiệu vào mà còn phụ thuộc vào trạng thái trong của mạch, nghĩa là mạch có khả năng lưu trữ để nhớ trạng thái. Các phần tử để nhớ trạng thái của mạch dãy được gọi là các flip-flop (mạch bập bênh). Flip – flop là phần tử nhớ đơn bit, nghĩa là nó ở một trong hai trạng thái 0 hoặc 1 và chỉ thay đổi trạng thái khi có tác động phù hợp (gọi là có khả năng nhớ được 1 chữ số nhị phân).

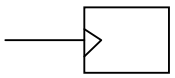
1. Định nghĩa và phân loại

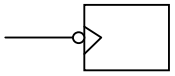


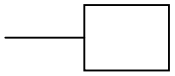
Flip – flop / FF là phần tử có khả năng lưu trữ 1 trong 2 trạng thái là 0 hoặc 1.

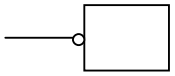
FF thường có nhiều đầu vào và 2 đầu ra có tính liên hợp (đầu ra này là đảo của đầu ra kia), ký hiệu là Q và $\overline{Q}$.

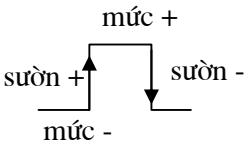
Ký hiệu về tính tích cực trong mạch FF:


xung tích cực ở sườn +

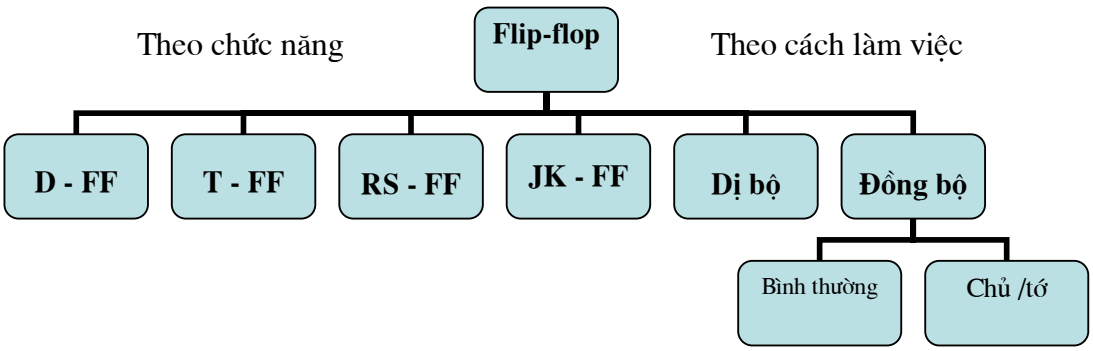

xung tích cực ở sườn –


xung tích cực ở mức +


xung tích cực ở mức -



Có thể phân loại FF theo 2 cách như sau:

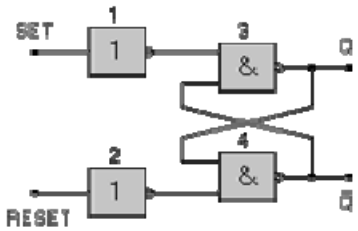


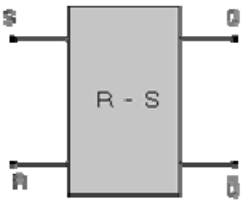
2. Flip-Flop kiểu RS

RS FF là mạch Flip-Flop đơn giản nhất chỉ có 2 đầu vào điều khiển R (Reset – xoá) và S (Set – thiết lập), RS-FF có thể được xây dựng từ 2 cổng NAND hay 2 cổng NOR. Hình dưới đây chỉ ra bảng trạng thái rút gọn và sơ đồ của mạch với các cổng NAND và ký hiệu của RS - FF

http://www.ebook.edu.vn

S	R	Q	$\overline{Q}$
0	0	Qn	Qn
0	1	0	1
1	0	1	0
1	1	X	X





R, S là các đầu vào điều khiển

Qn là trạng thái của FF tại thời điểm hiện tại t

Q là trạng thái sẽ chuyển tới của FF sau thời gian quá độ, tức trạng thái của FF ở thời điểm tiếp theo

Giả thiết, tại thời điểm bắt đầu, S=1 và R= 0. Mức đầu ra của cổng 1 là thấp (0) và điều này tạo nên trạng thái cao trên đầu ra của cổng 3 (Q=1). Tuy nhiên, đầu ra của cổng 2 ở mức cao, bởi thế cổng 4 có cả hai đầu vào đều ở mức cao (từ cổng 2 và 3) nên đầu ra của nó sẽ ở mức thấp ($\overline{Q}$ =0). Flip-Flop ở trạng thái SET và đầu ra Q =1 bất kể Qn trước đó là 0 hay 1.

Khi S=0 và R=1, Flip-Flop sẽ chuyển trạng thái và đầu ra: Q=0; $\overline{Q}$ =1. Trường hợp này, Flip-Flop được RESET hay xoá về 0, trạng thái logic 0 trên Q dù trước đó Qn là 0 hay 1.

Trạng thái mà trong đó, cả hai đầu vào đều ở mức R = S = 0 được gọi là trạng thái nhớ, vì đầu vào sẽ duy trì trạng thái trước đó, Qn.

Nếu đầu vào SET và RESET đồng thời ở mức cao (S = R = 1), ta sẽ có trạng thái sau:

Q = $\overline{Q}$ = 1 được coi là trạng thái *không xác định (không sử dụng hay cấm)* R-S Flip-Flop không được thiết kế để hoạt động trong trạng thái R=S=1.

Nhận xét:

+ Phương trình đặc trưng của RS – FF là $Q = S + Qn.\overline{R}$

+ S luôn đưa Q về gía trị 1

+ R luôn đưa Q về giá trị 0

+ FF tắt, tức chuyển trạng thái từ 1 sang 0 với phương trình Toff = $\overline{S}RQn$

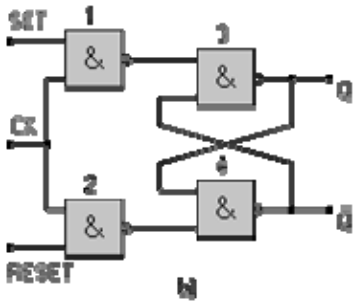
+ FF bật, tức chuyển trạng thái từ 0 sang 1 với phương trình Ton = $S\overline{R}\overline{Qn}$

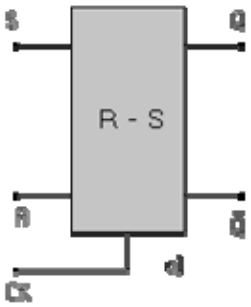
RS Flip-Flop với đầu vào xung nhịp

Các hệ thống tuần tự thường yêu cầu các Flip-Flop thay đổi trạng thái đồng bộ với xung nhịp. Khi đó người ta coi FF như một mạch chốt hay RS FF đồng bộ hay RST FF hay RS FF nhịp. Điều này có thể thực hiện được bởi việc thay đổi mạch như sau:

Khi chưa có xung nhịp, Flip-Flop sẽ giữ nguyên trạng thái không phụ thuộc vào R và S (trạng thái nhớ), nghĩa là trạng thái của FF bị chốt lại .

t^n			t^{n+1}
CK	S	R	Qn+1
↑	0	0	Qn
↑	0	1	0
↑	1	0	1
↑	1	1	?
0	X	X	Qn
1	X	X	Qn





Khi có xung nhịp:

nếu R = S = 0, đầu ra của Flip-Flop sẽ không đổi;

nếu R = 0, S = 1, Flip-Flop sẽ có trạng thái đầu ra: Q = 1, $\overline{Q}$ = 0;

nếu R = 1, S = 0 ta sẽ có trạng thái đầu ra: Q = 0 và $\overline{Q}$ = 1.

Tóm lại: Khi không có xung nhịp FF không thay đổi trạng thái (không phụ thuộc vào tín hiệu đầu vào điều khiển) và chỉ khi có xung nhịp Ck mạch mới làm việc theo bảng chức năng (phụ thuộc vào tín hiệu đầu vào điều khiển)

Các biến thể của RS – FF

Để sử dụng được cả tổ hợp cấm R = S = 1 người ta chế tạo các biến thể của RS – FF như FF R, FF S và FF E. Các FF này được sử dụng khá rộng rãi trong các khâu điều khiển của hệ thống số.

Flip – Flop R: ứng với tổ hợp cấm đầu ra Q = 0

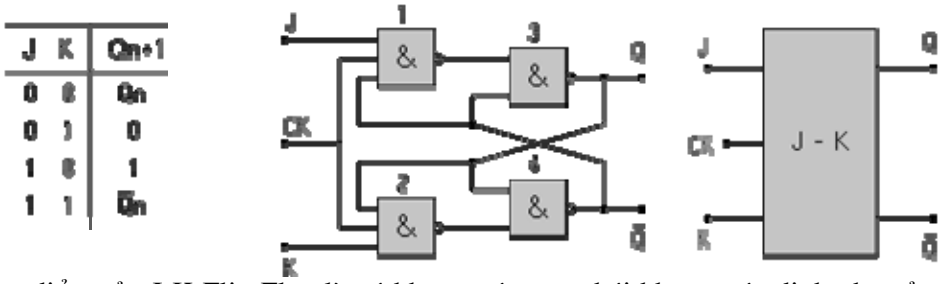
Flip – flop S : ứng với tổ hợp cấm đầu ra Q = 1

Flip – flop E: ứng với tổ hợp cấm FF không chuyển trạng thái

3. JK Flip-Flop

JK – FF là một loại FF vạn năng và có nhiều ứng dụng

JK Flip-Flop cũng tương tự như một R-S khoá và có các đầu ra hồi tiếp về đầu vào như hình dưới đây.



Một ưu điểm của J-K Flip-Flop là nó không có trạng thái không xác định như của R-S khi cả hai đầu vào ở mức 1.

Ví dụ: nếu J = K = 1; Q = 1 và $\overline{Q}$ = 0; khi có xung nhịp đến, chỉ có cổng 2 cho phép truyền dữ liệu vào, còn cổng 1 sẽ ngăn lại. Mức 0 tại đầu ra của cổng 2 sẽ khiến cho phần tử nhớ chuyển trạng thái. Như vậy, khi các đầu vào đều ở mức cao, đầu ra sẽ đảo hay lật (toggle) trạng thái tại mỗi xung nhịp vào.

Nhận xét:

+ Phương trình đặc trưng của JK – FF có dạng: $Q = J.\overline{Q} + \overline{K}Q$

+ Có sự tương ứng giữa JK và RS, J tương ứng với S, K tương ứng với R nhưng tổ hợp 11 trong JK vẫn được sử dụng mà không bị cấm như trong RS

+ JK = 00	FF luôn giữ nguyên trạng thái
JK = 01	FF luôn chuyển đến trạng thái 0
JK = 10	FF luôn chuyển đến trạng thái 1
JK = 11	FF luôn lật trạng thái

JK Flip-Flop chỉ có một khả năng cho trạng thái không xác định, đó là khi độ dài xung nhịp lớn hơn thời gian truyền đạt. Giả thiết, Flip-Flop đang ở trong trạng thái: Q = 0 , $\overline{Q}$ =1 và J = K = 1;

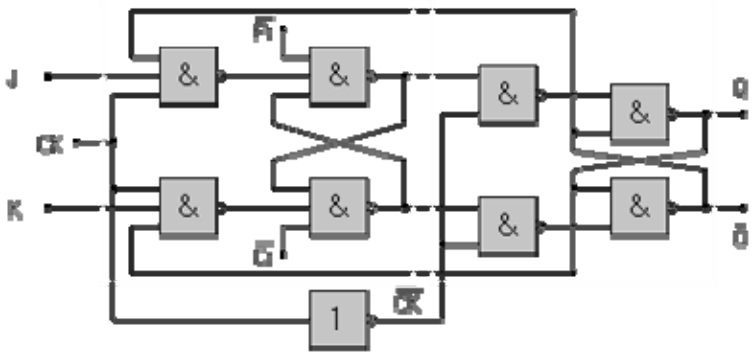
Khi có xung nhịp đến, đầu ra sẽ đảo trạng thái sau một khoảng thời gian truyền đạt "t" :

Q = 1 và $\overline{Q}$ =0;

Tuy nhiên, do vẫn có xung nhịp kích thích, đầu ra sẽ hồi tiếp trở lại đầu vào khiến mạch có xu hướng dao động giữa 0 và 1. Bởi thế, tại thời điểm cuối của xung nhịp, trạng thái của Flip-Flop sẽ không được xác định. Hiện tượng này gọi là hiện tượng đua vòng quanh và có thể gây nên chuyển biến sai nhầm của mạch. Người ta khắc phục hiện tượng này bằng cách sử dụng mạch JK FF kiểu chủ tớ.

JK Flip-Flop kiểu chủ tớ.

JK FF kiểu chủ tớ có sơ đồ cấu trúc như sau:



Mạch bao gồm 2 nửa giống nhau, mỗi nửa là một RS Flip-Flop, FF thứ nhất gọi là FF master (chủ) và FF thứ 2 gọi là FF slave (tớ). Đầu vào của FF chủ là đầu vào của mạch và đầu ra của FF tớ là đầu ra của mạch. Tín hiệu hồi tiếp từ đầu ra của FF tớ về đầu vào của FF chủ. Các xung đưa tới phần tớ là đảo với xung đưa tới phần chủ.

Các đầu vào Preset và Clear sẽ có chức năng giống như của đầu vào Set và Reset. Chúng tác động đến đầu ra một cách không đồng bộ, tức chúng sẽ thay đổi trạng thái đầu ra mà không phụ thuộc vào sự có mặt của xung nhịp; và chủ yếu để đưa đầu ra về một trạng thái đã biết nào đó. (người ta còn gọi đây là các đầu vào điều khiển trực tiếp)

Giả thiết các đầu vào này là không tích cực (khi Pr = Cl = 1), khi có xung nhịp đến, Flip-Flop sẽ thay đổi trạng thái như trong bảng chân lý sau:

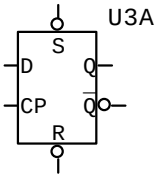
CK	J	K	Q_{n+1}
0	x	x	Qn
↑	0	0	Qn
↑	0	1	0
↑	1	0	0
↑	1	1	$\overline{Qn}$

Với Qn+1: trạng thái kế tiếp;
Qn : trạng thái trước đó.
x: trạng thái không xác định.

Trong khoảng thời gian xung nhịp là cao, phần Tớ khoá, bởi thế các đầu ra Q và $\overline{Q}$ sẽ không thay đổi. Khi xung nhịp chuyển từ 1 về 0, khối Tớ sẽ chuyển trạng thái trong khi khối Chủ sẽ khoá. Nói cách khác, dữ liệu trên J và K trước tiên được truyền đến khối Chủ tại sườn tăng của của xung nhịp và truyền tới khối Tớ tại sườn xuống; như vậy, trạng thái không xác định của đầu ra như trường hợp J-K Flip-Flop sẽ được loại bỏ.

4. D Flip-Flop

D FF là loại FF chỉ có một đầu vào điều khiển D với ký hiệu và bảng chân lý như sau:



D	Q	$\overline{Q}$
0	0	1
1	1	0

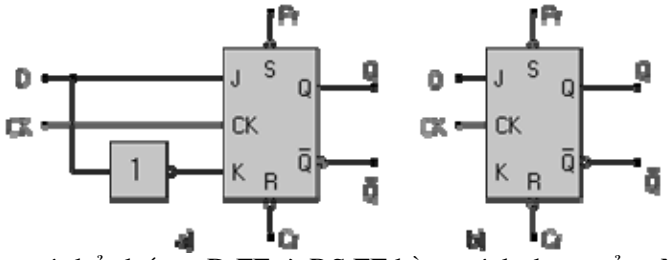
Phương trình đặc trưng của D là Q = D

Thực chất D FF chính là một khâu trễ có thời gian δt là thời gian quá độ của mạch. Đầu ra Q chính là trễ của đầu vào sau khoảng thời gian δt, vì vậy FF này có tên là D FF (Delay FF)

Chế tạo D FF từ JK FF

Nếu từ một JK Flip-Flop thêm vào một bộ đảo như hình dưới thì đầu vào K luôn là bù của J và sẽ tạo nên mạch D Flip-Flop. Hoạt động của nó rất đơn giản, khi có xung đồng hồ đến, dữ liệu tại đầu vào sẽ được truyền và giữ nguyên tại đầu ra.

http://www.ebook.edu.vn

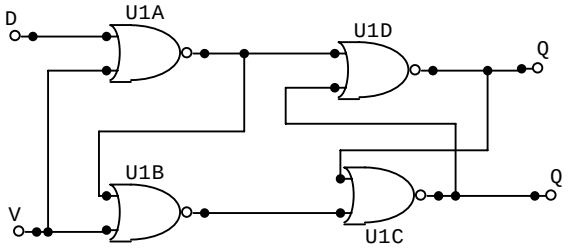


Ngoài ra cũng có thể chế tạo D FF từ RS FF bằng cách thêm cổng NOT giữa hai đầu vào S và R tương ứng với J và K như ở hình trên.

Biến thể của D FF

Trên thực tế người ta sử dụng biến thể của D là DV FF. Loại FF này có bảng trạng thái và sơ đồ xây dựng từ các cổng NOR như sau:

V	D	Q_{n+1}
1	0	0
1	1	1
0	0	Qn
0	1	Qn



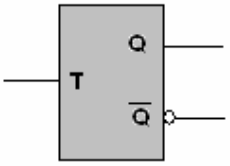
Từ bảng trạng thái ta thấy:

+ Khi V = 1 FF DV hoạt động như một FF D thông thường

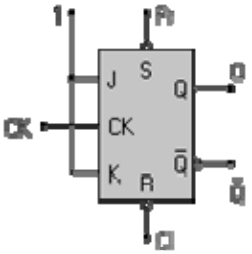
+ Khi V = 0 FF không đổi trạng thái với bất kỳ mức logic nào của D

5. Flip-Flop kiểu T.

FF T là một FF có 2 đầu ra và 1 đầu vào T. T FF có bảng trạng thái như sau:



T	Q_{n+1}
0	Qn
1	$\overline{Qn}$



Khi T = 0 FF giữ nguyên trạng thái

Khi T = 1 FF lật trạng thái (Toggle)

Phương trình đặc trưng của T FF: $Q = T \oplus Qn$

Như vậy mạch T FF thay đổi trạng thái tuần tự theo mỗi lần có xung kích thích

Chú ý: Khi đầu vào T có thời gian tồn tại ở mức logic cao trong một khoảng dài hơn so với thời gian chuyển trạng thái (thời gian trễ) của mạch thì mạch sẽ tiếp tục lật trạng thái tới khi hết thời gian tồn tại ở mức logic cao của T, quá trình đó làm cho việc xác định chính xác mạch đang ở trạng thái nào là không thể, do đó T chỉ có thể làm việc ở chế độ đồng bộ (vì thực tế thời gian tồn tại mức logic cao của T luôn lớn hơn rất nhiều thời gian trễ của mạch)

Chế tạo T FF từ JK FF

Rõ ràng T FF đơn giản là một JK Flip-Flop với cả J và K đều ở mức logic 1. (xem hình trên)

Vì J = K = 1 nên Flip-Flop này sẽ lật (Toggle) trạng thái mỗi khi xung nhịp chuyển từ 1 về 0.

http://www.ebook.edu.vn

Biến thể của T FF

Trên thực tế người ta sử dụng biến thể của T là TV FF. Loại FF này có bảng trạng thái như sau:

Từ bảng trạng thái ta thấy:

+ Khi V = 1 FF TV hoạt động như một FF T thông thường

+ Khi V = 0 FF không đổi trạng thái với bất kỳ mức logic nào của T

V	T	Q_{n+1}
1	0	Qn
1	1	$\overline{Qn}$
0	0	Qn
0	1	Qn

Nhận xét chung về chế độ làm việc của các loại FF:

+ Các D FF và RS FF có thể làm việc ở chế độ đồng bộ hoặc không đồng bộ vì với mỗi tập tín hiệu vào điều khiển luôn tồn tại ít nhất 1 trong các trạng thái ổn định (Q = Qn)

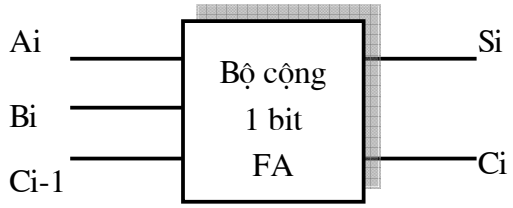
+ Các T FF và JK FF không thể làm việc ở chế độ không đồng bộ vì mạch sẽ rơi vào trạng thái dao động (chuyển trạng thái liên tục giữa 0 và 1). Khi JK = 11 hoặc T = 1 hai loại FF sẽ dao động, do đó chúng luôn phải làm việc ở chế độ đồng bộ.

V. MỘT SỐ MẠCH ỨNG DỤNG

1. Bộ cộng nhị phân một cột số

Phân tích bài toán

Mô hình toán học của bộ cộng đầy đủ 1 bit (FA – Full adder)



trong đó Ai và Bi là các số nhị phân thứ i của A, B đưa vào cộng

C_{i-1} là số nhớ của cột có trọng số nhỏ hơn bên cạnh (của phép tính trước)

Si là là chữ số của tổng ở cột thứ i $Si = Ai \oplus Bi \oplus C_{i-1}$

Ci là số nhớ đưa đến cột có trọng số lớn hơn bên cạnh $Ci = Ai.Bi + C_{i-1}(Ai + Bi)$

Chú ý: Phép cộng 2 số nhị phân luôn bắt đầu từ cột số có trọng số nhỏ nhất

Bảng chân lý của phép cộng đầy đủ một bit

Ai	Bi	C_{i-1}	Si	Ci
0	0	0	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	1
1	1	0	0	1
1	1	1	1	1

Xây dựng sơ đồ

Có thể xây dựng bộ cộng theo 1 trong 2 cách như sau:

+ Xây dựng trực tiếp từ hệ phương trình của Si và Ci

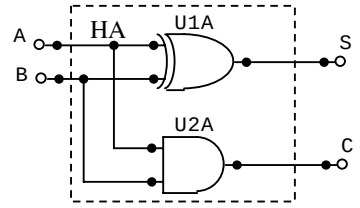
+ Xây dựng từ các bộ bán tổng (HA – Half Adder). Đây là phương pháp được sử dụng nhiều trong thực tế và dưới đây ta sẽ xem xét tới phương pháp này.

Bộ bán tổng là bộ có bảng chân lý sau:

A	B	S	C
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	0	1

Từ bảng chân lý rút ra được: $S = A \oplus B$

$C = A.B$



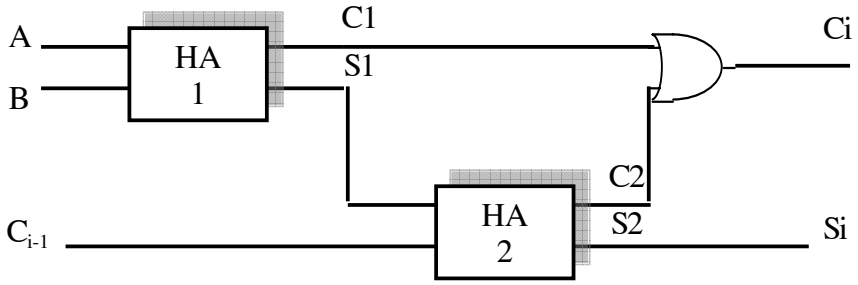
Như vậy sơ đồ của bộ bán tổng như hình bên:

Từ phương trình của bộ tổng đầy đủ

$Si = Ai \oplus Bi \oplus C_{i-1}$

$Ci = Ai.Bi + C_{i-1}(Ai + Bi)$

ta xây dựng được sơ đồ của bộ tổng FA bằng 2 bộ HA và 1 cổng OR như sau:



chứng minh:

$Si = S2 = C_{i-1} \oplus S1 = C_{i-1} \oplus A \oplus B$

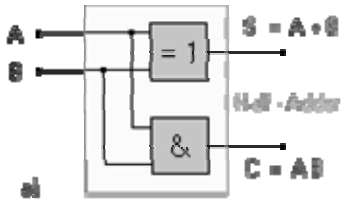
$Ci = C1 + C2 = AB + C_{i-1}.S1 = AB + C_{i-1}(A \oplus B)$

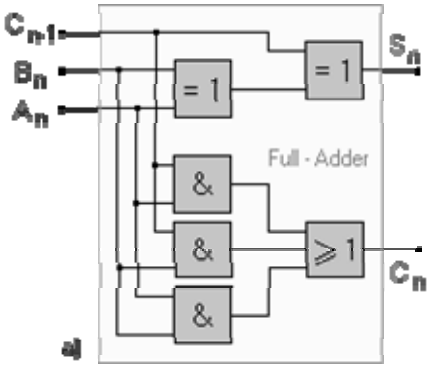
$Ci = AB + C_{i-1}(A\overline{B} + \overline{A}B) = A(B + \overline{B}.C_{i-1}) + B(A + \overline{A}.C_{i-1})$

$Ci = A(B + C_{i-1}) + B(A + C_{i-1}) = AB + C_{i-1}(A + B)$

Nguyên lý hoạt động của bộ cộng nhị phân.

Rất nhiều mạch logic cần các thiết bị có khả năng cộng 2 số nhị phân. Một bộ cộng có thể tính toán một phép cộng nhị phân. Vì đầu ra phụ thuộc đầu vào tại một thời điểm xác định theo yêu cầu, nên sẽ sử dụng mạch logic tổ hợp.





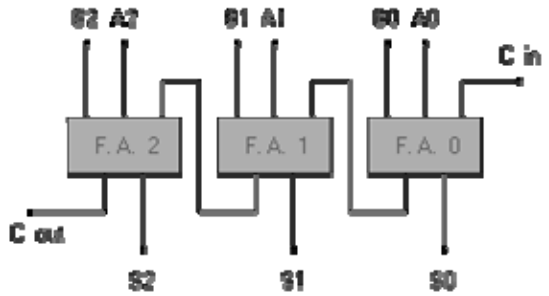
Hình trên là sơ đồ của 1 bộ bán tổng 1-bit và mạch toàn tổng. Sở dĩ được gọi là bộ bán tổng vì nó không cộng "bit nhớ" tại đầu vào, một việc thường yêu cầu khi cộng những số có nhiều số hạng.

Để cộng các số với nhiều số hạng, mạch phải có khả năng xử lý thêm 1 đầu vào nữa. Đầu vào này là kết quả của phép cộng từ tầng trước. Mạch như vậy, được gọi là mạch toàn tổng (Full Adder).

Ghép nối tiếp các bộ cộng.

Bộ toàn tổng sẽ là phần tử cơ sở cho việc xây dựng bộ cộng n-bit. Hình dưới đây chỉ ra cách tạo thành bộ cộng 3-bit từ 3 bộ cộng 1 bit

http://www.ebook.edu.vn



Hoàn toàn tương tự với các bộ cộng nhiều bit khác.

2. Mạch mã hoá - lập mã (ENCODER)

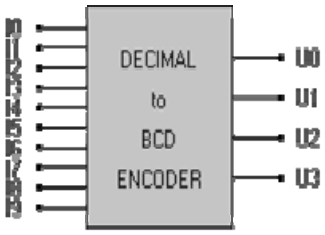
Một bộ chuyển mã từ thập phân sang BCD, thường được gọi là bộ mã hoá, phải được sử dụng trong các hệ thống số vì các mạch logic về cơ bản là các thiết bị nhị phân.

Giả sử từ mã có n bit, khi đó sẽ có 2n bộ giá trị khác nhau để biểu diễn cho các ký hiệu hoặc lệnh. Như vậy mỗi loại mã chỉ có số ký hiệu hoặc lệnh <= 2n

Chú ý: nếu N < 2n thì số tổ hợp không dùng đến có thể được dùng cho các mục đích khác, ví dụ như phát hiện hay sửa sai.

Dưới đây là ví dụ về việc mạch thực hiện mã hoá để tạo mã BCD 8421 (hay còn gọi là BCD tự nhiên, NBCD)

Bộ mã hoá Thập phân sang BCD.



Một bộ mã hoá thập phân sang BCD là một mạch tổ hợp gồm 10 đầu vào (giá trị thập phân, từ 0 đến 9), và 4 đầu ra nhị phân. Bốn đầu ra thập phân để mã hoá các số không lớn hơn 9, cho nên được gọi là số BCD (Binary Coded Decimal). Trường hợp có nhiều hơn một đầu vào tích cực thì phải sử dụng bộ mã hoá ưu tiên, mà chỉ mã hoá đầu vào nào có trọng số lớn nhất. Như đã biết, mã BCD 8421 dùng 4 chữ số hệ 2 để mã hoá các con số từ 0 tới 9 của hệ 10 và có trọng số 8,4,2,1. Ta có bảng chân lý như sau:

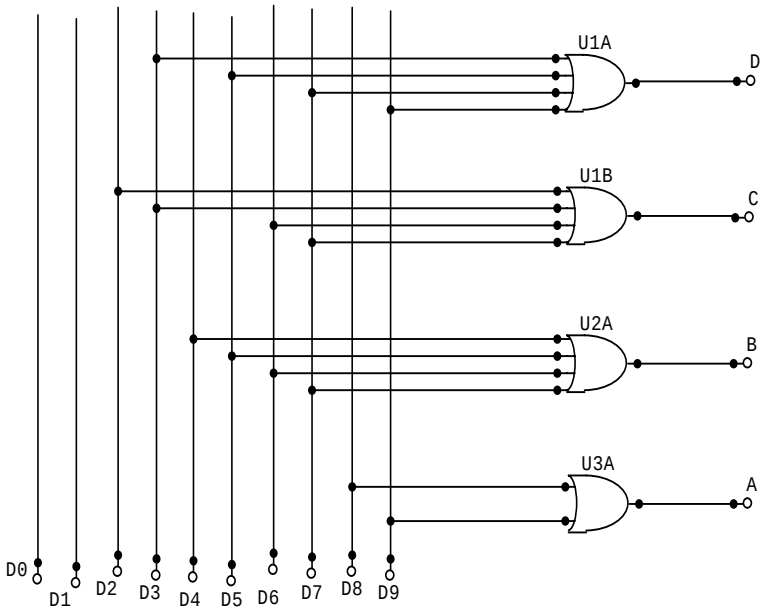
Số hệ 10	A	B	C	D
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
9	1	0	0	1

Từ bảng chân lý ta có:

A = 8 + 9
B = 4 + 5 + 6 + 7
C = 2 + 3 + 6 + 7
D = 1 + 3 + 5 + 7 + 9

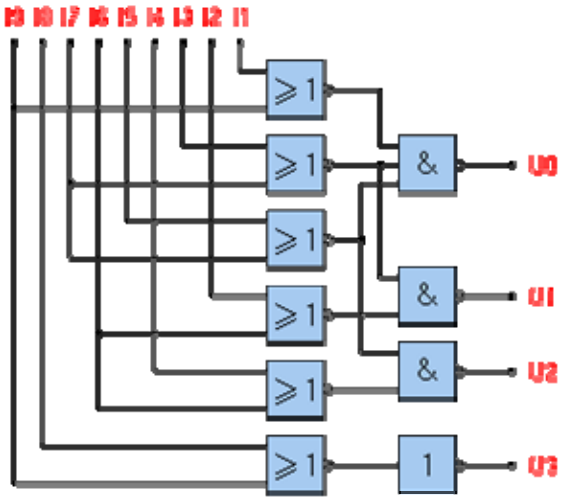
http://www.ebook.edu.vn

Như vậy mạch thực hiện mã hoá 10 – BCD 8421 có sơ đồ nguyên lý như sau:



Khi một trong các đầu vào D0 – D9 có mức điện áp cao thì các đường ra ABCD sẽ có tín hiệu tương ứng. Ví dụ D5 có mức điện áp cao còn các đường khác có mức điện áp thấp , nghĩa là ta muốn mã hoá số 5, khi đó các đường ra B và D có mức điện áp cao còn A và C có mức điện áp thấp, tức ta có ABCD = 0101 như mong muốn.

Chú ý: Mạch điện của bộ mã hoá không có mức ưu tiên (tức không cho phép có nhiều đường vào cùng ở mức cao) được chỉ ra như ở hình D09.3. Bộ mã hoá không có đầu vào 0 vì, thông thường, nó không cần đến trong các mạch logic. Cũng có thể thực hiện bộ mã hoá trên theo sơ đồ dưới đây:



3. Mạch giải mã (DECODER)

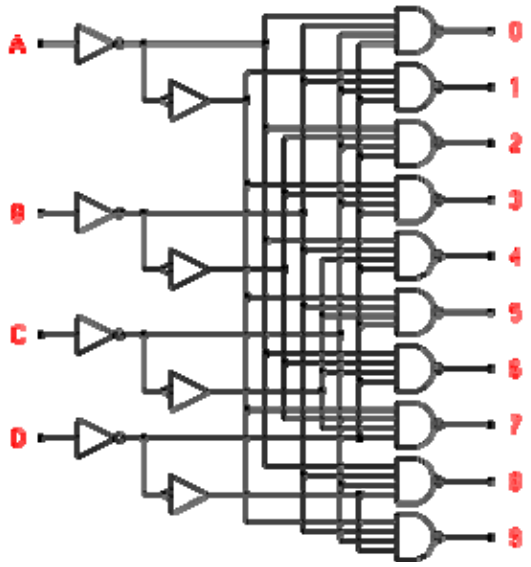
Mạch này có chức năng ngược với bộ mã hoá,nghĩa là từ bộ bit n bit hệ 2 cần tìm lại được 1 trong N ký hiệu hoặc lệnh tương ứng.

Bộ giải mã BCD sang thập phân.

Bộ giải mã BCD sang hệ thập phân là một mạch tổ hợp có 4 đầu vào nhị phân và 10 đầu ra thập phân. Đầu vào là mã BCD và sẽ kích hoạt đầu ra tương ứng với đầu vào.

Dưới đây là bảng chân lý của bộ giải mã BCD-thập phân, với đầu ra tích cực ở mức logic âm, ứng với vi mạch SN 74LS42. Có thể thấy rằng các số lớn hơn 9 sẽ không kích hoạt bất kỳ đầu ra nào.

N	I3	I2	I1	I0	O0	O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8	O9
0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
2	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
3	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
4	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
5	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
6	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
7	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
8	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
9	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
10	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
11	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
12	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
13	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
14	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1



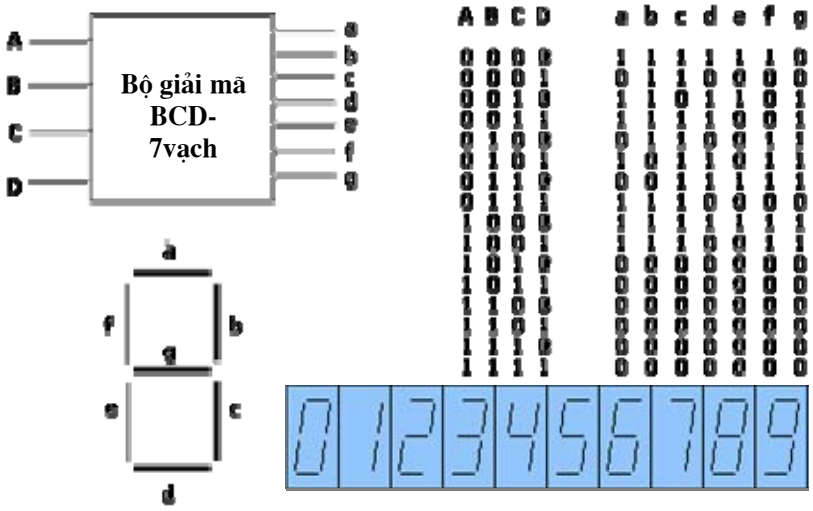
SN74LS42 là một vi mạch giải mã BCD – thập phân được sử dụng rộng rãi, dưới đây là sơ đồ bên trong của vi mạch này để minh hoạ cho việc chuyển đổi mã.

Bộ giải mã BCD sang 7 vạch.

Đèn 7 vạch được sử dụng để hiển thị dữ liệu được xử lý bởi thiết bị điện tử số. Chúng có thể hiện thị các số từ 0 đến 9 và các chữ cái từ A đến F và một vài ký tự khác.

Thiết bị hiển thị này có thể được điều khiển bởi bộ giải mã mà sẽ chiếu sáng các vạch (đoạn-segment) của đèn phụ thuộc vào số BCD tại đầu vào. Các bộ giải mã này cũng chứa các bộ đệm công suất để cấp dòng cho đèn, do vậy, nó còn được gọi là bộ điều khiển-giải mã (Decoder-Driver).

Bộ mã hoá này có 4 đầu vào tương ứng với 4 bit mã BCD và 7 đầu ra, mỗi đầu sẽ điều khiển một vạch của đèn 7 vạch. Hình dưới chỉ ra mô hình chức năng, bảng chân lý và các số có thể hiển thị trên đèn 7 vạch có mức tích cực 1.



4. Mạch đếm

Chức năng cơ bản của mạch đếm là nhớ số xung đếm đầu vào bằng cáhc thay đỏi các trạng thái của nó. Mỗi bộ đếm cấu tạo gồm nhiều Flip- Flop và mỗi Flip-Flop đóng vai trò là một phần tử

nhớ nhị phân. Tổ hợp các trạng thái 0 hoặc 1 của FF tạo nên các trạng thái khác nhau của bộ đếm (số trạng thái của bộ đếm gọi là hệ số đếm Kđ và có giá trị tối đa là 2^n với n là số FF). Sự thay đổi trạng thái của bộ đếm theo một trình tự nhất định dưới sự điều khiển của xung nhịp đếm.

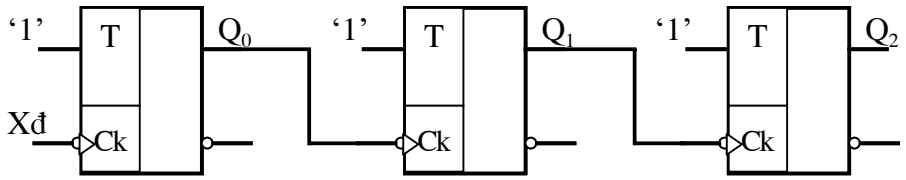
Có hai loại bộ đếm chính là bộ đếm tuần tự (không đồng bộ) và bộ đếm song song (đồng bộ).

Mạch đếm tuần tự

Đặc điểm của loại bộ đếm này là:

- Xung đếm chỉ đưa tới FF đầu tiên
- Ngõ ra của FF đứng trước được đưa tới ngõ vào xung nhịp của FF đứng sau. Nghĩa là, việc kết nối giữa các FF đã được xác định trước và sự chuyển đổi trạng thái của FF đứng sau tuỳ vào sự tác động của FF đứng trước.
- Các FF sử dụng là loại T hoặc kết cấu theo kiểu T.

Ví dụ: Mạch đếm tuần tự có Kđ bằng 8 có sơ đồ mạch như sau:



Trong đó: Q_0 là bit có trọng số nhỏ nhất và Q_2 là bit có trọng số lớn nhất.

Xung đếm Xđ được đưa tới Q_0.

Vì xung nhịp tích cực ở sườn âm nên khi FF đứng trước chuyển từ trạng thái 1 sang trạng thái 0 thì FF đứng sau mới thay đổi trạng thái.

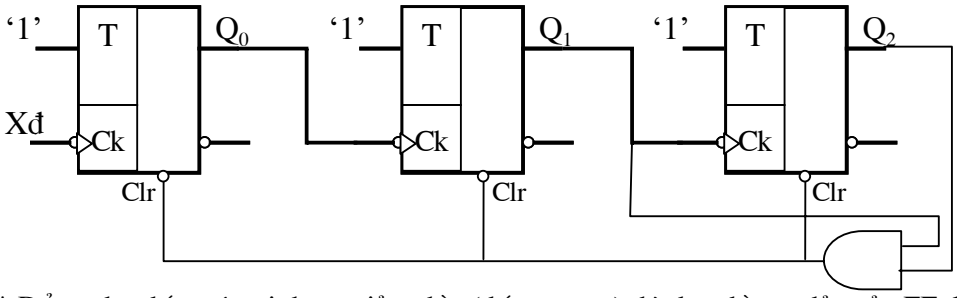
Các trạng thái của bộ đếm thay đổi theo quy luật mã nhị phân và có hướng đếm lên.

Sau 8 xung đếm bộ đếm lại quay lại trạng thái đầu tiên.

Chú ý: * Khi hệ số đếm Kđ < 2n thì sử dụng mạch phát hiện trạng thái Kđ để đưa mạch về trạng thái xoá (000) hoặc mạch phát hiện trạng thái (Kđ-1) để đưa mạch về trạng thái lập (111).

Ví dụ: xây dựng mạch đếm tuần tự có Kđ = 6

Vẫn sử dụng mạch với cách nối như mạch có Kđ = 8 nhưng sử dụng thêm cổng NAND để tạo mạch xoá Clr=$\overline{Q_2Q_1}$. Khi xung đếm thứ 6 tới mạch có trạng thái Q2Q1Q0 = 110 thì Clr = 0, các FF bị xoá hết, tức là mạch về trạng thái 000 để bắt đầu một vòng đếm mới. Sơ đồ mạch như sau:



* Để tạo bộ đếm có nội dung giảm dần (đếm ngược) thì đưa đầu ra đảo của FF đứng trước tới đầu vào Ck của FF đứng sau.

Mạch đếm song song

Đặc điểm của bộ đếm song song là: Xung đếm được đưa tới ngõ vào Ck của tất cả các FF, nghĩa là các FF thay đổi trạng thái ở thời điểm tác động của xung Ck.

Quy trình thiết kế bộ đếm song song:

- Bước 1: Từ bài toán đã cho, xác định tín hiệu vào đếm, hệ số đếm $K_đ$, từ đó vẽ đồ hình trạng thái của bộ đếm.

- Bước 2: Mã hoá các trạng thái trong và Xác định số FF cần thiết của bộ đếm theo điều kiện sau:

+ Mã nhị phân hoặc mã Gray: $n \geq \log_2 K_đ$ n lấy cận trên, nguyên

Ví dụ , $K_đ$=8 => $n \geq \log_2 8 = 3$, chọn n=3

$K_đ$=10 => $n \geq \log_2 10 \approx 3,4$; chọn n=4

http://www.ebook.edu.vn

+ Mã Johnson: $n = K_đ/2$
+ Mã Vòng: $n = K_đ$

Số FF cũng chính là số bit cần thiết để lập mã, mã hoá các trạng thái.

- Bước 3: Xác định hàm kích cho các FF
- Bước 4: Sơ đồ mạch thực hiện

Ví dụ: Thiết kế bộ đếm đồng bộ, thuận, mã nhị phân có Kđ = 6

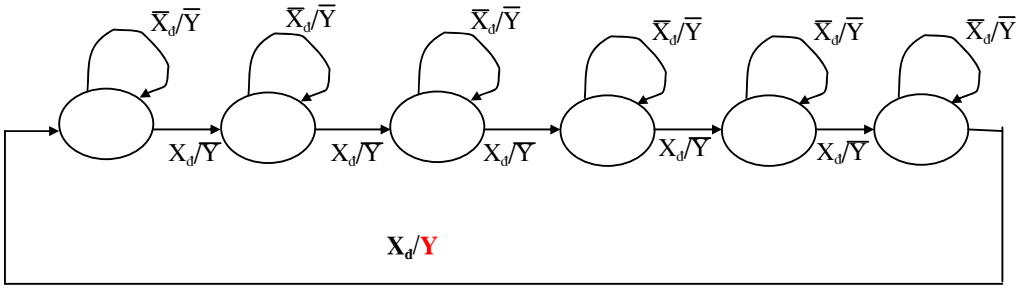
- Bước 1: Từ bài toán đã cho, xác định tín hiệu vào đếm, hệ số đếm $K_đ$, từ đó vẽ đồ hình trạng thái của bộ đếm:

Giả sử: + Ký hiệu tín hiệu vào đếm là $X_đ$: tích cực(1); $\overline{X_đ}$ không tích cực(0)

+ Ký hiệu tín hiệu ra đếm là Y: tích cực(1); $\overline{Y}$ không tích cực (0)

$K_đ$=6, nên số trạng thái là 6, ký hiệu: S_0, S_1, S_2, S_3, S_4, S_5

Ta có đồ hình trạng thái như sau:



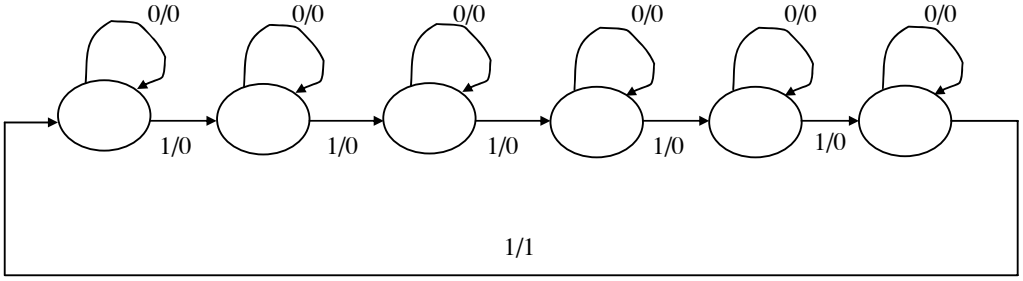
- Bước 2: Mã hoá các trạng thái trong và Xác định số FF cần thiết của bộ đếm.

Số FF: $n \geq \log_2 6$, chọn n =3. Đầu bài không yêu cầu loại FF, giả sử ta chọn JK-FF, ký hiệu lần lượt là A, B, C. Như vậy sẽ có 8 tổ hợp trong khi chỉ cần 6 tổ hợp để mã hoá 6 trạng thái, giả sử không dùng 2 tổ hợp 110, 111

Ta có các tổ hợp mã hoá :

A BC	Trạng thái
0 0 0	S_0
0 0 1	S_1
0 1 0	S_2
0 1 1	S_3
1 0 0	S_4
1 0 1	S_5

=> Dạng Automat nhị phân:



- Bước 3: Xác định hàm kích cho các FF, và xác định hàm ra

Giả sử tại thời điểm t bộ đếm có tập các trạng thái S(i,j), tại thời điểm(t+1) thời điểm có xung đếm xuất hiện bộ đếm chuyển sang trạng thái S'(i,j), căn cứ vào 2 tập trạng thái này ta xác định được đầu vào kích cho ba FF A ,B,C theo bảng sau(xem phần đầu vào kích cho FF):

t			t+1			FF -A		FF -B		FF -C	
A	B	C	A'	B'	C'	J_A	K_A	J_B	K_B	J_C	K_C
0	0	0	0	0	1	0	x	0	x	1	x
0	0	1	0	1	0	0	x	1	x	x	1
0	1	0	0	1	1	0	x	x	0	1	x
0	1	1	1	0	0	1	x	x	1	x	1
1	0	0	1	0	1	x	0	0	x	1	x
1	0	1	0	0	0	x	1	0	x	x	1

Tối thiểu hoá các hàm J và K

J_A

C \ AB	00	01	11	10
0			x	x
1		1	x	x

$J_A=B\overline{C}$

K_A

C \ AB	00	01	11	10
0	x	x	x	
1	x	x	x	1

$K_A=C$

J_B

C \ AB	00	01	11	10
0		x	x	
1	1	x	x	

$J_B=\overline{A}C$

K_B

C \ AB	00	01	11	10
0	x		x	x
1	x	1	x	x

$K_B=K_A=C$

Jc

C \ AB	00	01	11	10
0	1	1	x	1
1	x	x	x	x

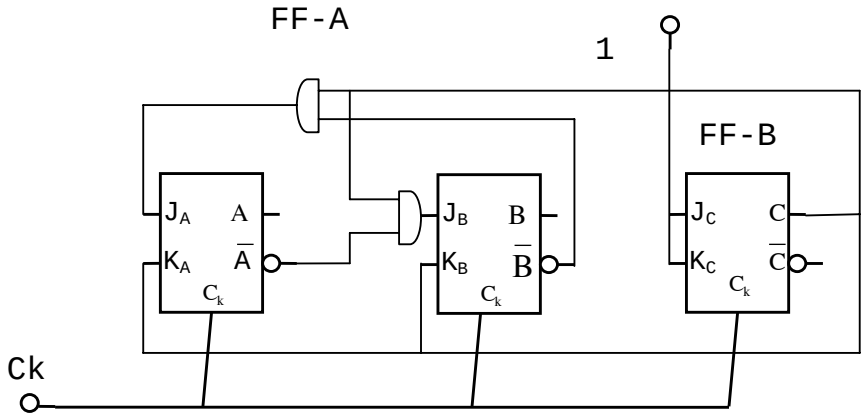
$J_C=1$

Kc

C \ AB	00	01	11	10
0	x	x	x	x
1	1	1	x	1

$K_C=1$

- Bước 4: Sơ đồ mạch thực hiện



5. Thanh ghi dịch

a. Định nghĩa:

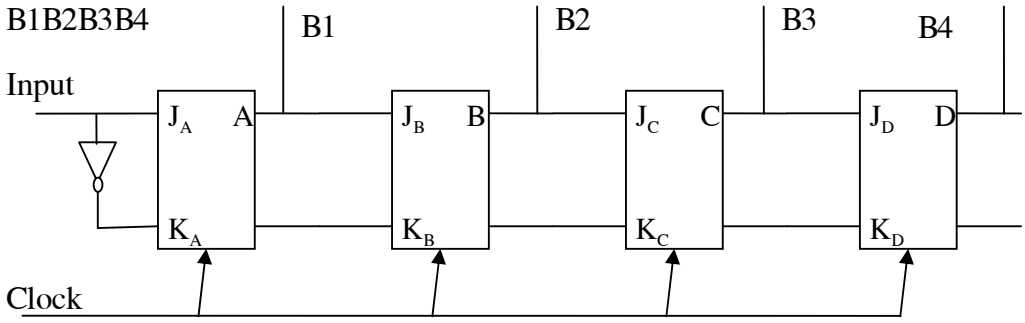
Thanh ghi dịch là một mạch dãy, có khả năng ghi giữ và dịch bit thông tin(dịch phải hoặc trái)

Thanh ghi dịch được dùng: + Để nhớ số liệu
+ Để chuyển số liệu song song thành nối tiếp, và ngược lại
+ Thiết kế bộ đếm, tạo dãy tín hiệu nhị phân tuần hoàn theo yêu cầu cho trước
….

b. Cấu tạo

Thanh ghi dịch gồm dãy các phần tử nhớ đơn bit(FF) được mắc liên tiếp và đóng trong cùng một vỏ.

Các FF sử dụng trong thanh ghi dịch thường là D-FF hoặc FF mắc theo kiểu D-FF, số FF chính là số bít mà thanh ghi dịch lưu trữ được.



Thanh ghi dịch 4 bit dùng JK-FF

Thông tin được nạp vào thanh ghi dịch theo nguyên tắc từng bit đồng bộ với xung nhịp, bit đầu tiên được nạp vào FF đầu tiên, các bit thông tin đã được lưu trữ dịch phải 1 bit (bit lưu trong FF-A chuyển sang FF-B, FF-B chuyển sang FF-C…)

c. Phân loại

Phân loại theo cách đưa thông tin vào, lấy thông tin ra

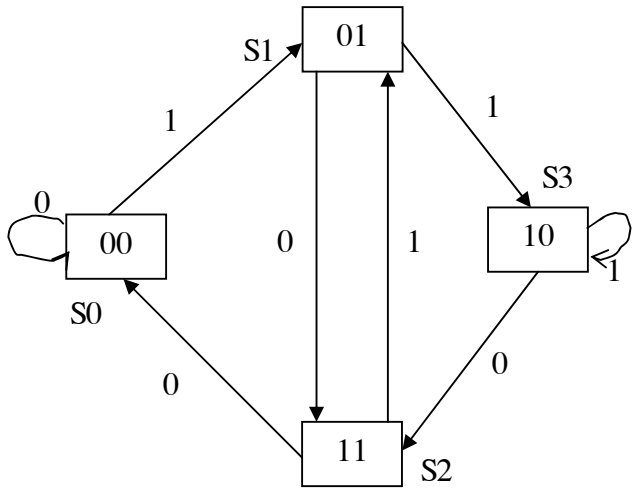
http://www.ebook.edu.vn

- Vào nối tiếp, ra song song: thông tin được đưa vào thanh ghi dịch tuần tự từng bit một, số liệu được đưa ra đồng thời
- Vào song, ra song song: thông tin được đưa vào và lấy ra đồng thời
- Vào nối tiếp, ra nối tiếp: thông tin được đưa và lấy ra tuần tự từng bit một
- Vào song song, ra nối tiếp: thông tin được đưa vào thanh ghi dịch đồng thời, số liệu được đưa ra tuần tự từng bít một.

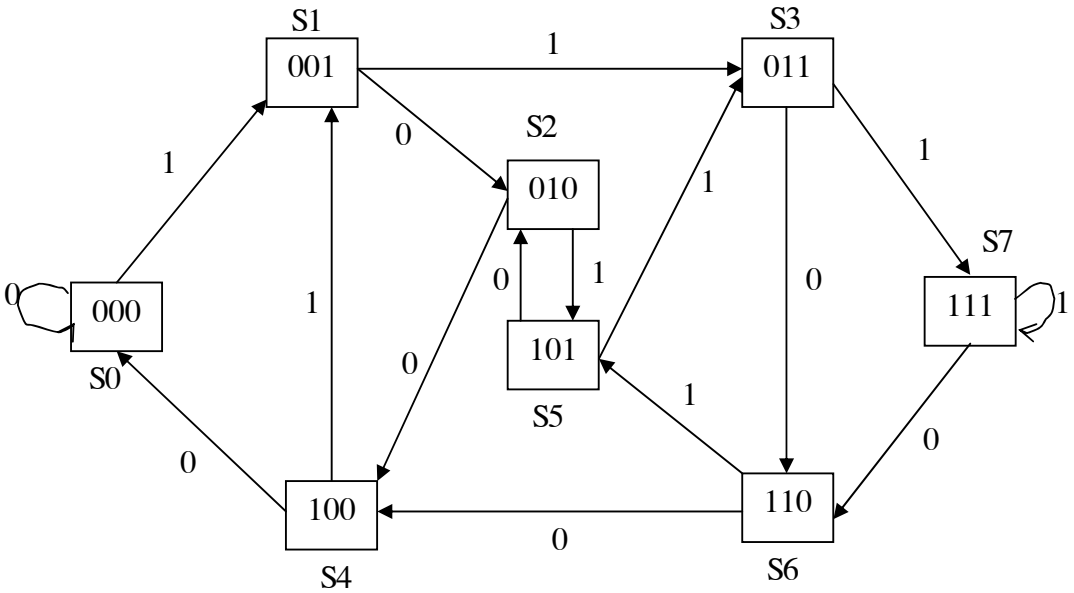
Phân loại theo đầu vào:
- Đầu ra đơn: mỗi FF trong thanh ghi dịch chỉ có một đầu ra Qi (hoặc đầu đảo), được đưa ra chân của vi mạch.
- Đầu ra đơn: Cả hai đầu ra của FF được đưa ra chân của vi mạch

d. Đồ hình tổng quát

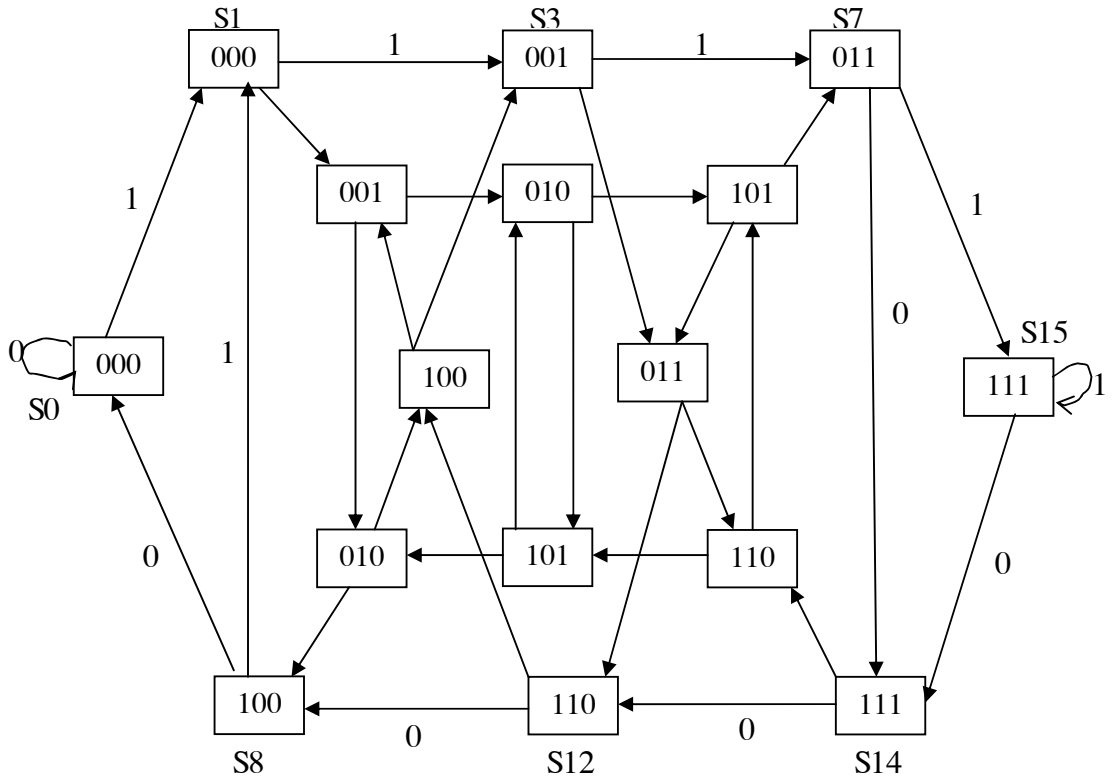
Đồ hình tổng quát của thanh ghi dịch theo mô hình De Bruijn như sau:
- Thanh ghi dịch 2 bit:



Từ đồ hình ta nhận thấy thanh ghi dịch sẽ bị khoá ở trạng thái 00 nếu hàm hồi tiếp là 0 và khoá ở trạng thái 11 nếu hàm hồi tiếp là 1.
- Thanh ghi dịch 3 bit:



Đồ hình tổng quát thanh ghi dịch 3 bit

http://www.ebook.edu.vn

- Thanh ghi dịch 4 bit: