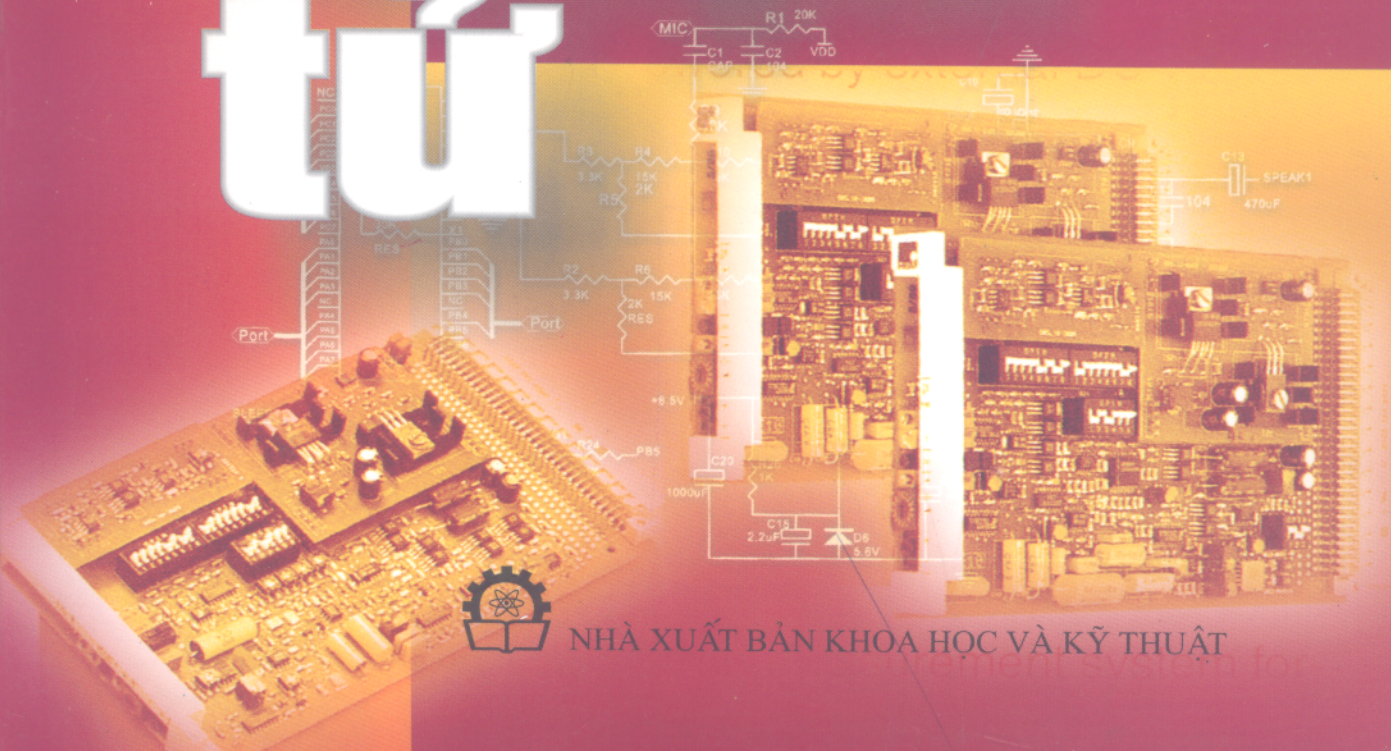


ĐÀI TRUYỀN HÌNH VIỆT NAM
TRƯỜNG CAO ĐẲNG TRUYỀN HÌNH

Ths. VŨ XUÂN COÓNG (CHỦ BIÊN)
Ks. PHẠM VIỆT NHÂM
Ks. HỒ HOÀI NAM

KỸ THUẬT Mạch điện tử



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

ĐÀI TRUYỀN HÌNH VIỆT NAM

TRƯỜNG CAO ĐẲNG TRUYỀN HÌNH

Ths. Vũ Xuân Coóng (chủ biên) - Ks. Phạm Viết Nhâm - Ks. Hồ Hoài Nam

KỸ THUẬT MẠCH ĐIỆN TỬ



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

HÀ NỘI - 2006

Chịu trách nhiệm xuất bản:

PGS, TS Tô Đăng Hải

Biên tập:

Nguyễn Thị Ngọc Dung

Sửa bài:

Nguyễn Thị Ngọc Dung

NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT
70 TRẦN HƯNG ĐẠO - HÀ NỘI

In 1015 cuốn, khổ 19 x 27, tại Nhà in Khoa học và Công nghệ
Quyết định xuất bản số: 136-2006/CXB/292-06/KHKT, ngày 7/6/2006
In xong và nộp lưu chiểu tháng 9 năm 2006

LỜI NÓI ĐẦU

Trường Cao đẳng Truyền hình là một đơn vị đào tạo các nhà báo, các kỹ thuật viên bậc cao đẳng, kỹ sư điện tử thuộc các chuyên ngành kỹ thuật điện tử nói chung và các chuyên ngành Truyền hình nói riêng.

Để đáp ứng được công việc dạy và học, bắt đầu từ năm 2005 nhà trường đã có chủ trương biên soạn lại hầu hết các giáo trình môn học. Kỹ thuật mạch điện tử là một môn học cơ sở quan trọng và là nền tảng để trên cơ sở đó học tập các môn học khác, vì vậy cần phải bổ sung và hoàn chỉnh chương trình cho phù hợp với mục tiêu đào tạo và tiến bộ khoa học kỹ thuật hiện nay. Được sự phân công của nhà Trường nhóm giáo viên tổ kỹ thuật mạch điện tử đã biên soạn lại giáo trình môn kỹ thuật mạch điện tử, dựa trên cơ sở các tài liệu hiện có và các tài liệu đang giảng dạy tại trường. Cuốn sách được dùng làm tài liệu giảng dạy cho sinh viên cao đẳng kỹ thuật (bao gồm các phần kiến thức định tính và định lượng) và học sinh trung cấp kỹ thuật (các phần kiến thức định tính) thuộc trường cao đẳng Truyền hình.

Nội dung cuốn sách bao gồm 14 chương

Từ chương 1 đến chương 7 - Nội dung cơ bản của các chương này là giới thiệu và phân tích các mạch khuếch đại rời rạc, các bộ khuếch đại chuyên dụng.

Chương 8 - Nội dung cơ bản của chương này là giới thiệu và phân tích các mạch tổ hợp tuyến tính và ứng dụng trong thực tế.

Chương 9 đến chương 12 - Nội dung cơ bản của các chương này là giới thiệu và phân tích các mạch điện dao động, điều chế, tách sóng, trộn tần.

Chương 13 - Nội dung cơ bản của chương này là giới thiệu và phân tích một số bộ chuyển đổi tương tự - số và chuyển đổi số - tương tự.

Chương 14 - Nội dung cơ bản của chương này là giới thiệu, phân tích một số bộ nguồn và ứng dụng trong các thiết bị phát thanh truyền hình.

Cuốn sách được hoàn thành với sự giúp đỡ của các đồng chí trong hội đồng khoa học Trường Cao đẳng Truyền hình.

Trong quá trình biên soạn không thể tránh khỏi thiếu sót, rất mong các bạn đọc và đồng nghiệp góp ý.

Xin chân thành cảm ơn.

Hà Nội, tháng 12 năm 2005

Các tác giả

Chương 1: **KHÁI NIỆM VỀ BỘ KHUẾCH ĐẠI**

1.1. KHÁI NIỆM CHUNG

Trong kỹ thuật điện tử hiện nay việc khuếch đại các tín hiệu nhỏ được xây dựng dựa trên phương pháp khống chế năng lượng. Nguyên tắc này cho phép ta dùng một năng lượng rất nhỏ để khống chế một năng lượng lớn hơn nó rất nhiều lần. Năng lượng khống chế và năng lượng bị khống chế có thể cùng dạng hoặc khác dạng. Mặt khác quá trình khống chế có thể diễn ra một cách liên tục, tuần tự hoặc đột biến tức thời.

Thí dụ ta có mạch điện như ở hình 1-1:



Hình 1.1

Nếu là hình 1-1a thì quá trình khống chế chỉ có thể là đột biến. Còn ở hình 1-1b thì quá trình khống chế (điều chỉnh con chạy) là liên tục, tuần tự. Trong cả hai trường hợp này năng lượng bị khống chế là năng lượng điện (nguồn E) đều có thể lớn hơn rất nhiều. Năng lượng khống chế là năng lượng cơ dùng khoá K để đóng mở hoặc di chuyển con chạy. Như vậy qua thí dụ này, năng lượng bị khống chế và năng lượng khống chế có dạng khác nhau.

Khuếch đại là một dạng khống chế năng lượng có hai đặc điểm lớn sau:

- Năng lượng khống chế rất nhỏ so với năng lượng bị khống chế,
- Tính chất tuần tự và liên tục của quá trình khống chế không phụ thuộc vào tính cùng dạng hay khác dạng của năng lượng khống chế và bị khống chế.

Thiết bị dùng để thực hiện quá trình khuếch đại gọi là máy khuếch đại (hay bộ khuếch đại). Như vậy nhiệm vụ của bộ khuếch đại là làm tăng công suất

của nguồn tín hiệu bằng cách dùng năng lượng của nguồn này để khống chế năng lượng của nguồn lớn hơn, nhằm biến đổi năng lượng của nguồn bị khống chế thành năng lượng biến thiên theo quy luật biến đổi của tín hiệu khống chế.

Năng lượng khống chế và năng lượng bị khống chế có thể có dạng bất kỳ: điện năng, cơ năng, quang năng... Khi cả năng lượng khống chế và năng lượng bị khống chế đều là năng lượng điện thì bộ khuếch đại gọi là bộ khuếch đại tín hiệu. Trong khuôn khổ giáo trình này ta chỉ nghiên cứu các bộ khuếch đại tín hiệu điện và được gọi là bộ khuếch đại.

Quá trình khuếch đại được thực hiện trong bộ khuếch đại dựa vào các phần tử khuếch đại đặc biệt có đặc tính khống chế. Ví dụ: Đèn điện tử, đèn bán dẫn, cuộn chặn bão hoà v.v...

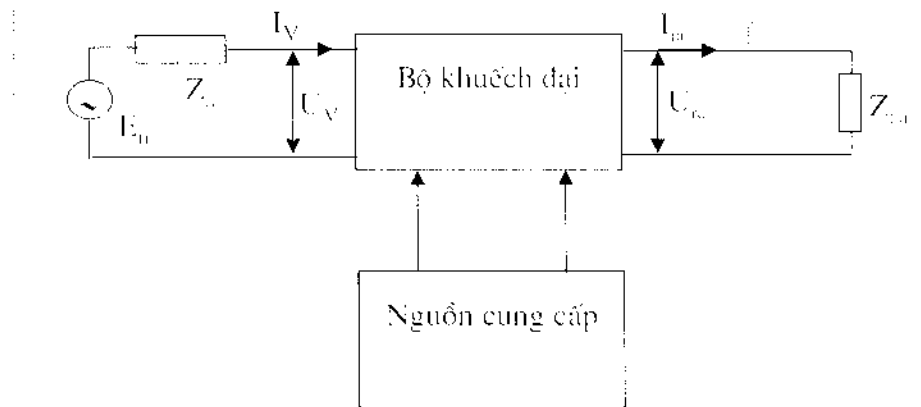
Nguồn năng lượng khống chế, từ đó tín hiệu cần khuếch đại được đưa vào bộ khuếch đại được gọi là nguồn tín hiệu. Mạch điện của bộ khuếch đại mà tín hiệu được đặt vào gọi là mạch vào hay đầu vào của bộ khuếch đại. Bộ phận tiêu thụ năng lượng tín hiệu đã được khuếch đại gọi là tải của bộ khuếch đại. Mạch điện của bộ khuếch đại có mắc tải gọi là mạch ra hay đầu ra của bộ khuếch đại.

Công suất của tín hiệu nhận được ở đầu ra của bộ khuếch đại bao giờ cũng lớn hơn công suất tín hiệu đặt ở đầu vào. Nguồn năng lượng bị khống chế có năng lượng được bộ khuếch đại biến đổi thành năng lượng tín hiệu trên tải được gọi là nguồn cung cấp cơ bản. Ngoài ra còn có thêm các nguồn cung cấp phụ, năng lượng của các nguồn này không dùng để biến đổi thành năng lượng tín hiệu được khuếch đại mà dùng để thiết lập chế độ làm việc của phần tử khuếch đại. (Ví dụ: nguồn cung cấp sợi đốt, lưới g_2 ... cho đèn điện tử, nguồn định thiên cho phần tử khuếch đại bán dẫn v.v...).

Như vậy một bộ khuếch đại bất kỳ ta có thể biểu diễn bằng một sơ đồ chức năng như ở hình 1-2.

Từ hình 1-2 ta có thể kết luận rằng: Thực chất bộ khuếch đại là thiết bị biến đổi năng lượng của nguồn cung cấp cơ bản dưới tác dụng khống chế của nguồn tín hiệu nhằm tạo ra trên tải năng lượng biến thiên quy luật biến đổi của tín hiệu nhưng ở mức cao hơn nhiều so với mức năng lượng của nguồn tín hiệu. Như vậy bộ khuếch đại chính là bộ dao động kích thích-ngoài mà nguồn tín hiệu (E_u) đóng vai trò kích thích. Vì thế nguồn tín hiệu còn được gọi là nguồn kích thích.

Công suất (điện áp, dòng điện) của nguồn tín hiệu cần được gọi là công suất



Hình 1.2 Sơ đồ khối chức năng của bộ khuếch đại

(điện áp, dòng điện) kích thích.

Về kết cấu mà nói, bộ khuếch đại phải được cấu tạo sao cho công suất nhận được trên tải hoàn toàn phụ thuộc vào tín hiệu kích thích, khi không có tín hiệu kích thích ở đầu vào thì cũng không có công suất ra trên tải. Khi có tín hiệu kích thích thì yêu cầu tín hiệu nhận được ở đầu ra phải lặp lại hoàn toàn dạng tín hiệu ở đầu vào, nhưng với mức công suất lớn hơn.

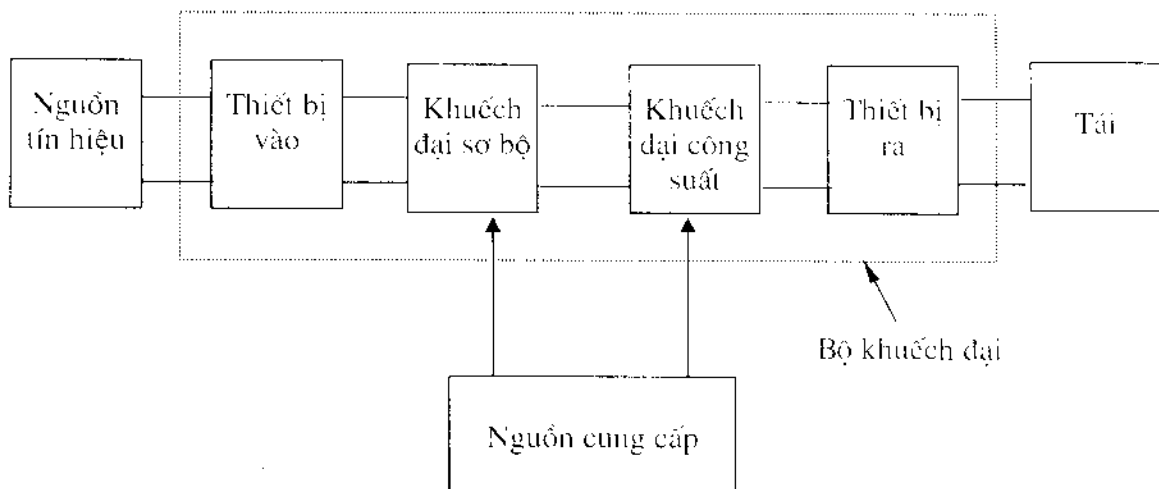
Cùng với sự phát triển của khoa học kỹ thuật, các bộ khuếch đại ngày càng được hoàn thiện và thâm nhập vào hầu hết các lĩnh vực khoa học. Ở đâu có các thiết bị điện, ở đó không thể thiếu bộ khuếch đại.

1.2 SƠ ĐỒ KHỐI CỦA BỘ KHUẾCH ĐẠI

Sơ đồ khối của bộ khuếch đại trong trường hợp tổng quát có dạng như hình 1-3.

- **Thiết bị vào**

Dùng để truyền đạt điện áp (dòng điện hoặc công suất) từ nguồn tín hiệu đến đầu vào của phần tử khuếch đại đầu tiên. Nó được dùng trong trường hợp không thể mắc trực tiếp nguồn tín hiệu với từng đầu của bộ khuếch đại hoặc mắc như vậy không hợp lý. Thiết bị vào có thể dùng để chuyển mạch vào không đổi



Hình 1.3 Sơ đồ khối tổng quát của bộ khuếch đại

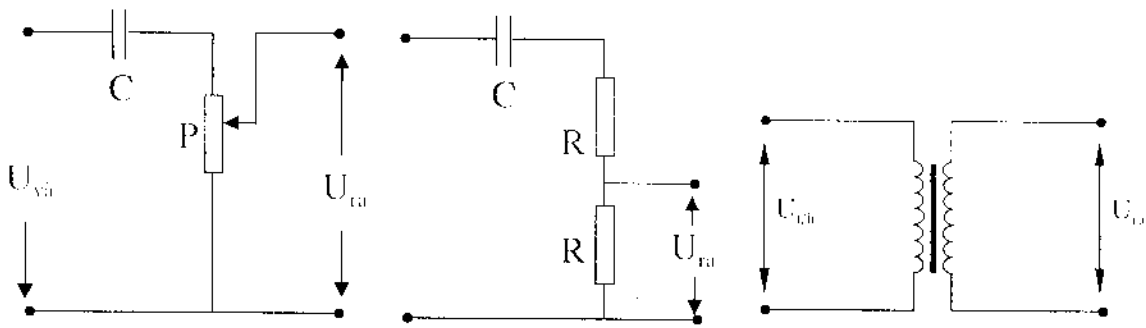
xung của bộ khuếch đại thành mạch vào đối xứng trong trường hợp bộ khuếch đại làm việc với nguồn tín hiệu có đầu ra đối xứng, hoặc để phối hợp trở kháng ra của nguồn tín hiệu với trở kháng vào các phần tử khuếch đại đầu tiên hoặc còn để nâng cao tỷ số tín hiệu trên tạp ở đầu vào của bộ khuếch đại. Cũng có khi thiết bị vào chỉ dùng để ngăn không cho thành phần một chiều (dòng điện hoặc điện áp) trong mạch vào của phần tử khuếch đại đầu tiên lọt sang phía chế độ công tác danh định của nguồn tín hiệu hoặc ngược lại làm xê dịch điểm làm việc của phần tử khuếch đại ra khỏi vị trí đã chọn. Trong trường hợp thứ nhất thiết bị vào có thể dùng biến áp đối xứng. Trường hợp thứ hai dùng một biến áp thông thường. Còn nếu chỉ để ngăn thành phần một chiều giữa nguồn tín hiệu với mạch vào thì thiết bị vào chỉ là một tụ ghép. Khi có thể ghép trực tiếp giữa nguồn tín hiệu với bộ khuếch đại thì không cần dùng đến thiết bị vào.

Hình 1-4 là một số mạch vào thường dùng.

- **Khởi khuếch đại sơ bộ**

Dùng để khuếch đại điện áp, dòng điện, công suất tín hiệu đến trị số cần thiết, đủ để kích thích khối khuếch đại công suất. Khối khuếch đại sơ bộ có thể gồm một vài tầng. Số tầng nhiều hay ít là phụ thuộc vào yêu cầu về độ lớn của hệ số khuếch đại.

Trong trường hợp điện áp, dòng điện và công suất nhận được từ nguồn tín



Hình 1.4 Một số mạch vào thông dụng

hiệu đã đủ để kích thích tầng khuếch đại công suất thì bộ khuếch đại sơ bộ không cần thiết nữa.

- **Khối khuếch đại công suất**

Dùng để tạo ra trên tải công suất tín hiệu cần thiết. Đối với các bộ khuếch đại dùng đèn bán dẫn yêu cầu công suất ra từ vài oát trở lên, thường người ta sử dụng từ hai đến ba tầng làm nhiệm vụ khuếch đại công suất. Khi đó các tầng trước cuối cũng được gọi là tầng KĐCS. Khi tải của máy khuếch đại là một bộ điện dung thuần túy (điện dung giữa các cực điều chế và cực lưới của ống thu hình, hay điện dung giữa các cuộn làm lệch của ống tia điện tử trong máy hiện sóng), không tiêu thụ công suất mà đòi hỏi phải đảm bảo trên đó một điện áp tín hiệu cần thiết thì không cần khuếch đại công suất và tầng ra của bộ khếch đại trong trường hợp này chỉ là tầng khuếch đại điện áp thông thường.

- **Thiết bị ra**

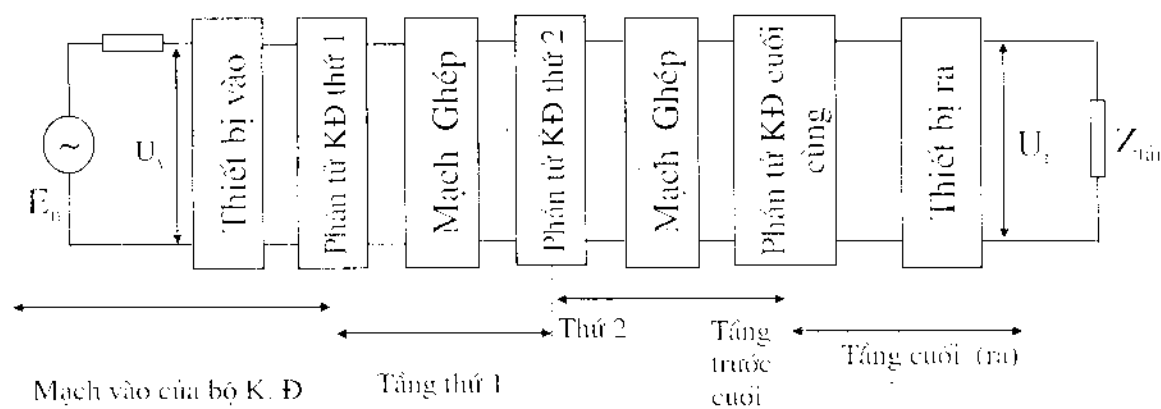
Dùng để truyền đạt tín hiệu từ mạch ra của phần tử khuếch đại đến tải, thiết bị ra được sử dụng trong trường hợp không thể mắc trực tiếp tải vào mạch ra của phần tử khuếch đại hoặc mắc như thế không hợp lý. Thiết bị ra thông dụng nhất là biến áp ra, thường được sử dụng nhằm mục đích làm cho phần tử khuếch đại trong tầng ra nhận được điện trở tải có lợi nhất. Đôi khi biến áp ra còn được dùng để phối hợp trở kháng ra của bộ khuếch đại với tải. Cũng có trường hợp ra cũng rất đơn giản chỉ là một tụ ghép dùng để ngăn cách mạch ra với tải về phương diện một chiều. Trong trường hợp mắc trực tiếp tải với phần tử khuếch đại cuối cùng thì không cần phải dùng thiết bị ra.

- **Nguồn cung cấp**

Dùng để cung cấp dòng điện, điện áp cho các phần tử khuếch đại. Nguồn cung cấp có thể là ắc quy, pin hoặc cũng có thể là bộ nắn điện lấy từ điện lưới. Trong trường hợp này yêu cầu về tạp âm và tiếng ù của nguồn điện phải đảm bảo không ảnh hưởng đến chất lượng bộ khuếch đại.

Ghi chú: Trong thực tế việc nghiên cứu các đặc tính của bộ khuếch đại theo sơ đồ tổng quát (hình 1-3) gặp nhiều khó khăn vì thế người ta phân tích các đặc tính của mỗi tầng, sau đó xác định những đặc tính chung của máy theo đặc tính của các tầng đã tìm được.

Đặc tính của một tầng khuếch đại lại được xác định bởi các tham số của phần tử khuếch đại. Nhưng tính chất và tham số này lại phụ thuộc vào cách mắc phần tử khuếch đại trong sơ đồ. Ngoài ra, các đặc tính của một tầng còn phụ thuộc vào cách ghép phần tử khuếch đại trong tầng đang xét với phần tử khuếch đại trong tầng sau. Với cách lập luận trên, trong bộ khuếch đại người ta chia thành các phần sau (hình 1-5).



Hình 1.5 Sơ đồ khối chi tiết của bộ khuếch đại

Từ hình 1-5, chúng ta nhận thấy trong bộ khuếch đại chúng ta có thể chia thành ba loại công tác ở những điều kiện khác nhau. Loại thứ nhất là tầng vào (hay tầng đầu). Đối với tầng này nguồn tín hiệu là mạch vào của bộ khuếch đại. Còn tải là mạch vào tầng sau. Loại thứ hai là các tầng trung gian. Nguồn tín hiệu là mạch ra của mạch trước còn tải là mạch vào của tầng sau. Loại thứ ba là tầng ra

(hay tầng cuối), nguồn tín hiệu và tải là mạch ra của bộ khuếch đại (bao gồm thiết bị và máy). Do điều kiện công tác khác nhau nên tính chất, chế độ làm việc và phương án tối ưu đối với sơ đồ của tầng vào, tầng trung gian và tầng ra cũng thường khác nhau. Song cái chung nhất để nghiên cứu đặc tính của bộ khuếch đại đối với các tầng là thay thế chúng thành các sơ đồ tương đương. Sơ đồ tương đương của một tầng phải gồm ba phần chính sau:

- Sơ đồ tương đương mạch ra của phần tử khuếch đại trong tầng đang xét,
- Sơ đồ tương đương của mạch ghép giữa các tầng,
- Sơ đồ tương đương mạch vào của phần tử khuếch đại phía sau (hay sơ đồ tương đương của tải của bộ khuếch đại trong trường hợp tầng ra).

Song ta cũng lưu ý rằng sơ đồ tương đương mạch vào, mạch ra của phần tử khuếch đại và các số liệu điện của sơ đồ đó trong hai trường hợp dùng tranzistor và dùng đèn điện tử không hoàn toàn giống nhau và phụ thuộc vào cách mắc phần tử khuếch đại với nguồn tín hiệu và tải cũng như chế độ làm việc của nó.

Chương 2: **CHỈ TIÊU CHẤT LƯỢNG VÀ CHẾ ĐỘ CÔNG TÁC**

Để đánh giá một bộ khuếch đại phải dựa vào một số chỉ tiêu nhất định. Một yêu cầu rất quan trọng đối với bộ khuếch đại là phải lập lại chính xác dạng tín hiệu vào. Thực tế trong một chừng mực nào đấy, bộ khuếch đại có làm biến đổi dạng tín hiệu. Sự khác nhau giữa dạng tín hiệu ở đầu vào và đầu ra của bộ khuếch đại gọi là sự méo tín hiệu và được đánh giá bằng độ méo. Các chỉ tiêu của bộ khuếch đại chính là các tham số và đặc tính biểu thị tính chất của máy và độ méo do nó gây nên.

Chỉ tiêu cơ bản của bộ khuếch đại là mức (công suất, điện áp, dòng điện) tín hiệu vào và các mức tín hiệu ra, trở kháng ra, trở kháng vào, hệ số khuếch đại và hiệu suất, đặc tính tần số, đặc tính pha và đặc tính quá độ, độ méo phi tuyến và mức tạp âm...

Trong khuôn khổ của giáo trình này ta chỉ nghiên cứu một số chỉ tiêu cơ bản.

2.1 HỆ SỐ KHUẾCH ĐẠI

Một trong những chỉ tiêu quan trọng nhất của bộ khuếch đại là hệ số khuếch đại. Nó biểu thị mức công suất, dòng điện và điện áp của tín hiệu nhận được ở đầu ra đã được nâng lên bao nhiêu lần so với mức tín hiệu ở đầu vào.

Đặc trưng đầy đủ nhất cho khả năng khuếch đại của máy là hệ số khuếch đại công suất K_p . Đó là tỷ số giữa công suất tín hiệu nhận được trên tải P_{ra} và công suất tín hiệu tác dụng ở đầu vào P_v .

$$K_p = \frac{P_{ra}}{P_v}$$

Nhưng trong thực tế người ta ít sử dụng hệ số khuếch đại công suất và thường dùng hệ số khuếch đại điện áp hay dòng điện. Tham số được dùng nhiều

nhất là hệ số khuếch đại điện áp, ký hiệu là K_v là tỷ số giữa điện áp ra và điện áp vào,

$$K_v = \frac{U_{ra}}{U_v}$$

Còn hệ số khuếch đại dòng điện, ký hiệu là K_i , đó là tỷ số giữa dòng điện ra (I_{ra}) và dòng điện vào ($I_{vào}$).

$$K_i = \frac{I_{ra}}{I_{vào}}$$

Nhìn chung các hệ số khuếch đại công suất, dòng điện và điện áp đều là những số phức, vì trong mạch điện của bộ khuếch đại đều tồn tại các phần tử điện kháng, nên điện áp và dòng điện tín hiệu nhận được trong mạch ra thường không cùng pha với điện áp và dòng điện của tín hiệu đặt vào. Vì thế thực chất ta viết:

$$K_{(P,U,I)} = \frac{U_{ra}}{U_v} \quad (\text{Hệ số khuếch đại điện áp})$$

trong đó ta hiểu rằng biểu thức gồm hai phần là thực và ảo.

Nếu bộ khuếch đại có nhiều tầng mắc liên tiếp nhau thì hệ số khuếch đại của bộ khuếch đại bằng tích của hệ số khuếch đại riêng của mỗi tầng, tức là:

$$K = K_1 \cdot K_2 \dots K_n$$

với $K_1, K_2, \dots, K_n$ là hệ số khuếch đại của các tầng thứ 1 đến thứ n.

Ta lấy một thí dụ để chứng minh.

Giả sử ta có 3 tầng khuếch đại:

$$K_1 = \frac{U_{ra1}}{U_{v1}}; \quad K_2 = \frac{U_{ra2}}{U_{v2}}; \quad K_3 = \frac{U_{ra3}}{U_{v3}}$$

Còn hệ số khuếch đại chung của cả bộ khuếch đại là:

$$K = \frac{U_{ra3}}{U_{v1}}$$

Lưu ý rằng điện áp của tầng trước là điện áp vào của tầng sau:

$$U_{ra1} = U_{vao1}, U_{ra2} = U_{vao2}$$

dem nhân hệ số khuếch đại của 3 tầng với nhau ta sẽ được

$$K_1.K_2.K_3 = \frac{U_{ra1}}{U_{v1}} \cdot \frac{U_{ra2}}{U_{v2}} \cdot \frac{U_{ra3}}{U_{v3}} = \frac{U_{r3}}{U_{v1}} = K$$

Tương tự như trên ta tìm được hệ số khuếch đại dòng điện và điện áp công suất đối với nhiều tầng:

$$K_i = K_{i1} \cdot K_{i2} \dots K_{in}$$

$$K_p = K_{p1} \cdot K_{p2} \dots K_{pn}$$

Trong kỹ thuật điện tử người ta hay dùng đơn vị là dexiben (dB) hoặc nepe (N) để chỉ khả năng khuếch đại của bộ khuếch đại. Thông thường đối với kỹ thuật vô tuyến điện khái niệm dexiben hay được dùng còn kỹ thuật hữu tuyến điện người ta hay dùng đơn vị nepe để chỉ mức điện.

Liên hệ giữa các đơn vị tính hệ số khuếch đại của bộ khuếch đại theo công thức sau đây:

$$K \text{ (dB)} = 20 \lg K; K \text{ (N)} = \ln K$$

Ví dụ:

$$K_u \text{ (dB)} = 20 \lg K_u; K_u \text{ (N)} = \ln K_u$$

Do đó:

$$K_u = 10^{0,05 K_u \text{ (dB)}}, K_u = e^{K_u \text{ (nepe)}}$$

ở đây: e-cơ số của lôga tự nhiên.

Quan hệ giữa (dB) và nepe:

$$1 \text{ dB} = 0,115 \text{ nepe hay } 1 \text{ nepe} = 8,7 \text{ dB}$$

Việc biểu thị hệ số khuếch đại bằng các khái niệm trên cho ta rất nhiều thuận lợi vì:

-Trong tính toán đơn giản: giả sử muốn tính hệ số khuếch đại của bộ khuếch đại nhiều tầng người ta chỉ việc thực hiện một phép cộng đơn giản:

$$\text{Thí dụ: } K = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \dots$$

Nếu biểu thị bằng (dB):

$$K \text{ (dB)} = 20 \lg K = 20 \lg K_1 + 20 \lg K_2 + \dots$$

$$\text{hay } K \text{ (dB)} = K_1 \text{ (dB)} + K_2 \text{ (dB)} + K_3 \text{ (dB)} + \dots$$

-Đặc điểm sinh lý của tai người: độ to nhỏ của âm thanh mà tai người có thể phân biệt được không tỷ lệ thuận với công suất âm thanh mà tỷ lệ với loga cường độ âm thanh, thí dụ công suất dao động âm thanh biến đổi từ P_1 đến P_2 thì độ to mà tai người cảm thụ được tăng lên một trị số xác định tỷ lệ với $\lg \frac{P_2}{P_1}$. Đó gọi là ben (B). Song vì ben là một đơn vị quá lớn nên người ta dùng dexiben (dB) là bằng một phần mười ben. Khi đó biến thiên tương đối của công suất tính theo dexiben sẽ là $10 \lg \frac{P_2}{P_1}$. Nếu P_1 và P_2 đều đo cùng trên một diện trở thì:

$$10 \lg \frac{P_2}{P_1} = 10 \lg \frac{U_2^2 / R}{U_1^2 / R} = 10 \lg \left(\frac{U_2}{U_1} \right)^2 = 20 \lg \frac{U_2}{U_1}$$

Trong đó U_1, U_2 là những điện áp lấy trên diện trở R tương ứng với các công suất P_1, P_2 .

Như vậy là tỷ số hai mức năng lượng biểu thị bằng dexiben có thể xác định hoặc bằng 10 lần loga của tỷ số công suất hoặc bằng 20 lần loga của tỷ số điện áp tương ứng.

Tất nhiên đối với hệ số khuếch đại công suất ta cũng có thể biểu diễn:

$$K_p \text{ (dB)} = 10 \lg K_p = 10 \lg \frac{P_2}{P_1}$$

$$K_p \text{ (nepe)} = 0,5 \ln K_p$$

$$\text{hay } K_p = 10^{0,1 K_p \text{ (dB)}} ; K_p = e^{2 K_p \text{ (N)}}$$

Trong nhiều thiết bị điện tử người ta thường lấy mức 0 (dB) để làm góc. Tương ứng với nó ta có công suất dao động $P_0 = 1 \text{ mW} = 0,001 \text{ W}$ trên diện trở $R_0 = 600 \Omega$ trị số hiệu dụng điện áp và dòng điện:

$$U_0 = 775 \text{ mV} = 0,775 \text{ V} \quad \text{và} \quad I_0 = 0,0013 \text{ A} = 1,3 \text{ mA}$$

2.2 CÔNG SUẤT VÀ HIỆU SUẤT

Công suất âm tần lớn nhất mà máy khuếch đại cung cấp cho tải trong điều kiện độ méo không đường thẳng cho phép:

$$P_{ra} = U_{ra} I_{ra} = \frac{U_{ra}^2}{Z_{ra}}$$

Như vậy nếu cùng một tải, bộ khuếch đại nào có biên độ tín hiệu lớn thì công suất của bộ khuếch đại đó sẽ lớn.

Thông thường một máy khuếch đại bao giờ cũng có một công suất ra nhất định, công suất này gọi là công suất danh định của máy. Người ta mong muốn công suất này càng lớn càng tốt, nhưng nó bị hạn chế bởi độ méo không đường thẳng (còn gọi là độ méo biên độ) của máy. Khi tín hiệu trên tải càng tăng thì độ méo không đường thẳng cũng tăng lên rõ rệt vì lẽ đó mà công suất ra danh định của máy không tăng mãi lên được.

Nói tóm lại công suất của máy khuếch đại lớn hay nhỏ là tùy thuộc vào nhiệm vụ của máy. Giá trị của công suất này có thể một vài oát đến hàng vạn oát.

Ví dụ: Các máy khuếch đại (tăng âm) của máy quay đĩa chỉ cần công suất danh định khoảng 1W là đủ để cho một loa kêu to rõ. Còn trong các trạm truyền thanh đảm bảo nhiều loa nhỏ nghe, thì máy khuếch đại cần có công suất hàng vạn oát.

Một tham số biểu thị mức độ lợi dụng nguồn cung cấp đó là hiệu suất. Ký hiệu là η (đọc là êta).

Cần phân biệt rõ hai khái niệm về hiệu suất. Đó là hiệu suất mạch ra và tổng hiệu suất của máy khuếch đại.

Hiệu suất mạch ra của tầng khuếch đại công suất là tỷ số giữa công suất tín hiệu nhận được trong mạch ra của phần tử khuếch đại P_{ra} với công suất P_0 mà mạch ra tiêu thụ nguồn cung cấp:

$$\eta\% = \frac{P_{ra}}{P_0} \cdot 100$$

Đây là một chỉ tiêu quan trọng để đánh giá các chế độ công tác khác nhau của phần tử khuếch đại về mặt kinh tế. Trong trường hợp cần tính hiệu suất của cả bộ khuếch đại người ta dùng hệ thức:

$$\eta \% = \frac{P_{ra}}{\sum_{i=1}^n P_{oi}}$$

Trong đó P_{ra} là công suất âm tần tín hiệu nhận được trên tải, còn P_{oi} là công suất tiêu thụ năng lượng nguồn điện của phần tử khuếch đại thứ i .

Trong toàn bộ máy khuếch đại thì hiệu suất của phần tử cuối cùng trong máy là quan trọng nhất vì công suất tiêu thụ của tầng này lớn hơn công suất tiêu thụ toàn bộ các tầng trên rất lớn. Vì vậy trong thực tế người ta tập trung nâng cao hiệu suất của tầng này.

Nói chung vấn đề hiệu suất chỉ có ý nghĩa quan trọng đối với những máy chạy điện một chiều (pin, acquy v.v.) hoặc đối với những máy công suất rất lớn. Trong trường hợp thứ nhất phí tổn về nguồn điện rất lớn vì giá thành của đơn vị công suất cung cấp (do pin hoặc acquy) rất đắt.

Trong trường hợp thứ hai, nếu hiệu suất quá thấp, nguồn cung cấp sẽ phải có công suất rất lớn; trang bị về nguồn cung cấp sẽ rất đắt tiền và phí tổn hao về bảo quản, sử dụng cũng rất lớn.

Còn đối với những máy công suất ra không lớn lắm lại dùng điện công nghiệp để cung cấp thì vấn đề hiệu suất không phải là quan trọng.

2.3 TẠP ÂM VÀ NHIỆU TRONG BỘ KHUẾCH ĐẠI

Những điện áp và dòng điện tồn tại ở đầu ra khi không có tín hiệu vào tác động thì gọi là tạp âm. Nguyên nhân của các điện áp này có thể do bản thân máy sinh ra, cũng có thể do những nguồn nhiễu bên ngoài lọt vào. Với nguyên nhân thứ nhất người ta gọi là tạp âm nội bộ. Tạp âm này lấn áp những tín hiệu có biên độ nhỏ làm hạn chế khả năng khuếch đại của máy hay nói cách khác là làm giảm độ nhạy của máy. Với nguyên nhân thứ hai thực chất cũng làm cho độ nhạy của máy giảm đi rõ rệt. Vì thế khi thiết kế và lắp ráp máy phải tìm các biện pháp làm giảm tạp âm nội bộ và nhiễu.

Tạp âm nội bộ của máy có rất nhiều thành phần, chủ yếu là tạp âm nhiệt, tạp âm điện dẫn, tạp âm xáo động, tạp âm do hiệu ứng micro và tạp âm các phần tử khuếch đại.

Nhiều cũng có nhiều loại, chủ yếu là tiếng ù xoay chiều do nguồn cung cấp gây ra và các loại nguồn điện khác bên ngoài máy tác động.

1. Tạp âm nhiệt

Tạp âm nhiệt gây ra bởi chuyển động hỗn loạn của những điện tử tự do trong các vật dẫn, các mạch điện và phần tử của sơ đồ.

Vì bất kỳ vật dẫn, mạch điện và phần tử nào cũng đều có điện trở, nên chuyển động nhiệt của điện tử sẽ tạo ra trên điện trở này những điện áp biến đổi không có quy luật có phổ đều và liên tục trong suốt dải tần từ $f = 0$ cho đến $f = \infty$. Trị số tạp âm nhiệt ở hai đầu của một mạch điện bất kỳ có trở kháng Z được tính theo hệ thức:

$$U_{\text{am}} (\text{von}) = \sqrt{4k.T \cdot \int_{f_l}^{f_c} r_f df}$$

Trong đó: f_l và f_c : tần số làm việc thấp nhất và cao nhất của mạch điện;

$k = 1,374 \cdot 10^{-23}$ [J/dộ]-là hằng số Boltzmann

T = nhiệt độ tuyệt đối (kevin): $T = 273 \text{ }^{\circ}\text{C} + t \text{ }^{\circ}\text{C}$

r_f thành phần điện trở của mạch ở tần số f tính theo ôm.

Nếu trong dải tần ($f_l + f_c$) mà giá trị điện trở r_f không đổi và bằng R và nhiệt độ trong nhà: $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (tức $293 \text{ }^{\circ}\text{K}$) thì tạp âm nhiệt tính theo hệ thức:

$$U_{\text{am}} (\mu V) = 0,13 \cdot \sqrt{R [\text{k}\Omega] \cdot \Delta f [\text{kHz}]}$$

Trong tất cả các mạch đều sinh ra tạp âm nhiệt, nhưng trong thực tế chỉ cần tính tạp âm nhiệt ở mạch vào của máy do thành phần điện trở nguồn tín hiệu gây ra vì nó được khuếch đại lên nhiều nhất và do đó có tác dụng nhiều nhất.

2. Tạp âm do hiệu ứng micro

Là tạp âm sinh ra khi bộ khuếch đại và các phần tử (dèn điện tử, biến áp v. v.) của nó bị rung động hay va chạm mạnh.

Các dèn điện tử, đặc biệt là loại nung trực tiếp, khi bị va chạm hay rung động, các điện cực của dèn cũng bị rung động theo, khiến cho khoảng cách giữa chúng biến đổi có chu kỳ. Do đó làm cho dòng điện anốt cũng bị thay đổi và tạo ra trên tải điện áp tạp âm. Tần số của điện áp tạp âm bằng tần số dao động cơ học. Hiện tượng đó gọi là hiệu ứng micro.

Để giảm hiệu ứng này người ta dùng các phần tử khuếch đại không có hiệu ứng này (tranzistor) hoặc có hiệu ứng micro yếu (dèn nang gián tiếp) và áp dụng các biện pháp giảm xóc, giữ cố định các phần tử hiệu ứng micro, đặc biệt là đối với các dèn điện tử trong các tầng đầu và biến áp vào của máy.

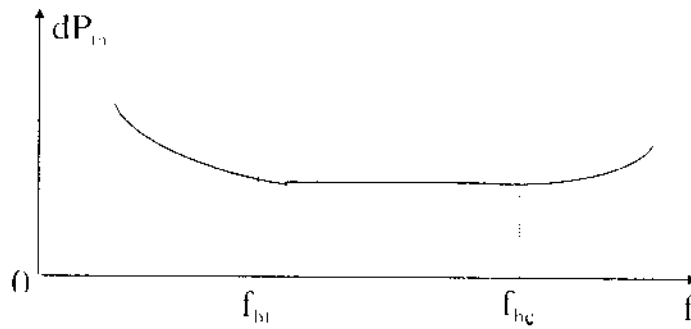
3. Tạp âm điện dẫn xáo động

Là tạp âm điện xuất hiện ở hai đầu những điện trở không dây. Tuyệt đại các bộ phận các điện trở được dùng trong máy khuếch đại và các máy điện tử nói chung đều thuộc loại này. Lớp dẫn của những điện trở này thường có kết cấu hạt, khi có dòng điện đi qua điện trở tiếp xúc giữa các hạt biến đổi, tạo nên ở hai đầu điện trở một điện áp xáo động (biến thiên hỗn loạn quanh giá trị trung bình thống kê). Với tần phổ hầu như liên tục. Điện áp này có thể thực tế xem như tỷ lệ với dòng điện đi qua điện trở. Khi không có dòng điện chạy qua, điện áp tạp âm trên những điện trở đó chỉ là tạp âm nhiệt. Khi có dòng điện chạy qua sẽ xuất hiện thành phần tạp âm điện xáo động. Khi dòng điện chạy qua có trị số tương ứng với công suất tổn hao cho phép trên điện trở, điện áp tạp âm dẫn xáo động có thể lớn hơn điện áp tạp âm nhiệt đến hai, ba lần. Tạp âm điện dẫn xáo động lớn nhất trong những điện trở than và nhỏ nhất trong điện trở mạ kim loại. Trong điện trở dây quấn thực tế không có tạp âm điện dẫn xáo động.

4. Tạp âm của các phần tử khuếch đại

Tạp âm do chính các phần tử khuếch đại gây ra có rất nhiều nguyên nhân khác nhau và có năng lượng phân bố không đồng đều trên thang tần số.

Sự phụ thuộc tần số của mật độ phổ tạp âm (công suất tạp âm trên một đơn vị tần số) của tranzistor và dèn điện tử được trình bày ở hình 2-1.



Hình 2.1 Đồ thị mật độ phổ

Từ đồ thị ta thấy ở khu vực nhỏ hơn tần số giới hạn thấp (f_{bt}) tạp âm của tranzistor chủ yếu là tạp âm bán dẫn. Còn đối với đèn điện tử tạp âm ở khu vực này cơ bản do hiệu ứng nhấp nháy gây ra. Mật độ phổ của tạp âm bán dẫn và tạp âm nhấp nháy gần như tăng tỷ lệ nghịch với tần số (đường đứt nét ở hình 2-1).

Ở những tần số cao hơn tần số giới hạn thấp f_{bt} , cả tranzistor và đèn điện tử đều có mật độ phổ tạp âm không đổi trong một dải tần khá rộng. Trong khu vực này tạp âm của tranzistor chủ yếu được xác định bởi tạp âm nhiệt của bazơ, tạp âm hạt của tiếp giáp emitter và collector và tính chất xáo động của sự phân phối dòng điện giữa các điện cực của tranzistor. Tất cả những thành phần này đều có mật độ phổ đều. Còn của đèn điện tử trong phạm vi này là do hiệu ứng hạt trong dòng anốt và dòng lưới tính xáo động của sự phân phối dòng điện giữa các điện cực. Trong các đèn có lưới chắn và nhiều điện cực, mức tạp âm phân phối dòng điện có thể lớn hơn mức tạp âm hạt vài lần, do đó tạp âm của các đèn này rất lớn so với đèn ba cực.

Trị số f_{bt} của tranzistor phụ thuộc vào loại tranzistor, điều kiện làm việc thường nằm trong phạm vi từ một vài trăm đến một vài nghìn héc. Còn đối với đèn điện tử catốt ôxit thì f_{bt} có trị số khoảng 10^3 Hz.

Ở những tần số cao hơn f_{hc} ta thấy tạp âm của tranzistor và đèn điện tử đều tăng theo tần số (mà một trong những nguyên nhân là sự suy giảm của độ hồ dẫn ở khu vực tần số đó). Đối với tranzistor giá trị của $f_{hc} = \frac{f_a}{\sqrt{h_{21e}}}$. Còn điện tử khoảng $(10^7 \text{ đến } 10^{10})$ Hz.

Đối với phần lớn bộ khuếch đại dùng tranzistor và đèn điện tử, hầu như toàn phần hoặc đại bộ phận dải tần số đều nằm trong khoảng $f_{th} \div f_{tr}$ vì thế khi tính toán bộ khuếch đại thường chỉ chú ý đến thành phần tạp âm nhiệt, tạp âm hạt và tạp âm phân phối dòng điện.

Thực tế để đánh giá mức tạp âm do tranzistor gây ra người ta dùng tham số gọi là hệ số tạp âm của tranzistor, ký hiệu là F :

$$F = \frac{U_{thn}^2}{U_{tân}^2} \cdot \frac{U_{thra}^2}{U_{tara}^2}$$

Trong đó U_{thn}^2 và $U_{tân}^2$ là bình phương trị số hiệu dụng của điện áp tín hiệu và điện áp tạp âm trên các cực nguồn tín hiệu khi hở mạch.

U_{thra}^2 và U_{tara}^2 là bình phương trị số hiệu dụng của điện áp tín hiệu và điện áp tạp âm trên mạch của tranzistor. Vì tranzistor gây ra tạp âm nội bộ nên:

$$\frac{U_{thn}^2}{U_{tân}^2} > \frac{U_{thra}^2}{U_{tara}^2}$$

Do đó F bao giờ cũng lớn hơn 1.

Thông thường hệ số tạp âm thường biểu thị bằng dexiben (dB):

$$F (dB) = 10 \lg F$$

Hệ số tạp âm của những tranzistor tạp âm thấp hiện nay làm việc ở chế độ được lựa chọn thích hợp có thể không vượt quá $(1,5 \div 2)$ dB. Hệ số tạp âm của tranzistor chất lượng tốt còn có trị số nhỏ hơn nữa.

Đối với đèn điện tử công tác ở chế độ không có dòng lưới có thể tính tạp âm theo hệ thức:

$$U_{ta} (\mu V) = 0,3 \sqrt{R_{ta} (k\Omega) \Delta f (kHz)}$$

Trong đó R_{ta} được xác định bằng hệ thức gần đúng sau:

$$R_{ta} = \frac{2,5}{S} \quad (\text{Đối với đèn 3 cực})$$

$$R_{ta} = \frac{I_{0a}}{I_{0a} + I_{0g2}} \times \left(\frac{2,5}{S} + \frac{20I_{0g2}}{S^2} \right)$$

Trong đó I_{0a} và I_{0g2} là các dòng điện tĩnh trong mạch anốt và mạch lưới chắn, còn S là hồ dẫn của đèn xác định ở điện tĩnh.

Dòng điện trong mạch lưới không chế cũng gây ra tạp âm hạt trong mạch anốt. Đặc biệt trong trường hợp điện trở mạch lưới có trị số lớn, dòng lưới sẽ làm cho mức tạp âm tăng lên rõ rệt. Tất cả các phần tử khuếch đại trong máy đều sinh ra tạp âm, nhưng chỉ tạp âm của những phần tử khuếch đại trong một vài tầng đầu là có ảnh hưởng quyết định đối với tạp âm nội bộ của bộ khuếch đại.

5. Nhiễu phong (tiếng ù xoay chiều)

Những điện áp ký sinh xuất hiện trong mạch ra của máy có tần số bằng bội của tần số của mạng điện xoay chiều cung cấp cho máy được coi là điện áp phong.

Phong là một dạng nhiễu do mạng lưới xoay chiều gây ra trong các mạch điện của bộ khuếch đại. Trong trường hợp máy khuếch âm, dạng nhiễu này xuất hiện trên tải (loa, ống nghe v.v.) dưới hình thức tiếng ù. Nguyên nhân chính gây ra nhiễu phong là chưa lọc kỹ điện áp nguồn chính lưu cung cấp cho máy, điện trường và từ trường của biến áp nguồn và của các dây dẫn điện mạng ở gần, cảm ứng vào các mạch điện của máy, cung cấp điện áp sợi nung cho đèn bằng dòng xoay chiều.

Các biện pháp chính khắc phục loại nhiễu này là lọc kỹ điện áp nguồn cung cấp, bọc kín biến áp nguồn, đặt xa và chắn các mạch điện của máy khỏi ảnh hưởng của các nguồn nhiễu có khả năng cảm ứng vào. Dùng hồi tiếp âm đối với các tần số phong. Dùng các mạch đối xứng, các mạch có điểm giữa đấu đất trong mạch cung cấp sợi đốt cho đèn. Khi thật cần thiết ta phải dùng điện áp một chiều để cung cấp cho mạch sợi nung.

Bên cạnh nguồn gây nhiễu trên ta cũng cần kể đến các nguồn điện ngoài như máy tạo sóng, động cơ điện. Các máy khuếch đại khác đặt ở gần và các thiết bị điện khác v.v. đều có thể trở thành nguồn nhiễu.

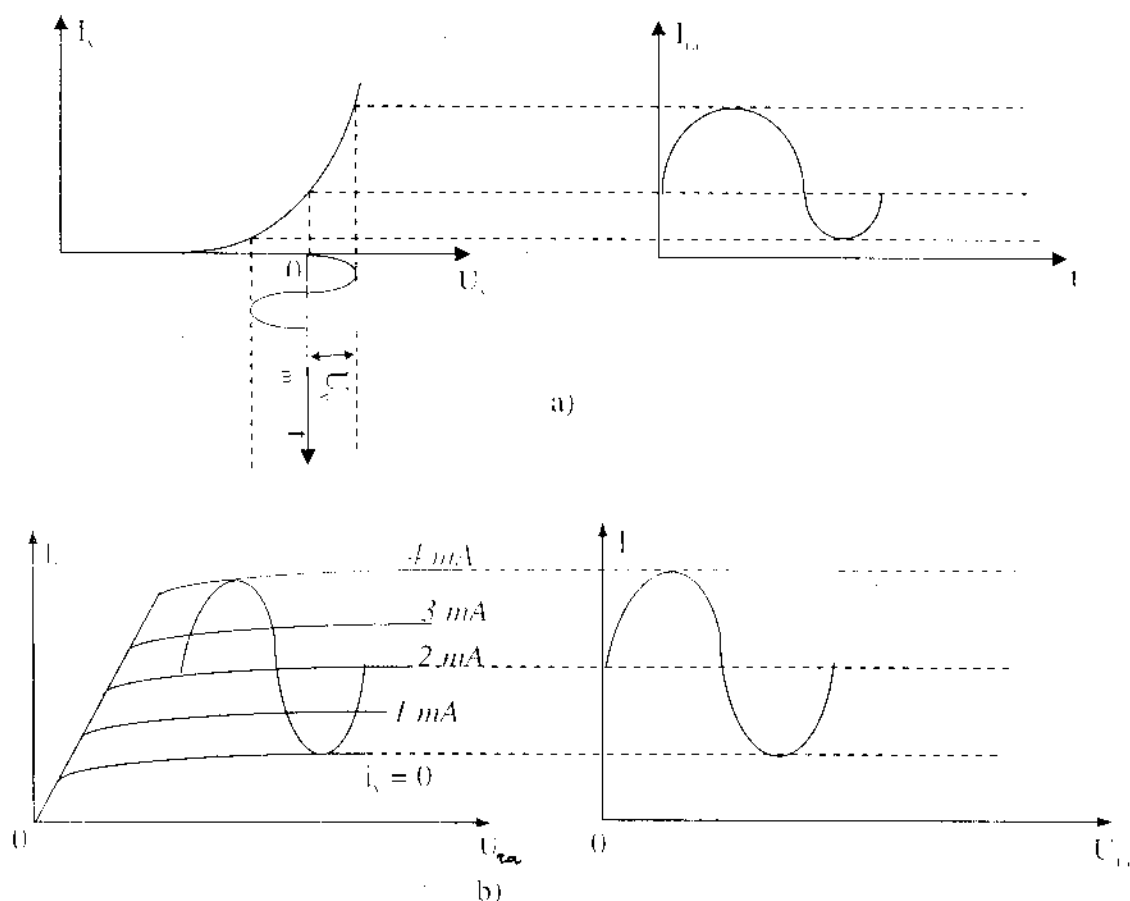
Nhiễu từ các nguồn này lọt vào máy qua các đường ghép ký sinh giữa các mạch điện của máy và các nguồn nhiễu dưới dạng ghép điện ghép từ, ghép điện

từ v.v. Nên có thể giảm nhiễu này đến mức cần thiết bằng cách đặt xa các nguồn nhiễu, bọc kín toàn bộ máy hoặc từng bộ phận riêng biệt ở trong máy, sử dụng các bộ lọc khử ghép trong mạch cung cấp.

Từ các điều trình bày ở trên chúng ta có thể đi đến kết luận: khi lắp đặt và kết cấu máy hợp lý, tạp âm nội bộ của máy khuếch đại chỉ còn do tạp âm nhiệt của mạch vào và tạp âm của phần tử khuếch đại đầu tiên quyết định. Vì thế ta chỉ quan tâm đến các tầng này.

2.4 MÉO PHI TUYẾN

Méo phi tuyến là sự méo dạng tín hiệu do các phần tử phi tuyến trong máy gây ra. Nguyên nhân cơ bản gây ra méo phi tuyến là tính không đường thẳng của các đặc tuyến tĩnh của phần tử khuếch đại (tranzistor, đèn điện tử) và tính không đường thẳng của đặc tuyến từ hoá của các vật liệu từ dùng làm lõi biến áp hay cuộn chặn.



Hình 2.2 Sự méo tín hiệu: a) ở mạch vào; b) ở mạch ra.

Đối với tranzistor, do tính không đường thẳng của đặc tuyến vào và sự giảm hệ số khuếch đại dòng điện của tranzistor khi biên độ tín hiệu vào lớn. Chính vì vậy dạng tín hiệu bị méo ngay ở mạch vào và mạch ra của đèn (hình 2-2).

Đối với đèn điện tử, khi công tác ở chế độ không có dòng lưới sự méo dạng tín hiệu ở mạch ra giống như trên hình 2-2a. Còn khi công tác ở chế độ có dòng lưới thì sự méo dạng tín hiệu còn nghiêm trọng hơn nhiều so với trường hợp méo mạch vào của tranzistor.

Về toán học người ta phân tích thấy rằng khi có méo phi tuyến, ở đầu ra ngoài thành phần tần số cơ bản (tần số tín hiệu tác dụng ở đầu vào) còn có các hài bậc cao của nó, vì thế méo phi tuyến còn gọi là méo do sự xuất hiện những tần số mới. Méo càng nhiều thì cường độ các hài lại cao trong tín hiệu đầu ra càng lớn, bởi vậy khi đánh giá méo phi tuyến có thể đem so sánh tổng công suất của các hài bậc cao với công suất của thành phần tần số cơ bản nhận được trên tải là:

$$\gamma = \sqrt{\frac{P_2 + P_3 + P_4 + \dots}{P_1}}$$

Trong đó: $P_1, P_2, P_3, P_4, \dots$ là công suất của các hài bậc một, hai, ba, bốn nhận được ở đầu ra.

Nếu tải của bộ khuếch đại là thuần trở, ta có thể tính méo phi tuyến theo trị số dòng điện hoặc điện áp ở đầu ra:

$$\gamma = \sqrt{\frac{I_2^2 + I_3^2 + I_4^2 + \dots}{I_1^2}} = \sqrt{\frac{U_2^2 + U_3^2 + U_4^2 + \dots}{U_1^2}}$$

Các công thức trên chỉ đúng trong trường hợp tải là điện trở thuần. Nếu tải không phải là thuần trở mà là trở kháng biến thiên theo tần số, do đó hệ số hài cũng là hàm của tần số, thì việc tính toán sẽ gặp khó khăn.

Thông thường trong khoảng tần số trung bình có thể xem tải là thuần trở và các hệ thức trên áp dụng được vì vậy khi nói đến hệ số sóng hài thì phải hiểu nó là trong dải tần số trung bình. Ở hai đầu của dải tần số làm việc hệ số hài thường có trị số lớn hơn. Hệ số thường biểu thị bằng phần trăm:

$$\gamma\% = 100 \gamma$$

Trong các bộ khuếch đại âm chất lượng cao hệ số hài cho phép xấp xỉ $(0,1 \div 1)\%$. Các bộ khuếch đại có chất lượng trung bình $(5 \div 8)\%$. Các thiết bị thông tin hữu tuyến nhiều đường để khử ảnh hưởng lẫn nhau giữa các đường hệ số hài chỉ cho phép vào khoảng $(0,2 \div 0,01)\%$. Còn các bộ dùng trong điện thoại thì cho phép tới $(10 \div 15)\%$.

2.5 MÉO TẦN SỐ VÀ ĐÁP TUYẾN TẦN SỐ

Khi máy khuếch đại âm tần cho ở đầu ra các tín hiệu với các tần số khác nhau không hoàn toàn giống tín hiệu ở đầu vào cũng ở tần số đó, thì hiện tượng đó gọi là méo tần số.

Nguyên nhân gây méo tần số là do các linh kiện trong bộ khuếch đại như tụ điện, điện cảm, biến áp, v.v. có trở kháng theo tần số, do đó hệ số khuếch đại cũng thay đổi theo.

Để đánh giá độ méo tần số ở tần số bất kỳ người ta dùng hệ số méo M.

$$M = \frac{K_0}{K}; M_c = \frac{K_0}{K_c}; M_t = \frac{K_0}{K_t}$$

Trong đó:

K_0 -hệ số khuếch đại ở tần số trung bình ứng với đoạn âm tần từ 300 Hz đến 3000 Hz.

K-hệ số khuếch đại ở tần số bất kỳ.

K_c -hệ số khuếch đại ở tần số cao từ 3000 Hz trở lên.

K_t -hệ số khuếch đại trong dải tần từ $(0 \div 300)$ Hz.

M-có thể lớn hơn hoặc nhỏ hơn 1.

Nếu bộ khuếch đại có nhiều tầng thì hệ số méo:

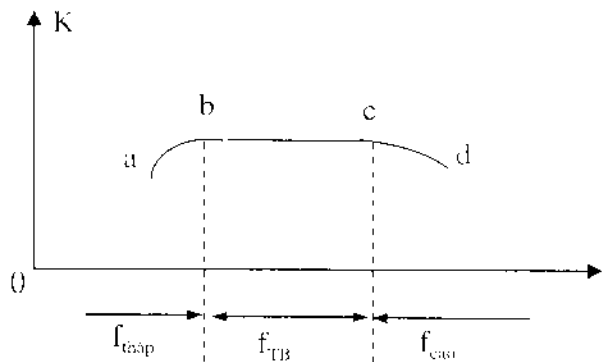
$$M = M_1 \times M_2 \times M_3 \times \dots$$

Trong thực tế khi máy bị méo tần số nhỏ thì tiếng nghe vẫn được rõ, do đó cho phép chọn độ méo trong khoảng:

$$0,8 \leq M \leq 1,25$$

Đặc tuyến tần số là đường biểu diễn cho ta biết khả năng khuếch đại ở các tần số khác nhau.

Dạng tổng quát của đặc tuyến như ở hình 2-3.



Hình 2.3 Đáp tuyến biên độ tần số

Như vậy trong khoảng tần số trung bình ta coi như $K = \text{const}$, còn vùng tần số cao và thấp hệ số khuếch đại giảm xuống.

2.6 ĐỘ NHẠY CỦA BỘ KHUẾCH ĐẠI

Theo định nghĩa độ nhạy của bộ khuếch đại là điện áp nhỏ nhất của tín hiệu đưa vào đầu vào mà ở đầu ra vẫn đảm bảo công suất cho phép.

Nếu điện áp càng nhỏ thì độ nhạy càng cao. Song khi độ nhạy càng cao thì khả năng loại trừ các can nhiễu càng khó. Để giải quyết các mâu thuẫn này người ta phải kết cấu và áp dụng các biện pháp kỹ thuật đặc biệt đối với mạch vào.

2.7 CHẾ ĐỘ CÔNG TÁC

Một bộ khuếch đại có chứa các phần tử khuếch đại có thể công tác ở chế độ A, B, AB và C. Ở các chế độ này lại có thể công tác ở chế độ có dòng lưới hoặc không có dòng lưới. Nếu công tác ở chế độ không có dòng lưới thì ta ký hiệu bằng "chỉ số 1". Nếu có dòng điện lưới thì lấy ký hiệu bằng "chỉ số 2". Tùy theo yêu cầu, nhiệm vụ của bộ khuếch đại mà người ta có thể dùng ở chế độ này hay chế độ kia cho thích hợp. Trong lĩnh vực khuếch đại âm tần nói chung hầu như người ta chỉ sử dụng chế độ công tác không có dòng lưới. Trong những trường hợp rất đặc biệt để tận dụng công suất của đèn và chỉ tiêu méo phi tuyến

yêu cầu rất thấp hoặc có biện pháp khắc phục thì người ta mới sử dụng chế độ công tác có dòng lưới.

Để tiện việc nghiên cứu ta xét riêng chế độ công tác của đèn điện tử và đèn bán dẫn.

1. Đối với đèn điện tử

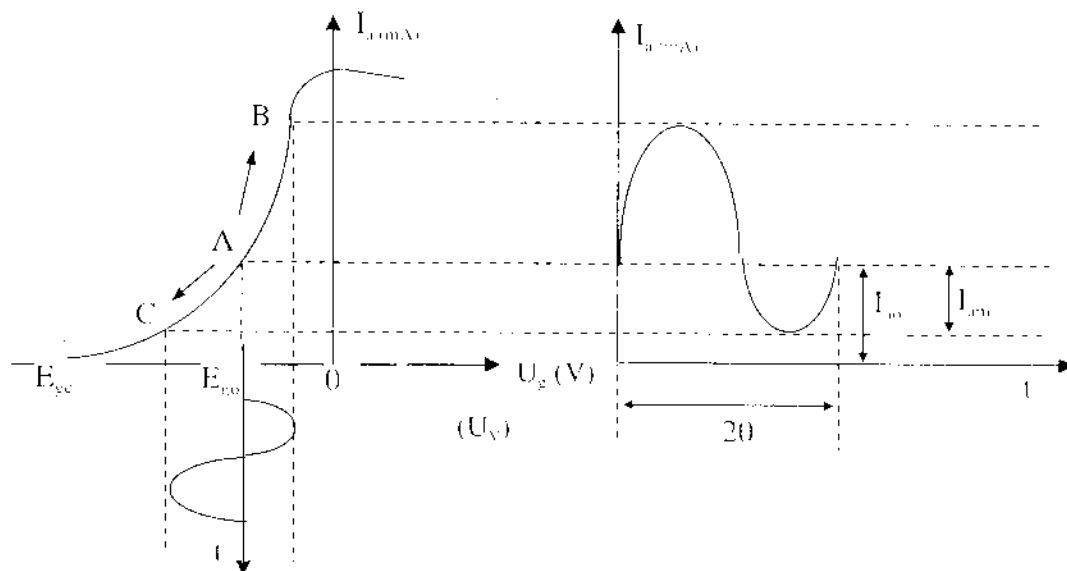
a. Chế độ A

Là chế độ làm việc của phần tử khuếch đại hay của tầng khuếch đại. Trong đó có dòng điện trong mạch ra của phần tử khuếch đại còn tồn tại trong cả chu kỳ tín hiệu. Trong thực tế, đoạn làm việc trên đặc tuyến chọn sao cho các điểm nút của chúng không vượt ra ngoài khu vực tuyến tính của đặc tuyến đầu vào.

Giả sử ở đầu vào ta đặt tín hiệu hình sin (biên độ U_m)

$$U_v(t) = U_m \sin(\omega t)$$

vào lưới của phần tử khuếch đại. Theo định nghĩa dạng tín hiệu đầu vào và đầu ra



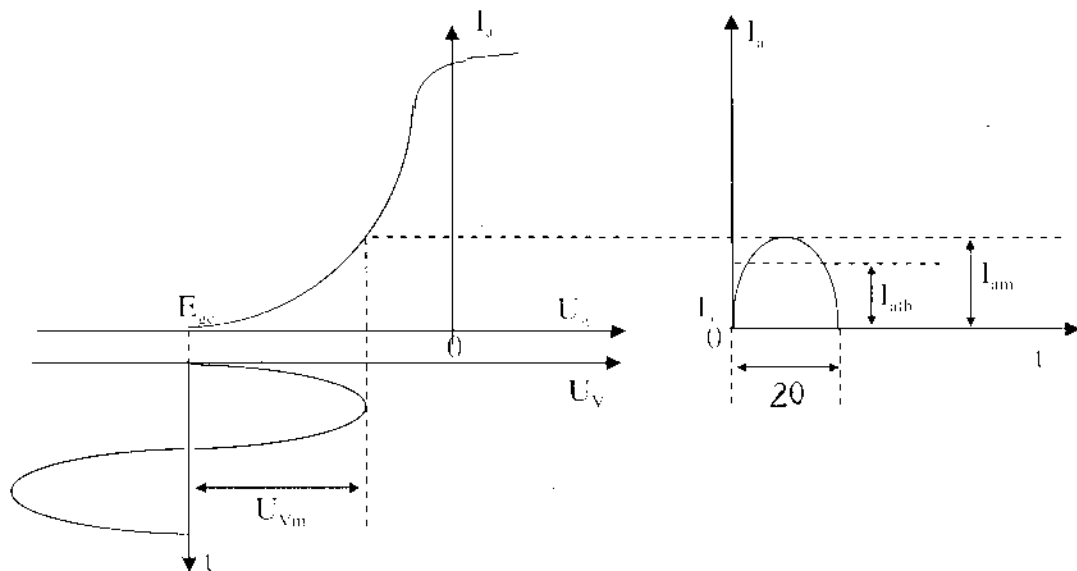
Hình 2.4 Biểu diễn tín hiệu vào và ra dựa theo đặc tuyến

có dạng ở như hình 2-4.

Từ hình 2-4 ta thấy rằng để phần tử khuếch đại làm việc ở chế độ này thì thiên áp của đèn và biên độ tín hiệu vào phải thoả mãn các điều kiện:

$$E_{g0} \leq E_{gt} / 2 \quad (1)$$

$$E_{g0} - U_m \leq 0 \quad (2)$$



Hình 2.5 Biểu diễn tín hiệu vào và ra dựa theo đặc tuyến

Khi thoả mãn điều kiện (1) và (2) thì lúc đó phần tử khuếch hoàn toàn làm việc ở chế độ A và mang một số đặc điểm nổi bật sau:

- Dòng điện tĩnh I_{ao} lớn hơn biên độ dòng tín hiệu I_{am} .
- Dòng điện trung bình ở đầu ra bằng dòng điện tĩnh I_{ao} .
- Do dòng điện I_{ao} có giá trị lớn và tồn tại trong suốt cả chu kỳ tín hiệu vào, nên hiệu suất ở chế độ này đạt thấp, thường khoảng $(20 \div 30)\%$.
- Méo phi tuyến nhỏ nhất so với ở các chế độ khác.
- Góc pha dẫn điện $\theta = \pi$.
- Tất cả các tầng khuếch đại điện áp sơ bộ và khuếch đại công suất nhỏ đều sử dụng ở chế độ này.

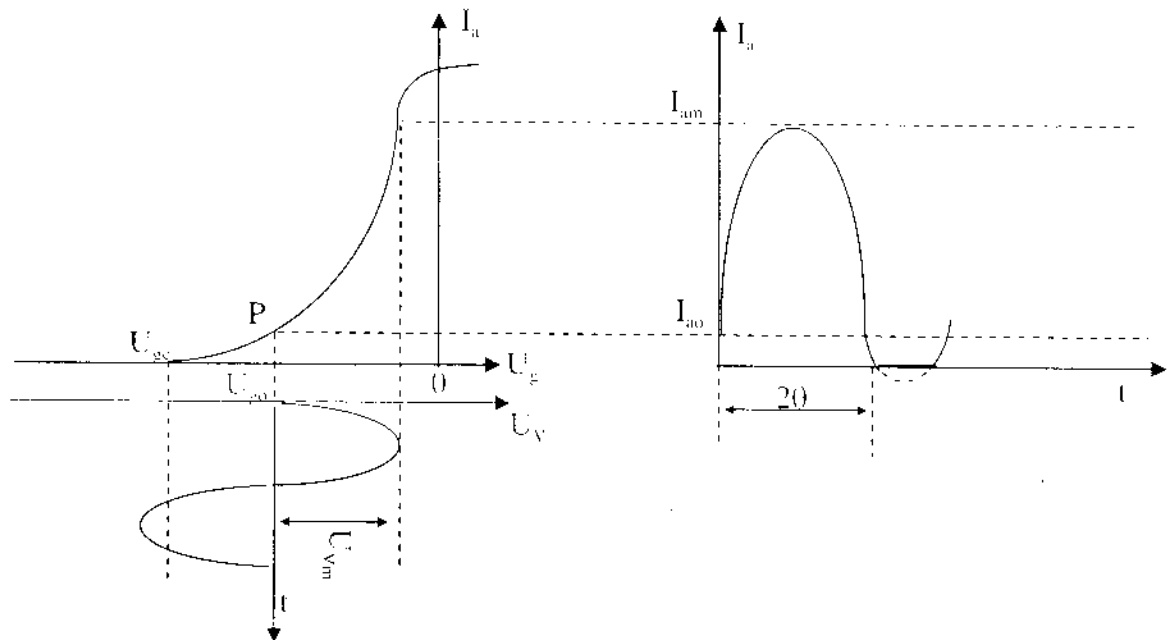
b. Chế độ B

Là chế độ mà dòng anốt chỉ xuất hiện trong $1/2$ chu kỳ tín hiệu vào. Nghĩa là đèn chỉ làm việc với nửa dương của chu kỳ tín hiệu.

Tín hiệu vào và ra mô tả ở chế độ này như hình 2-5.

Điều kiện để mạch làm việc ở chế độ này là:

$$\begin{cases} U_{gv} = E_{gc} \\ |U_{gv} - U_{vm}| \geq 0 \end{cases}$$



Hình 2.6 Biểu diễn dạng tín hiệu vào và ra dựa trên đặc tuyến

Đặc điểm của chế độ:

- Góc dẫn điện $\theta = \pi/2$.
- Khi không có tín hiệu vào dòng $I_{a0} = 0$, dòng anốt tăng nhanh khi tín hiệu vào ở nửa chu kỳ dương, do đó hiệu suất của tầng cao, thường đạt từ (60 ÷ 70)%.
- Vì tín hiệu ra chỉ tồn tại ở 1/2 chu kỳ tín hiệu vào, do đó méo phi tuyến lớn.
- Nó được dùng ở các tầng khuếch đại công suất mắc đẩy kéo, song cần có mạch phụ để giám sát độ méo không đường thẳng.

c. Chế độ AB

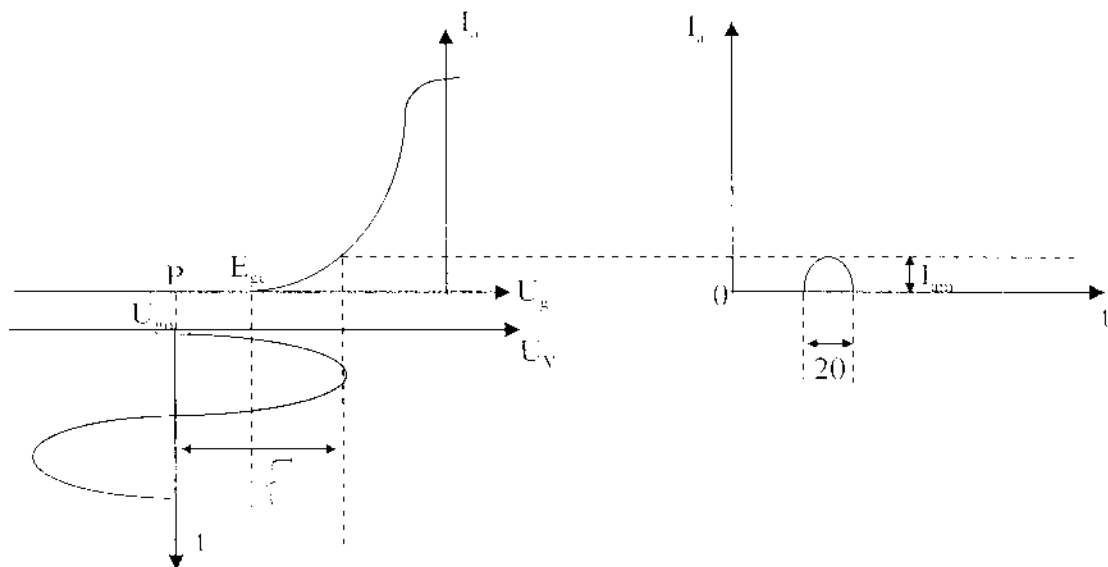
Là chế độ mà dòng anốt chỉ xuất hiện trong khoảng thời gian lớn hơn 1/2 chu kỳ tín hiệu vào, nhỏ hơn cả chu kỳ tín hiệu. Dạng tín hiệu vào ra như hình 2-6.

Từ hình 2-6 ta thấy rằng để làm việc ở chế độ này thì điều kiện là:

Thiên áp của đèn: $\frac{E_{gc}}{2} < U_{g0} < E_{gc}$;

Biên độ tín hiệu vào: $U_{gm} > E_{gc} - U_{g0}$

Ở chế độ này do điểm làm việc tĩnh ban đầu “ P ” nằm ở gần đoạn cong dưới của đặc tuyến nên khi chưa có tín hiệu vào dòng I_{a0} có giá trị nhỏ và chỉ tăng lên khi đầu vào có tín hiệu tác động. Vì vậy hiệu suất của đèn khá cao,



Hình 2.7 Biểu diễn tín hiệu vào và ra dựa trên đặc tuyến

thường đạt từ $(40 \div 50)\%$. Nếu ở đầu vào ta đưa một tín hiệu hình sin thì ở đầu ra dòng anốt có một nửa tín hiệu hình sin chọn vẹn ở phía trên, còn nửa hình sin bẹt đầu ở phía dưới. Đây là chế độ trung gian giữa chế độ A và B được dùng trong trường hợp yêu cầu hiệu suất tương đối cao đồng thời độ méo không đường thẳng không lớn quá. Song khi sử dụng cũng phải mắc theo kiểu đẩy kéo và có mạch phản hồi khác phục méo phi tuyến như chế độ B.

Chế độ C

Là chế độ mà dòng anốt chỉ xuất hiện trong khoảng thời gian $1/2$ chu kỳ tín hiệu vào như ở hình 2-7.

Điều kiện để mạch công tác ở chế độ này là:

- + Thiên áp của đèn $|U_{g0}| > |E_{gk}|$
- + Biên độ tín hiệu vào $|U_{g0} - E_{gk}| < U_{g0} < U_{gm}$

Do chọn điểm công tác tĩnh “P” nằm dưới điểm cắt dòng nên ở chế độ này có một số đặc điểm sau:

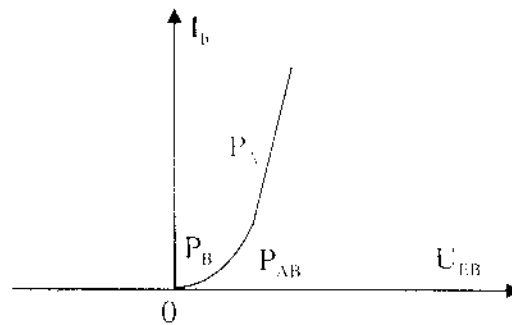
-Dòng trung bình nhỏ nhất so với dòng trung bình ở các chế độ khác nếu cùng tín hiệu đầu vào.

- Hiệu suất là lớn nhất.
- Góc cắt θ là nhỏ nhất $0 < \theta < \pi/2$.
- Méo phi tuyến là lớn nhất.

-Nó được dùng trong máy phát thanh, yêu cầu hiệu suất lớn, khi ấy tải của tầng là khung cộng hưởng. Trong lĩnh vực âm tần thì méo lớn người ta không dùng ở chế độ này.

2. Chế độ công tác của đèn bán dẫn

Cũng tương tự như ở chế độ dùng đèn điện tử, đối với tranzistor, trong lĩnh vực âm tần cũng có thể công tác ở ba loại chế độ A, B và AB. (Riêng chế độ C không sử dụng vì gây méo không đường thẳng rất lớn) để tiện việc nghiên cứu ta sử dụng đặc tuyến đầu vào $I_b = f(U_{EB})$ khi mắc kiểu E chung vì đây cũng là kiểu thông dụng nhất (hình 2-8).



Hình 2.8 Đặc tuyến vào của đèn bán dẫn

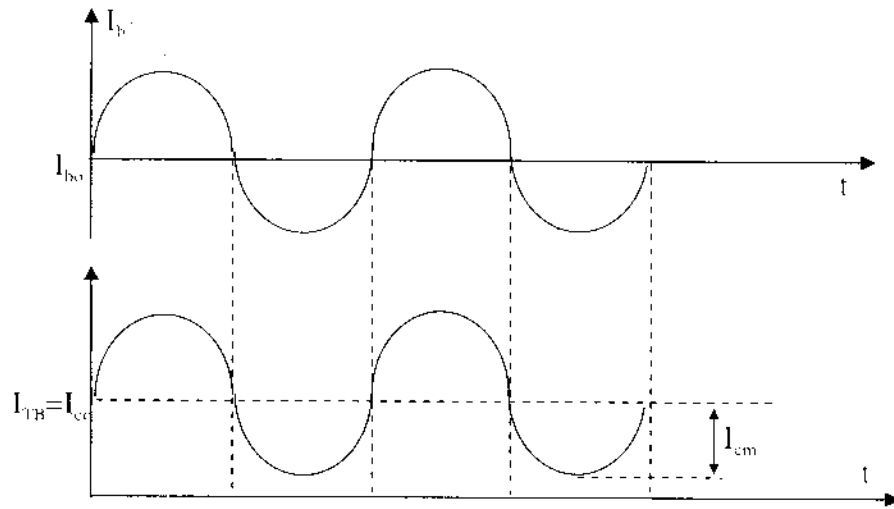
Dựa trên đặc tuyến đầu vào này, căn cứ vào cách chọn vị trí để làm việc tĩnh ban đầu “ P ”, ta sẽ lần lượt xác định phần tử khuếch đại công tác ở ba loại chế độ khác nhau như dưới đây.

a. Chế độ A

Ở chế độ này dòng điện ở đầu ra tồn tại trong cả chu kỳ của tín hiệu đầu vào (tương ứng với điểm P_A trên hình 2-8). Với quan niệm trên ta thấy rằng nếu đầu vào của phần tử khuếch đại là một hình sin thì đầu ra cũng là dạng hình sin (Hình 2-9).

Từ hình 2-9 ta có một số đặc điểm sau:

- Tín hiệu đầu ra và tín hiệu đầu vào có cùng dạng.



Hình 2.9 Dạng dòng điện vào và ra

- Biên độ thành phần dòng điện xoay chiều ở đầu ra (I_{km}) luôn nhỏ hơn dòng cực gốc I_{k0} khi chưa có tín hiệu.

- Dòng trung bình I_{k0} .

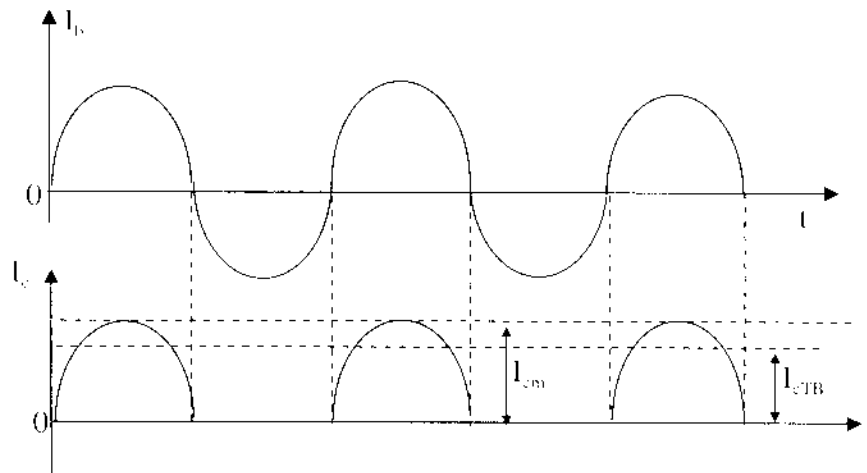
- Do dòng I_{k0} có giá trị lớn và luôn tồn tại khi có hoặc không có tín hiệu đầu vào nên hiệu suất ở chế độ này rất thấp.

b. Chế độ B

Là chế độ dòng điện ở mạch ra của tranzistor chỉ xuất hiện trong nửa chu kỳ tín hiệu vào. Như vậy việc định thiên sao cho không có tín hiệu vào thì dòng cực góp, cực gốc bằng “0” tương ứng với điểm P_B .

Dạng tín hiệu vào và ra như ở hình 2-10.

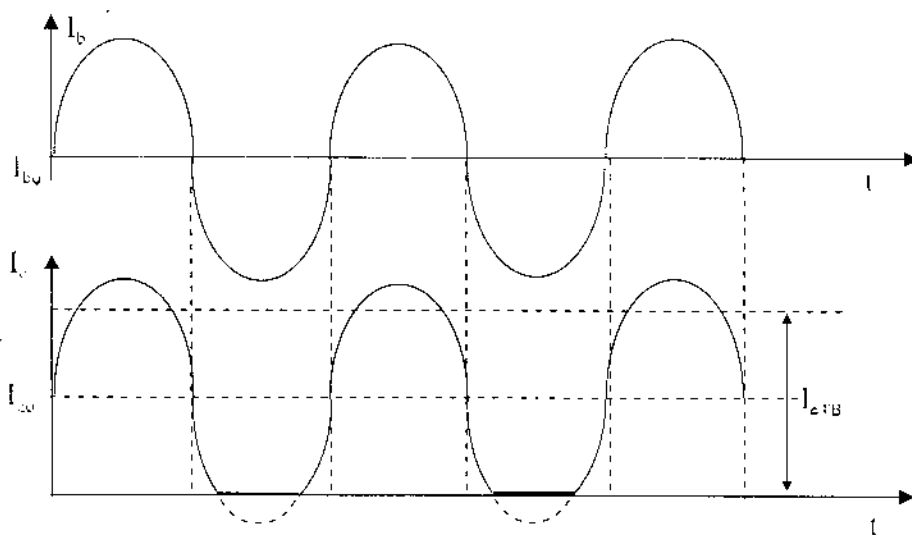
Đặc điểm của chế độ này là: Công suất tiêu hao lúc chưa có tín hiệu rất nhỏ so với lúc có tín hiệu. Một cách lý tưởng khi chưa có tín hiệu ($I_{b0} = 0$; $I_{c0} = 0$). Do đó hiệu suất của tầng cao; song ta cũng thấy rằng chế độ này không sử dụng được trong các tầng khuếch đại đơn vì méo lớn. Nó được dùng trong các tầng khuếch đại mắc theo kiểu đẩy kéo.



Hình 2.10 Dạng tín hiệu vào và ra

c. Chế độ AB

Đây là chế độ trung gian giữa chế độ A và B. Dòng cực góp lúc chưa có tín hiệu vào có giá trị lớn hơn không một chút. Khi có tín hiệu vào thì tăng lên trong khoảng thời gian lớn hơn một nửa chu kỳ.



Hình 2.11 Dạng tín hiệu vào và ra

Dạng tín hiệu vào ra như ở hình 2-11.

Từ hình 2-11 ta nhận thấy rằng: Nếu tín hiệu vào có dạng hình sin thì tín hiệu ra ở nửa dưới bị bẹt đầu. Như vậy gây méo tín hiệu nhưng nhỏ hơn so với chế độ B. Ngược lại khi chưa có tín hiệu vào dòng điện tĩnh cực góp có giá trị nhỏ I_{co} nào đó và được tăng lên khi có tín hiệu vào do đó hiệu suất khá cao, gần bằng chế độ B. Chế độ này người ta cũng không sử dụng ở các tầng đơn mà dùng trong các tầng mắc theo kiểu đẩy kéo có sử dụng các mạch trung hoà khác phục méo phi tuyến.

Chương 3: HỒI TIẾP

3.1 CÁC ĐỊNH NGHĨA CƠ BẢN

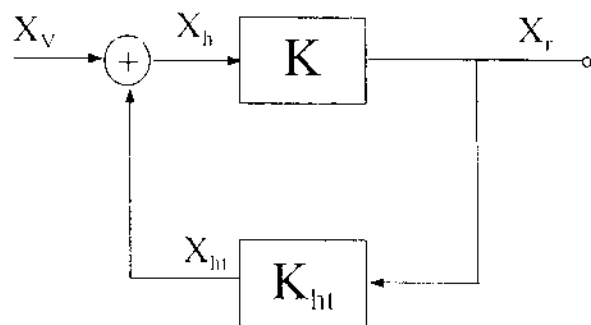
- **Hồi tiếp:** Là ghép một phần tín hiệu ra (điện áp hoặc dòng điện) của mạng bốn cực tích cực về đầu vào thông qua một mạng bốn cực khác gọi là mạng hồi tiếp (hình 3.1)

Hồi tiếp đóng vai trò rất quan trọng trong kỹ thuật mạch tương tự. Hồi tiếp cho phép cải thiện các tính chất của bộ khuếch đại, nâng cao chất lượng của bộ khuếch đại.

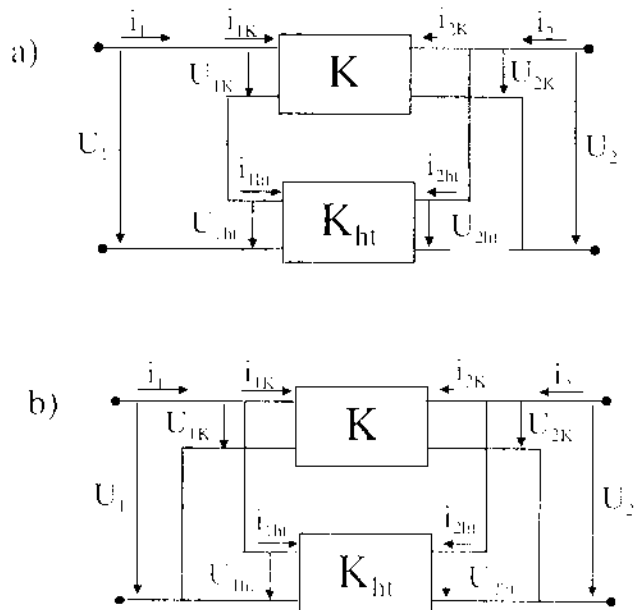
Hồi tiếp được phân thành các loại:

- **Hồi tiếp âm:** Là hồi tiếp mà tín hiệu hồi tiếp ngược pha với tín hiệu vào. Khi có hồi tiếp âm thì tín hiệu vào bị yếu đi. Hồi tiếp âm có tác dụng làm tăng độ ổn định của mạch khuếch đại nhưng lại làm giảm hệ số khuếch đại của mạch. Hồi tiếp âm được sử dụng trong các bộ khuếch đại tương tự

- **Hồi tiếp dương:** Là



Hình 3.1. Sơ đồ khối bộ khuếch đại có hồi tiếp: K: hệ số khuếch đại; K_{ht} : hệ số hồi tiếp; X_v : tín hiệu vào; X_r : tín hiệu hiệu; X_i : tín hiệu ra; X_{ht} : tín hiệu hồi tiếp.



Hình 3.2 Các loại mạch hồi tiếp: a) hồi tiếp nối tiếp điện áp; b) hồi tiếp song song điện áp

hồi tiếp mà tín hiệu hồi tiếp đồng pha với tín hiệu vào. Khi có hồi tiếp dương thì tín hiệu vào được tăng cường (khóc lên). Hồi tiếp dương thường làm cho bộ khuếch đại mất ổn định và được sử dụng để tạo dao động.

- **Hồi tiếp một chiều:** Là hồi tiếp mà tín hiệu hồi tiếp là tín hiệu một chiều (hay biến thiên chậm). Hồi tiếp một chiều sử dụng để ổn định nhiệt cho mạch điện khuếch đại

- **Hồi tiếp xoay chiều:** Là hồi tiếp mà tín hiệu hồi tiếp là tín hiệu xoay chiều. Hồi tiếp xoay chiều sử dụng để tránh sự suy giảm tín hiệu (tránh suy giảm hệ số khuếch đại xoay chiều). Ngoài ra còn phân biệt hồi tiếp dựa trên cơ sở các phương pháp mắc mạch hồi tiếp

- **Hồi tiếp nối tiếp-điện áp** (hình 3.2a): Tín hiệu hồi tiếp đưa về đầu vào nối tiếp với nguồn tín hiệu ban đầu và tỷ lệ với điện áp ở đầu ra.

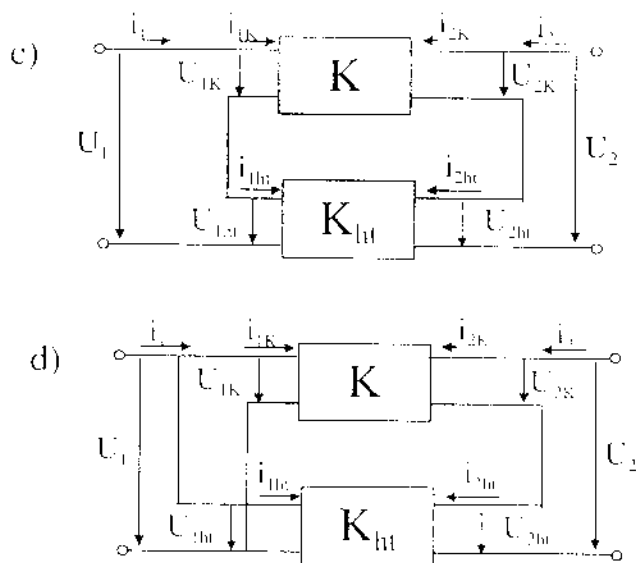
- **Hồi tiếp song song-điện áp** (hình 3.2b): Tín hiệu hồi tiếp đưa về đầu vào song song với nguồn tín hiệu ban đầu và tỷ lệ với điện áp ra.

- **Hồi tiếp nối tiếp-dòng điện** (hình 3.2c): Tín hiệu hồi tiếp về đầu vào nối tiếp với nguồn tín hiệu ban đầu và tỷ lệ với dòng điện ra.

- **Hồi tiếp song song-dòng điện** (hình 3.2d): Tín hiệu hồi tiếp về đầu vào song song với nguồn tín hiệu ban đầu và tỷ lệ với dòng điện ra

3.2 MỘT SỐ TÍNH TOÁN KHI MẠCH ĐIỆN CÓ HỒI TIẾP

Tất cả bốn loại mạch hồi tiếp trên đây đều có thể quy về sơ đồ khối tổng quát của một mạch điện như trên hình 3.3.



Hình 3.2 Các loại mạch hồi tiếp:

c) hồi tiếp nối tiếp-dòng điện; d) hồi tiếp song song-dòng điện...

Giả thiết các khối đều là các hệ tuyến tính và tín hiệu chỉ chạy theo chiều mũi tên.

Từ sơ đồ khối, rút ra các quan hệ sau đây:

$$X_r = KX_{ht}; X_v = K_{tr}X_n$$

$$X_{ht} = X_v - X_{ht}; X_{ht} = K_{ht}X_r$$

Tổ hợp các phương trình này cho ta phương trình cơ bản của mạng bốn cực có hồi tiếp (3.1) và (3.2).

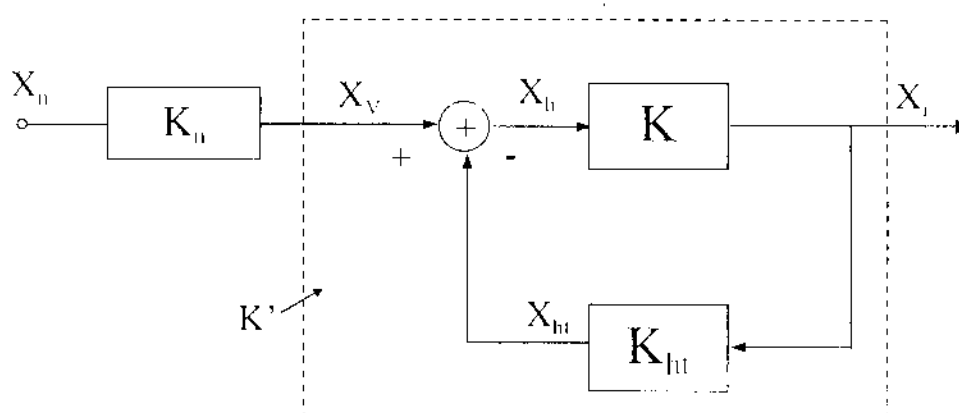
$$K = \frac{X_r}{X_v} = \frac{K}{1 + KK_{ht}} \quad (3.1)$$

$$K_{tr} = \frac{X_v}{X_n} = K' \cdot K_{ht} \quad (3.2)$$

trong đó, K' : hàm truyền đạt của mạng bốn cực tích cực có hồi tiếp;

K_{tr} : hàm truyền đạt toàn phần của nó;

K_{ht} : hàm truyền đạt của khâu ghép giữa nguồn tín hiệu X_n và bộ khuếch đại.



Hình 3.3 Sơ đồ khối toàn phần bộ khuếch đại có hồi tiếp

Gọi $K_v = KK_{ht}$ là hệ số khuếch đại vòng; $g = 1 + K_v = 1 + KK_{ht}$ là độ sâu hồi tiếp. Các tham số K_v và g là những tham số dùng để đánh giá mức độ thay đổi các tham số của bộ khuếch đại do hồi tiếp âm gây ra và đánh giá mức độ ổn định của bộ khuếch đại đó.

Khi $|1 + KK_{ht}| > 1$ theo (3.1) $|K'| < |K|$, tương ứng có hồi tiếp âm. Ngược lại, khi $|1 + KK_{ht}| < 1$ thì $|K'| > |K|$, nghĩa là mạch có hồi tiếp dương. Trường hợp đặc biệt $|K_v| = |KK_{ht}| \gg 1$, từ (3.1) suy ra:

$$K' = \frac{X_r}{X_v} \approx \frac{1}{K_{ht}} \quad (3.3)$$

và
$$K_{ip} = \frac{X_r}{X_u} \approx \frac{K_u}{K_{ht}} \quad (3.4)$$

Vậy, một hệ thống khép kín có hệ số khuếch đại vòng rất lớn, thì hàm truyền đạt của nó hầu như không phụ thuộc vào các tính chất của mạng bốn cực khuếch đại mà chỉ phụ thuộc vào tính chất của mạng bốn cực hồi tiếp. Sự thay đổi các tham số của phân tử tích cực và độ tập tán của nó không ảnh hưởng đến các tính chất của bộ khuếch đại có hồi tiếp. Vì vậy, muốn xây dựng các bộ khuếch đại chính xác, phải dùng linh kiện (chủ yếu là điện trở) chính xác trong khâu hồi tiếp.

3.3 ẢNH HƯỞNG CỦA HỒI TIẾP ÂM ĐẾN CÁC TÍNH CHẤT CỦA BỘ KHUẾCH ĐẠI

1. Ảnh hưởng của hồi tiếp đến độ ổn định của hệ số khuếch đại

Trong thực tế, có nhiều trường hợp người ta cần dùng các bộ khuếch đại có hệ số khuếch đại ổn định, không phụ thuộc vào nhiệt độ, vào các biến đổi của điện áp nguồn, vào thời gian sử dụng cũng như vào độ tập tán của tranzistor. Bằng tính toán sau đây, ta thấy bộ khuếch đại dùng hồi tiếp âm có thể đáp ứng được yêu cầu đó.

Gọi sai số hệ số khuếch đại toàn phần của bộ khuếch đại có hồi tiếp là ΔK_{ip} ; của bộ khuếch đại không có hồi tiếp là ΔK , vì phân biểu thức (3.2) theo K , K_{ht} và K_u , ta có:

$$dK_{ip} = \frac{K}{1 + KK_{ht}} dK_u + K_u K \frac{K_{ht}}{(1 + KK_{ht})^2} dK_{ht} + \frac{K_u}{(1 + KK_{ht})^2} dK.$$

Từ đó suy ra:

$$\frac{\Delta K_{eq}}{K_{eq}} \approx \frac{\Delta K_{in}}{K_{in}} - \frac{KK_{in}}{1+KK_{in}} \frac{\Delta K_{out}}{K_{out}} + \frac{1}{1+KK_{in}} \frac{\Delta K}{K} \quad (3.5)$$

Từ biểu thức (3.5) ta thấy rằng: **Thành phần sai số tương đối hệ số khuếch đại của bộ khuếch đại có hồi tiếp âm nhỏ hơn $(1+KK_{in})$ lần so với sai số tương đối hệ số khuếch đại của bộ khuếch đại khi không có hồi tiếp.**

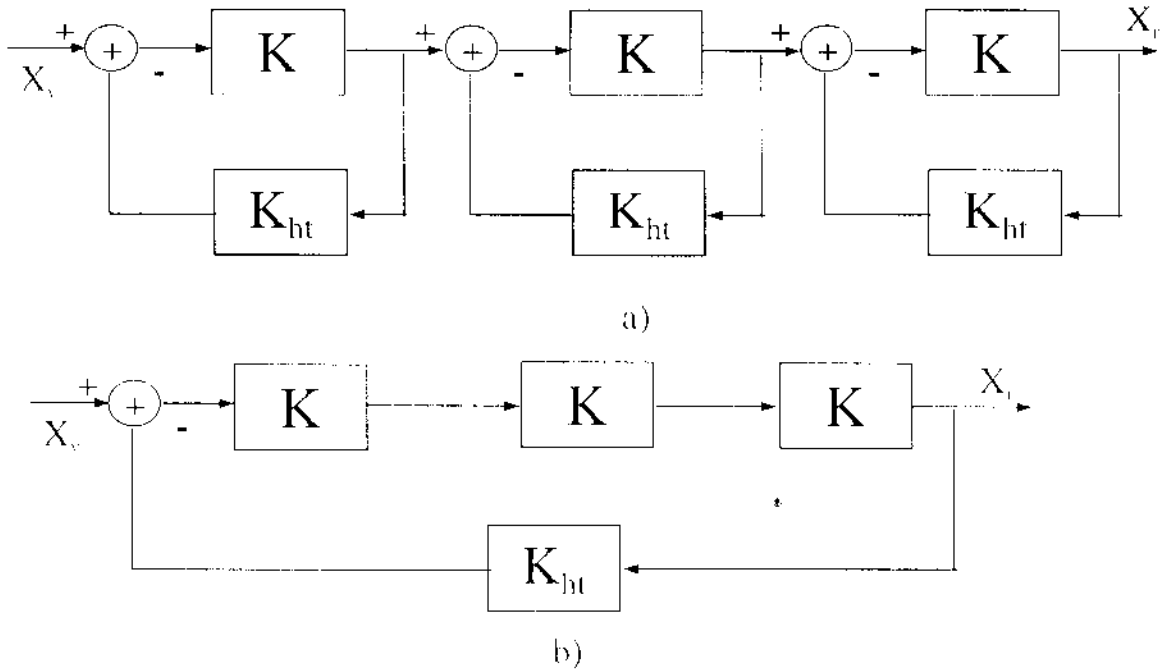
Trong khi đó, sai số của K_{in} và K_{in} của bộ khuếch đại có hồi tiếp và không có hồi tiếp giống nhau. Vì vậy, để có được các bộ khuếch đại chính xác các phần tử thụ động của mạch (tạo nên mạch hồi tiếp và mạch ghép vào) phải có độ chính xác cao.

Từ biểu thức (3.3) suy ra: hồi tiếp âm giữ cho quan hệ $K \approx \frac{1}{K_{in}}$ ổn định (nghĩa là $\frac{X_r}{X_v} = \text{const}$). Đại lượng ra X_r hoặc đại lượng vào X_v có thể là điện áp hoặc dòng điện. Như vậy tùy thuộc vào loại mạch hồi tiếp, sẽ có những đại lượng khác nhau được ổn định (xem bảng 3.1).

Bảng 3.1

Loại mạch hồi tiếp	Đại lượng được ổn định	Loại mạch khuếch đại
Hồi tiếp âm nối tiếp-điện áp	Hệ số khuếch đại điện áp: $\frac{U_r}{U_v}$	Mạch khuếch đại điện áp
Hồi tiếp âm nối tiếp-dòng điện	Điện dẫn truyền: $\frac{I_r}{U_v}$	Mạch biến đổi áp-dòng $U \rightarrow I$
Hồi tiếp âm song song-điện áp	Điện trở truyền: $\frac{U_r}{I_v}$	Mạch biến đổi dòng-áp $I \rightarrow U$
Hồi tiếp âm song song-dòng điện	Hệ số khuếch đại dòng: $\frac{I_r}{I_v}$	Mạch khuếch đại dòng điện

Đối với bộ khuếch đại nhiều tầng, có thể thực hiện hồi tiếp từng tầng riêng biệt - gọi là hồi tiếp bao một tầng hoặc hồi tiếp qua nhiều tầng gọi là hồi tiếp bao nhiều tầng (hình 3.4).



Hình 3.4 Bộ khuếch đại nhiều tầng có hồi tiếp:
a) hồi tiếp bao một tầng; b) hồi tiếp bao nhiều tầng

Hồi tiếp bao nhiều tầng cho độ ổn định của bộ khuếch đại cao hơn hồi tiếp bao một tầng. Thật vậy, nếu có bộ khuếch đại n tầng, hệ số khuếch đại mỗi tầng là K và hệ số khuếch đại của bộ khuếch đại khi có hồi tiếp là K' thì với bộ khuếch đại dùng hồi tiếp âm bao từng tầng riêng rẽ (hình 3.4a), ta có:

$$K' = \frac{X_r}{X_v} = \left(\frac{K}{1 + KK_{ht}} \right)^n \quad (3.6)$$

và với bộ khuếch đại dùng hồi tiếp âm bao tất cả các tầng thì:

$$K' = \frac{X_r}{X_v} = \frac{K^n}{1 + K^n K_{ht}} \quad (3.7)$$

Từ (3.6) và (3.7) suy ra sai số tương đối hệ số khuếch đại của bộ khuếch đại có hồi tiếp âm bao từng tầng riêng rẽ:

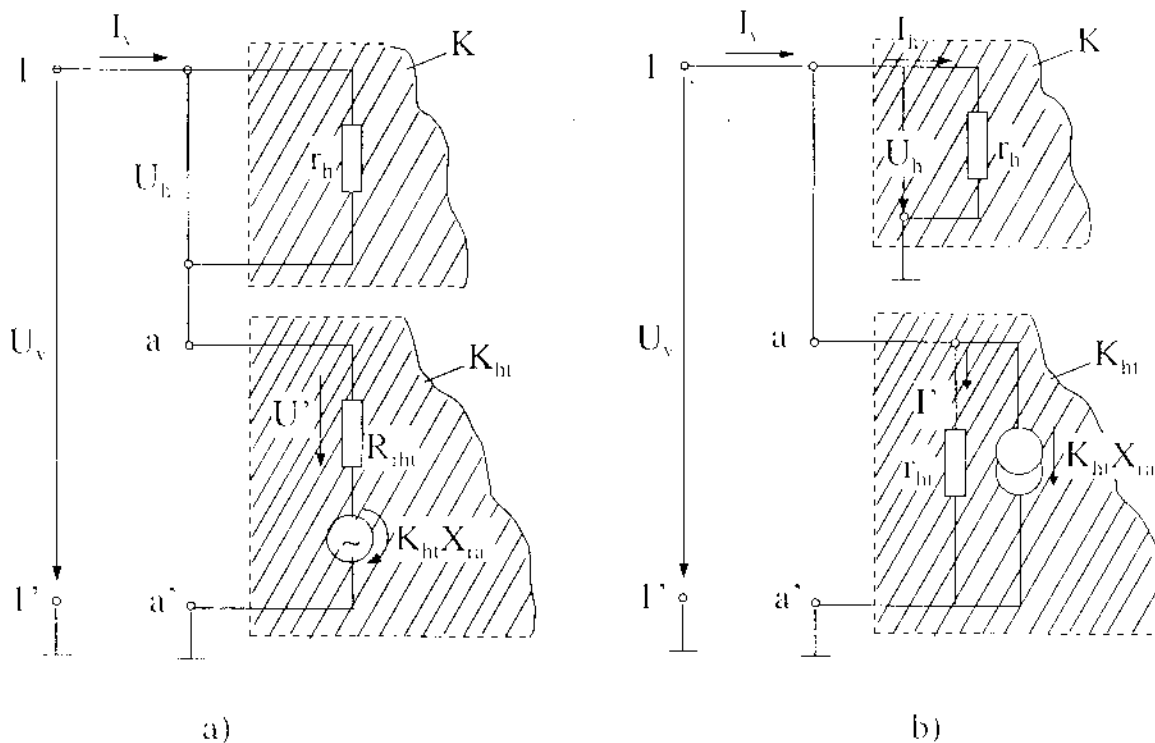
$$\frac{\Delta K'}{K'} = \frac{n}{1 + KK_{ht}} \cdot \frac{\Delta K}{K}$$

và của bộ khuếch đại có hồi tiếp âm bao tất cả các tầng:

$$\frac{\Delta K'}{K'} \approx \frac{n}{1 + (KK_{ht})^n} \cdot \frac{\Delta K}{K}$$

Căn cứ vào các biểu thức của sai số tương đối ta thấy sai số tương đối của bộ khuếch đại khi có hồi tiếp bao nhiều tầng sẽ nhỏ hơn sai số tương đối của bộ khuếch đại có hồi tiếp bao từng phần.

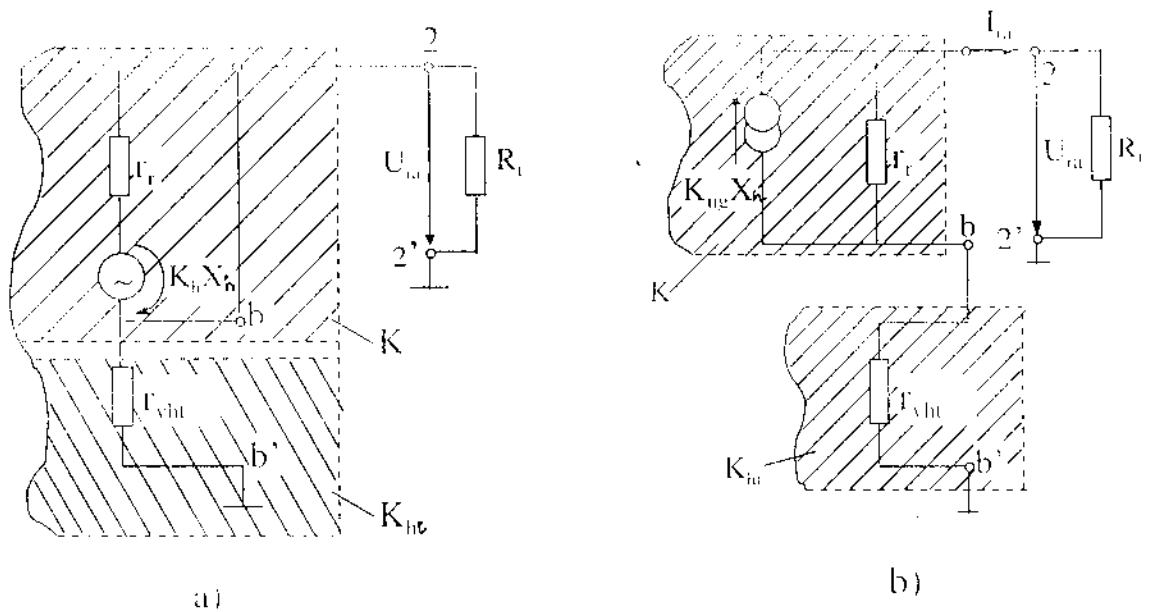
2. Ảnh hưởng của hồi tiếp âm đến trở kháng vào



Hình 3.5 Sơ đồ tương đương đầu vào của bộ khuếch đại có hồi tiếp
(dùng để tính trở kháng vào):

a) Mạch hồi tiếp nối tiếp; b) Mạch hồi tiếp song song.

Hồi tiếp âm làm thay đổi trở kháng vào của phần mạch nằm trong vòng hồi tiếp. Sự thay đổi này chỉ phụ thuộc vào phương pháp mắc mạch hồi tiếp về đầu vào (nối tiếp hay song song) mà không phụ thuộc phương pháp lấy tín hiệu ở đầu ra để đưa vào mạch hồi tiếp. Vì vậy, để tính trở kháng vào của bộ khuếch đại có hồi tiếp ta phân biệt hai trường hợp: hồi tiếp nối tiếp và hồi tiếp song song. Sơ đồ tương đương đầu vào của bộ khuếch đại có hồi tiếp nối tiếp và hồi tiếp song song được biểu diễn trên hình 3.5.



Hình 3.6 Sơ đồ tương đương đầu ra của bộ khuếch đại có hồi tiếp:
a) Hồi tiếp điện áp; b) Hồi tiếp dòng điện.

Để đơn giản khi tính toán, ta dùng sơ đồ tương đương điện áp cho mạch hồi tiếp nối tiếp và sơ đồ tương đương dòng điện cho mạch hồi tiếp song (hình 3.5a và 3.5b).

Các đầu aa' trên hình 3.5 là các đầu ra của mạch hồi tiếp. r_{in} là điện trở vào của mạch hồi tiếp, chính là điện trở giữa hai đầu aa' khi $X_i = 0$ nghĩa là với mạch hồi tiếp điện áp ($X_i = U_i$) thì ngắn mạch các đầu $22'$ của bộ khuếch đại (hình 3.6a); với mạch hồi tiếp dòng điện ($X_i = I_i$) thì ngược lại, hở mạch đầu ra $22'$ trên (hình 3.6b).

a. Trở kháng vào của bộ khuếch đại có hồi tiếp âm nối tiếp (hình 3.5a)

- Khi không có hồi tiếp ($K_{bt} X_r = 0$):

$$Z_v = \frac{U_v}{I_v} = \frac{U_h + U'}{I_v} \quad (3.8a)$$

- Khi có hồi tiếp:

$$Z'_v = \frac{U_v}{I_v} = \frac{U_h + U' + K_{bt} X_r}{I_v} = \frac{U_h(1 + KK_{bt}) + U'}{I_v} \quad (3.8b)$$

hay

$$Z'_v = gr_h + r_{int} \approx gr_h$$

Nếu $r_{int} \ll r_h$ thì từ (3.8a) và (3.8b) suy ra

$$Z'_v = gZ_v \quad (3.9)$$

Như vậy khi có hồi tiếp âm nối tiếp thì trở kháng vào tăng g lần - $(1 + KK_{bt})$ lần

b. Trở kháng vào của bộ khuếch đại có hồi tiếp âm song song (hình 3.5b)

- Khi không có hồi tiếp:

$$Y_v = \frac{1}{Z_v} = \frac{I_v}{U_v} = \frac{I_h + I'}{U_v} = \frac{1}{r_h} + \frac{1}{r_{int}} \quad (3.10a)$$

- Khi có hồi tiếp:

$$Y'_v = \frac{1}{Z'_v} = \frac{I_v}{U_v} = \frac{I_h + I' + K_{bt} X_r}{U_v} = \frac{g}{r_h} + \frac{1}{r_{int}} \quad (3.10b)$$

Với $r_{int} \gg r_h$, từ (3.10a) và (3.10b) suy ra

$$Z_v \approx Z_v/g \quad (3.11)$$

Từ các biểu thức (3.9) và (3.11) có thể phát biểu một cách gần đúng:

Như vậy khi có hồi tiếp âm song song thì trở kháng vào giảm đi $(1 + KK_{bt})$ lần

3. Ảnh hưởng của hồi tiếp âm đến trở kháng ra

Trở kháng ra của một mạch được xác định theo biểu thức sau:

$$Z_r = \frac{\Delta U_r}{\Delta I_r} \quad (3.12a)$$

ở đây, ΔU_r và ΔI_r là lượng biến đổi của điện áp và dòng điện trên tải, tương ứng với cùng một lượng biến thiên ΔZ_t của trở kháng tải. Nếu sơ đồ chỉ gồm các linh kiện tuyến tính thì có thể viết lại biểu thức (3.12a) dưới dạng:

$$Z_r = \frac{U_{th}}{I_{ng}} \quad (3.12b)$$

với ΔU_{th} là điện áp ra khi hở mạch tải; ΔI_{ng} là dòng điện ra khi ngắn mạch tải.

Hồi tiếp âm cũng làm biến đổi trở kháng ra của bộ khuếch đại. Khác với trường hợp trở kháng vào, sự biến đổi này không phụ thuộc vào phương pháp dẫn tín hiệu hồi tiếp về đầu vào mà chỉ phụ thuộc phương pháp nối đầu ra bộ khuếch đại với đầu vào mạch hồi tiếp. Do đó, để tính trở kháng ra ta phân biệt các trường hợp hồi tiếp điện áp, hồi tiếp dòng điện và vẽ sơ đồ tương đương điện áp cho mạch hồi tiếp điện áp; sơ đồ tương đương dòng điện cho mạch hồi tiếp dòng điện (hình 3.6).

Trên hình 3.6, các đầu bb' là đầu vào của mạch hồi tiếp. Để đơn giản, giả thiết mạch hồi tiếp chỉ dẫn tín hiệu theo chiều mũi tên (từ trái sang phải). Nghĩa là ta bỏ qua ảnh hưởng của phản tác dụng từ đầu ra (đầu aa') về đầu vào (đầu bb'). Sai số do giả thiết đó gây ra không đáng kể. Theo giả thiết này, để xác định điện trở vào mạch hồi tiếp r_{vht} , phải cho $X_v = 0$ (nếu $X_v \neq 0$ thì trong mạch hồi tiếp sẽ có một điện áp không tải giữa bb'). Vậy, với mạch hồi tiếp nối tiếp $X_v = U_v = 0$ (ngắn mạch các đầu 11' trên hình 3.5a) và với mạch hồi tiếp song song $X_v = I_v = 0$ (ngắn mạch các đầu 11' trên hình 3.5b). K_h là hàm truyền của bộ khuếch đại không hồi tiếp khi hở mạch tải (đầu 22'); K_{ng} là hàm truyền khi ngắn mạch tải. Tương đương như vậy, ta có K_h và K_{ng} ứng với bộ khuếch đại có hồi tiếp.

a) Trở kháng ra của bộ khuếch đại có hồi tiếp âm điện áp (hình 3.6a)

- Khi không có hồi tiếp: từ hình 3.6a xác định được

$$Z_r = r_i // r_{vht}; \quad \text{thường } r_i \ll r_{vht} \text{ nên } Z_r \approx r_i \quad (3.13)$$

- Khi có hồi tiếp:

$$U_{ch} = K'_h X_v = \frac{K_h}{1 + K_h K_{ht}} X_v;$$

$$I_{mg} = \frac{K_h X_v}{r_p} = \frac{K_h X_v}{r_p}$$

(khi ngắn mạch $22'$, $X_h = X_v$)

$$Z'_r = \frac{U_{ch}}{I_{mg}} = \frac{r_p}{1 + K_h K_{ht}} = \frac{r_i}{g_l} \approx \frac{r_i}{g} \quad (3.14)$$

Vậy, với $r_i \ll r_{vht}$ thì

$$Z'_r \approx \frac{Z_r}{g} \quad (3.15)$$

Ở đây, g_l là độ sâu hồi tiếp khi hở mạch đầu ra $22'$.

Như vậy khi có hồi tiếp âm điện áp thì trở kháng ra của phần mạch có hồi tiếp giảm đi g lần- $(1+KK_{ht})$.

b. Trở kháng ra của bộ khuếch đại có hồi tiếp âm dòng điện (hình 3.6b)

- Khi không có hồi tiếp

Từ hình 3.6b rút ra:

$$Z_r = r_i + r_{vht}$$

thường $r_i \gg r_{vht}$, do đó

$$Z_r = r_i \quad (3.16)$$

- Khi có hồi tiếp:

$$I_{mg} = K_{mg} X_v = \frac{K_{mg}}{1 + K_{mg} K_m} X_v$$

$$U_{rh} = K_{ng} X_h r_r = K_{ng} X_v r_l$$

(khi hở mạch 22' $X_h = X_v$)

$$Z'_{rr} = \frac{U_{rh}}{I_{mg}} = r_r (1 + K_{ng} K_{mu}) = g_{ng} r_r \approx r_l \quad (3.17)$$

Với $r_{out} \ll r_l$ thì

$$Z'_{rr} \approx g/Z_r \quad (3.18)$$

Như vậy khi có hồi tiếp âm dòng điện thì trở kháng ra của phần mạch có hồi tiếp tăng lên g lần - $(1+KK_{ht})$.

4. Ảnh hưởng của hồi tiếp đến dải động của bộ khuếch đại và đến méo phi tuyến

Nhờ hồi tiếp âm, dải động của bộ khuếch đại được mở rộng. Thật vậy, khi không có hồi tiếp thì toàn bộ tín hiệu được đưa đến đầu vào bộ khuếch đại, do đó $X_e = X_v$. Khi có hồi tiếp, chỉ có một phần tín hiệu được đặt vào bộ khuếch đại:

$$X_h = X_v - K_{mu} X_l = X_v - KK_{ht} X_h$$

suy ra

$$X_h = \frac{X_v}{g}$$

Ngoài ra, vì tín hiệu vào của bộ khuếch đại có hồi tiếp X_h nhỏ hơn tín hiệu vào của bộ khuếch đại không hồi tiếp X_v là g lần, nên méo phi tuyến do độ cong đường tính truyền đạt của bộ khuếch đại gây ra, tương ứng cũng giảm đi ít nhất là bấy nhiêu lần.

Đó là một trong những ưu điểm lớn nhất của hồi tiếp âm vì nhờ vào đó có thể nâng cao tính chân thực và độ nhạy của bộ khuếch đại.

5. Ảnh hưởng của hồi tiếp âm đến tạp âm

Giả thiết tạp âm ngoài đưa vào giữa hai tầng của một bộ khuếch đại. Từ sơ đồ khối hình 3.7 viết được biểu thức;

$$[(X_{in} - K_{ht} X_l) K_1 + X_{in}] K_2 = X_o$$

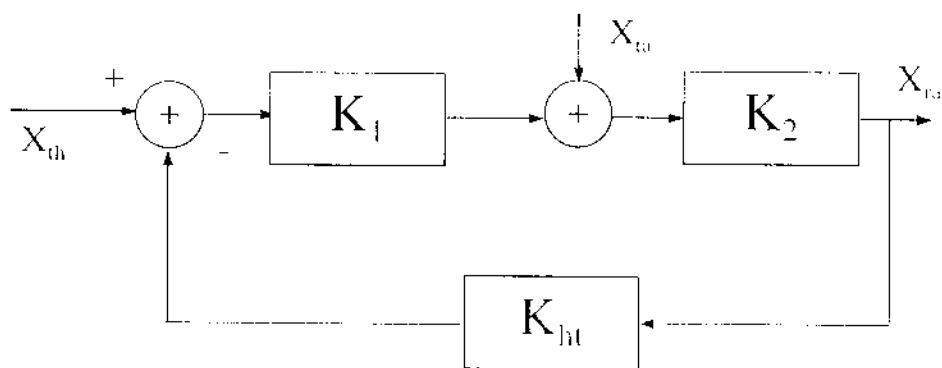
Chuyển vế ta được:

$$X_{rh} = \underbrace{\frac{K_1 K_2}{1 + K_1 K_2 K_{ht}}}_{X_{nh}} X_{th} + \underbrace{\frac{K_2}{1 + K_1 K_2 K_{ht}}}_{X_{ra}} X_{ta} \quad (3.19)$$

Từ (3.19) ta thấy: trong mạch có hồi tiếp, tạp âm ở đầu ra X_{ra} giảm đi $K_1 K_2 K_{ht}$ lần. Từ (3.19) rút ra tỷ số:

$$\frac{X_{nh}}{X_{ra}} = K_1 \frac{X_{th}}{X_{ta}} \quad (3.20)$$

Theo (3.20) tỷ số tín hiệu trên tạp âm ở đầu ra càng lớn khi K_1 càng lớn và chỉ có thể khử loại tạp âm xuất hiện sau tầng thứ nhất, không thể giảm nhỏ loại tạp âm xuất hiện ở ngay đầu vào bộ khuếch đại.



Hình 3.7 Sơ đồ để xác định ảnh hưởng của hồi tiếp đến tạp âm

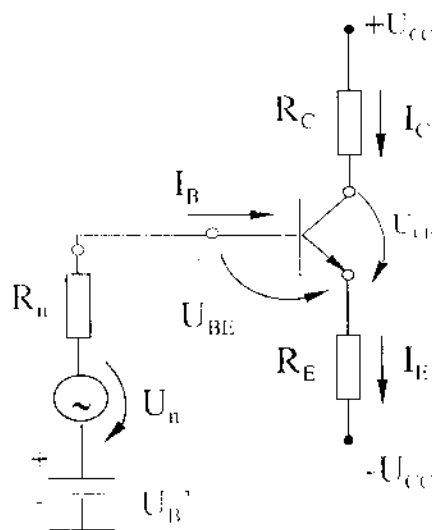
Trên đây chúng ta đã xét ảnh hưởng của hồi tiếp đến một số thông số cơ bản của bộ khuếch đại.

Chương 4: **CUNG CẤP VÀ ỔN ĐỊNH CHẾ ĐỘ CÔNG TÁC CHO CÁC TẦNG DÙNG TRANZISTOR**

4.1 MẠCH CUNG CẤP VÀ ỔN ĐỊNH CHẾ ĐỘ CÔNG TÁC CHO CÁC TẦNG DÙNG TRANZISTOR LƯƠNG CỰC

1. Chế độ tĩnh

Về nguyên tắc, việc cung cấp cho tranzistor để xác định điểm công tác tĩnh phải đảm bảo cho tranzistor luôn luôn làm việc trong miền tích cực và các tham số của nó luôn luôn thoả mãn các điều kiện cho phép. Muốn vậy, phải đảm bảo những yêu cầu sau:



Hình 4.1 Sơ đồ bộ khuếch đại emitter chung

U_n : điện áp nguồn tín hiệu

R_n : điện trở trong của nguồn tín hiệu

a) Điện thế collector phải dương hơn điện thế bazơ đối với tranzistor npn và âm hơn điện thế bazơ đối với tranzistor pnp từ 1 Volt đến vài Volt.

b) Mặt ghép bazo-emitor phải được phân cực thuận ($|U_{BE}| \approx 0,7V$ đối với transistor silic và $|U_{BE}| \approx 0,3V$ đối với transistor germani).

c) Dòng collector phải lớn hơn dòng điện dư collector-emitor nhiều, nghĩa là

$$|I_C| \gg |I_{CBO}|.$$

d) Phải đảm bảo các điều kiện cho phép về dòng áp, công suất và nhiệt độ. Như đã biết, chế độ tĩnh của một transistor mắc emitor chung được xác định bởi các tham số: I_B, I_C, U_{BE}, U_{CE} , trong đó thường cho trước một tham số, ví dụ cho trước I_C , ba tham số còn lại sẽ được xác định dựa vào thông số đã cho và vào họ đặc tuyến vào và ra của transistor:

$$\text{-Họ đặc tuyến vào: } U_{BE} = f_1(I_B, U_{CE}) \quad (4.1a)$$

$$\text{-Họ đặc tuyến ra: } I_C = f_2(U_{CE}, I_B) \quad (4.1b)$$

Quan hệ ràng buộc đó được đặc trưng bởi đường tải tĩnh (còn gọi là đường tải một chiều)

$$I_C = f_1(U_{CE}) \quad (4.1c)$$

Để minh họa, vẽ đường tải một chiều cho sơ đồ bộ khuếch đại trên hình 4.1.

Nếu giả thiết $I_C \approx I_E$, ta xác định được quan hệ:

$$I_C \approx \frac{2U_{CC}}{R_C + R_E} - \frac{U_{CE}}{R_C + R_E} \quad (4.2)$$

Biểu thức (4.2) là một dạng cụ thể của (4.1c), nó là biểu thức biểu diễn đường tải tĩnh trên họ đặc tuyến ra (hình 4.2)

Đường tải tĩnh có độ dốc:

$$\frac{dI_C}{dU_{CE}} = -\frac{1}{R_C + R_E}$$

Căn cứ vào biểu thức (4.2) và hai đặc tuyến trên ta có nhận xét sau:

a) Khi thay đổi giá trị của $R_C + R_E$ thì đường tải tĩnh quay xung quanh điểm P, còn khi thay đổi điện áp cung cấp, nguồn U_{CC} thì đường tải tĩnh dịch trái hoặc dịch phải. Điểm làm việc phải nằm trên đường tải tĩnh, đó là giao điểm của

đường tải tĩnh với đặc tuyến ra ứng với dòng vào I_{B0} vì dòng collector I_{C0} phải đồng thời thoả mãn (4.1b) và (4.1c).

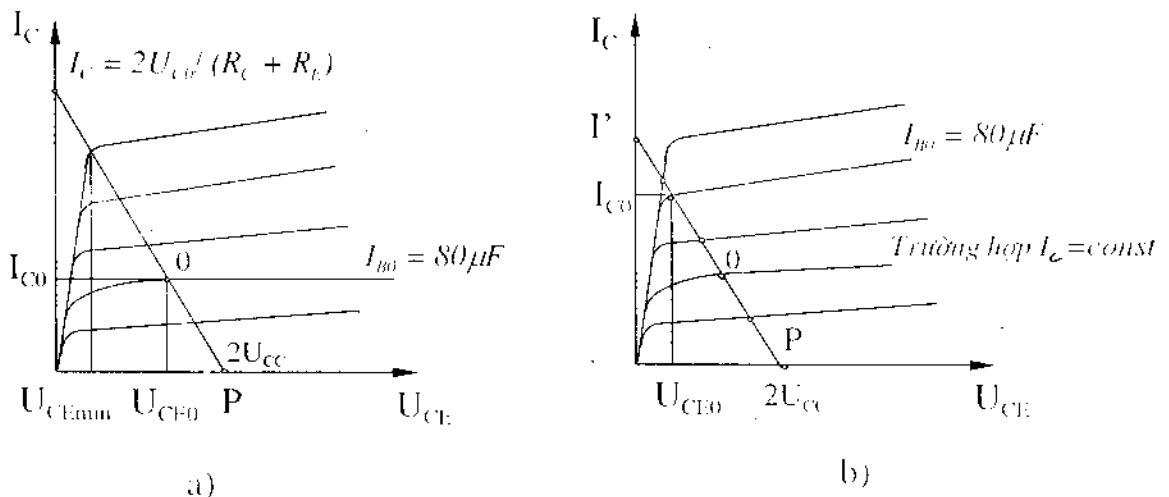
b) Trong thực tế thường cho trước điện áp nguồn cung cấp, lúc đó việc chọn điểm làm việc và điện trở một chiều (trong trường hợp trên là $R_C + R_E$) sẽ tùy thuộc vào các yếu tố sau đây:

- Biên độ tín hiệu ra (dòng, áp, công suất);
- Hệ số khuếch đại
- Dải tần của tín hiệu vào
- Tham số của mạng bốn cực
- Méo phi tuyến cho phép và điện trở vào và điện trở ra của mạch
- Tạp âm

Tham số giới hạn (I , U , P).

Tùy thuộc vào mục đích ứng dụng cụ thể của mạch, khi chọn điểm làm việc tĩnh có thể đặc biệt lưu tâm đến một số yếu tố nào đó đã kể trên và bỏ qua những yếu tố khác.

Sau khi đã chọn được điểm tĩnh, sẽ thiết lập vị trí của nó trong sơ đồ thực tế bằng cách đặt lên các cực của tranzistor những điện áp một chiều cần thiết (U_{CE0} và U_{BE0}).

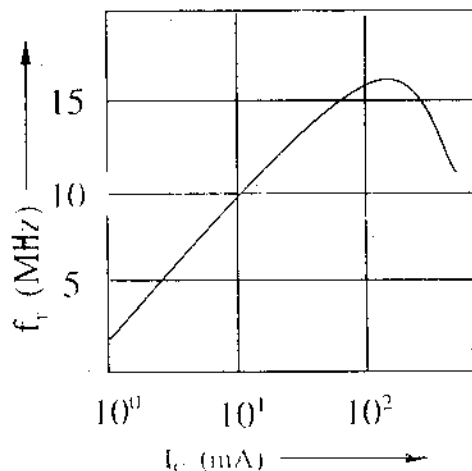


Hình 4.2 Đặc tuyến ra và đường tải tĩnh cho sơ đồ trên hình 2.1

- a) Tranzitor có hệ số khuếch đại tĩnh B_N bé;
b) Tranzitor có hệ số khuếch đại dòng tĩnh B_N lớn.

Vấn đề còn lại là ổn định điểm làm việc tĩnh để đảm bảo chất lượng yêu cầu của mạch.

Từ hình 4.2 ta thấy: trong ba tham số I_{CQ} , I_{BQ} và U_{CEQ} cần phải ổn định tham số nào. Hình 4.2b biểu diễn đặc tuyến ra của một tranzitor có hệ số khuếch đại dòng điện β_N lớn hơn so với β_N trên hình 4.2a (hoặc cùng loại tranzitor đó, nhưng nhiệt độ bên trong của bán dẫn (t_j'') cao hơn). Nếu giữ cho I_{BQ} không đổi thì điểm làm việc sẽ thay đổi nhiều khi β_N và t_j'' thay đổi. Trong những trường hợp bất lợi, điểm làm việc có thể di chuyển sang điểm bão hoà. Với điểm làm việc trên hình 4.2b, khi tín hiệu vào lớn sẽ có méo phi tuyến rất lớn. Vậy ổn định I_{BQ} sẽ không đạt được hiệu quả mong muốn. Thực tế, ổn định dòng colector I_{CQ} là có lợi hơn cả. Lúc này dù β_N hoặc t_j'' thay đổi nhiều, điểm làm việc cũng hầu như không đổi, chỉ có dòng điện vào I_{BQ} thay đổi.



Hình 4.3 Sự phụ thuộc của tần số vào dòng colector

Tóm lại:

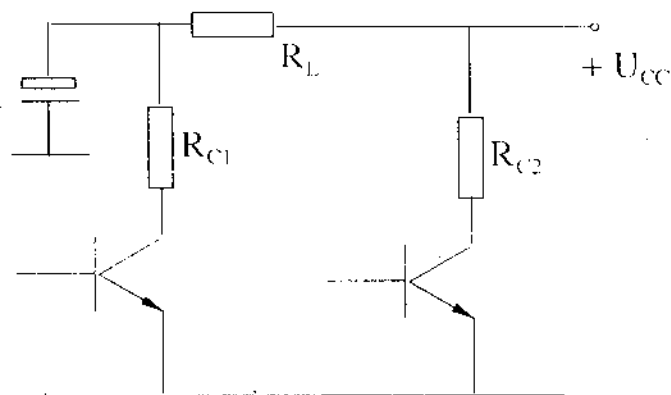
Tất cả các biện pháp ổn định điểm làm việc đều xoay quanh vấn đề ổn định dòng colector.

2. Mạch cung cấp

• **Mạch cung cấp dòng I_C** (hình 4.4)

Trị số R_C được xác định bằng toạ độ của điểm tĩnh (I_{CQ}, U_{CEQ}) trong họ đặc tuyến ra theo biểu thức (4.3)

$$R_C = \frac{U_{CC} - U_{CEQ}}{I_{CQ}} \quad (4.3)$$

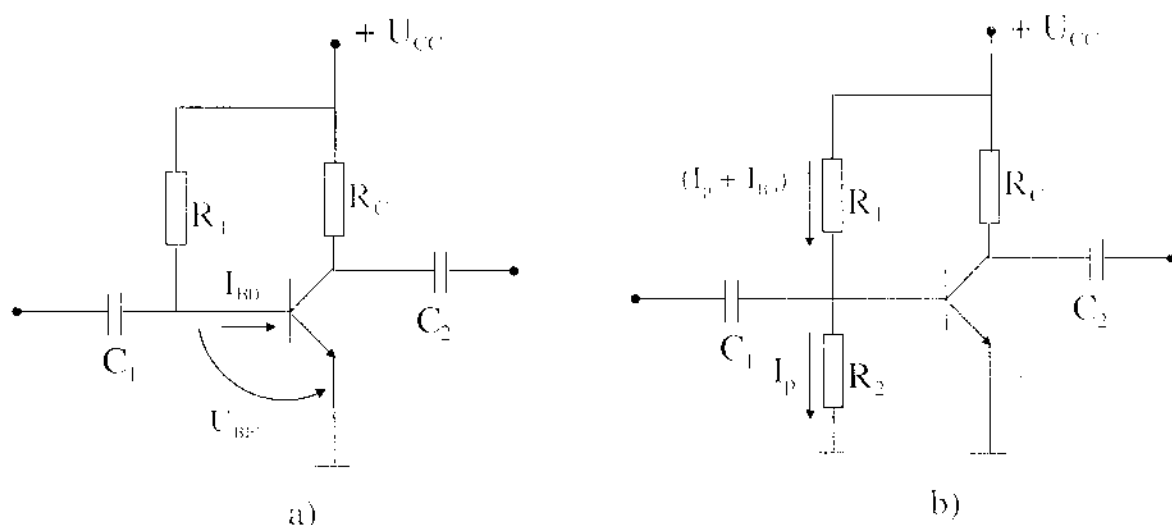


Hình 4.4 Mạch cung cấp colector của tầng khuếch đại dùng tranzitor.

Khi có nhiều tranzitor cùng dùng chung một nguồn cung cấp thì các tầng thường được mắc song song với nguồn cung cấp. Để giảm ghép ký sinh giữa các tầng, trong mạch collector của các tầng (trừ tầng cuối) thường mắc những mắt lọc $R_1 C_1$.

Mạch cung cấp thiên áp

Để có dòng tĩnh I_{C0} trong mạch collector, phải cung cấp cho bazo một điện áp nào đó, gọi là **thiên áp**. Cung cấp thiên áp cho bazo thường lấy từ nguồn cung cấp collector. Để cung cấp cho bazo có thể dùng các sơ đồ: định dòng bazo và định áp bazo như trình bày trên hình 4.5.



Hình 4.5 Các sơ đồ cung cấp thiên áp đơn giản cho tranzistor
a) Phương pháp định dòng bazo;
b) Phương pháp định áp bazo.

Trên sơ đồ hình 4.5a, điện áp định thiên cho bazo (U_{B0}) được dẫn qua điện trở R_1 vào bazo. Điện trở R_1 có trị số lớn hơn nhiều so với điện trở một chiều của mắt ghép bazo-emiter, do đó dòng định thiên (I_{B0}) được xác định gần đúng như sau:

$$I_{B0} \approx \frac{U_{cc}}{R_1} \quad (3.4)$$

Ở đây I_{B0} không phụ thuộc vào nhiệt độ cũng như không phụ thuộc vào tham số của tranzistor vì vậy mạch làm việc tương đối ổn định, tuy nhiên. Vì $I_c \approx B_N I_B$, mà coi I_{B0} là ổn định, nên dòng collector sẽ phụ thuộc nhiều vào B_N , làm cho điểm làm việc bị thay đổi khi B_N biến đổi tức là không ổn định. Vì vậy mạch này chỉ được dùng trong các bộ khuếch đại tín hiệu nhỏ (yêu cầu B_N nhỏ — suy ra biến đổi nhỏ), tần số thấp. Mạch có ưu điểm đơn giản. Các tụ điện C_1 và C_2 làm nhiệm vụ ngăn cách tín hiệu xoay chiều với nguồn cung cấp một chiều.

Cung cấp thiên áp bằng phương pháp định áp bazo (hình 4.5b) nhận được từ bộ phân áp R_1, R_2 mắc song song với nguồn cung cấp collector U_{cc} . Thiên áp U_{BE0} được xác định theo biểu thức (4.5).

$$U_{BE0} = I_p R_2 = U_{cc} R_2 (I_p + I_{B0}) \quad (4.5)$$

Thường chọn $I_p \gg I_{B0}$ (*) do đó biểu thức (4.5) có dạng gần đúng:

$$U_{BE0} \approx U_{cc} R_2 / R_1 \quad (4.6)$$

Ta nhận thấy U_{BE0} không phụ thuộc tham số của tranzistor tức không phụ thuộc nhiệt độ và độ tập tán của tham số tranzistor. Dòng I_p càng lớn thì U_{BE0} càng ổn định, muốn thế thì R_1, R_2 phải nhỏ. Thường chọn:

$$I_p \approx (0,3 : 3) I_{B_{max}} \quad (4.7)$$

Trong đó, $I_{B_{max}}$ là dòng xoay chiều trong mạch bazo ứng với mức tín hiệu vào lớn nhất. Lúc này thiên áp hầu như không phụ thuộc trị số dòng bazo I_{B0} (tức là điểm làm việc tĩnh được ổn định), do đó có thể dùng cho mạch khuếch đại tín hiệu lớn (chế độ B). Tuy nhiên, khi R_1 và R_2 nhỏ thì công suất tiêu thụ của nguồn cung cấp cũng tăng.

Ngoài hai phương pháp cung cấp thiên áp trên đây, còn phương pháp định dòng emítơ, nhưng phương pháp này ít dùng nguồn cung cấp riêng cho bazo, nên ta không xét ở đây.

3. Hiện tượng trôi điểm làm việc

Từ sơ đồ tương đương cho tranzistor làm việc trong miền tích cực ta nhận thấy đặc tính của tranzistor làm việc trong miền tích cực được đặc trưng chủ yếu bởi ba tham số: B_N (hoặc A_N); I_{CBo} (hoặc $I_{CBo} = B_N I_{B0}$) và U_{BE0} . Sự thay đổi của các tham số này là nguyên nhân dẫn tới sự thay đổi điểm làm việc tĩnh. Nếu biết

được quan hệ I_C (U_{BE} , I_{CBo} , B_N) của một mạch nào đó thì có thể tính toán được lượng thay đổi của I_C theo các tham số đặc trưng đã nói ở trên nhờ biểu thức (4.8).

$$\Delta I_C \approx \frac{\partial I_C}{\partial U_{BE}} \Delta U_{BE} + \frac{\partial I_C}{\partial I_{CBo}} \Delta I_{CBo} + \frac{\partial I_C}{\partial B_N} \Delta B_N \quad (4.8)$$

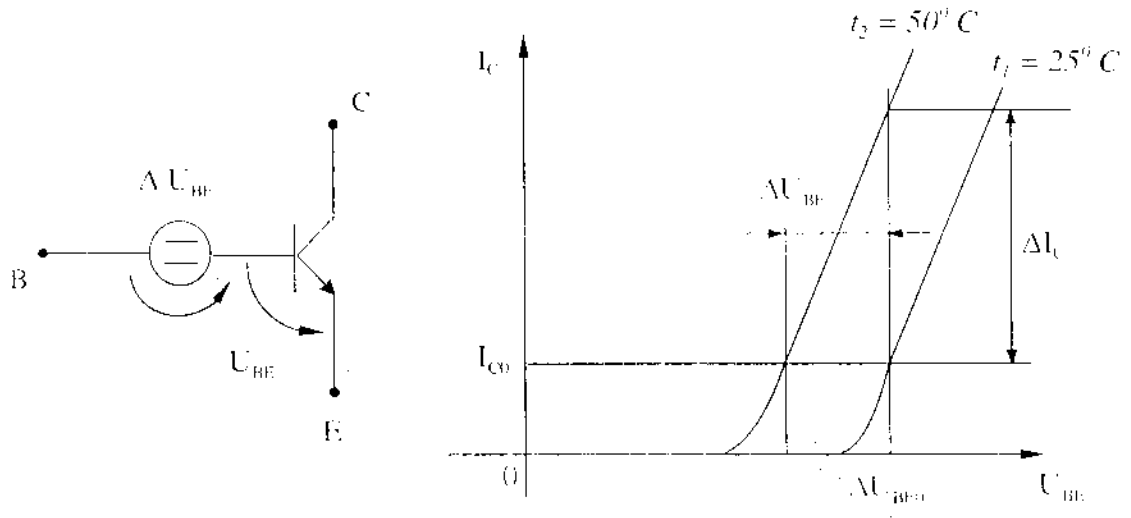
Các thành phần vế phải của biểu thức (4.8) gọi là *hệ số ổn định*. Chúng cho biết khả năng ổn định của một mạch. Lượng biến đổi ΔU_{BE} , ΔI_{CBo} và ΔB_N gọi là đại lượng trôi. Như ta đã nói trong chương 1, các đại lượng này đều phụ thuộc vào nhiệt độ. Bảng 4.1 cho biết một số giá trị đặc trưng cho sự phụ thuộc đó.

Bảng 4.1

Loại tranzitor Tham số	Silic		Gecmani		Silic		Gecmani	
t_j° ($^\circ\text{C}$)	-65	-65	+25	+25	+150	+70		
I_{CBo} (nA)	< 0,01	2	0,03	10	30	$30 \cdot 10^3$		
U_{BE} (V)	0,78	0,38	0,6	0,2	0,3	0,1		
B_N	25	20	55	55	100	90		

Đối với tranzistor Gecmani, sự phụ thuộc của điểm làm việc vào nhiệt độ chủ yếu được quyết định bởi dòng ngược I_{CBo} . Đối với tranzistor Silic, dòng ngược tăng nhanh hơn theo nhiệt độ, nhưng giá trị tuyệt đối lại nhỏ hơn so với tranzistor Gecmani ở cùng nhiệt độ, do đó với tranzistor có thể bỏ qua ảnh hưởng của I_{CBo} . Vì thế, để đảm bảo cho các mạch điện làm việc ổn định-đặc biệt là ở nhiệt độ cao, người ta hay dùng tranzistor Silic, lúc này cần quan tâm đến ảnh hưởng của U_{BE} . Để tính toán được điện áp trôi đến các dòng điện và điện áp một chiều, dùng sơ đồ trên hình 4.6, trong đó $U_{BE} = U_{BE0} + \Delta U_{BE}$. Điện áp trôi ΔU_{BE} có thể do sự biến đổi của nhiệt độ gây ra, cũng có thể do tập tán của tham số tranzistor gây ra. Điện áp trôi làm biến đổi điểm làm việc ban đầu U_{BE0} .

Khi dòng emítơ không đổi, nếu nhiệt độ mặt ghép thay đổi một lượng ΔT thì đặc tuyến $I_C = f(U_{BE})$ của tranzistor silic cũng như tranzistor gecmani sẽ tịnh tiến song song với trục tung một lượng là $2,5 \text{ (mV/}^\circ\text{C)}$. $\Delta t [1]$ (hình 4.6b).



Hình 4.6. a) Sơ đồ tương đương của tranzistor khi kể đến ảnh hưởng của ΔU_{BE} ;
b) ảnh hưởng của nhiệt độ đến chế độ công tác của tranzistor.

Tương đương với một lượng biến đổi điện áp bazo-emítơ:

$$\Delta U_{BE} \approx -2,5 \frac{\text{mV}}{^\circ\text{C}} \cdot \Delta t^\circ \quad (\text{Tranzistor npn})$$

hoặc
$$\Delta U_{BE} \approx 2,5 \frac{\text{mV}}{^\circ\text{C}} \cdot \Delta t^\circ \quad (\text{Tranzistor pnp})$$

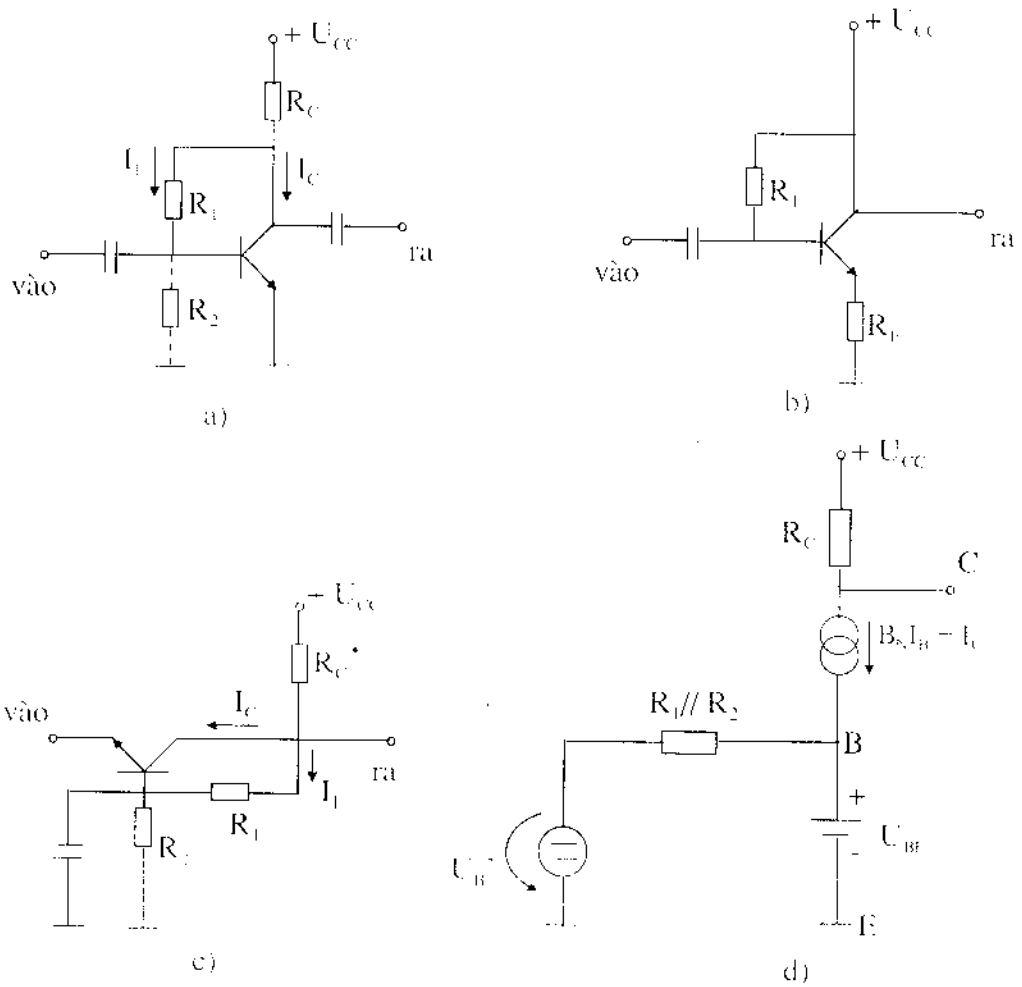
Ở đây $\Delta t^\circ > 0$ khi nhiệt độ tăng.

Trong trường hợp này U_{BE} sinh ra do nhiệt độ thay đổi, nên được gọi là *trôi nhiệt*.

Vậy dòng collector I_C của một tranzistor npn ($\approx I_E$) chỉ giữ nguyên không đổi khi nhiệt độ tăng một lượng Δt° nếu U_{BE} giảm một lượng $\Delta U_{BE} \approx 2,5 \frac{\text{mV}}{^\circ\text{C}} \cdot \Delta t^\circ$. Ngược lại, nếu giữ cho U_{BE} không đổi thì dòng collector sẽ tăng lên một lượng ΔI_C ; với ΔI_C được xác định theo biểu thức (4.9):

$$\Delta I_C \approx \Delta I_F \approx I_{EO} \left(\exp \frac{\Delta U_{BE}}{U_T} - 1 \right) \quad (4.9)$$

Trong đó, I_{EO} là dòng emitter khi $AU_{BE} = 0$.



Hình 4.7 Cung cấp và ổn định điểm làm việc bằng hồi tiếp âm điện áp một chiều:
a) Mạch emitter chung; b) mạch collector chung; c) mạch bazo chung;
d) sơ đồ tương đương của a) và c) (bỏ qua ảnh hưởng của R_1 , R_2 đến tải)
 $U_{BE} = U_{CE} \cdot R_1 / (R_1 + R_2)$

Để đánh giá mức độ ảnh hưởng của điện áp trôi đến điện áp ra, dùng *hệ số khuếch đại điện áp trôi* K_u , K_n được xác định như sau:

$$K_u = \frac{\Delta U_{out}}{\Delta U_{BE}} \quad (4.10)$$

Ở đây, ΔU_{ce0} là lượng biến đổi điện thế 1 chiều giữa đầu ra bộ khuếch đại và đất.

4. Các sơ đồ ổn định tuyến tính

Các sơ đồ ổn định điểm làm việc được dùng phổ biến nhất hiện nay là sơ đồ dùng hồi tiếp âm 1 chiều nhằm biến đổi thiên áp mạch vào của tranzistor sao cho có thể hạn chế sự di chuyển điểm tĩnh trên đặc tuyến ra, gây nên bởi các yếu tố mất ổn định.

- *Sơ đồ cung cấp và ổn định điểm làm việc bằng hồi tiếp âm điện áp một chiều (hình 4.7).*

Sơ đồ 4.7a chỉ khác sơ đồ 4.5a ở chỗ R_1 được nối với collector của tranzistor chứ không phải với nguồn cung cấp, ở đây R_1 vừa làm nhiệm vụ đưa thiên áp vào bazo bằng phương pháp định dòng bazo, vừa dẫn điện áp hồi tiếp về mạch vào.

Nguyên tắc ổn định: nếu có một nguyên nhân mất ổn định nào đó làm cho dòng một chiều I_{c0} trên collector tăng thì điện thế U_{ce0} giảm, do đó dòng định thiên bazo $I_{b0} \approx \frac{U_{ce0}}{R_1}$ giảm theo; làm cho I_{c0} giảm xuống, nghĩa là dòng tĩnh ban đầu I_{c0} được giữ nguyên.

Theo sơ đồ tương đương hình 4.7d, khi bỏ qua dòng ngược (dòng điện dư) I_{cb0} và giả thiết $I_c \gg I_1$, ta tính được:

$$\begin{aligned} U_{BE} &= U_B - \frac{I_B R_1 R_2}{R_1 R_2} = U_{CE} - \frac{R_2}{R_1 + R_2} - \frac{I_B R_1 R_2}{R_1 + R_2} \\ &= (U_{CE} - I_B R_1) \frac{R_2}{R_1 + R_2} = (U_{CE} - I_c R_1 - \frac{I_c R_1}{B}) \frac{R_2}{R_1 + R_2} \end{aligned} \quad (4.11)$$

Từ đó suy ra

$$\begin{aligned} I_c &= \frac{B_N [U_{CE} - U_{BE} (1 + \frac{R_1}{R_2})]}{B_N R_C + R_1} \\ I_c &\approx \frac{U_{CE} - U_{BE} (1 + \frac{R_1}{R_2})}{R_C} \end{aligned} \quad (4.12)$$

Theo (4.12), để mạch làm việc ổn định phải đảm bảo điều kiện $B_N R_C \gg R_1$,

$U_{CE} \gg U_{BE} (1 + R_1/R_2)$ và R_2 phải đủ lớn. Để cho dòng qua R_1 nhỏ, chọn $R_1 \gg R_C$.

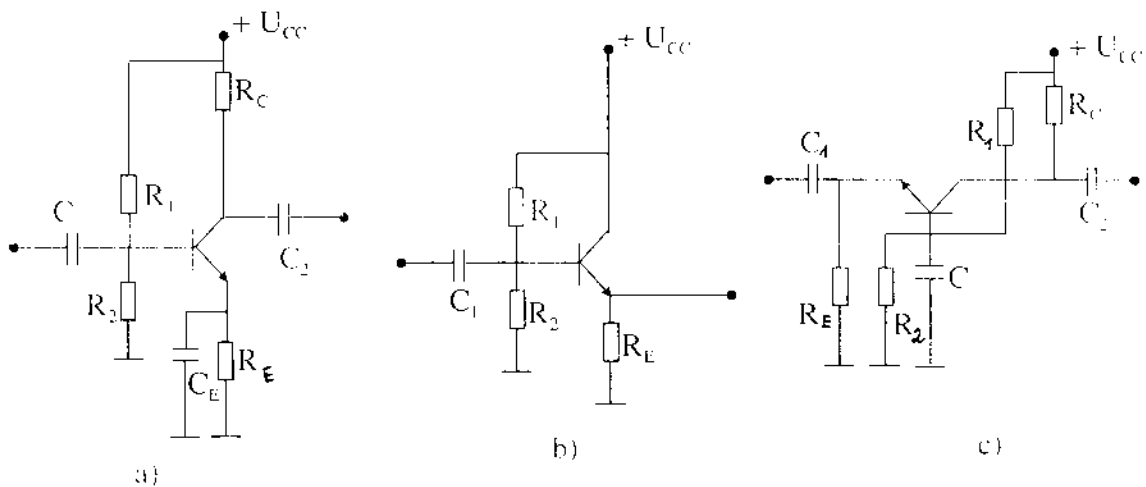
Theo kinh nghiệm, chọn R_c sao cho hạ áp một chiều trên nó tối thiểu bằng $0,2U_{cc}$.

Nếu giả thiết $I_B \ll I_1$, ta có $U_{CE} \approx U_{BE} (1 + R_1/R_2)$ do đó độ khuếch đại điện áp trôi xác định được theo biểu thức (4.13). (xác định theo công thức

$$K_u = \Delta U_{CE} / \Delta U_{BE})$$

$$K_u \approx 1 + \frac{R_1}{R_2} \quad (4.13)$$

Sơ đồ có ưu điểm: công suất tổn hao nhỏ vì R_1 và R_2 lớn. Trong sơ đồ hình



Hình 4.8 Sơ đồ cung cấp và ổn định điểm làm việc bằng hồi tiếp âm dòng điện một chiều:
a) Mạch emitter chung; b) Mạch collector chung; c) Mạch bazo chung.

4.7a có thể cho $R_2 = \infty$. Lúc đó điện thế collector

$$U_{CE} = U_{BE0} + I_B R_1$$

• *Sơ đồ cung cấp và ổn định điểm làm việc nhờ hồi tiếp âm dòng điện một chiều (hình 4.8).*

Nguyên tắc ổn định: khi I_C tăng (do nhiệt độ mặt ghép tăng hay do độ tạp tán tham số transistor...) thì điện áp hạ áp trên R_E $U_{E0} = I_E R_E$ tăng. Vì điện áp bazo lấy trên bộ phân áp R_1, R_2 gần như không đổi, nên thiên áp giữa bazo và emitter $U_{BE0} = I_B R_2 - U_{E0}$ (U_{E0} là điện áp tĩnh trên emitter) giảm làm cho I_B giảm theo, do đó I_C không tăng được.

Trong sơ đồ này, R_E làm nhiệm vụ hồi tiếp âm dòng điện một chiều để ổn định điểm làm việc. Để tránh hồi tiếp âm đối với dòng tín hiệu (dòng xoay chiều) trên R_E làm giảm hệ số khuếch đại của mạch, cần mắc song song với R_E một tụ thoát cao tần C_E có trị số sao cho có thể coi C_E ngắn mạch đối với dòng tín hiệu.

Sơ đồ trên hình 4.8 dùng hồi tiếp âm dòng điện một chiều để ổn định điểm làm việc. Để phân tích ta dùng sơ đồ 4.1 và sơ đồ tương đương của nó trên hình 4.9. Dựa vào đó, xác định được quan hệ sau:

$$R_E I_{E0} = -U_{CC} + U'_B - U_{BE0} - I_B R_B \quad (4.14)$$

Mặt khác dựa vào mối quan hệ giữa các dòng điện $i_{C,B,E}$ ở chế độ tĩnh:

$$I_{E0} = I_{E0}/(1 + B_N) - I_{CB0}$$

thay vào (4.14) và chuyển vế sẽ có được biểu thức (4.15) là biểu thức để xác định dòng emitter ở chế độ tĩnh:

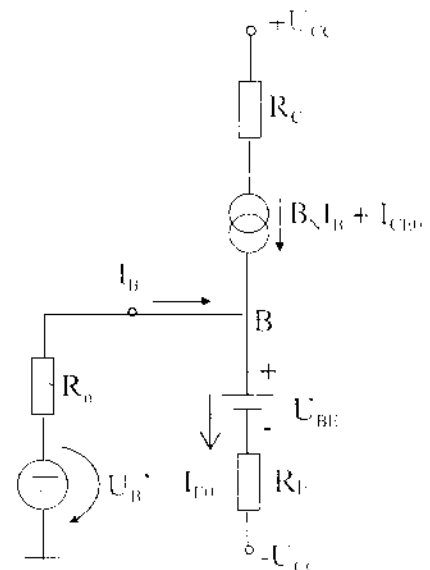
$$I_{E0} = \frac{U_{CC} + U'_B - U_{BE0} + I_{CB0} R_B}{R_E + R_B / (1 + B_N)} \quad (4.15)$$

Nếu dòng điện dư I_{CB0} đủ nhỏ và điện trở R_B đủ lớn [$R_B \gg R_{n0}/(1 + B_N)$] thì dòng điện emitter hầu như không phụ thuộc vào tham số tranzistor và chỉ có sự thay đổi của U_{BE} ảnh hưởng đến I_{E0} (R_B là điện trở tính từ chân B xuống đất). Thường điện áp bazơ-emiter thay đổi trong phạm vi:

$$\Delta U_{BE} < (0,1 \div 0,2) \text{ V}$$

Nếu $U_{CC} + U'_B \gg \Delta U_{BE}$, thì ảnh hưởng này không đáng kể. Trường hợp thường gặp là $U_{CC} + U'_B \gg U_{BE0}$, lúc đó từ (4.15) suy ra biểu thức gần đúng sau đây:

$$I_C \approx B_N I_B \approx \frac{U_{CC} + U'_B}{R_E}$$



Hình 4.9 Sơ đồ tương đương một chiều của mạch điện trên hình 4.1

Qua phân tích như trên, ta nhận thấy I_C hầu như không phụ thuộc vào R_C và vào các tham số của tranzistor. Do đó có thể kết luận: sơ đồ emitter chung dùng hồi tiếp âm dòng điện để ổn định điểm làm việc có tác dụng như một nguồn dòng. Sơ đồ làm việc càng ổn định khi $|U_{BE}|$ và $R_B I_{CBO}$ càng nhỏ so với $U_{CC} + U'_B$ và $R_B \ll (1+B_N)R_E$. Thường chọn R_E theo biểu thức sau:

$$I_E R_E \approx (1 \div 2) V$$

Quay lại đối với các sơ đồ trên hình 4.8 ta cũng xác định được dòng collector $I_{CQ} \approx I_{EQ}$ theo biểu thức (4.15). Trường hợp $R_C = 0$, tức với mạch collector chung (mạch lặp emitter) I_C vẫn giữ nguyên không đổi.

Vì phân biểu thức (4.15) theo U_{BE} sẽ suy ra được biểu thức (4.16) để tính hệ số khuếch đại điện áp trôi:

$$\Delta I_C \approx \Delta I_E \approx \frac{\partial I_E}{\partial U_{BE}} \Delta U_{BE} = \frac{-\Delta U_{BE}}{R_E + R_n / (1 + B_N)} = - \frac{\Delta U_{BE}}{R_E}$$

hay

$$K_u = \frac{\Delta U_{CQ}}{\Delta U_{BE}} = \frac{\Delta I_C R_C}{\Delta I_E R_E} \approx - \frac{R_C}{R_E} \quad (4.16)$$

Hệ số khuếch đại điện áp trôi trong trường hợp này bằng hệ số khuếch đại điện áp tín hiệu.

Hiện nay các sơ đồ ổn định điểm làm việc dùng hồi tiếp âm dòng điện một chiều thường được dùng nhiều nhất. Chúng cho phép công tác ổn định khi hệ số khuếch đại dòng B_N thay đổi từ 5 ÷ 10 lần và nhiệt độ biến thiên trong phạm vi từ 30°C đến 100°C. Tuy nhiên, chúng có nhược điểm là: có tổn hao phụ trên điện trở R_E và hệ số khuếch đại một chiều giảm (do hồi tiếp âm một chiều trên R_E).

Để minh họa, ta xét ví dụ sau đây:

Ví dụ: Mạch điện trên hình 4.8a có các thông số:

$U_{CC} = 9V$; $R_1 = 50 k\Omega$; $R_2 = 20k\Omega$; $R_E = 2k\Omega$; $R_C = 5k\Omega$ và tranzistor có $B_N = 50$; $U_{BE} = 0,7 V$; $I_{CBO} = 10nA$.

a) Tính các tham số của mạch ở chế độ tĩnh;

b) Tính hệ số khuếch đại điện áp trôi K_u .

c) Tính lượng biến đổi dòng collector khi thay vào một tranzistor khác có $B_N = 100$; $U_{BE} = 0,6 \text{ V}$; $I_{CBO} = 100 \mu\text{A}$ và nhận xét về ảnh hưởng của ba tham số đó đến công tác của mạch.

Giải: a) Từ (4.15) tính được

$$I_{CQ} \approx I_{CQ} = \frac{U_{R_1, R_2} - U_{BE} + R_E I_{CBO}}{R_1 + R_2 / (1 + B_N)}$$

$$= \frac{U_{CQ} - \frac{R_1}{R_1 + R_2} U_{CQ} - U_{BE} + (R_1 // R_2) I_{CBO}}{R_E + \frac{(R_1 // R_2)}{1 + B_N}} = \frac{2,6 \text{ V} - 0,7 \text{ V} + 1,43 \text{ mV}}{2,10^3 + 280} = 0,83 \text{ mA}$$

$$I_{BQ} \approx \frac{I_{CQ}}{B_N} = 16,6 \mu\text{A}$$

$$U_E = I_E R_E = 1,66 \text{ V}$$

$$U_{CEQ} = U_C - U_E = U_{CC} - I_C R_C - U_E = 3,19 \text{ V}$$

$$\text{b) } K_u \approx \frac{R_{CQ}}{R_E} = 2,5$$

Chú thích: Biểu thức 4.15 trong trường hợp này có $U_{CE} = 0$ (nối đất).

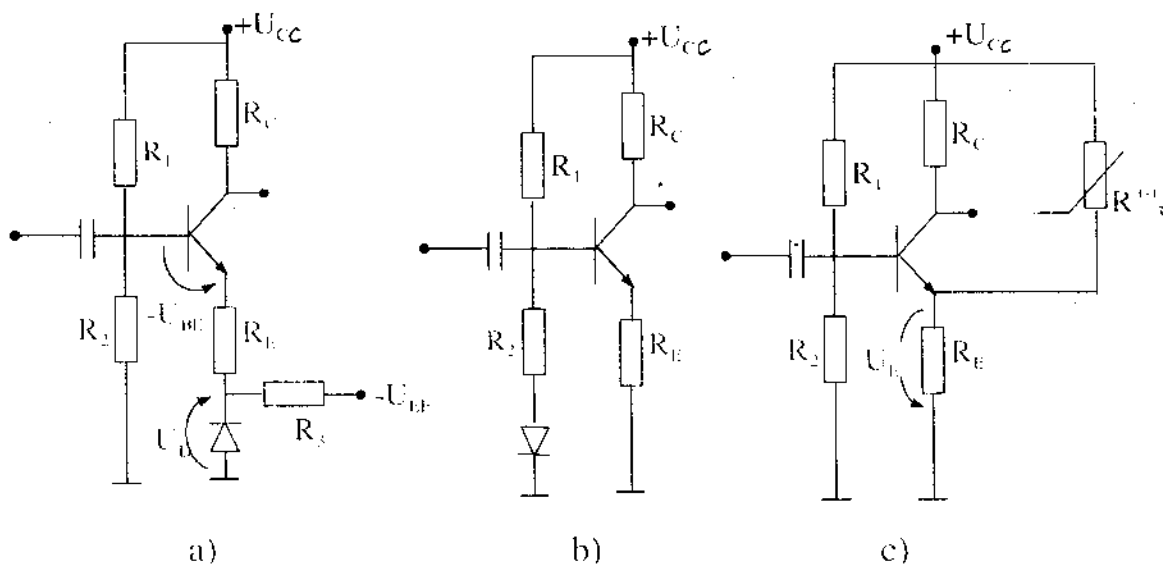
Nhận xét: Trong ba tham số B_N , U_{BE} và I_{CBO} thì U_{BE} gây ảnh hưởng lớn nhất đến sự thay đổi của I_{CQ} , sau đó đến B_N ; còn sự thay đổi của I_{CQ} theo I_{CBO} không đáng kể.

Chú ý rằng những sơ đồ ổn định dòng hồi tiếp âm dòng điện một chiều chỉ được dùng khi thành phần dòng một chiều trong mạch ra không phụ thuộc vào biên độ tín hiệu vào, nghĩa là mạch làm việc ở chế độ A.

Ở chế độ B, C do thành phần một chiều của dòng ra phụ thuộc biên độ tín hiệu vào, nên trong sơ đồ có hồi tiếp âm dòng điện, điểm làm việc tĩnh bị thay đổi theo mức tín hiệu vào, có thể gây méo tín hiệu nghiêm trọng.

5. Các sơ đồ ổn định phi tuyến

Để ổn định điểm làm việc trong các sơ đồ ổn định phi tuyến, người ta áp dụng phương pháp bù nhiệt nhờ các phần tử có tham số phụ thuộc nhiệt độ như tranzistor, diốt, điện trở nhiệt. Các sơ đồ này thường được dùng trong mạch tổ hợp và trong các tầng khuếch đại công suất.



Hình 4.10 Các sơ đồ ổn định phi tuyến:

a) Sơ đồ bù; b) Sơ đồ bù ΔU_{BE} và bù nguồn ổn định cung cấp; c) Sơ đồ bù dùng điện trở nhiệt

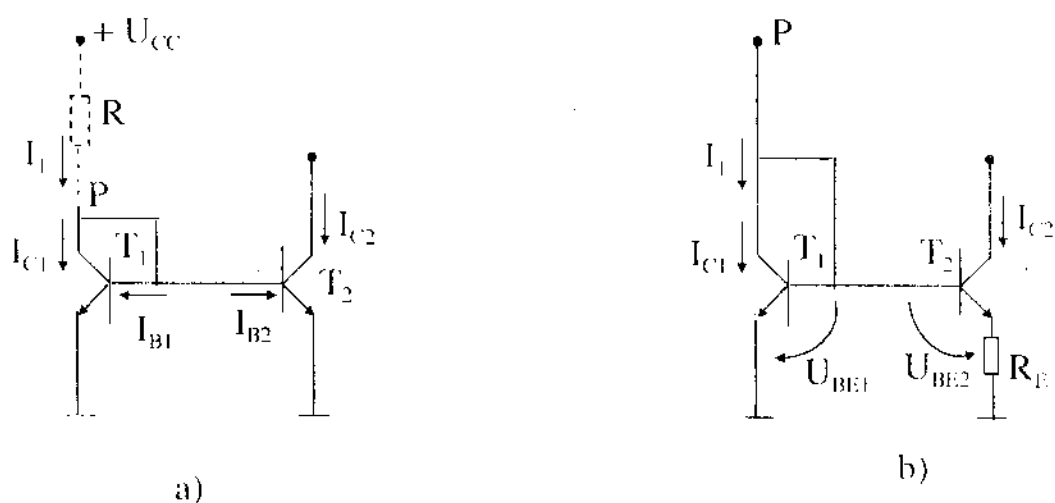
Nếu diốt và tranzistor trên hình 4.10a đều được sản xuất từ một loại bán dẫn như nhau và nếu nhiệt độ mặt ghép của chúng như nhau thì đặc tính nhiệt của điện áp bazo-emiter và của điện áp hạ trên diốt như nhau; hơn nữa, U_{BE} và U_D có chiều ngược nhau, nên ảnh hưởng của nhiệt độ được bù hoàn toàn. Để giảm ảnh hưởng do độ tập tán của tham số tranzistor gây ra và ảnh hưởng của thời gian, dùng thêm biện pháp hồi tiếp âm dòng điện nhờ điện trở R_E . Sơ đồ trên hình 4.10b cũng làm việc theo nguyên tắc đó. Tuy nhiên sơ đồ 4.10b còn có thể bù được các biến đổi của nguồn điện áp cung cấp: khi mắc nối tiếp với R_2 một số diốt theo chiều phân cực thuận, thì R_1 , R_2 và các diốt đó tạo thành mạch phân áp đưa điện áp cung cấp vào bazo, nếu chọn $R_2 \ll R_1$ thì điện áp bazo hầu như không phụ thuộc vào nguồn điện áp cung cấp U_{CC} .

Sơ đồ hình 4.10c dùng điện trở nhiệt có hệ số nhiệt âm để bù. Khi nhiệt độ tăng thì R_T giảm, do đó điện áp trên emitter U_E tăng làm cho dòng collector giảm sao cho có thể bù lại sự tăng của dòng collector theo nhiệt độ. Tương tự như vậy cũng có thể mắc $R_T^{(+)}$ song song với R_2 hoặc mắc một điện trở nhiệt có hệ số nhiệt dương $R_T^{(+)}$ song song với R_1 .

Các sơ đồ ổn định phi tuyến có ưu điểm: mạch ổn định chỉ gây tổn hao phụ không đáng kể và không làm giảm dải điện áp ra.

6. Ổn định điểm làm việc trong các mạch tổ hợp tương tự

Trong các mạch tổ hợp tương tự, để ổn định điểm làm việc người ta dùng các nguồn dòng, vì mạch điện nguồn dòng dễ thực hiện dưới dạng mạch tổ hợp.



Hình 4.11 Mạch điện dùng nguồn dòng để ổn định I_{C2} :

- a) Mạch ổn định đơn giản;
- b) Mạch ổn định cho trường hợp dòng I_{C2} nhỏ.

Trên hình 4.11 là sơ đồ của hai nguồn dòng. Giả thiết I_C không phụ thuộc U_{CE} , và tranzistor T_1 và T_2 có tham số hoàn toàn giống nhau và ở cùng nhiệt độ, do đó:

$$I_1 = I_{C1} \text{ và } I_{B1} = I_{B2} \approx \frac{I_{C2}}{\beta_N} \quad (\text{với } I_{C2} \ll I_1).$$

Theo sơ đồ hình 4.11a, ta có

$$I_1 = I_{C1} + 2I_{B2} \approx I_{C2} + \frac{2I_{C2}}{B_N}$$

Từ đó suy ra:

$$I_{C2} \approx \frac{I_1}{1 + 2/B_N} \approx I_1 \text{ khi } B_N \gg 2 \quad (4.17)$$

Biểu thức (4.17) cũng áp dụng được với dòng tín hiệu. Từ (4.17) ta thấy rằng: có thể dùng I_1 để điều khiển trị số I_{C2} . Để có được I_1 ổn định, cách đơn giản nhất là nối điểm P với nguồn điện áp một chiều ổn định U_{CC} qua điện trở R. Khi đó ta có dòng I_1 ổn định tức tạo được nguồn dòng I_{C2} ổn định (ví dụ dùng để cấp cho mạch vi sai).

Trong các mạch tổ hợp, người ta tránh chế tạo các điện trở có trị số lớn (vì nó chiếm thể tích lớn); do đó khó tạo được dòng I_1 nhỏ ($I_1 \approx U/R$ với $U \gg U_{BE1}$). Vì vậy để có dòng collector nhỏ, dùng sơ đồ 4.11b.

Ta chứng minh được nhờ mắc thêm điện trở hồi tiếp R_{E2} , nên $I_{C2} \ll I_1$, do đó sơ đồ (4.11b) dùng để điều khiển một dòng collector ổn định, có trị số nhỏ hơn trị số của I_1 nhiều.

Tóm lại hai sơ đồ trên đều dùng dòng I_1 để điều khiển dòng I_{C2} , tức là có thể ổn dòng I_{C2} bằng cách cố định dòng I_1 nhờ ổn áp điện nguồn U_{CC} (ta có nguồn dòng).

4.2. MẠCH CUNG CẤP VÀ ỔN ĐỊNH CHẾ ĐỘ CÔNG TÁC CỦA CÁC TĂNG DÙNG TRANZISTOR HIỆU ỨNG TRƯỜNG

1. Chế độ tĩnh

Về nguyên tắc, việc cung cấp và ổn định điểm làm việc đối với FET cũng giống như đối với tranzistor lưỡng cực. Đối với FET để xác định điểm làm việc tĩnh phải xác định I_D , U_{GS} và U_{DS} . Ổn định điểm làm việc được thực hiện bằng cách ổn định dòng I_D . Người ta không ổn định điểm làm việc bằng cách ổn áp U_{GS} , vì độ tập tán tham số của FET rất lớn làm cho I_D thay đổi nhiều, dẫn đến méo phi tuyến lớn (điểm làm việc di chuyển sang cả miền triot).

Việc chọn điểm làm việc phụ thuộc vào nhiều yếu tố: dải rộng, méo phi tuyến, điện áp nguồn cung cấp, hệ số khuếch đại, đặc tính tần số, công suất tổn hao cho phép, điện áp và dòng điện cho phép, tạp âm, trôi dòng I_D .

Trong trường hợp khuếch đại tín hiệu, FET phải làm việc trong miền tĩnh $|U_{GS}| > |U_{DSP}|$ và việc xác định điểm tĩnh phải thỏa mãn những yêu cầu sau:

-Dòng máng $|I_D| > 0$ (đối với JFET còn phải đảm bảo điều kiện $|I_D| < |I_{DSS}|$).

-Điện áp cửa-nguồn $U_{GS} > U_p$ (FET kênh n); $U_{GS} < U_p$ (FET kênh p) đối với JFET thì điốt cửa phải luôn luôn ở trạng thái phân cực ngược.

-Điện áp máng-nguồn $|U_{DSP}| < |U_{DS}| < |U_{DIDS}|$; trong đó U_{DIDS} là điện áp đánh thủng giữa cực máng và cực nguồn.

-Công suất tổn hao $P_v \leq P_{vmax}$ và các dòng điện và điện áp thỏa mãn các điều kiện cho phép.

Kinh nghiệm cho thấy, trong các bộ khuếch đại tần số thấp, chọn dòng tĩnh I_{D0} khoảng vài μA và điện trở máng R_D từ $(0,1 \div 1) M\Omega$ là có thể đạt được hệ số khuếch đại mong muốn. Đối với các bộ khuếch đại cao tần, chọn $I_{D0} \approx (0,3 \div 0,5)I_{DSS}$ để đạt được độ dốc đủ lớn. Điểm làm việc thường chọn điểm trung bình trên đường tải tĩnh.

2. Các sơ đồ ổn định điểm làm việc

Vấn đề ổn định ở đây là làm cho điểm làm việc không phụ thuộc vào độ tạp tần tham số của FET, không phụ thuộc nhiệt độ, thời gian và các biến đổi của điện áp nguồn cung cấp. Khi áp dụng các biện pháp ổn định cần lưu ý rằng: U_p và I_{DSS} có độ tạp tần rất lớn (khoảng 3 đến 5 lần).

Cũng giống như trong các tầng khuếch đại dùng tranzistor lưỡng cực, biện pháp ổn định điểm làm việc đối với các tầng dùng tranzistor trường là dùng nguyên tắc hồi tiếp âm dòng điện và điện áp.

Chương 5: CÁC SƠ ĐỒ CƠ BẢN CỦA TẦNG KHUẾCH ĐẠI DÙNG TRANZISTOR VÀ MẠCH GHÉP GIỮA CÁC TẦNG

5.1 SƠ ĐỒ EMITER CHUNG

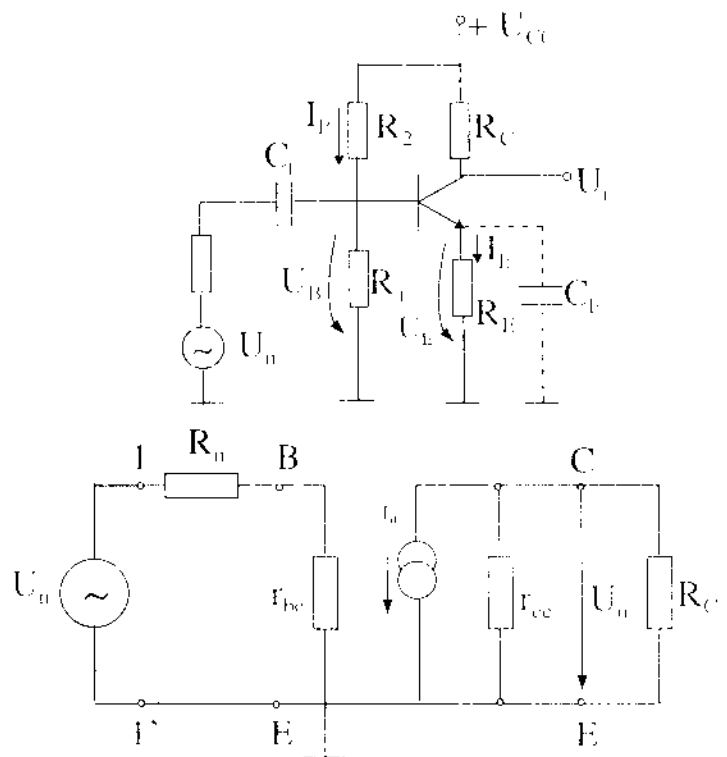
1. Thiết lập mạch ở chế độ tĩnh

Xét sơ đồ trên hình 5.1. Giả thiết biên độ điện áp ra yêu cầu $U_r = 2V$, dùng tranzistor có $B_N = 100$, $U_{CE} = 0.5V$.

Bước 1: Tính lượng biến đổi điện áp ra trên colector (lấy mức cao nhất trừ đi mức thấp nhất) $\Delta U_c = 2U_r = 4V$. Điện áp tối thiểu trên colector $U_{cmin} = U_E + U_{ce}$. Chọn $U_{cmin} = 2.5V$, do đó $U_{cc} \geq U_{cmin} + \Delta U_c = 6.5V$. Để dự trữ, chọn $U_{cc} = 8V$.

Bước 2: Chọn điện áp trên điện trở R_E để ổn định điểm làm việc, chọn $U_E \approx 2V$ (lớn).

Bước 3: Chọn I_c , vì không có yêu cầu gì đặc biệt về dải tần, trở kháng vào, nên có thể chọn I_c tương đối tùy ý. Thường chọn I_c trong phạm vi mA . Ta chọn $I_c = 1mA$.



Hình 5.1 Tầng khuếch đại emitter chung.

Bước 4: Tính $R_L = U_E / I_E \approx \frac{U_E}{I_C} = 2 \text{ k}\Omega$.

Bước 5: Chọn $I_P = 10I_R \approx 10I_C / \beta_N = 100 \mu\text{A}$.

Bước 6: Tính $(R_1 + R_2) = U_{CC} / I_P = 80 \text{ k}\Omega$.

Bước 7: Tính $R_1 = U_B / I_P = (U_E + U_{BE}) / I_P = (2 + 0,7) / 10^{-4} = 27 \text{ k}\Omega$ (đúng điện trở chuẩn).

Bước 8: Tính $R_2 = (R_1 + R_2) - R_1 = 80 - 27 = 53 \text{ k}\Omega$. Chọn điện trở chuẩn $R_2 = 56 \text{ k}\Omega$.

Bước 9: Chọn điện áp tĩnh trên collector. Vì không có yêu cầu gì đặc biệt nên không cho trước R_C . Chọn U_{CQ} sao cho nó nằm giữa dải động, nghĩa là:

$$U_{CQ} = U_{CC} - 1/2[U_{CC} - U_E - U_{CEK}] = 8 - 1/2(8 - 2 - 0,5) = 5,25 \text{ V}.$$

Bước 10: Tính $R_C = (U_{CC} - U_{CQ}) / I_C = (8 - 5,25) / 10^{-3} = 2,75 \text{ k}\Omega$, chọn điện trở chuẩn $R_C = 2,7 \text{ k}\Omega$.

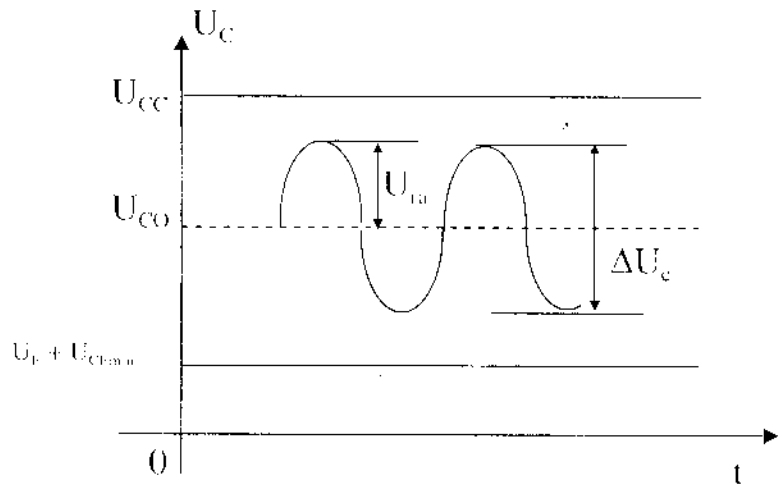
Công suất tổn hao trong tranzistor:

$$P_{\Omega} = I_C U_{CE} = I_C (U_{CQ} - U_{E0}) = 10^{-3} (5,25 - 2) = 5,25 \text{ mW}$$

phải nhỏ hơn công suất tổn hao

cho phép của tranzistor ở nhiệt độ vận hành.

Chú ý: Nếu cần ổn định trước R_C để đảm bảo tần số giới hạn trên f_c thì cho trước $R_C = (1 \div 2) \text{ k}\Omega$ và khi tính toán nên ấn định R_C vào bước 3 sau đó mới xác định I_C .



Hình 5.2 Minh hoạ dạng điện áp ra trên collector của sơ đồ hình 5.1 (C_E hở).

2. Sơ đồ emitter chung đơn giản (không có hồi tiếp âm xoay chiều)

Sơ đồ emitter chung đơn giản được biểu diễn trên hình 5.1, trong đó điện dung của tụ điện có trị số đủ lớn, sao cho hạ áp trên emitter chỉ là hạ áp một chiều và mạch chỉ có hồi tiếp âm dòng điện một chiều để ổn định điểm làm việc tĩnh. Bằng phương pháp dùng sơ đồ tương đương ta tính được một số tham số cơ bản của mạch:

- Hệ số khuếch đại điện áp toàn phần:

$$K_{up} = \frac{U_o}{U_n} = \frac{K_u U_i}{U_n} = \frac{\beta (R_c // r_{ce})}{r_{be} (1 + \frac{R_e}{r_{be}})} \quad (5.1a)$$

$$K_{up} = \frac{S(R_c // r_{ce})}{(1 + \frac{R_e}{r_{be}})} \quad (5.1b)$$

(Trong đó S là độ dẫn của đèn, R_n là điện trở trong của nguồn tín hiệu)

Trường hợp $R_n \ll r_{be}$ và $R_c \ll r_{ce}$ thì K_{up} đạt giá trị cực đại:

$$K_{up} = K_u = SR_c \quad (5.2)$$

Mặt khác ta có :

$$r_{be} \approx \beta r_b = \beta (U_T / I_E) \approx \beta (U_T / I_C),$$

(U_T là điện áp nhiệt trên collector, ở nhiệt độ 25°C có giá trị là 26mV)

do đó biểu thức (5.1) có thể viết lại như sau:

$$K_{up} \approx \frac{I_C R_c}{U_T} \quad (5.3)$$

Vậy hệ số khuếch đại điện áp cực đại chỉ phụ thuộc hạ áp một chiều trên điện trở collector. Tuy nhiên không nên chọn $I_C R_c$ quá lớn làm cho tranzistor chuyển sang làm việc ở khu vực bão hoà và gây méo lớn. Thường chọn $I_C R_c$ lớn hơn một nửa điện áp cung cấp một chiều U_{CC} . Khi điện trở trong R_n của nguồn tín hiệu lớn, phải tăng r_{be} bằng cách chọn tranzistor có hệ số khuếch đại β lớn và chọn điểm làm việc tĩnh sao cho dòng tĩnh I_E nhỏ.

- Hệ số khuếch đại dòng điện

$$K_v = \frac{I_c}{I_b} = \frac{\beta I_{BQ}(r_{be} // R_c)}{R_c} = \beta \frac{1}{1 + R_c / r_{be}} \quad (5.4)$$

- Điện trở vào:

$$Z_A = Z_{i1} = R_{b1} + r_{be} \quad (5.5)$$

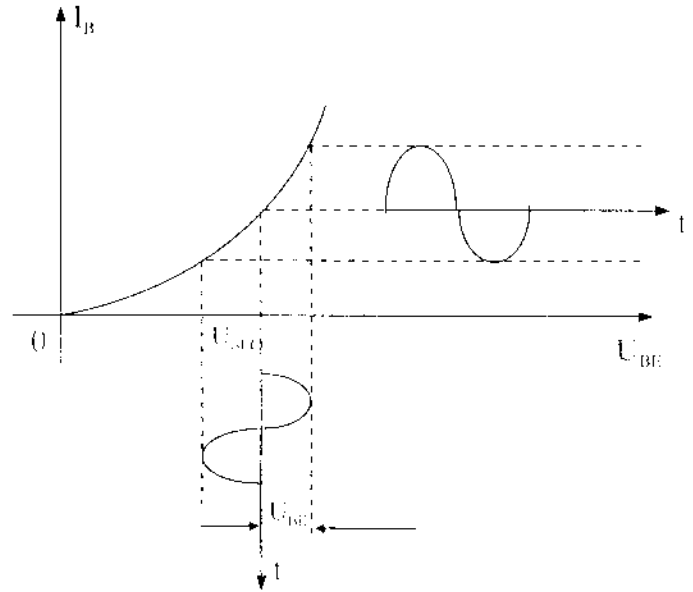
- Điện trở ra:

$$Z_o = Z_{iC} = r_{ce} // R_c \quad (5.6)$$

- Méo phi tuyến:

Thông thường có thể coi quan hệ giữa dòng vào i_b và dòng ra i_c là tuyến tính. Vì vậy nguyên nhân gây méo chủ yếu là do quan hệ phi tuyến của đặc tuyến vào $I_B = f(U_{BE})$.

Vì đang xét bộ khuếch đại trong phạm vi tần số thấp (tín hiệu biến thiên chậm), nên đặc tuyến vào cũng có thể dùng để biểu diễn quan hệ của dòng tín hiệu i_b và điện áp tín hiệu u_{be} (hình 5.3). Giả thiết điện áp vào hình sin:



Hình 5.3 Đặc tuyến vào.

$$U_{be} = U_{BEQ} + U_{BE} \sin \omega t$$

Biết phương trình của đặc tuyến vào :

$$i_b \approx I_0 \exp \frac{u_{be}}{U_T} \quad (5.7)$$

với $I_0 \approx I_{EBQ} (1 - A_N)$.

Thay U_{be} vào biểu thức (5.22), sẽ nhận được:

$$i_b = I_0 \exp \frac{U_{BEQ}}{U_T} \cdot \exp \left(\frac{U_{BE}}{U_T} \sin \omega t \right) \quad (5.8)$$

$$\text{Đặt } I_{B0} = I_0 \exp \frac{U_{BE0}}{U_T}$$

Giả thiết méo phi tuyến do hài bậc 2 gây ra, áp dụng khai triển Taylor cho hàm e^x , lấy đến số hạng bậc 2, ta có:

$$I_b \approx I_{B0} \left[1 + \frac{U_{BE}}{U_T} \sin \omega t + \frac{U_{BE}^2}{4U_T^2} (1 - \cos 2\omega t) \right] \quad (5.9)$$

trong đó đặt

$$u_1 = \frac{U_{BE}}{U_T} \sin \omega t = U_1 \sin \omega t \text{ là thành phần cơ bản,}$$

$$u_2 = \frac{U_{BE}^2}{4U_T^2} \cos 2\omega t = U_2 \cos 2\omega t \text{ là thành phần hài bậc 2.}$$

Để tính méo phi tuyến dùng biểu thức (5.10). Vì hài bậc 2 lớn hơn tất cả các hài khác, nên có thể tính gần đúng như sau:

$$k \approx \frac{U_2}{U_1} 100\% = \frac{U_{BE}}{4U_T} 100\% \quad (5.10)$$

Vậy hệ số méo phi tuyến k phụ thuộc vào biên độ điện áp vào U_{BE} . Muốn $k \leq 1\%$ thì $U_{BE} \leq 0,04U_T \approx 1,4\text{mV}$. Như vậy ngay cả khi biên độ điện áp vào bé, vẫn có méo phi tuyến lớn. Để giảm méo, dùng sơ đồ có hồi tiếp âm xoay chiều hoặc dùng mạch khuếch đại vi sai.

Chú ý rằng ở tần số cao phải kể đến ảnh hưởng của điện dung ra C_{ce} của tranzistor. Điện dung này làm giảm tần số giới hạn trên của mạch.

Lúc này để tính toán hệ số khuếch đại điện áp và dòng điện cần lưu ý đến ảnh hưởng của C_{ce} và trong biểu thức (5.1a) và (5.4) thay R_C bởi $(R_C // 1/j\omega C_{ce})$. C_{ce} cùng với R_T tạo nên một mắt lọc thông thấp có tần số giới hạn

$$f_{gc} = \frac{1}{2\pi R_{T'} C_{ce}} \quad (5.11)$$

Ngoài ra trong biểu thức (5.1a) và (5.4) có tham số β phụ thuộc tần số. Do đó dạng đặc tuyến tần số của K_{up} và K_i ở phạm vi tần số cao còn phụ thuộc

vào dạng của β . Lúc này tần số giới hạn trên f_c của sơ đồ được xác định theo (5.12).

$$\frac{1}{f_c} = \sqrt{\frac{1}{f_{\beta}^2} + \frac{1}{f_{gc}^2}} \quad (5.12)$$

trong đó f_{β} là tần số giới hạn của hệ số khuếch đại dòng điện β khi mắc emitter chung và được xác định theo (5.13); f_{gc} được xác định theo (5.11).

Để đặc trưng cho độ khuếch đại ở tần số cao người ta dùng tích $K_u.B$, trong đó B là độ rộng dải tần của bộ khuếch đại. Với bộ khuếch đại dải rộng, có thể coi $B \approx f_c$, do đó theo (5.1a) ta có:

$$K_u.B \approx \frac{\beta(R_c // \frac{1}{j\omega C_{ce}})}{r_{be}} . f_c = \frac{SR_{ce}}{1 + j\omega R_c C_{ce}} . f_c \quad (5.13)$$

Vì f_c tỷ lệ với $1/C_{ce}$ và $1/C_{bc}$ nên từ (5.13) suy ra $K_u.B$ tỷ lệ với S/C . Do đó để bộ khuếch đại có hệ số khuếch đại lớn và dải tần rộng phải chọn phần tử tích cực có hồ dẫn S lớn và điện dung tập tán C nhỏ.

Nguyên lý hoạt động: Giả sử điện áp tín hiệu vào dương lên suy ra điện áp chân B của đèn dương lên, do đó đèn làm việc khỏe hơn, dòng điện qua đèn tăng lên suy ra điện áp chân C giảm xuống tức là âm đi, vậy điện áp ra âm đi (ngược pha với điện áp vào). Khi điện áp tín hiệu vào âm đi quá trình phân tích ngược lại.

3. Một số tóm tắt định tính về sơ đồ Emitter chung

- Điện áp ra ngược pha với điện áp vào
- Trở kháng vào tương đối lớn cỡ từ 200 đến 2000Ω
- Trở kháng ra tương đối lớn cỡ từ 20kΩ đến 100 kΩ
- Hệ số khuếch đại điện áp lớn hơn 1
- Hệ số khuếch đại dòng điện lớn hơn 1

Sơ đồ Emitter chung thường được ứng dụng làm các tầng khuếch đại trung gian dùng trong các bộ khuếch đại

5.2 SƠ ĐỒ LẬP EMITER (CC)

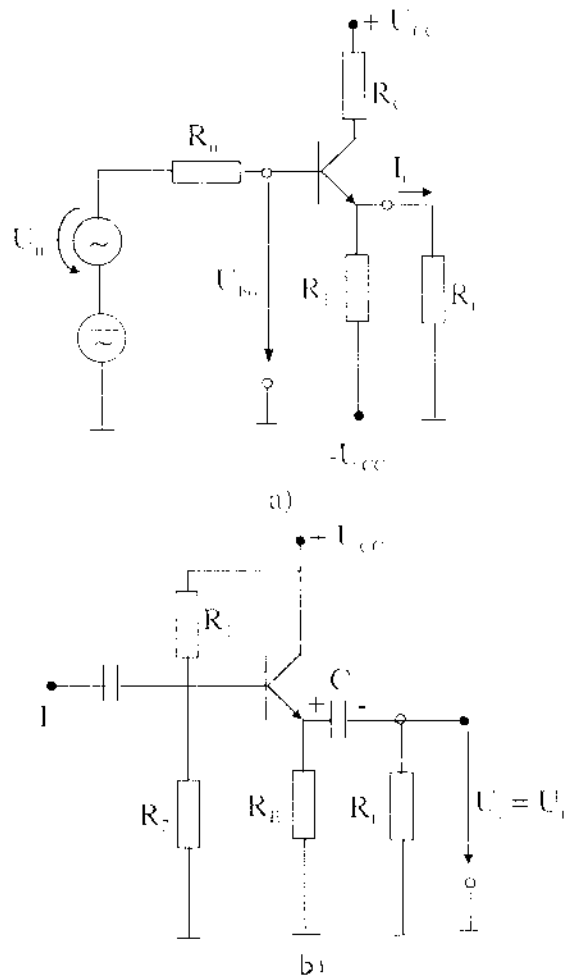
1. Giới thiệu

Sơ đồ lập emitter (hình 5.4) có hệ số khuếch đại điện áp $K_u = 1$. Nó thường được dùng làm mạch biến đổi trở kháng để phối hợp với nguồn tín hiệu và tải, vì sơ đồ này có trở kháng vào lớn (khoảng 0,1 đến vài $M\Omega$) và trở kháng ra nhỏ (nhỏ hơn 100Ω). Ngoài ra sơ đồ lập emitter còn hay được dùng trong các tầng ra, vì nó có dải động lớn và méo phi tuyến nhỏ. Sơ đồ lập emitter thực chất là sơ đồ emitter chung có hồi tiếp âm dòng điện toàn phần. Hồi tiếp âm làm cho $|U_{be}| < |U_{in}|$, do đó làm tăng dải động của mạch. Điểm khác nhau cơ bản của sơ đồ lập emitter so với sơ đồ emitter chung là điện áp vào không đặt trực tiếp giữa emitter và bazơ mà đặt giữa bazơ và đất, do đó $U_{ce} = U_{cc} - U_i$ ($R_u > 0$). Dòng collector sẽ tự điều chỉnh sao cho $U_u \approx U_i$. Như vậy dù điện áp vào lớn (vài

Volt), điện áp điều khiển U_{be} cũng chỉ vài milivolt mà thôi.

2. Chế độ tĩnh và một số tính toán

Điểm làm việc của sơ đồ được chọn theo biên độ và cực tính của tín hiệu vào. Nếu tín hiệu vào có một cực tính thì chỉ cần một nguồn điện áp cung cấp và dòng tĩnh I_C khá nhỏ ($< 100\mu A$). Nếu tín hiệu vào lớn và hai cực tính thì điểm làm việc tĩnh phải chọn sao cho U_{be} nằm giữa dải động (hình 5.5), lúc này có thể phải dùng bộ nguồn cung cấp đối xứng (hình 5.4a).



Hình 5.4 Mạch lập Emitter:

- a) ghép điện áp một chiều;
- b) ghép điện áp xoay chiều

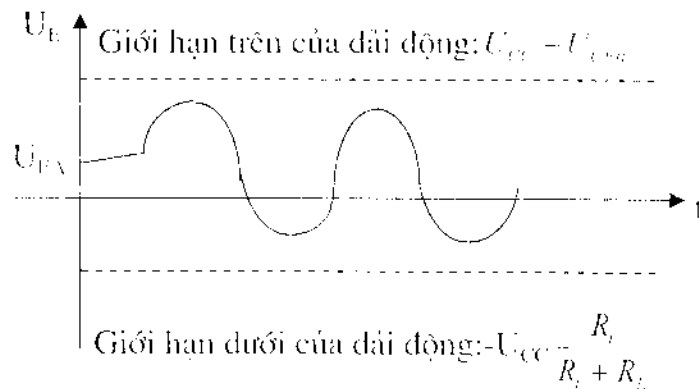
Với sơ đồ lập emitter ghép xoay chiều trên hình 5.4b, ta thấy khi chưa có tín hiệu vào, hạ áp một chiều trên R_E là $U_{E0} = I_E R_E$. Vì không có hạ áp một chiều trên R_L nên C được nạp đến giá trị U_{E0} . C phải chọn đủ lớn sao cho hạ áp trên nó không đổi kể cả khi có tín hiệu vào, nghĩa là $1/\omega C \ll R_L$. Giới hạn trên của dải động của sơ đồ này giống như của sơ đồ 5.4a, còn giới hạn dưới ứng với lúc tranzistor ngắt. Lúc này dòng qua R_E là dòng phóng của tụ C: $I_E = U_{E0} / (R_E + R_L)$, do đó hạ áp trên emitter $U_{RE} = U_{E0} R_L / (R_E + R_L)$. Từ đó suy ra giới hạn dưới của dải động:

$$U_{imin} = U_{E0} \frac{R_E}{R_E + R_L} - U_{CE0} = -U_{E0} \frac{R_L}{R_E + R_L} = -I_E (R_L // R_E).$$

Do điện áp nạp trên tụ C, nên điện áp ra có thể lấy các giá trị âm, dù cho mạch chỉ sử dụng một nguồn cung cấp dương. I_E chọn theo yêu cầu đối với mức âm của dải động. Nếu yêu cầu dải động đối xứng, thì tham số của mạch phải thoả mãn điều kiện (5.14).

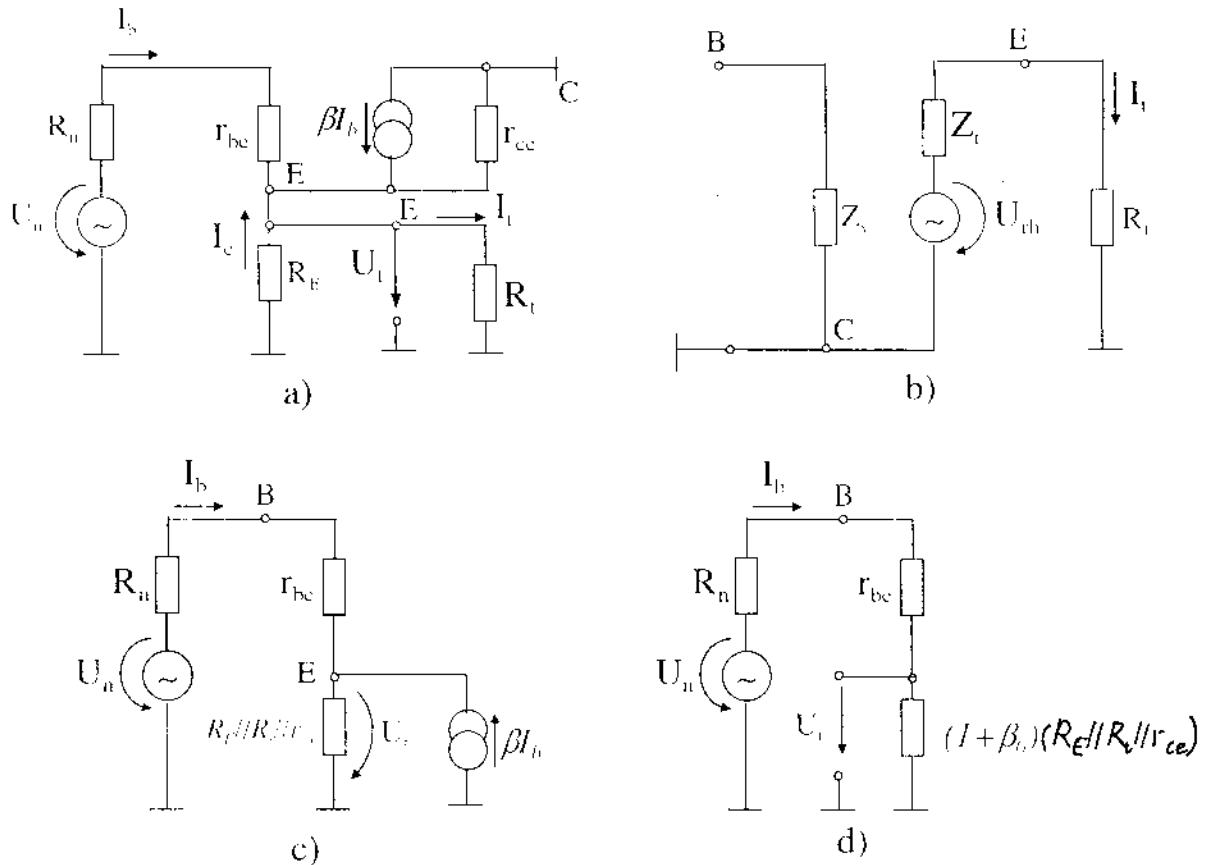
$$I_E (R_L // R_E) \approx U_{CE0} - I_E R_E. \quad (5.14)$$

Giả thiết $R_E = R_L$, do đó $U_{E0} = I_E R_E \approx 2/3 U_{CE0}$ và biên độ điện áp ra $\hat{U} \approx U_{CE0}/3$.



Hình 5.5 Dải động của mạch lập Emitter hình 5.4a

Bằng phương pháp dùng sơ đồ tương đương ta tính được một số tham số sau (theo hình 5.6).



Hình 5.6 a) và b) sơ đồ tương đương của mạch lặp emitter;
c) và d) sơ đồ tương đương mạch vào

- Trở kháng vào

$$Z_v = r_{be} + (1 + \beta) (R_E // R_t // r_{ce}) \approx \beta (r_d + R'_E) \quad (5.15)$$

Trong đó $R'_E = R_E // R_t // r_{ce}$

- Hệ số khuếch đại điện áp:

$$K_{up} = \frac{U_r}{U_n} = \frac{1}{1 + \frac{R_n + r_{be}}{(1 + \beta)R'_E}} \approx 1 \quad (5.16)$$

- Điện áp ra khi hở mạch tải:

$$U_{th} = K_{up} U_n |_{R_t \rightarrow \infty} = \frac{U_n}{1 + \frac{R_n + r_{be}}{(1 + \beta)(r_{ce} // R_t)}} \quad (5.17)$$

- Dòng điện ra khi ngắn mạch tải:

$$I_{mg} = \frac{U_n}{R_n + r_{be}} + \beta I_b = (1 + \beta) \frac{U_n}{R_n + r_{be}} \quad (5.18)$$

- Trở kháng ra:

$$Z_r = \frac{U_{th}}{I_{mg}} = \frac{(R_n + r_{be})}{1 + \beta} // R_E // r_{ce} \quad (5.19)$$

Hệ số khuếch đại dòng điện (viết PT điện áp nút đối với nút E của sơ đồ (5.6a))

$$I_b + I_b + \beta I_b - U_{ce} / r_{ce} = 0,$$

trong đó $U_{ce} = I_c R_c$ và $I_c = I_b + (U_{ce} / R_c) = I_b (1 + R_c / R_e)$

$$\rightarrow K_i = \frac{I_c}{I_b} = \frac{1 + \beta}{1 + R_c / R_e + R_c / r_{ce}} \approx 1 + \beta \quad (5.20)$$

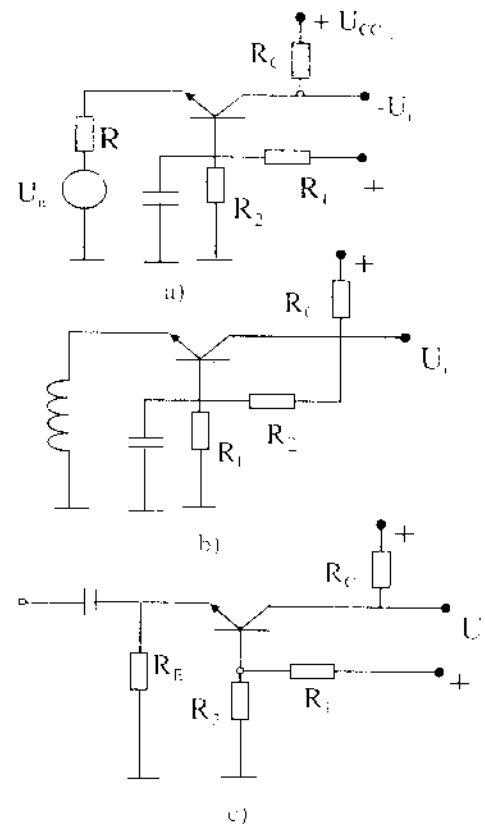
với giả thiết $(R_e // r_{ce}) \gg R_c$

Trong sơ đồ hình 5.5b trở kháng vào được xác định theo biểu thức (5.21):

$$Z_v = R_1 // R_2 // Z_v \quad (5.21)$$

trong đó Z_v xác định theo biểu thức (5.15).

Nguyên lý làm việc: Giả sử điện áp tín hiệu vào dương lên dương, điện áp chân B của đèn dương lên, do đó đèn làm việc khỏe hơn suy ra dòng qua đèn tăng lên, điện áp hạ trên điện trở R_E tăng lên tức là điện áp tín hiệu ra chân E dương lên (tín hiệu ra đồng pha với tín hiệu vào). Khi điện áp tín hiệu



Hình 5.7 Mạch bazo chung: a) Sơ đồ thông dụng; b) Sơ đồ hồi tiếp âm điện áp một chiều để ổn định điểm làm việc; c) Sơ đồ dùng hồi tiếp âm dòng điện một chiều để ổn định điểm làm việc.

vào âm đi thì quá trình phân tích ngược lại.

3. Một số tóm tắt định tính về sơ đồ Lập Emitter

- Điện áp ra đồng pha với điện áp vào
- Trở kháng vào lớn cỡ từ $20k\Omega$ đến $500k\Omega$
- Trở kháng ra có trị số nhỏ
- Hệ số khuếch đại điện áp nhỏ hơn hay bằng 1
- Hệ số khuếch đại dòng điện lớn hơn 1

Sơ đồ Lập Emitter chung được ứng dụng làm các mạch điện khuếch đại đầu ra có tác dụng phối hợp trở kháng với mạch ra. tính chất của dòng điện trong mạch và đặc điểm của các chuyển tiếp bán dẫn.

5.3 SƠ ĐỒ BAZO CHUNG

Cũng giống sơ đồ emitter chung, trong sơ đồ bazo chung để có chế độ tĩnh mong muốn, có thể đưa vào emitter dòng một chiều thích hợp nhờ 1 nguồn dòng dùng hồi tiếp âm điện áp một chiều (hình 5.7b) hoặc mắc nối tiếp với emitter một điện trở để tạo hồi tiếp âm dòng điện một chiều (hình 5.7a và 5.7c).

Giống như trong sơ đồ emitter chung, điện áp tín hiệu vào cũng được đặt giữa bazo và emitter, nhưng với cực tính âm. Điện áp ra lấy trên collector. Do đó từ (5.1); (5.2) và (5.3) có thể suy ra biểu thức tính hệ số khuếch đại điện áp cho sơ đồ bazo chung như sau:

- Hệ số khuếch đại điện áp $K_{ap} = \frac{S(R_c // r_{ce})}{1 + \frac{R_u}{r_{be}}}$ (5.22)

Khi $R_u \ll r_{be}$ và $R_c \ll r_{ce}$, ta có:

$$K_{ap} \approx K_u = SR_c = I_c R_c / U_T \quad (5.23)$$

- Hệ số khuếch đại dòng điện: $K_i = \frac{\Delta I_c}{\Delta I_b} = \frac{\beta}{1 + \beta} \approx 1$ (5.24)

Trở kháng vào của sơ đồ bazo chung nhỏ hơn nhiều so với trở kháng vào của sơ đồ emitter chung, vì dòng vào còn phải kể đến cả dòng collector.

- Trở kháng vào $Z_i = \frac{U_i}{I_i} = \frac{R_E}{\beta} \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{r_{be}} \right) + \frac{r_e}{\beta} \frac{R}{R+r_e} \approx \frac{r_e}{\beta} \frac{U_i}{I_i}$ (5.25)

- Trở kháng ra của sơ đồ bazo cũng được xác định giống như của sơ đồ emitter chung

- $Z_o = R_C // r_{ce}$ (5.26)

Ở phạm vi tần số cao, đặc tính tần số của sơ đồ bazo chung giống của sơ đồ emitter chung, vì hệ số khuếch đại điện áp của chúng giống nhau. Điểm khác biệt giữa hai sơ đồ là điện dung vào của chúng. Với sơ đồ emitter-chung, điện dung vào của nó là tổng điện dung C_{be} và điện dung ghép giữa mạch ra và mạch vào (C_{cb}) phản ánh về mạch vào C'_{cb} . C'_{cb} được xác định theo định lý Miller theo biểu thức (5.27)

$$C'_{cb} = K_v \cdot C_{cb} \quad (5.27)$$

Nó có trị số khoảng từ 10 đến 100pF.

Với sơ đồ bazo chung, điện dung vào chỉ là điện dung bazo-emiter, có trị số khoảng vài pF. Điện dung này cùng với điện trở trong của nguồn tín hiệu tạo thành một khâu lọc thông thấp với tần số giới hạn trên lớn hơn tần số giới hạn trên của sơ đồ emitter chung khá nhiều. Do đó sơ đồ bazo thường được dùng cho trường hợp làm việc với tần số cao.

Nguyên lý làm việc: Giả sử điện áp tín hiệu vào dương lên suy ra điện áp chân E của đèn dương lên, do đó đèn làm việc yếu đi suy ra dòng qua đèn giảm xuống, điện áp chân C dương lên (tăng lên)-điện áp ra đồng pha với điện áp vào. Khi điện áp tín hiệu vào âm đi thì quá trình phân tích ngược lại.

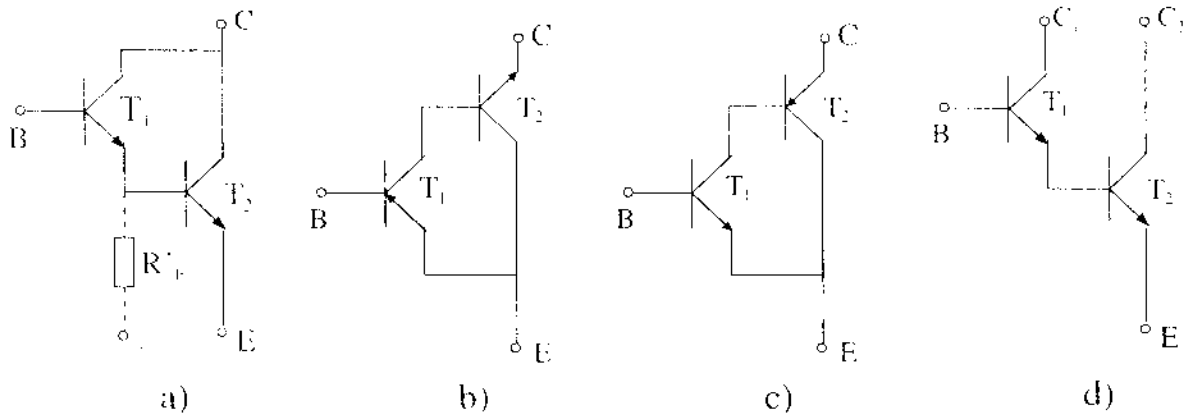
Một số tóm tắt định tính về sơ đồ BAZƠ CHUNG

- Điện áp ra đồng pha với điện áp vào
- Trở kháng vào nhỏ có từ 30Ω đến 300Ω
- Trở kháng ra có trị số lớn cỡ từ 100kΩ đến 1MΩ
- Hệ số khuếch đại dòng điện nhỏ hơn 1
- Hệ số khuếch đại điện áp lớn hơn 1

Sơ đồ mạch BAZO chung thường được làm các mạch khuếch đại đại cao tần và các mạch tạo dao động tần số cao .

5.4 SƠ ĐỒ DARLINGTON

Trong nhiều trường hợp, đặc biệt trong mạch lập emitter, hệ số khuếch đại dòng điện không đủ lớn hoặc khi yêu cầu tăng trở kháng vào của mạch, có thể tổ hợp một số tranzistor thành sơ đồ Darlington để thỏa mãn các yêu cầu đó. Có nhiều cách mắc hai hoặc một số tranzistor thành sơ đồ Darlington. Trên hình 5.8 là một số cách mắc cơ bản.



Hình 5.8 Mạch Darlington:

a) mạch chuẩn; b) và c) mạch Darlington-bù; d) giống mạch a)

Tìm quan hệ giữa dòng điện ra I_C và dòng điện vào $I_B = I_{B1}$ theo sơ đồ 5.18a. Giả thiết $R'_E = \infty$, ta có:

$$I_{C1} = B_{N1}I_{B1} + I_{CE01} \text{ và } I_{C2} = B_{N2}I_{E1} + I_{CE02}$$

$$I_C = I_{C1} + I_{C2} = B_{N1}I_{B1} + I_{CE01} + B_{N2}I_{E1} + I_{CE02} \quad (5.28)$$

Từ các biểu thức về mối quan hệ giữa các dòng điện I_{E1} và I_{B1} . Ta suy ra:

$$I_{E1} = \frac{(I_{B1} + I_{CE01})}{1 - A_{N1}} \quad (5.29)$$

Thay (5.26) vào (5.25) nhận được

$$I_C = B_{N1}I_{B1} + I_{CE01} + I_{CE02} + B_{N2} \frac{(I_{B1} + I_{CE01})}{1 - A_{N1}}$$

Biết $1-A_{N1} = \frac{1}{1+B_{N1}}$ và giả

thiết $B_{N1}, B_{N2} \gg 1$ ta có biểu thức gần đúng:

$$I_C \approx B_{N1} B_{N2} (I_{B1} + I_{CB01}) + I_{CE02} + I_{CE01} \quad (5.30)$$

Từ biểu thức (5.30) và sơ đồ 5.9a suy ra:

-Sơ đồ Darlington có dòng

điện dư lớn hơn sơ đồ dùng một tranzistor, vì dòng điện dư của T_1 được T_2 khuếch đại. Nếu mắc ba tranzistor thành sơ đồ Darlington thì dòng dư lại được T_3 tiếp tục khuếch đại lên. Vì thế trong thực tế rất ít khi dùng sơ đồ có ba tranzistor trở lên.

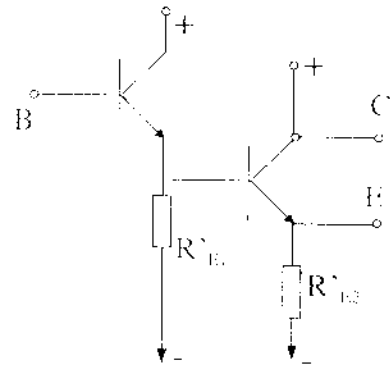
-Vì các diốt bazo-emiter của hai tranzistor mắc nối tiếp, nên điện áp một chiều bazo-emiter của sơ đồ Darlington cũng như mức trôi của điện áp này lớn gấp đôi so với trường hợp dùng một tranzistor.

-Sơ đồ Darlington có hệ số khuếch đại dòng điện lớn và thường được dùng trong các tầng khuếch đại công suất cuối.

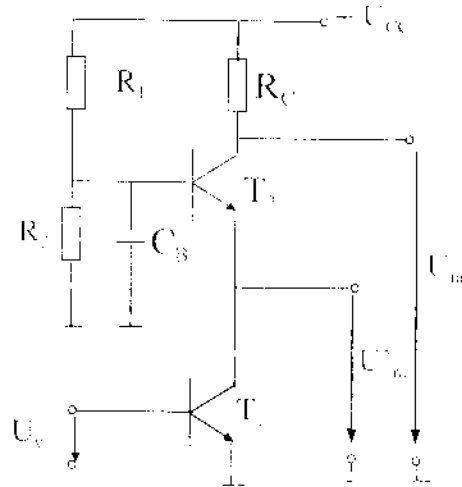
5.5 SƠ ĐỒ KASKODE

Mạch Kaskode dùng tranzistor lưỡng cực được biểu diễn trên hình 5.10.

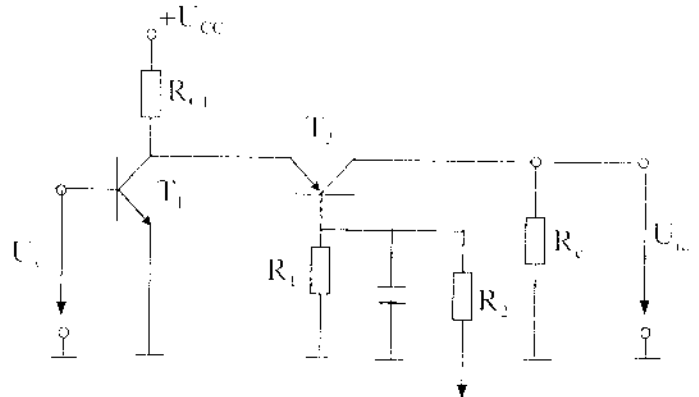
Cũng có thể xây dựng mạch Kaskode bởi *Fet* hoặc bởi



Hình 5.9 Mạch Darlington dùng nguồn riêng cho collector



Hình 5.10 Sơ đồ mạch Kaskode dùng tranzistor



Hình 5.11 Mạch Kaskode dùng tranzistor bù

tranzistor lưỡng cực hoặc *Fet* hỗn hợp.

Mạch Kaskode gồm hai tranzistor: tranzistor vào T_1 mắc theo sơ đồ emitter chung và tranzistor vào T_2 mắc theo sơ đồ bazo chung. R_1 và R_2 để định điểm làm việc tĩnh cho T_1 và T_2 . Trị số của chúng được chọn sao cho điện thế bazo T_2 đủ lớn để cho T_1 làm việc trong miền tích cực ($U_{CE1} \geq 1V$); vì điện thế colector T_1 âm hơn điện thế bazo T_2 khoảng 0,7V. Tầng ra làm nhiệm vụ ngăn cách ảnh hưởng của mạch ra đến mạch vào, đặc biệt là ở tần số cao. Mạch Kaskode có hệ số khuếch đại điện áp bằng hệ số khuếch đại điện áp mạch emitter chung. Nhưng khác với mạch emitter chung, mạch Kaskode có điện dung Miller trong mạch vào nhỏ, vì hệ số khuếch đại điện áp của tranzistor T_1 rất nhỏ ($K_{u1} \approx 1$). Do đó tần số giới hạn trên của nó (khi R_{in} nhỏ) cũng bậc với tần số giới hạn trên của mạch bazo chung; trong khi đó trở kháng vào của nó lại lớn hơn trở kháng vào của mạch bazo chung. Đó là ưu điểm cơ bản nhất của mạch Kaskode. Chuyển về sơ đồ tương đương ta có thể tính được

$$K_{u1} = \frac{U_{ce1}}{U_{be1}} \approx S_1 R_{c1}$$

$$\text{Vậy } K_{u2} = \frac{U_{ce2}}{U_{be2}} = K_{u1} K_{u1} \approx S_1 R_{c1} \quad (5.31)$$

Sơ đồ Kaskode được ứng dụng làm các mạch khuếch đại nguồn tín hiệu vào nhỏ và tần số làm việc lớn.

Hình 5.11 là sơ đồ Kaskode dùng hai tranzistor bù.

Nguyên tắc làm việc của mạch giống sơ đồ hình 5.10. Ở đây chú ý chọn R_{c1} rất lớn so với điện trở vào của T_2 ; điện áp U_{B2} có tính quyết định đối với điện thế colector của T_1 và T_2 phụ thuộc vào biên độ điện áp vào. Khi tăng U_{be1} thì dòng qua T_1 giảm một lượng tương ứng, do đó điện áp ra U_{ce1} giảm.

Ưu điểm cơ bản của mạch Kaskode loại này so với mạch trên hình 5.10 là có thể chọn điện áp ra tĩnh bằng điện áp vào tĩnh, do đó có thể ghép nhiều tầng với nhau.

5.6 BỘ KHUẾCH ĐẠI VI SAI

Trong các bộ khuếch đại tín hiệu xoay chiều, người ta không quan tâm đến hiện tượng trôi, vì qua phân tử ghép điện dung, trôi không được đưa đến đầu ra. Trôi chỉ làm thay đổi hệ số khuếch đại của mạch. Ảnh hưởng này có thể khắc phục được bằng hồi tiếp âm.

Ngược lại, trong các bộ khuếch đại tín hiệu một chiều, trôi cũng được khuếch đại và đưa đến đầu ra như tín hiệu. Vì vậy trong trường hợp này phải tìm cách giảm trôi. Trong thực tế không thể tác động trực tiếp vào tranzistor để giảm độ trôi được, nên người ta dùng bộ khuếch đại vi sai. Bộ khuếch đại vi sai khuếch đại hiệu hai điện áp trôi của tranzistor. Do đó bộ khuếch đại vi sai có mức trôi rất thấp. Trường hợp mạch hoàn toàn đối xứng thì trôi được khử hoàn toàn. Để phát huy ưu điểm đó của mạch người ta không những dùng bộ khuếch đại hiệu hai điện áp mà còn để khuếch đại một điện áp. Điện áp đó được đưa đến một đầu vào, đầu vào thứ 2 được nối đất.

1. Sơ đồ và tham số cơ bản

Sơ đồ và các tham số cơ bản của bộ khuếch đại vi sai dùng tranzistor lưỡng cực và FET được biểu diễn trong bảng 5.1.

Bộ khuếch đại vi sai là một bộ khuếch đại tín hiệu một chiều đối xứng, có hai đầu vào và hai đầu ra và một nguồn dòng (trong sơ đồ nguồn dòng được đặt nối tiếp với cực E — nhưng không vẽ). Trong bộ khuếch đại vi sai điều đáng chú ý là nếu các điện áp vào $U_d = U_{v1} - U_{v2}$ được khuếch đại lên K_{ud} lần thì các điện áp vào có trị số bằng nhau chỉ được khuếch đại lên K_{cm} lần, với $K_{cm} \ll K_{ud}$. Điện áp vào được chia làm hai thành phần: thành phần điện áp đồng pha, kí hiệu U_{cm} chính là trị trung bình đại số của hai điện áp vào:

$$U_{cm} = \frac{U_{v1} + U_{v2}}{2} \quad (5.32)$$

và thành phần điện áp hiệu:

$$U_d = U_{v1} - U_{v2} \quad (5.33)$$

Vì giả thiết mạch hoàn toàn đối xứng nên điện thế emitter (điểm P trong bảng 5.1) luôn luôn không đổi. Do đó các sơ đồ trong bảng 5.1 có thể coi như sơ

đổ emitter chung hoặc collector chung có điện áp vào trên mỗi tranzistor là $U_{in}/2$. Để tính hệ số khuếch đại K_u , K_i và trở kháng vào Z_{in} , trở kháng ra Z_{out} có thể áp dụng các biểu thức của sơ đồ emitter chung và source chung đã biết.

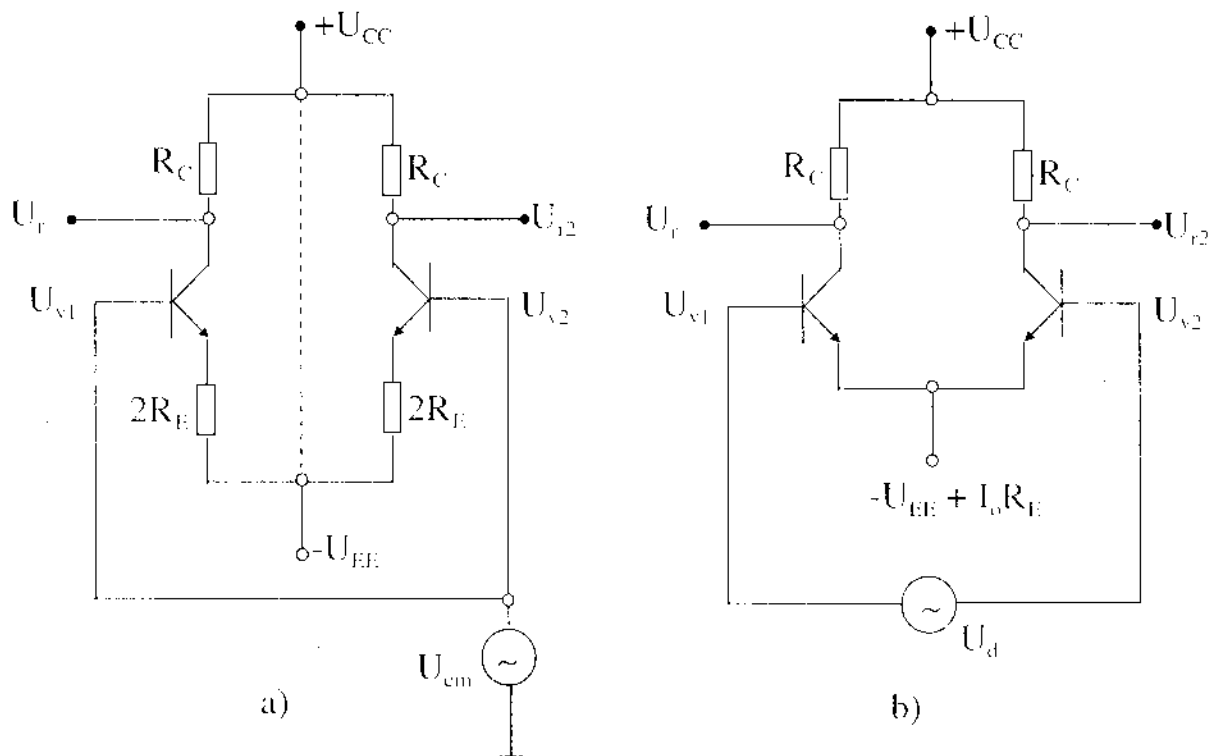
Hệ số khuếch đại hiệu

$$K_{ud} = \frac{U_{r2} - U_{r1}}{U_{in}} = \frac{U_{r2}}{U_{in}}$$

với giả thiết $U_{em} = 0$.

Ở tần số thấp cũng như ở tần số cao K_{ud} đều có trị số giống như của mạch emitter chung hoặc source chung. Trường hợp cần lấy tín hiệu trên một đầu ra so với đất, ta có hệ số khuếch đại đối với một đầu ra:

$$K_{ud1} = K_{ud2} = \frac{U_{r1}}{U_{in}} = \frac{U_{r2}}{2U_{in}} = \frac{K_{ud}}{2}$$



Hình 5.12 Sơ đồ tương đương của bộ khuếch đại vi sai dùng tranzistor lưỡng cực:

a) đối với điện áp vào đồng pha; b) đối với điện áp vào hiệu.

bang một nửa hệ số khuếch đại hiệu khi lấy điện áp ra đối xứng.

Khi ở đầu vào chỉ có điện áp đồng pha tức $U_{d1} = 0$ thì $U_{em} = U_{v1} = U_{v2}$, thì mạch làm việc ở chế độ khuếch đại tín hiệu đồng pha. Lúc này cả 2 tranzistor đều được điều khiển bởi một điện áp có biên độ và pha như nhau. Do mạch đối xứng, nên dòng điện trên các cực tương ứng của 2 tranzistor bằng nhau. Tách sơ đồ tương đương thành hai nửa đối xứng, mỗi nửa tương ứng với một mạch emitter chung có điện trở emitter là $2R_E$ hoặc một mạch source chung có điện trở cực nguồn là $2R_S$ và có hồi tiếp âm dòng điện.

Bảng 5.1

Tham số	Tranzistor lưỡng cực	Fet	Ví dụ bảng số	
			Tranzistor	Fet
Sơ đồ			$R_i = R_D = 5k\Omega$ $R_p = R_N = 10k\Omega$ $R_p = 0$ $r_{be} = r_{ds} = 50k\Omega$ $\beta = 100$	
			$r_{be} = 2,5k\Omega$ $S_i = 40mA/V$	$r_{ds} = \infty$ $S = 2mA/V$
K_{ud}	$\frac{\beta(R_C // r_{ce}^{(1)})}{R_N + r_{be} - \beta R_E}$	$S(R_D // r_{ds})$	180	9
K_{cm}	$\frac{-\beta R_E}{R_N + r_{be} + 2(1 + \beta)R_i}$	$\frac{SR_S}{1 + 2SR_S}$	$-\frac{1}{4}$	$-\frac{1}{4}$
G	$\frac{1}{2} \left[1 + 2\beta \frac{R_i}{R_N + r_{be}} \right]^{(2)}$	$\frac{1}{2} [1 + 2SR_S]^{(3)}$	400	20
r_{d1}	$2r_{be}$	$2r_{ds}$	$5k\Omega$	∞
r_{cm}	$\frac{1}{2} [r_{be} + 2(1 + \beta R_i)]$	$\frac{1}{2} [r_{ds} (1 + \frac{2SR_S R_{Dp}}{r_{ds} + R_D + 2R_S}) + 2R_S]$	$1M\Omega$	∞
$C_v^{(4)}$	$\approx \frac{C_j}{2} S_i (R_i // r_{be})$	$\approx \frac{C_{j0}}{2} S (R_D // r_{ds})$	450 pF	22.5 pF
r_d	$2r_{ce}$	$2r_{ds}$	$100k\Omega$	$100k\Omega$

(1) Nếu $\beta \gg 1$, $R_i \ll r_{ce}$; $r_{be} \approx \beta U_T / I_E$ thì $K_{ud} \approx R_i / E / U_T$

(2) $r_{be} \rightarrow \infty$ và $\beta \gg 1$

(3) $r_{ds} \rightarrow \infty$

(4) Bỏ qua C_{je} hoặc C_{js}

Hệ số khuếch đại tín hiệu đồng pha K_{cm} có thể suy ra từ biểu thức đã có đối với sơ đồ emitter chung và source chung có hồi tiếp âm dòng điện. Điện trở hồi

tiếp $2R_E$ hoặc $2R_s$ càng lớn thì K_{cm} càng nhỏ. Nếu các điện trở này rất lớn (tương ứng U_{BE} cũng rất âm) thì dòng emitter của hai tranzistor hầu như không đổi trong quá trình làm việc, nghĩa là trên đầu ra điện áp hầu như không đổi, do đó K_{cm} tiến tới bằng không.

Sự khác nhau cơ bản giữa chế độ khuếch đại tín hiệu hiệu và chế độ khuếch đại tín hiệu hiệu đồng pha là ở chỗ: ở chế độ khuếch đại tín hiệu, R_E và R_s không có tác dụng hồi tiếp âm; ngược lại ở chế độ khuếch đại tín hiệu đồng pha chúng có tác dụng hồi tiếp âm lớn làm cho hệ số khuếch đại tín hiệu đồng pha giảm.

Chú thích: Việc phân tích nguyên lý làm việc của mạch vi sai có thể dựa vào nguyên lý hoạt động của các mạch EC, CC, BC hay tính chất của dòng điện trong mạch điện và đặc điểm của nguồn dòng là tạo ra dòng điện không đổi

Một số tóm tắt định tính về sơ đồ vi sai

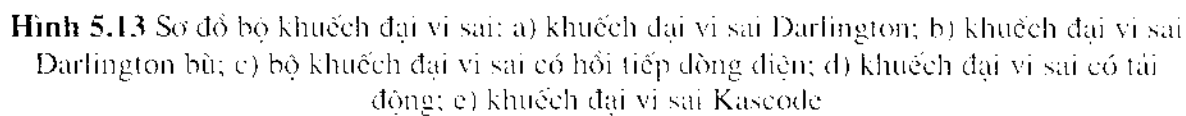
- Sơ đồ vi sai có hai vẽ đối xứng
- Sử dụng nguồn dòng
- Có lỗi vào đồng pha, vi sai
- Trở kháng vào lớn, trở kháng ra nhỏ
- Hệ số khuếch đại đồng pha nhỏ, hệ số khuếch đại hiệu lớn
- Có khả năng tự khử trôi nhiệt

Mạch điện được ứng dụng để xây dựng các bộ khuếch đại thuật toán và các sơ đồ khuếch đại chất lượng cao.

2. Một số sơ đồ vi sai dạng phức tạp

Có thể mắc bộ khuếch đại vi sai theo nhiều sơ đồ khác nhau. Trên hình 5.13 là một số loại sơ đồ hay dùng.

* *Sơ đồ khuếch đại vi sai-Darlington* (hình 5.13a) có dòng tĩnh nhỏ và trở kháng vào lớn, có thể đạt được $I_B \approx (5...10)\mu A$ và điện trở vào hiệu $r_{ii} \approx (10 \div 20M\Omega)$. Mạch có nhược điểm là điện áp lệch không đều vào và trôi nhiệt lớn ($\approx 3 mV$ và $\pm 15\mu V/^{\circ}C$).



* *Sơ đồ khuếch đại vi sai-Darlington-bù* (hình 5.13b). Sơ đồ này có tính chất giống sơ đồ 5.14a. Sơ đồ có ưu điểm đặc biệt là chỉ có trôi của hai tranzistor đầu vào mà không phải của cả bốn tranzistor ảnh hưởng đến trôi điện áp lệch không.

* *Sơ đồ khuếch đại vi sai có hồi tiếp dòng điện* (hình 5.13c). Nhờ mắc thêm một điện trở hồi tiếp cỡ $(50 \div 100)\Omega$ vào mạch emittơ, nên điện trở vào tăng và mở rộng được miền khuếch đại tuyến tính của bộ khuếch đại. Nhưng do hồi tiếp âm, nên hệ số khuếch đại giảm.

* *Sơ đồ khuếch đại vi sai có dải rộng* (hình 5.13d). Trong sơ đồ thay điện trở R_E bởi nguồn dòng có điện trở trong vi phân lớn nên có thể nhận được hệ số khuếch đại rất lớn. Nguồn dòng có điện trở trong vi phân cỡ $(1 \div 10)M\Omega$. T_1 làm việc trong miền khuếch đại, hạ áp một chiều trên nguồn dòng khoảng vài volt. Với sơ đồ này có thể đạt được hệ số khuếch đại hiệu tới 10.000 lần.

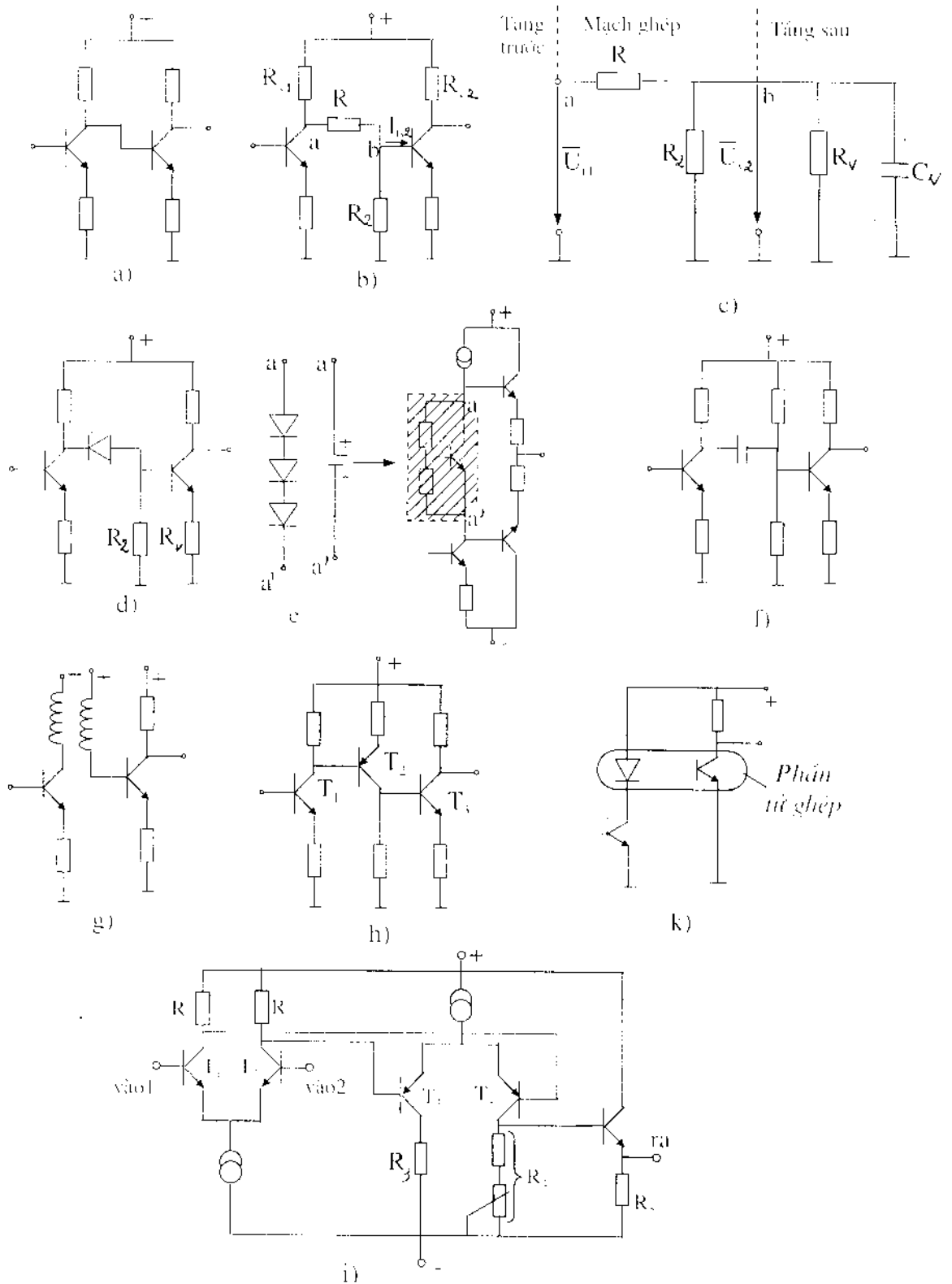
* *Sơ đồ khuếch đại vi sai-Kaskode* (hình 5.13e). Sơ đồ khuếch đại vi sai Kaskode có rất nhiều ưu điểm. Trong sơ đồ này có thể dùng 2 tranzistor lưỡng cực, FET hoặc hỗn hợp tranzistor lưỡng cực FET đều được. Sơ đồ có trở kháng vào lớn, dòng tĩnh nhỏ, hệ số nền tín hiệu đồng pha lớn, điện dung vào nhỏ do đó sơ đồ có thể làm việc trong dải tần rộng.

5.7 MẠCH GHÉP GIỮA CÁC TẦNG

Mạch ghép giữa các tầng có nhiệm vụ truyền đạt tín hiệu từ một tầng sang tầng tiếp theo sao cho tổn hao trên nó nhỏ nhất. Vì điện áp ra tầng trước thường khác với điện áp vào tầng tiếp theo, nên ngoài nhiệm vụ truyền đạt tín hiệu, mạch ghép còn có nhiệm vụ dịch mức để phối hợp mức ra tầng trước với mức vào tầng sau. Sau đây ta sẽ giới thiệu một số cách ghép quan trọng nhất.

1. Ghép trực tiếp (hình 5.14a)

Ghép trực tiếp là loại ghép đơn giản nhất. Nó truyền đạt được các tín hiệu một chiều và hay được dùng trong các mạch tổ hợp, nhất là các mạch dùng MOS-FET. Trong cách ghép này, điện thế bazo tầng sau phụ thuộc vào điện thế collector tầng trước. Đây là vấn đề cần lưu ý để chọn điểm làm việc tĩnh khi sử dụng loại ghép này.



Hình 5.14 Mạch ghép giữa các tầng: a) Ghép trực tiếp; b) ghép điện trở; c) sơ đồ tương đương của b); d) ghép diot zener; e) ghép tranzitor; f) ghép RC; g) ghép biến áp; h) ghép tranzistor bù với bộ khuếch đại vi sai; k) ghép điện quang

2. Ghép điện trở (hình 5.14b)

Do các điện trở R_1 , R_2 nên trong mạch ghép có tổn hao và nó tạo ra một mức dịch điện áp nào đó. Nếu trong mạch phân áp có thêm phần tử phụ thuộc tần số, thì mạch ghép này có thể tạo nên một hàm truyền đạt tùy ý phụ thuộc tần số. Trong thực tế, điện dung vào của tranzistor tầng sau có tham gia vào mạch ghép, do đó đây là một mạch ghép phụ thuộc tần số. Để truyền các tín hiệu tần số cao, người ta mắc song song với R_1 thêm một tụ điện. Mạch phải thỏa mãn điều kiện I_0 (qua R_1, R_2) $\gg I_{B2}$ sao cho điện thế điểm b hầu như không đổi.

Ghép điện trở ít được dùng trong các mạch tổ hợp vì các điện trở chiếm thể tích lớn. Có thể thay R_1 bởi một nguồn dòng có điện trở trong vì phân lớn.

Do đó ở tần số thấp khi R_1 còn $\ll (R_2 // R_1)$, hầu như không có hạ áp trên mạch ghép.

3. Ghép diốt Zener (hình 5.14d)

Trong mạch phân áp hình 5.14b thay R bởi một diốt Zener, ta có ghép diốt Zener. Loại ghép này vẫn tạo ra được một mức dịch điện áp nào đó, trong khi hạ áp trên nó không đáng kể, vì điện trở vi phân của diốt Zener nhỏ. Để cho diốt luôn luôn trong khu vực Zener, phải có dòng Zener cỡ 1mA chạy qua diốt.

Ghép diốt Zener đắt hơn các loại ghép khác, nên nó ít được dùng. Để giảm giá thành có thể thay diốt Zener bởi một hay một số diốt thường mắc nối tiếp và được phân cực thuận hoặc dùng mạch ghép tranzistor như trên hình 5.15c, tranzitor ghép có hồi tiếp âm điện áp và nó giữ cho điện áp ra không đổi. Mạch ghép này thường được dùng trong các tầng đẩy kéo.

4. Ghép RC (hình 5.14f)

Đây là loại ghép được dùng rộng rãi trong các mạch rời rạc. Điện dung ghép ngăn mạch tín hiệu từ đầu ra tầng trước tới đầu vào tầng sau. Điện thế trên đầu ra tầng trước và trên đầu vào tầng sau có thể chọn tùy ý, vì không có dòng một chiều qua tụ ghép. Khuyết điểm cơ bản nhất là mạch không truyền đạt được tín hiệu có tần số thấp và loại ghép này gây ra di pha có thể ảnh hưởng đến tính ổn định của bộ khuếch đại, nó ít được dùng trong các mạch tổ hợp vì khó tích hợp được các tụ điện có điện dung lớn.

5. Ghép biến áp (hình 5.14g)

Đây là một loại ghép cổ nhất. Dùng ghép biến áp có thể cách ly được về điện giữa đầu ra và đầu vào và dễ phối hợp trở kháng. Tuy nhiên, mạch ghép biến áp có dải tần làm việc hẹp, có kích thước và trọng lượng lớn, không thể ghép một chiều được và không thể tích hợp được. Vì lý do đó hiện nay nó rất ít được dùng.

6. Ghép tranzistor bù

Ghép tranzistor bù (hình 5.14h) không những có thể dịch mức điện áp trong một dải rộng và với cực tính tùy ý mà còn cho hệ số khuếch đại tín hiệu lớn. Sự khác nhau về điện thế giữa colector T_1 và bazo T_2 được khắc phục bởi tranzistor bù T_3 . Loại ghép này thường hay được dùng với bộ khuếch đại vi sai (hình 4.22i). Sự dịch mức điện áp về phía dương do bộ khuếch đại vi sai (T_1, T_2) gây ra sẽ được bù lại nhờ bộ khuếch đại vi sai bù (T_3, T_4) và hạ áp của mạch lập emitter T_5 . Trong các mạch tổ hợp R_1, R_2 thường được thay thế bởi các nguồn dòng.

7. Ghép điện quang (hình 5.14k)

Ghép điện quang là một loại ghép điện tử theo kiểu ghép biến áp, nhưng nó có đặc tính tần số thuận lợi hơn ghép biến thế. Nó có thể truyền đạt được từ các tín hiệu một chiều đến các tín hiệu có tần số nằm trong phạm vi GHz. Mạch ghép có thể cách điện được tới vài kV. Nó được dùng chủ yếu để truyền đạt các tín hiệu số. Do phần tử ghép quang có sai số phi tuyến tương đối lớn (cỡ vài $\frac{0}{100}$ đến 1%) nên độ chính xác của mạch ghép loại này có giới hạn. Nếu dùng mạch ghép này trong sơ đồ dây kéo thì sai số phi tuyến có được bù một phần.

Chương 6: CÁC BỘ KHUẾCH ĐẠI CHUYÊN DỤNG

6.1. BỘ KHUẾCH ĐẠI CHỌN LỌC

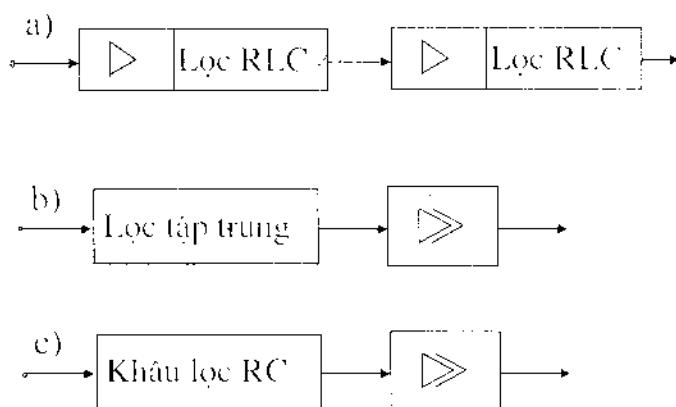
1. Khái niệm

Bộ khuếch đại chọn lọc có nhiệm vụ khuếch đại tín hiệu trong một dải tần và nén tín hiệu ngoài dải tần đó.

Trong các bộ khuếch đại chọn lọc, điện trở tải được thay thế bởi một mạch cộng hưởng hoặc một mạch lọc. Các điện dung ra của tầng song song với mạch cộng hưởng sẽ làm thay đổi chút ít tần số cộng hưởng, nhưng không ảnh hưởng đến hệ số khuếch đại của mạch ở tần số cao như trong bộ khuếch đại tải điện trở. Do đó *bộ khuếch đại chọn lọc có thể khuếch đại tín hiệu có tần số cao hơn so với bộ khuếch đại tải điện trở.*

Bộ khuếch đại chọn lọc thường được dùng trong các tầng cao tần của máy thu thanh, được dùng để khuếch đại tải tín trong máy thu thanh. Các tầng khuếch đại trung gian trong máy thu thanh, thu hình cũng là các bộ khuếch đại chọn lọc.

Các chỉ tiêu cơ bản đặt ra đối với một bộ khuếch đại chọn lọc là độ khuếch đại, tính chọn lọc về tần số, tính ổn định, tạp âm, méo phi tuyến. Ngoài những chỉ tiêu trên còn có thể đưa ra những yêu cầu khác như yêu cầu về khả năng tự động điều



Hình 6.1 Các dạng sơ đồ khuếch đại chọn lọc: a) Bộ KĐ chọn lọc phân bố; b) Bộ KĐ chọn lọc tập trung; c) Bộ lọc tích cực RC.

chỉnh hệ số khuếch đại để đảm bảo mức tín hiệu ra không đổi khi mức tín hiệu vào thay đổi, về khả năng tự động điều chỉnh tần số và tự động điều chỉnh dải thông.

2. Vấn đề chọn lọc tần số của bộ khuếch đại

Để đảm bảo tính chọn lọc về tần số của bộ khuếch đại, có thể thực hiện mạch theo một trong 3 dạng sau (hình 6.1).

-Mắc xen kẽ một số mắt lọc RLC với vài tầng khuếch đại (lọc phân bố)

Mắc một mạch lọc gồm nhiều mắt lọc với một bộ khuếch đại nhiều tầng (lọc tập trung)

-Ghép hồi tiếp từ đầu ra về đầu vào bộ khuếch đại thông qua các khâu lọc RC (lọc tích cực RC).

Thường cố gắng mắc các phần tử chọn lọc ngay ở đầu vào bộ khuếch đại để tránh quá áp và tránh diễn chế giao thoa.

3. Vấn đề ổn định của bộ khuếch đại

Như đã xét trong chương trước, ở tần số cao, phải kể đến ảnh hưởng của hồi tiếp từ đầu ra về đầu vào bộ khuếch đại thông qua điện dung giữa cực của phần tử khuếch đại. Đặc biệt trong bộ khuếch đại chọn lọc trở kháng tải rất lớn, do đó hệ số khuếch đại của mạch rất lớn làm tăng điện áp hồi tiếp về đầu vào, nếu

$$|1 + K.K_{hồi}| \leq 1 \quad (6.1)$$

thì mạch có hồi tiếp dương. Từ (6.1) suy ra điều kiện tự kích của mạch:

$$K.K_{hồi} \geq 1 \quad (6.2)$$

Vậy hệ số khuếch đại của mạch càng lớn thì mạch càng kém ổn định. Từ điều kiện (6.2), người ta đã chứng minh được rằng: giới hạn của hệ số khuếch đại để đảm bảo ổn định có thể được xác định theo điều kiện (6.3):

$$K_S = (0,45 \div 0,63) \sqrt{S/\omega C_{j2}} \quad (6.3)$$

Trong đó: K_S -hệ số khuếch đại ổn định;

S -hỗ dẫn của phần tử tích cực;

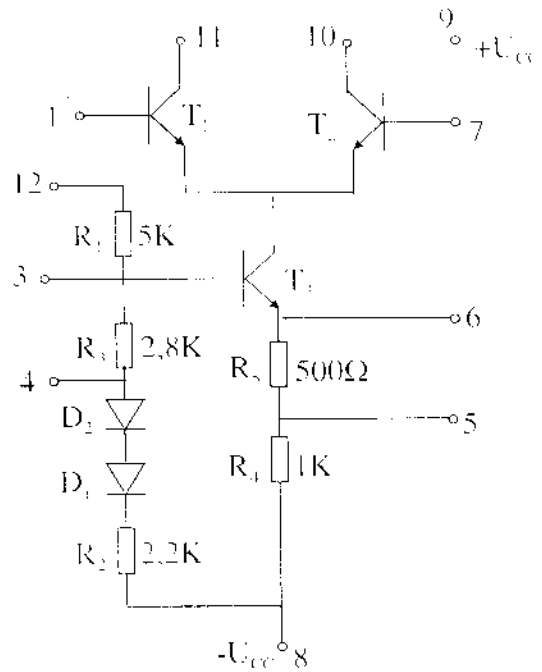
ω -tần số công tác;

C_1 -điện dung hồi tiếp từ đầu ra về đầu vào.

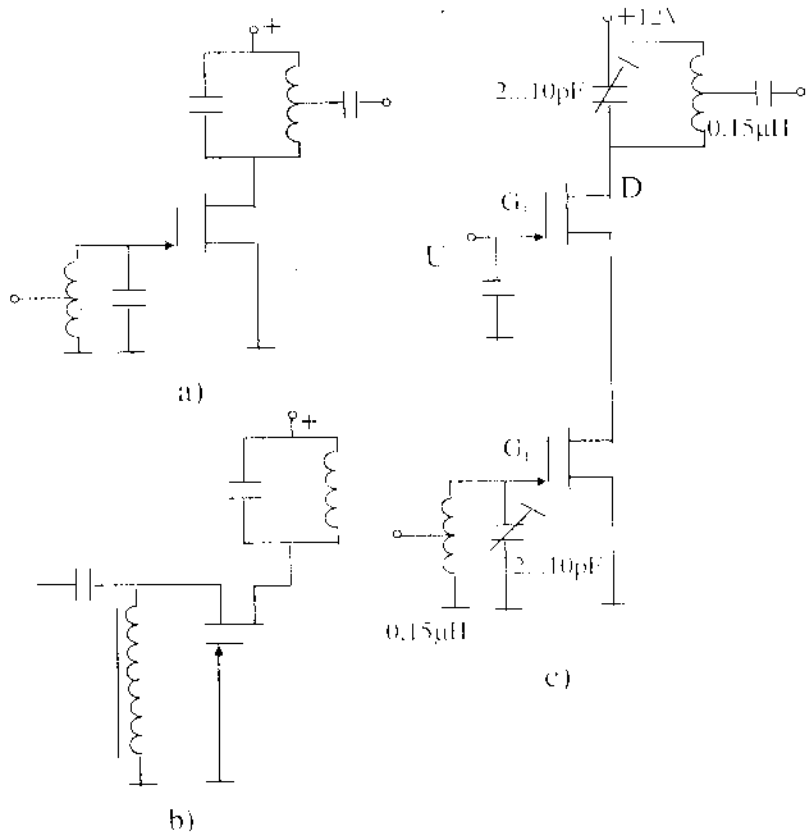
4. Một số sơ đồ khuếch đại chọn lọc dùng tranzistor lưỡng cực và tranzistor trường

Trong thực tế, người ta đã sản xuất một số vi mạch dùng làm mạch khuếch đại chọn lọc. Ví dụ vi mạch MA3005 hoặc MA3006 của Tiệp là các vi mạch được dùng phổ biến (hình 6.2). Loại này có thể làm việc tới tần số 120MHz. Đây là một bộ khuếch đại vi sai gồm T_1 , T_2 nối với nguồn dòng T_3 . Hệ số khuếch đại của nó được điều khiển bởi một điện áp xoay chiều đặt lên chân 3. Nếu thay đổi điện áp một chiều đặt lên chân 3 thì dòng emitter của bộ khuếch đại thay đổi, do đó hỏ dẫn của T_1 và T_2 thay đổi làm cho hệ số khuếch đại thay đổi theo.

Cũng có thể mắc mạch trên thành sơ đồ Kaskode, rất thích hợp với bộ khuếch đại chọn lọc vì điện kháng hồi tiếp của sơ đồ Kaskode $Y_{12} \approx 0$. Nếu nối các chân 1 và 7 của vi mạch



Hình 6.2 Vi mạch khuếch đại vi sai MA3005/MA3006



Hình 6.3 Các bộ khuếch đại chọn lọc dùng Fet:
a) Sơ đồ nguồn chung; b) sơ đồ cửa chung;
c) Sơ đồ Kaskode dùng MISFET 4 cực (BF900)

nối trên với một điện áp xoay chiều, để thay đổi hệ số khuếch đại của mạch, đồng thời đưa điện áp vào chân 3 và lấy điện áp ra ở chân 10 và 11, ta sẽ có mạch Kaskode. Nếu điện thế chân 1 và 7 bằng nhau, thì dòng tĩnh qua T_1 và T_2 có thể coi là bằng nhau, nếu điện thế của chúng chênh lệch nhau ít nhất 120mV thì một trong hai tranzistor ngắt, tranzistor còn lại dẫn toàn bộ dòng của T_3 . Như vậy sự thay đổi hệ số khuếch đại trong trường hợp này không ảnh hưởng đến chế độ làm việc của T_3 .

Cũng với vi mạch MA3005/MA3006 có thể xây dựng một bộ trộn tần bằng cách đưa một tín hiệu vào cửa 3, tín hiệu còn lại hoặc vào cửa 7 hoặc vào cửa 1.

Trên hình 6.3 là một sơ đồ khuếch đại chọn lọc dùng FET. Các loại JFET (SFET) và MISFET kênh n tự dẫn có điện dung hồi tiếp ($C_{12} < 0,1 \dots 0,5\text{pF}$) rất nhỏ, nên rất thích hợp đối với tầng khuếch đại chọn lọc. Chúng được mắc theo sơ đồ nguồn chung hoặc cửa chung. Với sơ đồ cửa chung, lượng hồi tiếp rất nhỏ, do đó không cần mạch trung hoà. Tuy nhiên hồ dẫn của FET khá bé, nên hệ số khuếch đại của các mạch dùng FET cũng bé. Đặc biệt loại MISFET 4 cực có điện dung hồi tiếp giữa cực máng D và cực cửa G_1 rất nhỏ, khoảng 0,025pF, nên có thể dùng cả ở khu vực siêu cao tần.

Tren hình 6.3c là một sơ đồ như vậy, loại FET được dùng ở đây là BF900, có tần số làm việc $f = 200\text{MHz}$ và hệ số khuếch đại $K = 164 = 22,2 \text{ dB}$. Để điều chỉnh hệ số khuếch đại, người ta thay đổi điện áp một chiều đặt lên G_1 và G_2 hoặc thay đổi điện áp từng cực riêng rẽ.

6.2. BỘ KHUẾCH ĐẠI DẢI RỘNG

1. Đặc điểm

Các bộ khuếch đại tần số thấp thường làm việc trong dải tần từ vài chục Hz đến vài chục kHz. Các bộ khuếch đại video làm việc trong dải tần rộng hơn, từ 0 Hz đến vài chục hoặc vài trăm MHz. Về nguyên tắc, có thể dùng các sơ đồ khuếch đại đã xét ở chương 4 để khuếch đại tín hiệu dải rộng. Tuy nhiên, khi thiết kế phải chú ý dùng các biện pháp để nâng cao dải tần công tác của mạch.

Bộ khuếch đại dải rộng thường có điện trở tải khá nhỏ (nhỏ hơn $1\text{k}\Omega$). Điện trở này cùng với các tụ điện mắc song song với nó xác định tần số giới hạn

trên của mạch. Tần số giới hạn dưới của bộ khuếch đại phụ thuộc vào mạch ghép của nó với tầng trước.

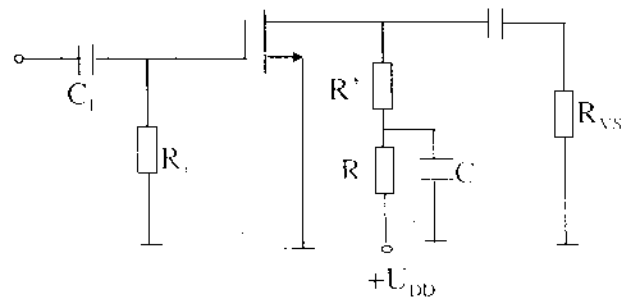
2. Các biện pháp mở rộng dải tần của bộ khuếch đại

Để mở rộng dải tần công tác của bộ khuếch đại có thể dùng nhiều biện pháp như dùng mạch hồi tiếp âm, dùng mạch Kaskode, mạch mắc theo kiểu bazo chung hoặc dùng các bộ khuếch đại vi sai có điện trở tải nhỏ. Sau đây ta đưa ra một số mạch cụ thể thực hiện chức năng đó.

a. Các biện pháp nhằm giảm tần số giới hạn dưới

Trên hình 6.4 là sơ đồ một bộ khuếch đại áp dùng mạch bù nối tiếp nhằm giảm tần số giới hạn dưới của bộ khuếch đại.

Trong mạch điện này, thành phần tần số thấp bị phân áp qua tụ điện C_1 và điện trở vào R_1 sẽ được bù lại nhờ mắc thêm mạch bù RC nối tiếp với điện trở R' của mạch. Ở tần số cao điện trở ra của mạch là R' , ở tần số thấp phải kể đến cả phần trở kháng do C



Hình 6.4 Mạch khuếch đại dùng mạch bù nối tiếp để giảm tần số giới hạn dưới

($R \ll 1/j\omega C$) tạo nên. Để đảm bảo mạch bù làm việc có hiệu quả trong dải tần công tác, mạch phải thỏa mãn điều kiện (6.4),

$$\left| R' + \frac{1}{j\omega C} \right| \ll R_i \cdot R_{vs} \quad (6.4)$$

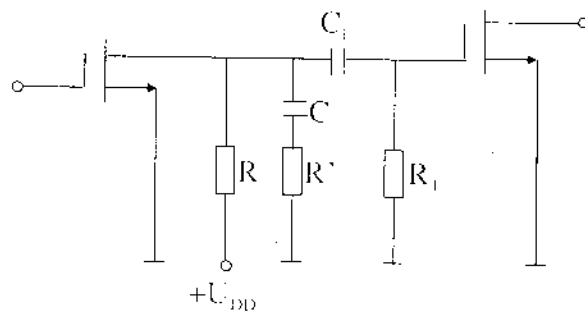
trong đó, R_i là điện trở trong của phân tử khuếch đại; R_{vs} , điện trở vào tầng sau.

Với điều kiện (6.4), điện trở ra của mạch không phụ thuộc vào điện trở trong cũng như không phụ thuộc vào điện trở vào tầng sau. Điều kiện (6.5) là điều kiện để đảm bảo bù hoàn toàn:

$$\tau_a = C \cdot R' = \tau_k = C_1 \cdot R_1 \quad (6.5)$$

Cũng có thể dùng mạch bù song song trên hình 6.5 để mở rộng dải tần công tác của bộ khuếch đại về phía tần số thấp. Do mắc thêm phần mạch $R'C$ song song với điện trở ra R , nên ở tần số cao trở kháng ra của mạch giảm.

Với mạch này, điều kiện để bù hoàn toàn cũng được xác định bởi biểu thức (6.5). Nguyên tắc bù của các mạch trên đây là dùng một mạch lọc thông thấp ($R'C$) để bù lại hiệu ứng của một mạch lọc thông cao (R_1C_1).



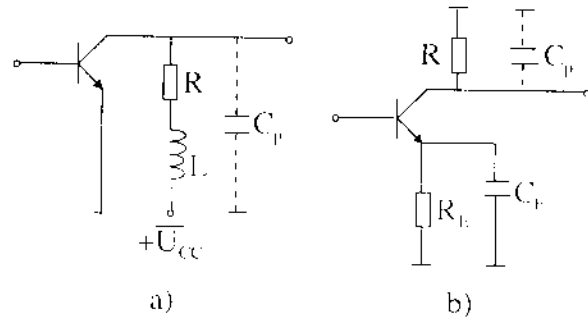
Hình 6.5 Mạch khuếch đại dùng mạch bù song song để giảm tần số giới hạn dưới.

b. Các biện pháp nhằm tăng tần số giới hạn trên

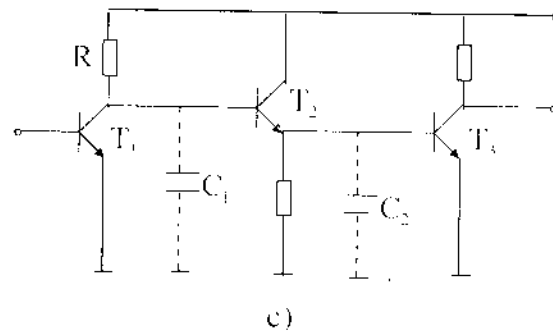
Ngoài biện pháp dùng hồi tiếp âm, để nâng cao tần số giới hạn trên và các cách mắc mạch bazo chung, Kaskode, người ta còn dùng một số mạch đặc biệt khác. Hình 6.6, là một ví dụ:

Có thể dùng điện cảm L để bù ảnh hưởng của C_p ở phạm vi cao tần như trên hình 6.6a. Lúc này L , C_p và R tạo thành một mạch cộng hưởng song song, tại tần số cộng hưởng, trở kháng của mạch $R_{\Sigma} = qR$; q thường lấy giá trị từ 1/3 đến 1/2, lúc đó

$$L = qR^2C \quad (6.6)$$



Một biện pháp khác thường được áp dụng là mạch hồi tiếp âm phụ thuộc tần số như trên hình 6.6b. Điện dung C_E mắc song song với điện trở hồi tiếp R_E có tác dụng nâng cao tần số giới hạn trên của mạch. Điều kiện bù được viết như sau:



Hình 6.6 Các sơ đồ minh họa các biện pháp nhằm nâng cao tần số giới hạn trên

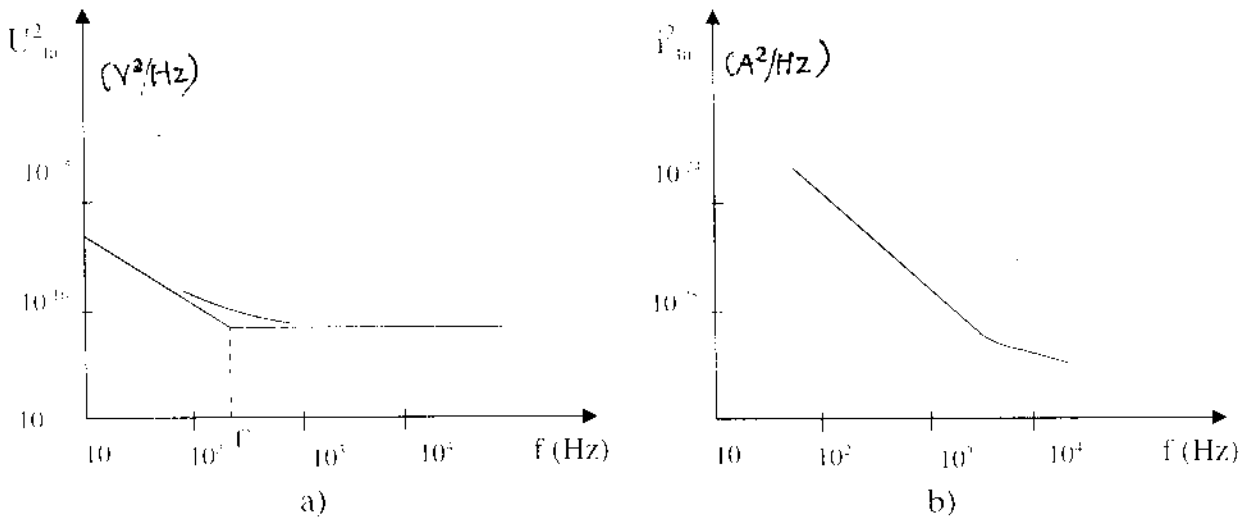
$$C_E R_E = \frac{R_{E1} R_{E2}}{R_{E1} + R_{E2}} \cdot C_p \quad (6.7)$$

Để tăng tần số giới hạn trên, người ta còn mắc mạch như trên hình 6.6c. Tụ C_p được chia thành 2 phần C_1 và C_2 bởi một mạch đệm mắc theo kiểu mạch lập emitter. Vì điện dung vào của tầng tái emitter nhỏ hơn điện dung ra của nó β lần, hơn nữa C_2 luôn luôn lớn hơn C_1 nên do cách mắc này tần số giới hạn trên có thể tăng lên 2 đến 3 lần.

Ở siêu cao tần, để tăng tần số giới hạn trên, người ta dùng bộ khuếch đại phân số mà mạch ghép giữa các tầng là mạch ghép RLC. Trong phạm vi cuốn sách này ta không xét bộ khuếch đại đó.

Ngày nay, người ta đã sản xuất được các vi mạch khuếch đại dải rộng. Vi mạch trên hình 6.2 cũng có thể dùng để khuếch đại tín hiệu video. Lúc đó phải thay thế mạch cộng hưởng bởi một tải điện trở có trở kháng thấp và phải chọn nguồn tín hiệu có điện trở trong nhỏ.

6.3 MỘT SỐ TÍNH TOÁN VỀ TẠP ÂM



Hình 6.7 Điện áp phổ tạp âm (a) và dòng điện phổ tạp âm (b) của một bộ khuếch đại thuật toán.

Các bộ khuếch đại lý tưởng, có hệ số khuếch đại đủ lớn, có thể khuếch đại được mọi tín hiệu dù tín hiệu đó yếu đến đâu.

Điều đó không đúng đối với các bộ khuếch đại thực, vì trong bộ khuếch đại thực, bên cạnh tín hiệu hữu ích còn có tạp âm. Tạp âm sẽ làm át tín hiệu hữu ích có biên độ nhỏ, hạn chế khả năng khuếch đại tín hiệu này tức là làm giảm độ nhạy của bộ khuếch đại. Có hai loại tạp âm: tạp âm ngoài và tạp âm nội bộ. Tạp âm ngoài còn gọi là nhiễu, sinh ra do các trường điện (nhiều do nguồn cung cấp, nhiễu công nghiệp). Tạp âm nội bộ là những đột biến về điện áp và dòng điện xảy ra trong các phân tử và các mạch điện. Ta chỉ quan tâm đến tạp âm nội bộ là loại tạp âm thuộc phạm vi có thể khống chế được. Trong tạp âm nội bộ, ta phân biệt: *tạp âm nhiệt*, *tạp âm điện dẫn xáo động*, tạp âm phân bố dòng điện và tạp âm bán dẫn.

Vì đặc tính tĩnh của tạp âm không thay đổi theo thời gian, do đó có thể dùng trị trung bình theo thời gian để biểu diễn đặc tính tĩnh của tạp âm.

Tạp âm trắng là tạp âm có mật độ phổ công suất dp/df không phụ thuộc tần số. Ngược lại các loại tạp âm khác, có mật độ phổ công suất phụ thuộc tần số. Trong nhiều trường hợp, người ta dùng điện áp phổ tạp âm và dòng điện phổ tạp âm để tính toán cho đơn giản.

Điện áp phổ tạp âm U_{ta} , dòng điện phổ tạp âm i_{ta} là trị hiệu dụng của điện áp tạp âm hoặc dòng điện tạp âm trong dải tần số có độ rộng $B = 1\text{Hz}$.

Có thể định nghĩa các tham số đó một cách chính xác hơn như sau:

Bình phương điện áp phổ tạp âm là vi phân bình phương trị hiệu dụng của điện áp tạp âm theo tần số, cũng có thể định nghĩa cho dòng điện phổ tạp âm tương tự như vậy.

Nghĩa là:

$$u_{ta}^2 = \frac{dU_{ta}^2}{df} \quad \text{hay} \quad U_{ta} = \sqrt{\int_{f_1}^{f_2} u_{ta}^2 df} \quad (6.8)$$

hoặc

$$i_{ta}^2 = \frac{di_{ta}^2}{df} \quad \text{hay} \quad i_{ta} = \sqrt{\int_{f_1}^{f_2} i_{ta}^2 df} \quad (6.9)$$

trong đó u_{ta} , i_{ta} là điện áp và dòng điện phổ tạp âm có thứ nguyên $V/\sqrt{\text{Hz}}$ và $A/\sqrt{\text{Hz}}$, $U_{ta}^{(B)}$, $I_{ta}^{(B)}$ là trị hiệu dụng của điện áp tạp âm và dòng điện tạp âm trong dải tần $B = f_2 - f_1$, f_1 là tần số cao nhất và thấp nhất của dải tần, tính theo Hz.

Chương 7: **MẠCH KĐ CÔNG SUẤT & MẠCH ĐIỆN PHỤ**

7.1 TẦNG ĐẢO PHA

1. Khái niệm chung

Tầng đảo pha là một tầng khuếch đại điện áp, nằm trước tầng khuếch đại công suất. Nó có nhiệm vụ tạo ra hai tầng điện áp tín hiệu bằng nhau nhưng ngược pha nhau để cung cấp cho tầng khuếch đại phía sau là tầng công suất mắc theo kiểu đẩy kéo.

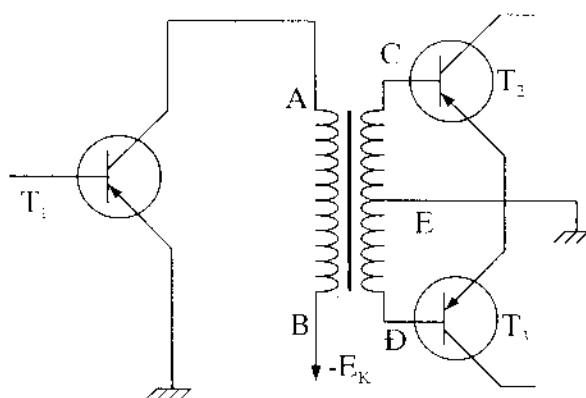
Với mục tiêu đó, phần tử khuếch đại ở đây có thể là đèn điện tử, hoặc đèn bán dẫn, thực chất là tạo ra hai điện áp vừa có pha vừa có biên độ theo yêu cầu song như vậy cũng có nghĩa là phải đưa ra một công suất đủ để kích thích cho tầng công suất làm việc. Do đó, tùy theo công suất ra của máy là bao nhiêu mà người ta dùng các đèn có sức chịu đựng dòng điện, điện áp khác nhau. Trong các máy yêu cầu công suất cỡ 10 W trở lên thường dùng Π 4Đ hoặc 2N 315 ở tầng đảo pha này. Đối với các máy sử dụng tầng công suất là IC thì các tầng đảo pha đã được thiết kế sẵn có trong IC vì thế việc đảo pha trong chương này không được đặt ra.

Vấn đề quan tâm là chế độ làm việc của tầng đảo pha nhất thiết phải công tác ở chế độ “A” để tránh gây méo tín hiệu. Thực tế tùy thuộc vào từng mạch cụ thể mà người ta sử dụng các kiểu mạch đảo pha khác nhau. Song mỗi mạch đều có các đặc điểm và tính chất riêng. ở đây ta đề cập đến các mạch cơ bản là:

- Mạch đảo pha dùng biến áp
- Mạch đảo pha kiểu phân gánh
- Mạch đảo pha kiểu phân áp

2. Mạch đảo pha dùng biến áp

Tăng đảo pha bằng biến áp là một tăng khuếch đại điện áp có gánh là biến áp đảo pha. Mạch điện phần khuếch đại tín hiệu không có gì đặc biệt. Riêng biến áp đảo pha có đặc điểm là thứ cấp có điểm giữa nối đất. Sơ đồ nguyên lý của tăng có dạng hình 7-1.



Hình 7-1 Mạch đảo pha dùng biến áp

Nguyên lý hoạt động:

Do hai nửa thứ cấp biến áp có số vòng bằng nhau nên điện áp tín hiệu đưa vào mạch lưới (cực gốc)-catốt (cực phát) của hai vế tăng đẩy kéo có biên độ bằng nhau. Giả sử ở nửa chu kỳ dương của tín hiệu, bên sơ cấp đầu A có điện thế dương hơn đầu B. Do cuộn sơ cấp và thứ cấp cuốn cùng chiều nhau nên bên thứ cấp đầu “C” có điện thế dương hơn đầu “D”. Điểm “E” ở bên thứ cấp chia cuộn thứ thành hai nửa do đó nửa cuộn CE ở đầu “C” dương hơn đầu “E” còn nửa “ED” có đầu “D” âm hơn đầu “E”.

Đến nửa chu kỳ âm của tín hiệu đầu vào, tức là đầu “A” âm hơn đầu “B”. Bằng cách lý luận tương tự ta có bên thứ cấp “C” âm hơn “E”, “D” dương hơn “E”. Như vậy, cả chu kỳ tín hiệu vào bên thứ cấp ta luôn có hai điện áp tín hiệu, có biên độ bằng nhau nhưng pha ngược nhau.

Hai tín hiệu này được đưa vào tăng công suất thì mỗi đèn chỉ làm việc ở nửa chu kỳ tín hiệu vào (công tác ở chế độ B) hoặc cả hai đèn đều công tác ở hai nửa chu kỳ nếu chúng công tác ở chế độ A.

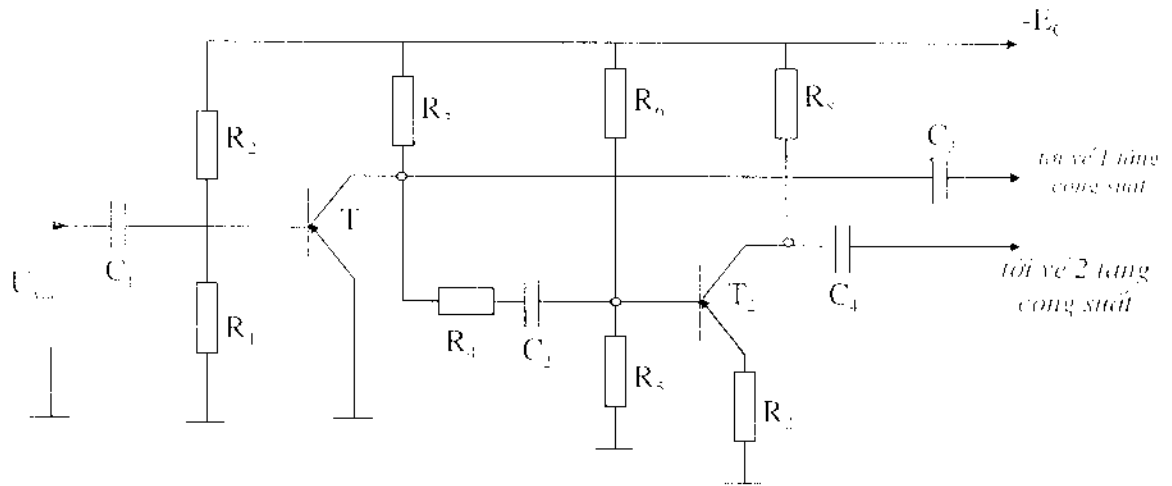
Kiểu mạch đảo pha này dễ thực hiện nhưng mạch cồng kềnh, nặng nề, giá thành cao, đáp tuyến tần số không tốt, gây méo tần số. Riêng đối với mạch dùng

dùng đèn bán dẫn ta lưu ý rằng sụt áp một chiều trên hai nửa cuộn thứ cấp có ảnh hưởng trực tiếp đến chế độ một chiều của tầng công suất vì thế nếu hai nửa không cân nhau thì méo nghiêm trọng tín hiệu ở đầu ra.

3. Mạch đảo pha phân áp

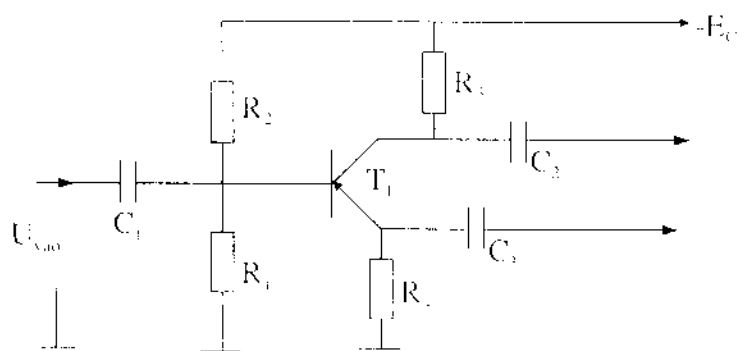
Để khắc phục nhược điểm của mạch đảo pha dùng biến áp người ta dùng mạch đảo pha kiểu phân áp. Chúng ta phải lưu ý về mặt biên độ và về pha của tín hiệu đưa tới tầng khuếch đại công suất.

Giả sử ta có mạch đảo pha phân áp dùng đèn bán dẫn minh họa như hình (7.2).



Hình 7.2 Mạch đảo pha phân áp

Mạch đảo pha phân áp dùng hai đèn bán dẫn loại PNP được mắc theo kiểu cực phát chung. Tín hiệu vào được đèn T_1 khuếch đại lên, điện áp ra trên tải R_4 đèn T_1 . Người ta lấy một phần thông điện trở R_4 và tụ C_2 đưa đến đèn T_2 khuếch đại lên. Điện áp lấy



Hình 7.3 Mạch đảo pha phân áp

ra sau tụ C3 và C4 đưa tới hai vế của tầng khuếch đại công suất. Điện áp đưa tới vế 1 và vế 2 tầng khuếch đại công suất bằng nhau về biên độ nhưng ngược pha nhau 180° .

4. Mạch đảo pha kiểu phân gánh

Mạch điện được minh hoạ như hình vẽ:

Loại mạch này có ưu điểm gọn nhẹ, dễ lắp ráp và điều chỉnh.

Nhược điểm: hệ số khuếch đại nhỏ. Từ mạch điện ta thấy tín hiệu ra được chia làm hai phần bằng nhau về biên độ nhưng ngược pha nhau 180° .

7.2 TẦNG KHUẾCH ĐẠI CÔNG SUẤT

1. Khái niệm chung

Tầng khuếch đại công suất là tầng cuối cùng của bộ khuếch đại. Ở tầng KDCS dòng điện và điện áp khá lớn vì thế phải chú ý đến vấn đề an toàn và tuổi thọ của phần tử khuếch đại. Chúng ta phải chú ý không để cho đèn công tác vượt quá các giới hạn cho phép. Do yêu cầu công suất lớn cho nên chúng ta phải chú ý đến hiệu suất của tầng.

Về chế độ công tác của tầng, nhìn chung tùy thuộc vào công suất, hiệu suất và các chỉ tiêu kỹ thuật mà người ta chọn chế độ công tác chỉ phù hợp.

Chế độ A là chế độ có góc cắt $\theta = 180^\circ$. Ở chế độ này dòng điện tĩnh lớn, dạng sóng ra giống dạng sóng vào. Chế độ A có độ méo nhỏ nhất, công suất ra không lớn.

Chế độ AB có góc cắt $90^\circ < \theta < 180^\circ$. Ở chế độ này có thể đạt được hiệu suất cao hơn chế độ A ($< 70\%$), vì dòng tĩnh I_{c0} lúc này nhỏ hơn dòng tĩnh ở chế độ A. Điểm làm việc nằm trên đặc tuyến tải gần khu vực tắt của tranzistor.

Chế độ B ứng với $\theta = 90^\circ$. Điểm làm việc tĩnh được xác định tại $U_{BE} = 0$. Chỉ một nửa chu kỳ âm (hoặc dương) của điện áp vào được tranzistor khuếch đại.

Chế độ C có góc cắt $\theta < 90^\circ$. Hiệu suất chế độ C khá cao ($> 78\%$) nhưng méo rất lớn. Nó thường được dùng trong các bộ khuếch đại tần số cao và dùng với tải cộng hưởng để có thể lọc ra được hài bậc nhất như mong muốn. Chế độ C còn được dùng trong mạch logic và mạch khoá.

Điểm làm việc tĩnh được xác định trong khu vực cho phép trên đặc tuyến tranzistor. Khu vực đó được giới hạn bởi: hypecpol công suất, đường thẳng ứng với dòng collector cực đại, đường thẳng ứng với điện thế collector-emiter cực đại, đường cong phân cách với khu vực bão hoà và đường thẳng phân cách với khu vực tắt của tranzistor. ở chế độ động (khi có tín hiệu vào), điểm làm việc có thể vượt ra ngoài hypecpol công suất (nếu vẫn đảm bảo được điều kiện công suất tổn hao nhỏ hơn công suất tổn hao cho phép), nhưng không được vượt quá các giới hạn khác.

Có thể dùng các biện pháp đã trình bày trong chương trước để cung cấp và ổn định điểm làm việc cho tầng khuếch đại công suất. Tuy nhiên, ít khi dùng điện trở emitter để ổn định chế độ công tác vì trong tầng khuếch đại công suất, dòng lớn sẽ gây tổn hao lớn trên điện trở này.

Mạch điện tầng khuếch đại công suất thường được phân loại theo bảng sau:

Tầng khuếch đại công suất				
Tầng khuếch đại đơn (chế độ A)	Tầng khuếch đại đẩy kéo (thường dùng chế độ B hoặc AB)			
	Đẩy kéo song song		Đẩy kéo nối tiếp	
	Tranzistor cùng loại	Tranzistor khác loại	Tranzistor cùng loại	Tranzistor khác loại

Tải của tầng KĐCS thường được mắc trực tiếp vào collector hoặc emitter của tranzistor công suất. Khi khuếch đại tín hiệu xoay chiều có thể ghép tải qua biến áp. Mạch ghép biến áp (tải biến áp) cho hiệu suất cao nhưng cho qua dải tần hẹp và kích thước, trọng lượng lớn.

2. Tầng khuếch đại đơn (chế độ A)

Trong tầng khuếch đại chế độ A, điểm làm việc động thay đổi đối xứng xung quanh điểm làm việc tĩnh. So với tầng khuếch đại tín hiệu nhỏ, nó chỉ khác là biên độ tín hiệu lớn. Tầng khuếch đại đơn hay dùng sơ đồ emitter chung hoặc sơ đồ lặp emitter, vì sơ đồ này có hệ số khuếch đại dòng điện lớn và méo phi tuyến nhỏ.

Hình 7.4 biểu diễn sơ đồ emitter chung và minh họa nguyên tắc làm việc của tầng khuếch đại chế độ A.

Khi tín hiệu vào hình sin, công suất ra (tính trung bình) của tín hiệu được xác định theo biểu thức (7.1)

$$P_r = \frac{I_c}{\sqrt{2}} \frac{U_c}{\sqrt{2}} = \frac{U_{cc} I_c}{2} \approx \frac{I_c^2 R_C}{2} \quad (\text{Tính giá trị hiệu dụng}) \quad (7.1)$$

Căn cứ vào hình (7.3b), có thể xác định được các biên độ U_{ce} và I_c như sau:

$$I_c = \frac{(I_{cmax} + I_{cmin})}{2} \quad \text{và} \quad U_{ce} = \frac{(U_{cemax} + U_{cemin})}{2}$$

thay vào (7.1) ta có:

$$P_r = \frac{(U_{cemax} - U_{cemin})(I_{cmax} - I_{cmin})}{8} \quad (7.2)$$

Vậy, khi vẽ được đường tải trên họ đặc tuyến ra, ta hoàn toàn có thể xác định được công suất ra. Ta sẽ nhận được công suất ra lớn nhất khi:

$$U_{CEmax} - U_{CEmin} \approx U_{cc} \quad \text{tức biên độ } U_{CE} \approx U_{cc} / 2$$

$$I_{cmax} - I_{cmin} \approx 2I_{co} \quad \text{và} \quad R_C \approx U_{cc} / 2I_{co}$$

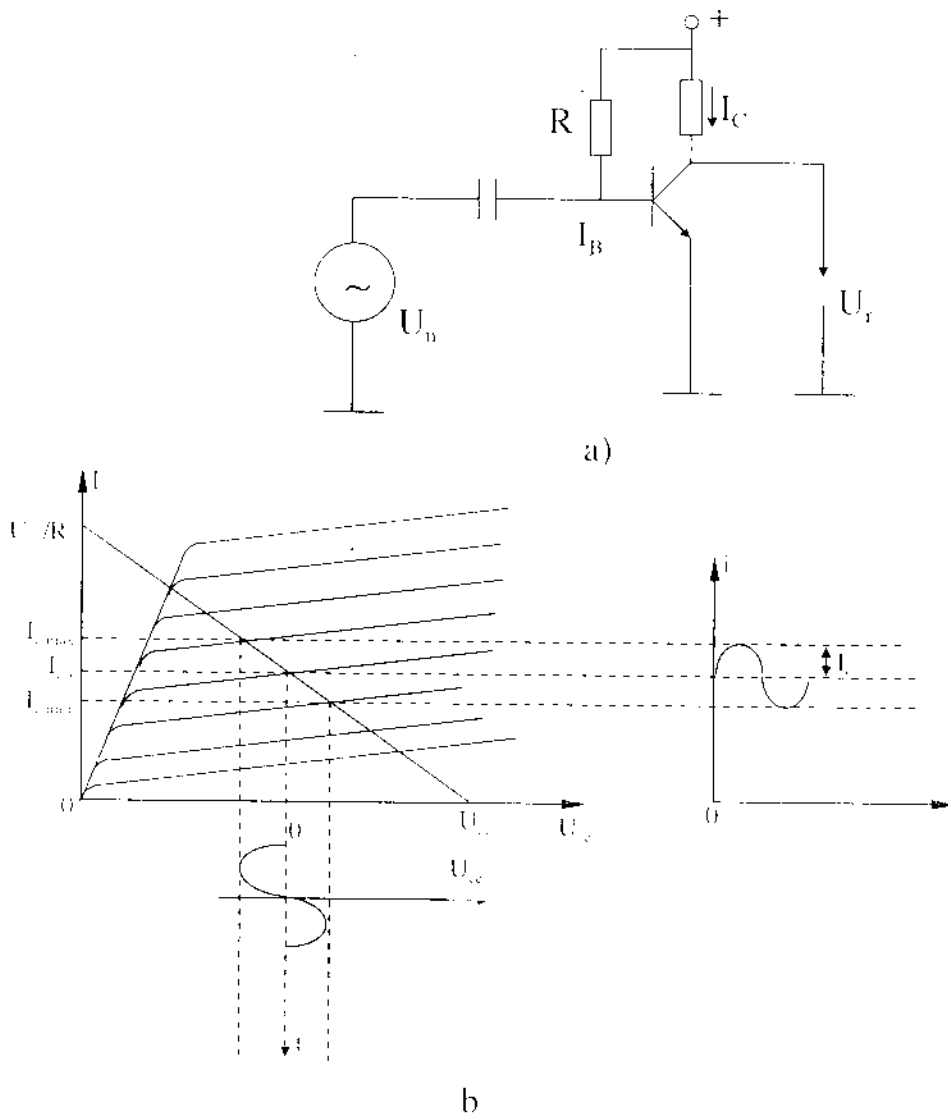
lúc đó công suất ra cực đại:

$$P_{max} \approx \frac{U_{cc}^2}{8R_C} \approx \frac{U_{cc} I_{co}}{4} \quad (\text{thay } R_C = U_{cc} / 2I_{co}) \quad (7.3)$$

Trường hợp đầu ra của tầng khuếch đại được ghép điện dung với tải, cần phân biệt đường tải tĩnh với đường tải động, lúc đó điện trở tối ưu được xác định như sau:

$$(R_C // R_l) = \frac{U_{cc}}{2I_{co}}$$

Để xác định hiệu suất, cần xác định công suất cung cấp cho mạch (công của dòng điện thực hiện trong một chu kỳ chia cho thời gian một chu kỳ T)



Hình 7.4 Tầng khuếch đại mắc theo sơ đồ emítơ chung:
a) Sơ đồ; b) Minh hoạ dạng tín hiệu trên họ đặc tuyến ra.

$$P_0 = \frac{1}{T} \int_0^T U_{ce}(I_{co} + I_c \sin \omega t) dt - U_{ce} I_{co} \quad (7.4)$$

(Tích phân gồm hai phần, phần đầu có giá trị là $U_{ce} I_{co}$, còn phần thứ hai là tích phân của hàm $\cos$ có giá trị bằng không).

Rõ ràng, khi tín hiệu vào hình sin thì trị trung bình đại số của điện áp collector-emítơ và dòng collector là không đổi. Vì vậy, công suất cung cấp một chiều không phụ thuộc vào mức tín hiệu vào và ra.

Hiệu suất cực đại của mạch được xác định theo (7.5)

$$\eta_{\max} = \frac{P_{e,\max}}{P_{cc}} 100\% \approx 25\% \quad (7.5)$$

Khi ghép biến áp có thể tăng hiệu suất cực đại lên gấp đôi, vì có thể bỏ qua điện trở một chiều của biến áp, nghĩa là giảm điện áp nguồn cung cấp một chiều của mạch.

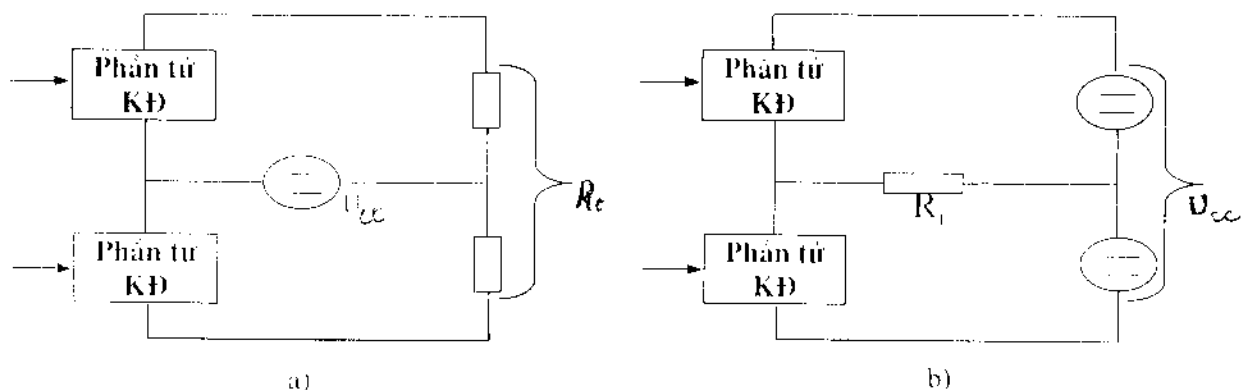
Nguyên lý làm việc: Giả sử điện áp tín hiệu vào dương lên, suy ra điện áp chân B của đèn dương lên, do đó đèn làm việc khoẻ lên, suy ra dòng qua đèn tăng lên, điện áp chân C tức là điện ra âm đi. Khi điện áp tín hiệu vào âm đi thì quá trình phân tích ngược lại.

Trong thực tế mạch khuếch đại công suất đơn dùng một đèn bán dẫn ba cực, công tác ở miền tần thấp có tải thường là loa

Một số tóm tắt định tính về mạch khuếch đại công suất đơn

- Cấu trúc đơn giản, dễ lắp ráp
- Mạch làm việc ở chế độ A nên dòng điện tĩnh khác không
- Hiệu suất thấp, công suất nhỏ
- Méo phi tuyến nhỏ
- Thích hợp với các nguồn tín hiệu nhỏ

Mạch điện được ứng dụng làm các tầng khuếch đại công suất trong các thiết bị phát thanh Truyền hình công suất nhỏ như máy thu thanh, máy thu hình...



Hình 7.5 Phân loại các tầng khuếch đại đẩy kéo:
a) Sơ đồ đẩy kéo song song; b) sơ đồ đẩy kéo nối tiếp

7.3 TẦNG KHUẾCH ĐẠI ĐẨY KÉO

1. Những vấn đề chung về tầng khuếch đại đẩy kéo

a. Các loại sơ đồ

Để tăng công suất, hiệu suất và giảm méo phi tuyến, người ta dùng tầng khuếch đại đẩy kéo. Tầng khuếch đại đẩy kéo là tầng gồm có hai phần tử tích cực mắc chung tải. Để biểu diễn và phân loại các sơ đồ đẩy kéo, có thể dùng sơ đồ cầu như trên hình 7.5.

Tóm lại, sơ đồ đẩy kéo song song có các phần tử tích cực đầu song song về mặt một chiều còn các sơ đồ đẩy kéo nối tiếp các phần tử tích cực đầu nối tiếp về mặt một chiều. Ngoài ra, trong các sơ đồ trên còn có thể dùng hai phần tử tích cực cùng loại hay khác loại, do đó có bốn loại sơ đồ đẩy kéo như được chỉ ra trong hình 7.6.

	Đẩy kéo song song	Đẩy kéo nối tiếp
Tranzistor cùng loại		
Tranzistor khác loại		

Hình 7.6 Sơ đồ đẩy kéo song song và nối tiếp với tranzistor cùng loại và khác loại

Điện trở R_1 trong các sơ đồ song song chỉ có ý nghĩa, nếu hai nửa của nó được liên hệ với nhau nhờ cảm ứng hoặc nhờ sự biến đổi năng lượng sao cho toàn bộ công suất được đưa hết ra một tải chung để tiêu thụ.

Vì vậy, trong các sơ đồ song song thường dùng mạch ghép biến áp với tải tiêu thụ. Trong đó, cuộn sơ cấp biến áp có điểm giữa nối với nguồn cung cấp, còn cuộn thứ cấp ghép với tải.

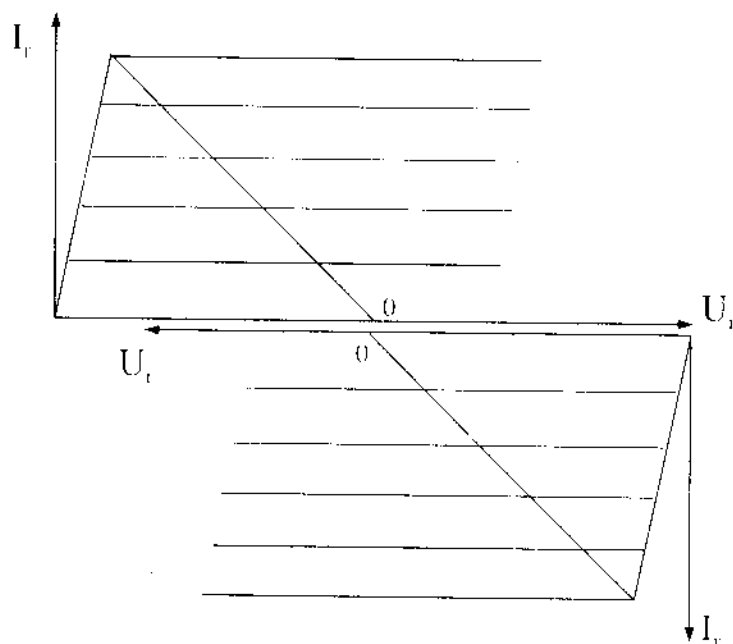
Trong các sơ đồ nối tiếp, không cần dùng mạch ghép biến áp, vì điện trở R_1 không yêu cầu có điểm giữa.

b. Một số đặc điểm cơ bản

- Điểm đất của các mạch song song là đầu âm của nguồn một chiều, điểm đất của các mạch nối tiếp là điểm giữa của nguồn một chiều

- Các mạch đẩy kéo dùng hai tranzistor cùng loại được kích thích bởi các tín hiệu ngược pha. Để tạo tín hiệu này có thể dùng tầng khuếch đại đảo pha hoặc dùng biến áp mà cuộn thứ cấp của nó có điểm giữa nối đất về mặt xoay chiều. Các mạch đẩy kéo dùng hai tranzistor khác loại được kích thích bởi các tín hiệu đồng pha. Vì vậy có thể dùng cùng một tín hiệu để kích thích cho cả hai tranzistor

- Các tầng đẩy kéo có thể làm việc ở chế độ A, AB hoặc B, nhưng thông thường hay dùng chế độ AB hoặc B. ở chế độ B, điểm làm việc được chọn sao cho dòng điện ra ở chế độ tĩnh I_{r0} bằng không và điện áp ra ở chế độ tĩnh U_{r0} bằng điện áp nguồn cung cấp (hình 7.7). Mỗi tranzistor chỉ khuếch đại một nửa dương hoặc một nửa âm tín hiệu vào. Hai nửa tín hiệu ra sẽ được tổng hợp lại thành tín hiệu hoàn chỉnh trên điện trở tải.



Hình 7.7 Đặc tuyến ra của tầng đẩy kéo chế độ B

Tuy nhiên, ở chế độ B phải lưu ý đến méo tín hiệu sinh ra khi điểm làm việc chuyển tiếp từ tranzistor này sang tranzistor khác, vì trong tranzistor chỉ có dòng emitter khi điện áp bazo-emiter lớn hơn 0,5V (tranzistor silic). Do đó, khi điện áp bazo-emiter có giá trị nhỏ hơn thì nó được khuếch đại rất ít hoặc hoàn toàn không được khuếch đại. Méo sinh ra trong quá trình đó càng lớn khi điện áp vào càng nhỏ.

Méo này khắc phục được bằng cách tăng trị số dòng ra tại điểm tĩnh I_{co} và tăng ra chuyển sang làm việc ở chế độ AB.

2. Sơ đồ đẩy kéo song song

Tất cả các sơ đồ đẩy kéo song song đều phải dùng biến áp ra để phối ghép giữa hai nửa điện trở tải R_L . Mạch điện nguyên lý của nó được biểu diễn trên hình 7.8. Để có điện áp đặt vào hai tranzistor ngược pha, dùng biến áp BA_1 .

Nếu điện áp vào có dạng hình sin thì hai tranzistor thay nhau khuếch đại hai nửa hình sin, vì điện thế hai đầu cuộn thứ cấp BA_1 ngược pha. Các điện trở R_1 , R_2 được chọn sao cho dòng tĩnh qua chúng nhỏ (chế độ AB). Khi cho $R_2 = 0$ thì $U_{BE} = 0$, do đó bộ khuếch đại làm việc ở chế độ B. Ở chế độ AB dòng tĩnh colector nằm trong khoảng $(10 \div 100)\mu A$. Hai nửa hình sin của điện áp ra được phối hợp lại trên biến áp ra BA_2 . Điện trở tải của mỗi tranzistor được xác định như sau:

$$R_L = n^2 R_L$$

trong đó n là hệ số biến áp và $n = N_1 / N_2$

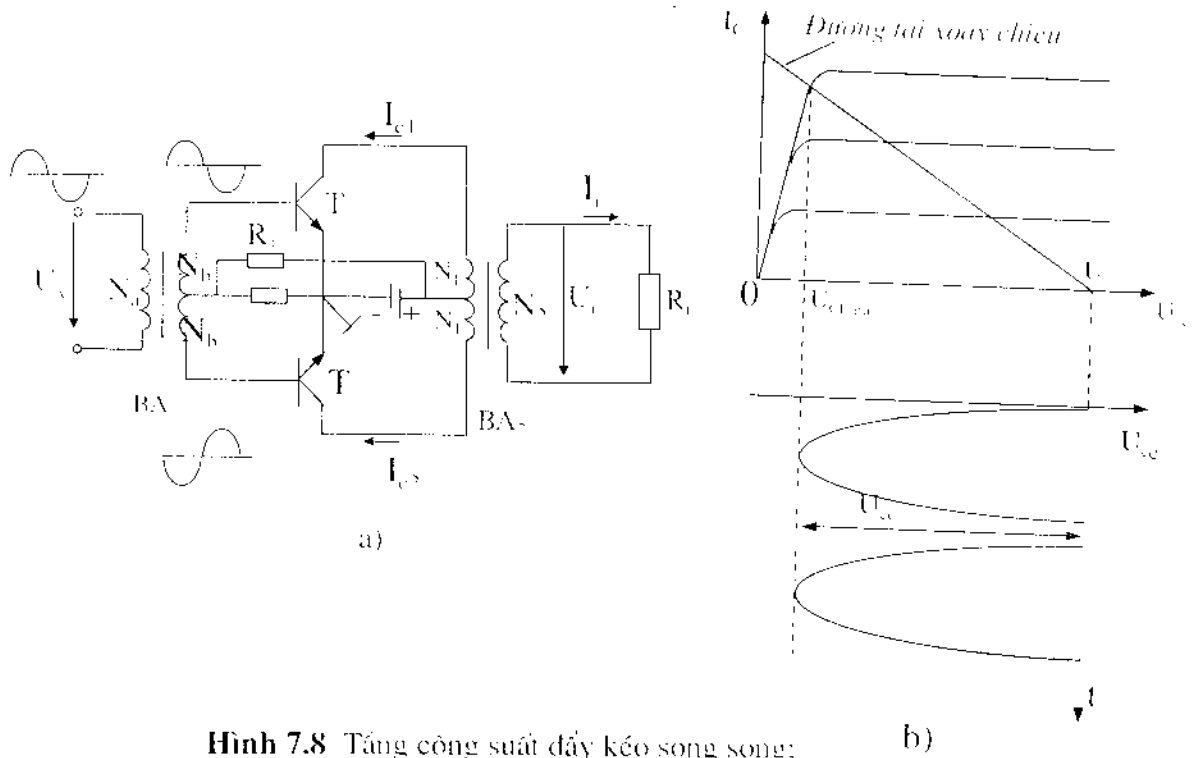
N_1 , N_2 theo thứ tự là số vòng của một nửa cuộn sơ cấp và số vòng của cuộn thứ cấp.

Ta có:
$$I_L = \frac{U_{ce}}{R_L} \quad \text{và} \quad U_{ce} = nU_i$$

Dòng xoay chiều I_L thay nhau chảy qua nửa trên và nửa dưới của cuộn sơ cấp biến áp, do đó chỉ một nửa cuộn sơ cấp tham gia vào việc hình thành trường điện từ của biến áp.

Công suất ra tải của mạch tính cho một đèn (giá trị hiệu dụng):

$$P_t = \frac{U_{ce}}{\sqrt{2}} \cdot \frac{I_c}{\sqrt{2}} = \frac{U_{ce}^2}{2R} = \frac{U_{ce}^2}{2n^2 R}$$



Hình 7.8 Tăng công suất đẩy kéo song song:
a) Sơ đồ; b) Đặc tuyến tải

Biên độ điện áp ra cực đại giữa collector và emitter của một tranzistor (hình 7.8b):

$$U_{cemax} = U_{cc} - U_{CEmin}$$

Do đó ta nhận được công suất ra cực đại:

$$P_{tmax} = \frac{(U_{cc} - U_{CEmin})^2}{2n^2 R}$$

Nếu giả thiết bộ khuếch đại làm việc ở chế độ B, ta tính được dòng collector trung bình:

$$I_{c0} = \frac{1}{T} \int_0^T i_c(t) dt = \frac{I_c}{\pi}$$

Do đó công suất cung cấp một chiều (tính cho cả hai đèn)

$$P_0 = I_{CIB} U_{CE} = \frac{2}{\pi} I_C U_{ce} = \frac{2}{\pi} \frac{U_{ce} U_{ce}}{n^2 R_L}$$

Vậy công suất cung cấp một chiều phụ thuộc vào mức điện áp ra U_{ce} . Công suất tiêu hao trên collector là hiệu P_0 với công suất ra tải P_r . Thay P_0 và P_r vào ta có (công suất tiêu thụ trên hai đèn)

$$P_c = P_0 - P_r = \frac{2}{\pi} \frac{U_{ce} U_{ce}}{n^2 R_L} - \frac{U_{ce}^2}{2n^2 R_L}$$

P_c thay đổi theo U_{ce} và đạt cực đại khi mà U_{CE} đạt giá trị cực đại

$$U_{ce} = \frac{2}{\pi} U_{ci}$$

Ở chế độ B, công suất tổn hao cực đại là

$$P_{c \max} = \frac{4}{\pi^2} P_{r \max}$$

Hiệu suất cực đại của mạch:

$$\eta_{\max} = \frac{P_{r \max}}{P_0} 100\% \approx \frac{\pi}{4} 100\% \approx 78,5\% \quad (7.6)$$

Ta thấy hiệu suất của bộ khuếch đại đẩy kéo lớn hơn hiệu suất của bộ khuếch đại đơn (cỡ 25%) khá nhiều.

Cần nói thêm rằng, các kết quả thu được trên đây cũng có thể coi là gần đúng khi bộ khuếch đại làm việc ở chế độ AB.

Ngày nay bộ khuếch đại đẩy kéo song song chỉ còn được dùng trong những trường hợp yêu cầu phải cách điện một chiều đối với tải hoặc yêu cầu mạch phải cho hiệu suất cao trong khi nguồn cung cấp nhỏ, vì sơ đồ đẩy kéo song song có một số nhược điểm rất đáng kể do biến áp gây ra như kích thước lớn, giá thành cao, dải tần làm việc hẹp và không thể thực hiện được dưới dạng mạch tích hợp.

Tương tự như vậy ta có thể xét đối với các sơ đồ đẩy kéo song song dùng tranzistor khác loại.

Nguyên lý làm việc: Giả sử điện áp cảm ứng đưa tới chân B đèn trên dương lên, tức là điện áp cảm ứng đưa tới chân B đèn dưới âm đi thì khi đó đèn trên làm việc khoẻ lên (vì điện áp chân B tăng lên — dương lên) suy ra dòng qua đèn tăng lên và do đó điện áp cảm ứng trên cuộn N_2 xuất hiện. Đối với đèn dưới thì dòng qua đèn giảm đi do đó cũng làm cảm ứng trên cuộn N_2 một điện áp cảm ứng cùng chiều với điện áp cảm ứng vừa nói ở trên. Kết quả tồn tại một điện áp cảm ứng trên N_2 tức là tồn tại một điện áp cảm ứng trên tải. Tương tự như vậy khi điện áp cảm ứng đặt lên đèn trên âm đi thì quá trình phân tích ngược lại.

3. Sơ đồ đẩy kéo nối tiếp dùng tranzistor cùng loại

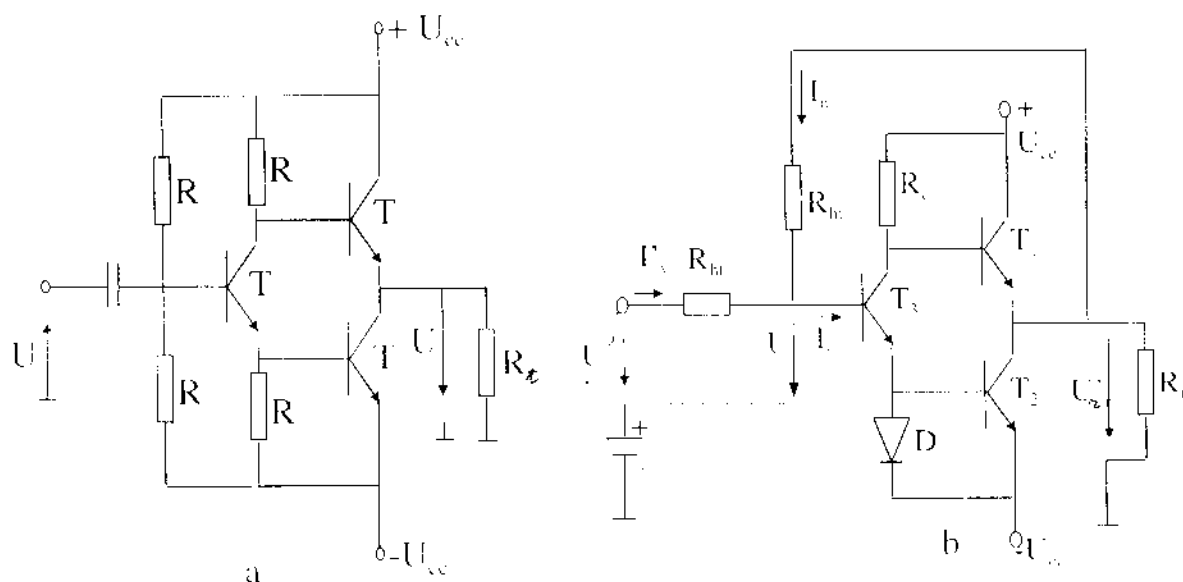
Trên hình 7.9 là hai sơ đồ nối tiếp dùng tranzistor cùng loại.

Để tạo tín hiệu ngược pha đưa vào bazo hai tranzistor T_1 và T_2 , dùng tầng khuếch đại đảo pha T_3 , ở đây thay cho nguồn cung cấp có điểm giữa nối đất, người ta dùng nguồn đối xứng $\pm U_{CC}$. Trong sơ đồ, T_1 được mắc theo kiểu mạch collector chung và T_2 theo kiểu mạch emitter chung. T_3 ngoài nhiệm vụ khuếch đại đảo pha còn làm nhiệm vụ định điểm làm việc cho T_1 và T_2 nhờ điện áp tĩnh trên collector và emitter của nó. Trong các mạch rời rạc thường dùng ghép điện dung giữa tầng khuếch đại đảo pha và tầng ra, bằng cách đó có thể định điểm làm việc riêng cho T_1 và T_2 , các điện trở R_C và R_E lúc này chỉ chọn theo yêu cầu đối với biên độ điện áp kích cho tầng ra. Trong kỹ thuật tích hợp không thực hiện được điều đó, vì vậy với sơ đồ trên thường gặp khó khăn đó trong việc chọn R_E để thỏa mãn yêu cầu về độ méo và công suất ra. Để khắc phục phần nào khó khăn đó, người ta thay điện trở R_E bởi một điôt như trên hình bên cạnh. Điôt làm nhiệm vụ hạn chế điện áp bazo-emitter của T_2 , nhờ đó khắc phục được hiện tượng quá tải của T_2 . Để giảm méo còn dùng mạch hồi tiếp âm gồm R_{m1} và R_{m2} . Trong mạch hồi tiếp đó, ta tính được:

$$I_{T_1} = I_{T_2} + I_m = \frac{U_T}{R_{T_1}} \quad (7.7)$$

$$U_{T_1} = I_{T_1} R_{m1} + U_V \quad (7.8)$$

$$U_v = I_{bt} R_{bt} + U_v = K U_v \quad (7.9)$$



Hình 7.9 Tầng ra mắc theo sơ đồ đẩy kéo nối tiếp, dùng tranzistor cùng loại với tầng khuếch đại đảo pha.

Do đó hệ số khuếch đại điện áp của mạch khi tính đến hồi tiếp âm được xác định như sau:

$$K_u' = \frac{U_v'}{U_v} = \frac{R_{bt1}}{R_{bt2}} \cdot \frac{K_u}{K_u + 1 + R_{bt1}/R_{bt2} + R_{bt1}/R_v} \quad (7.10)$$

trong đó K_u và R_v là hệ số khuếch đại điện áp và điện trở vào của mạch khi chưa có hồi tiếp.

Nếu hồi tiếp âm sâu ($K_u' \leq 5$) thì

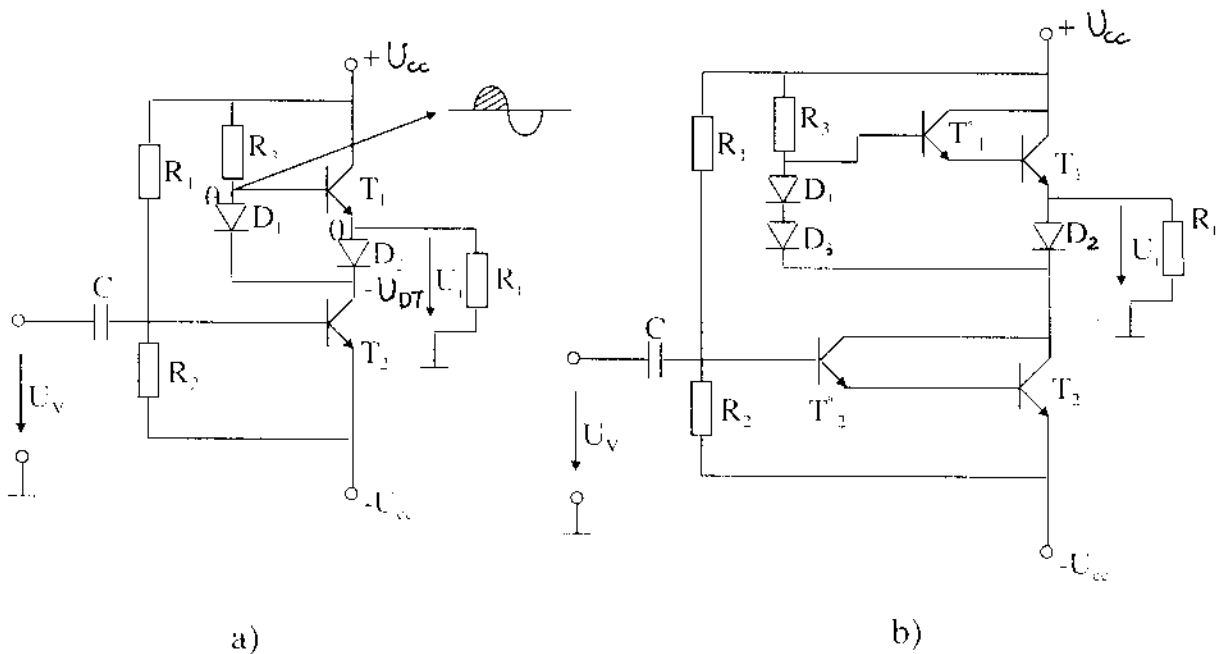
$$K_u \gg 1 + \frac{R_{bt1}}{R_{bt2}} + \frac{R_{bt1}}{R_v}$$

Do đó

$$K_u' \approx \frac{R_{bt1}}{R_{bt2}} \quad (7.11)$$

Để tạo tín hiệu ngược pha kích thích hai tranzistor tăng ra, còn có thể dùng mạch ghép diốt như trên hình 7.10.

Điện áp kích thích được dẫn trực tiếp vào bazo tranzistor T_2 , còn điện áp kích thích cho T_1 lấy từ colector T_2 ghép diốt sang bazo T_1 .



Hình 7.10 Tầng ra nối tiếp dùng tranzistor cùng loại ghép diốt để đảo pha
a) dùng tranzistor đơn; b) dùng sơ đồ Darlington.

Bộ phân áp R_1, R_2 xác định điểm làm việc tĩnh cho T_2 . Thường chọn R_1, R_2 sao cho ở chế độ tĩnh điện áp colector T_2 bằng $-U_{DT}$; với U_{DT} là điện áp thông của diốt.

Do đó ở chế độ tĩnh điện áp bazo và emiter của T_1 bằng không và điện áp ra cũng bằng không.

Trong nửa chu kỳ dương của điện áp vào, T_2 tiếp tục dẫn, nghĩa là điện thế colector của T_2 bằng $-U_{CC}$. Điện thế bazo và emiter của T_1 bằng $-U_{CC} + U_{DT}$ và T_1 tiếp tục ngắt. Do đó điện áp ra bằng $-U_{CC} + U_{DT}$, lúc này có dòng điện chạy từ đất đến R_1 qua D_2 và T_2 trở về $-U_{CC}$.

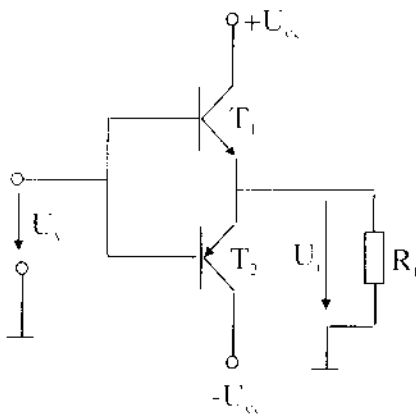
Trong nửa chu kỳ âm của điện áp vào T_2 ngắt, dòng qua R_1 bằng không do đó điện áp bazo T_1 gần bằng $+U_{CC}$ và điện áp ra bằng $U_{CC} - U_{DT}$. Lúc này có dòng

chạy từ $+U_{CC}$ qua T_1 , R_L về đất. Nếu cần phải tăng hệ số khuếch đại dòng điện hoặc tăng trở kháng vào, ta có thể mạch Darlington thay cho T_1 , T_2 (hình 7.10b). Giữa bazo T_1' và collector T_2 mắc hai diôt vì trong sơ đồ này lưu ý đến $U_{BE}T_1'$ và $U_{BE}T_2$.

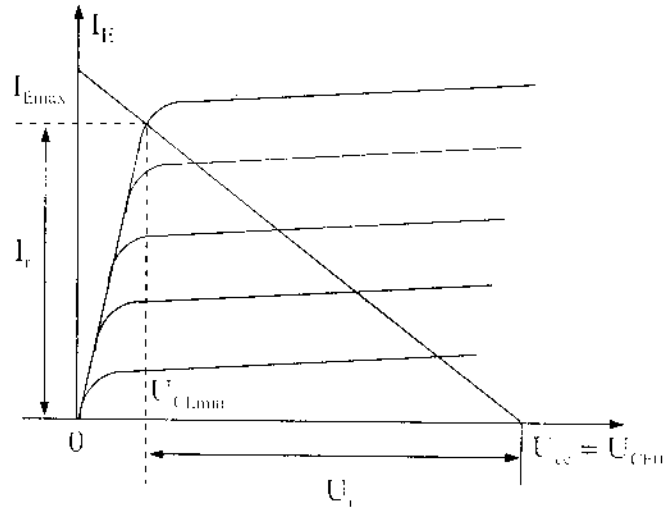
Nói chung các sơ đồ nối tiếp ghép diôt có méo lớn, đặc biệt là khi tín hiệu vào nhỏ.

4. Sơ đồ đẩy kéo nối tiếp dùng tranzistor bù (tranzistor khác loại)

Mạch điện nguyên lý của sơ đồ nối tiếp dùng tranzistor bù được biểu diễn trên hình 7.11. Cả hai tranzistor T_1 và T_2 đều mắc theo kiểu collector chung và có chung tải R_L . Điện áp bazo ban đầu bằng không, nghĩa là điện thế emitter (điện áp ra) cũng bằng không.



a)



b)

Hình 7.11 a) Sơ đồ đẩy kéo nối tiếp dùng tranzistor bù;
b) Đặc tuyến ra của một tranzistor

Điện áp kích cho T_1 , T_2 đồng pha và có biên độ bằng nhau. Vì mạch mắc theo kiểu collector chung, nên hệ số khuếch đại điện áp của nó: $K_0 \approx 1$.

Để tính toán, ta dùng đặc tính ra của một tranzistor (hình 7.11b)

Biên độ tín hiệu ra:

$$U_r = m(U_{CC} - U_{CE}) \quad (7.12)$$

$$I_e = mI_F \quad (7.13)$$

trong đó m hệ số tỷ lệ, m lấy giá trị trong khoảng (0,1)

Do đó công suất ra của mỗi tranzistor (tính giá trị hiệu dụng)

$$P_e = \frac{U_{ce} I_e}{\sqrt{2}\sqrt{2}} = \frac{U_{ce} I_e}{2} = \frac{1}{2} m^2 (U_{cc} - U_{ce \min}) I_{E \max} \quad (7.14)$$

Công suất một chiều cung cấp cho hai tranzistor:

$$P_{cc} = 2 U_{cc} \frac{1}{T} \int_0^{\frac{T}{2}} I_e \sin \omega t dt = 2 \cdot \frac{m}{\pi} U_{cc} I_{E \max} \quad (7.15)$$

Công suất tổn hao trên collector của mỗi tranzistor:

$$P_c = P_{cc} - P_e = \frac{m}{\pi} U_{cc} I_{E \max} - \frac{m^2}{2} (U_{cc} - U_{ce \min}) I_{E \max} \quad (7.16)$$

P_c phụ thuộc m.

Cho đạo hàm $dP_c/dm = 0$, ta xác định được giá trị của m mà tại đó công suất tổn hao lớn nhất:

$$m_{P_c \max} = \frac{2U_{cc}}{\pi(U_{cc} - U_{ce \min})} \approx \frac{2}{\pi} \quad (7.17)$$

Vậy công suất tổn hao cực đại trên mỗi tranzistor:

$$P_{c \max} = \frac{U_{cc}^2 I_{E \max}}{\pi^2 (U_{cc} - U_{ce \min})} \approx \frac{U_{cc} I_{E \max}}{\pi^2} \quad (7.18)$$

Vì $P_{c \max}$ và U_{cc} đã cho trước, nên từ (7.18) ta tính dòng emitter I_{Em} :

$$I_{Em} = \frac{\pi^2 P_{c \max} (U_{cc} - U_{ce \min})}{U_{cc}^2} \approx \frac{\pi^2 P_{c \max}}{U_{cc}} \quad (7.19)$$

Từ đó tính được các tham số khác:

$$R_e = \frac{U_{ce}}{I_e} = \frac{U_{cc} - U_{ce \min}}{I_{Em}} = \frac{U_{cc}^2}{\pi^2 P_{c \max}} \quad (7.20)$$

$$P_{cong} = \frac{m^2}{2} (U_{cc} - U_{ce \min}) I_{E \max} = m^2 \frac{\pi^2}{2} P_{c \max} \frac{(U_{cc} - U_{ce \min})^2}{U_{cc}^2} \approx m^2 \frac{\pi^2}{2} P_{c \max} \quad (7.21)$$

$$P_{\text{output}} = \frac{2m}{\pi} U_{cc} I_{Fim} \approx m \cdot 2\pi \cdot P_{\text{umax}} \quad (7.22)$$

Hiệu suất của mạch:

$$\eta = \frac{P_{\text{output}}}{P_{\text{output}}} = m \frac{\pi}{4} \quad (7.23)$$

$$\text{Khi } m = 1, \eta = \frac{\pi}{4} \approx 78.5\% \quad (7.24)$$

Cũng giống sơ đồ đẩy kéo song song, công suất ra và hiệu suất của sơ đồ đẩy kéo nối tiếp lớn hơn của sơ đồ khuếch đại công suất đơn khá nhiều:

$$P_{r(\text{đẩy kéo})} = \pi^2 P_{r(\text{đơn})}$$

$$\eta_{(\text{đẩy kéo})} = \pi \cdot \eta_{(\text{đơn})}$$

Như đã nói ở sơ đồ ở trên, trong sơ đồ nối tiếp dùng tranzistor bù cũng xuất hiện méo lớn hơn khi tranzistor làm việc ở chế độ B.

Một số tóm tắt định tính về sơ đồ khuếch đại công suất đẩy kéo

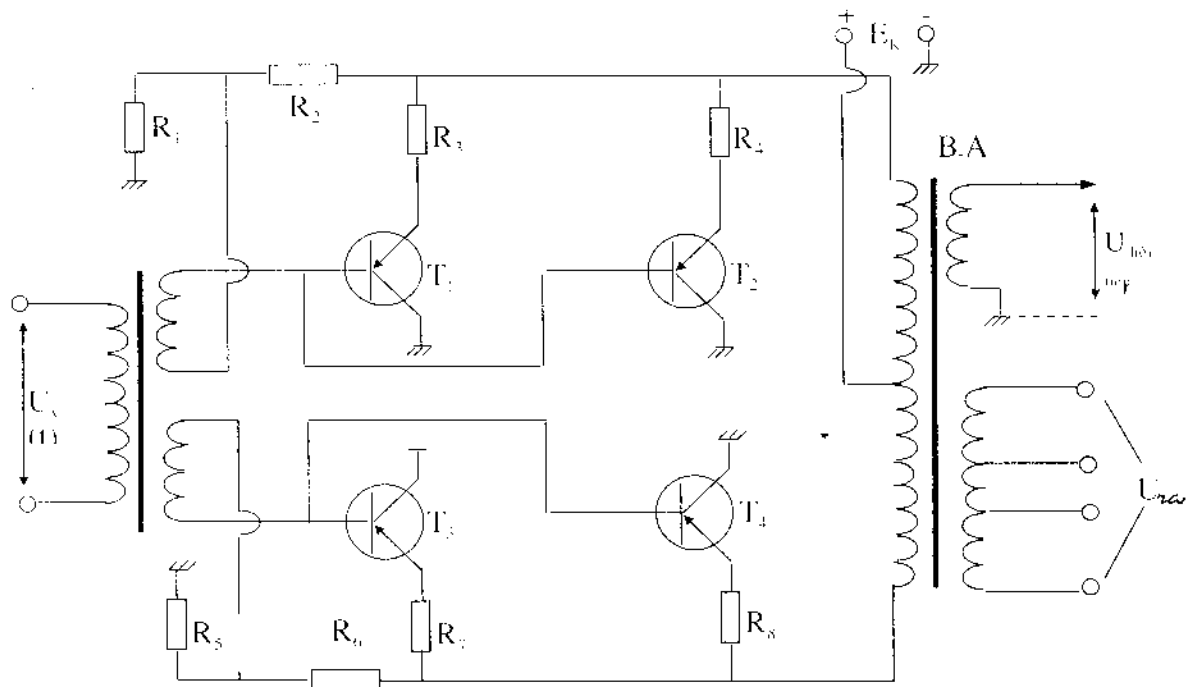
- Dùng hai đèn (bán dẫn hay điện tử)
- Phát huy được công suất và tính năng của mạch điện
- Mạch có hiệu suất cao, công suất lớn, méo phi tuyến lớn nếu cộng tác ở chế độ B và ngược lại đối với mạch công tác ở chế độ A.

7.4. GIỚI THIỆU MỘT SỐ MẠCH KHUẾCH ĐẠI CÔNG SUẤT

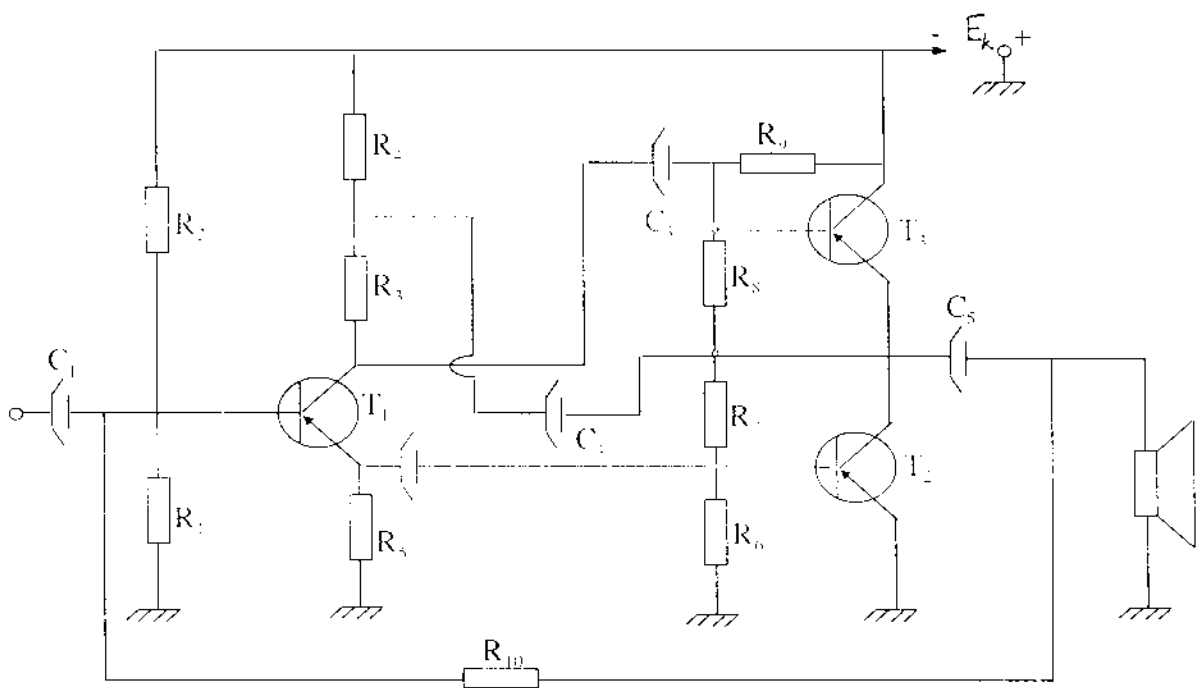
1. Mạch đảo pha và khuếch đại công suất dùng đèn bán dẫn

Ở hình 7.12 và hình 7.13 trình bày hai loại mạch dùng đảo pha bằng biến áp và bằng tranzistor.

Mạch khuếch đại công suất dùng tranzistor cùng loại về nguyên tắc làm việc không có gì khác các phần trên. Song một yêu cầu là muốn tín hiệu đầu ra không bị méo thì tín hiệu đưa vào phải hoàn toàn giống nhau, hai vế phải thật cân nhau. Điều đó chỉ có được nếu trong mạch ta sử dụng thêm các điện trở và tụ điện cân bằng. Dưới đây chỉ trình bày hai sơ đồ với hai loại tranzistor giống nhau và khác nhau. Trường hợp hai loại tranzistor giống nhau như hình 7.12.

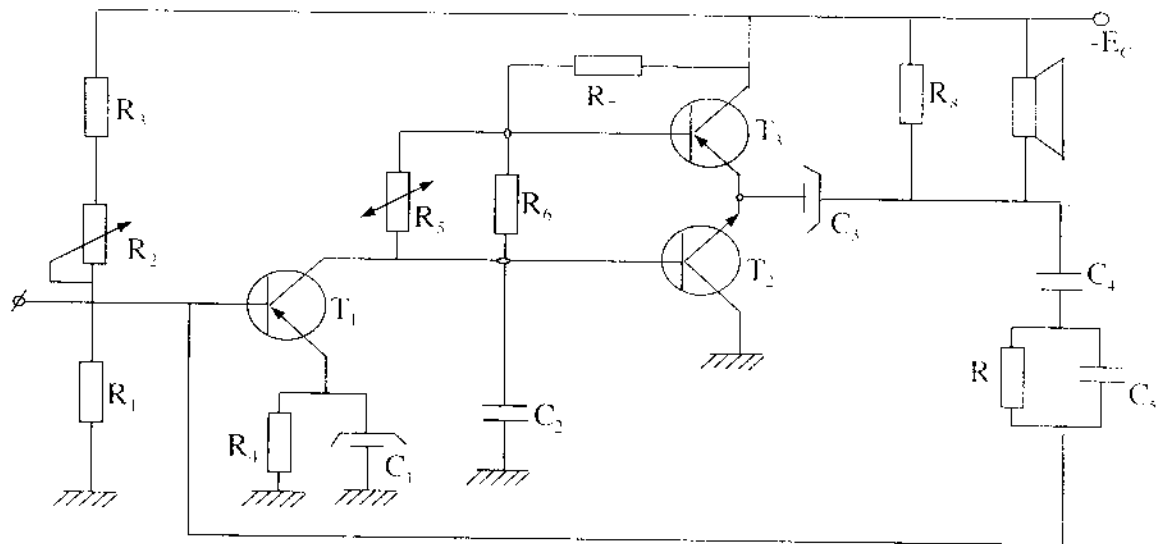


Hình 7.12 Mạch đảo pha dùng biến áp



Hình 7.13 Mạch đảo pha dùng Tranzistor

Ở hình 7.13 để mạch làm việc tốt phải chọn: $R_5 = R_3, R_6 = R_8, R_7 = R_9, C_1 = C_5; T_2 \equiv T_1$.



Hình 7.14 Mạch khuếch đại công suất dùng hai đèn công suất khác loại

Đèn T_1 làm nhiệm vụ đảo pha tín hiệu, các điện trở và tụ điện làm nhiệm vụ định thiên, phân áp như các mạch trước, lưu ý là về xoay chiều C_4 làm ngắn mạch tín hiệu trên R_4 , do đó biên độ của hai tín hiệu vào hai tầng hoàn toàn giống nhau và ngược pha nhau.

Trong trường hợp hai đèn khác loại ta có sơ đồ như hình 7.14.

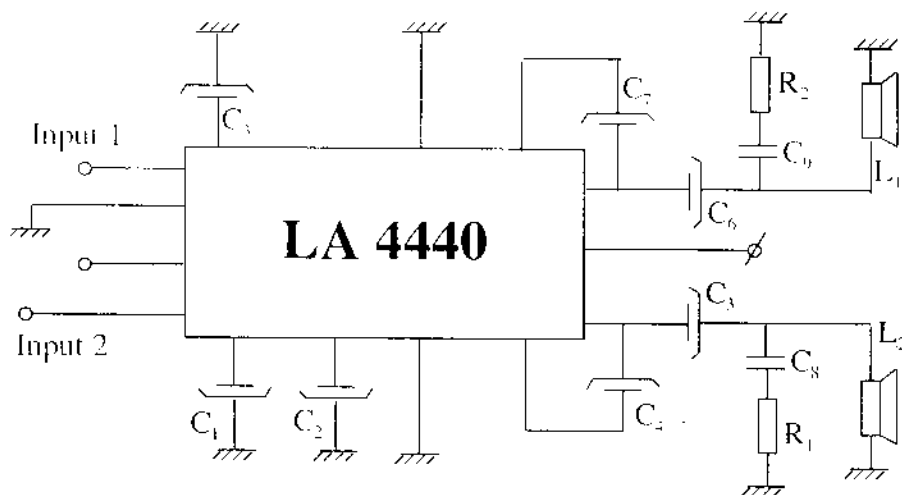
Trong sơ đồ này cần chú ý điện trở của T_1 lại là điện trở định thiên của T_2 . Do đó việc điều chỉnh điện trở R_4 để có dòng I_{c1} thích hợp lại là điều chỉnh định thiên của T_2 . Còn về nguyên lý hoàn toàn giống các mạch trên.

2. Tầng khuếch đại công suất dùng IC

Hiện nay việc IC hoá các tầng trong máy tăng âm và các bộ khuếch đại là một nhu cầu thực tiễn, nó ngày càng tiện lợi cho việc lắp ráp và sử dụng mạch điện. Có nhiều loại và khả năng cung cấp công suất ra khác nhau. Song thường hay sử dụng các tầng công suất nhỏ là HA1392 hoặc LA 4440. Sơ đồ đấu nối LA 4440 có dạng như hình 7.15.

LA 4440 dùng điện áp nguồn $V_{cc} = 13.2V$, có trở kháng loa 4Ω đảm bảo khuếch đại hai kênh (stereo) cho ra công suất 6 W mỗi kênh. ở đây các tụ C_6, C_7 làm nhiệm vụ dẫn tín hiệu.

Mạch $R_2, C_9; R_1, C_8$ là sửa đáp tuyến tần số.



Hình 7.15 Mạch khuếch đại công suất dùng IC

Các tụ C_1, C_2, C_3 là tụ lọc nguồn; C_4, C_7 là tụ hồi tiếp nhằm nâng cao chất lượng âm thanh.

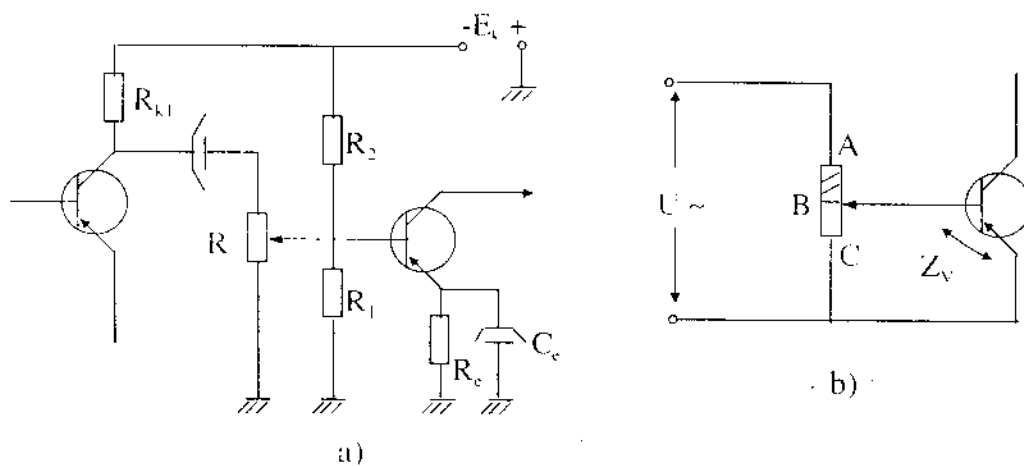
Ta cũng có thể dùng mạch LA 4440 đấu thành một kênh khuếch đại (mono). Khi ấy công suất tăng lên 19W, ở đây việc đấu ghép thành mạch vào và mạch ra có thay đổi chút ít. Còn các mạch khác vẫn giữ nguyên.

Các mạch có thay đổi: $C_5, C_6, R_2, C_0, R_1, C_8, \text{input } 1, 2$.

7.5 MỘT SỐ MẠCH ĐIỆN PHỤ

1. Mạch điều chỉnh âm lượng

Việc điều chỉnh âm lượng trong máy tăng âm thường được thực hiện bằng



Hình 7.16 Mạch điều chỉnh âm lượng

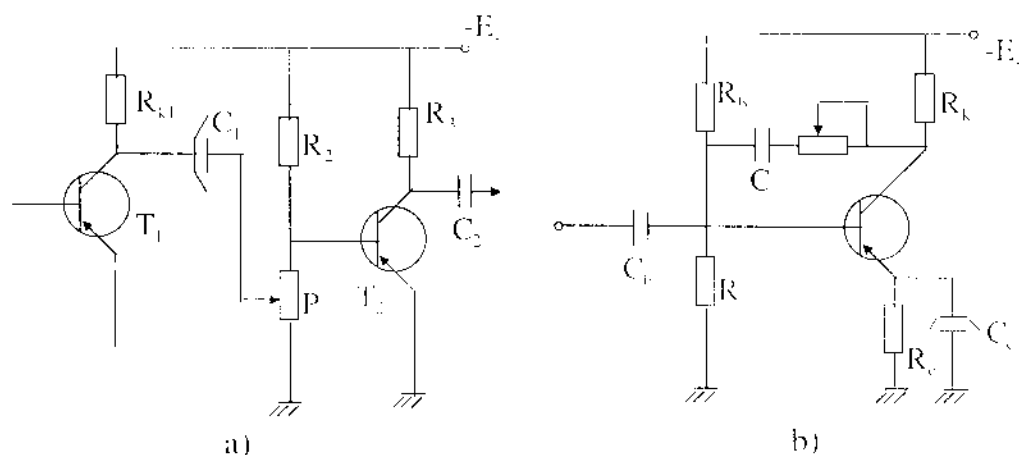
cách điều chỉnh biến trở R đầu ở mạch ra của tầng khuếch đại micro. Việc điều chỉnh chiết áp trong các máy tăng âm dùng bán dẫn và đèn điện tử hoàn toàn giống nhau. Chỉ khác là giá trị của biến trở " R " trong các tầng dùng đèn điện tử lớn hơn nhiều lần. (hình 7.16).

Đối với tín hiệu quay đĩa hoặc thu thanh thì biến trở R đầu ở đầu vào tầng pha trộn. Biến trở này dùng loại có điện trở tăng tỷ lệ thuận với góc quay, do đó phạm vi điều chỉnh âm thanh nhỏ từ $(5 \div 10)\text{dB}$. Nếu dùng loại có điện trở tăng theo quy luật hàm số mũ của góc quay, phạm vi điều chỉnh rộng lớn từ $(30 \div 40)\text{dB}$.

Từ sơ đồ nguyên lý trên ta thấy rằng tín hiệu xoay chiều sụt trên biến trở " R ". Lượng tín hiệu đưa vào tầng sau nhiều hay ít phụ thuộc con trượt tiến lên phía điểm A hay điểm B. Sơ đồ tương đương ở hình 7.17b để nhận thấy đoạn BC mắc song song với Z_k của tầng sau. Khi con chạy càng tiến lên thì tín hiệu đưa sang tầng sau càng lớn và ngược lại. Song ở đây ta lưu ý rằng trong các máy bán dẫn do trở kháng vào tầng sau nhỏ mà ta dùng chiết áp quá lớn thì việc điều chỉnh sẽ không có hiệu quả.

Ở một vài máy tăng âm khi biến trở có trị số lớn thì người ta có thể dùng mạch điều chỉnh âm lượng có dạng ở hình 7.17.

Đối với hình 7.17a ta chỉ lưu ý một điều, đó là chính việc điều chỉnh " R " là điều chỉnh lượng điện áp nối tiếp từ đầu ra và đầu vào. Như vậy mạch còn mang tính điều chỉnh âm sắc (xét ở mục sau).



Hình 7.17 Một dạng mạch khác dùng để điều chỉnh âm lượng

2. Mạch điều chỉnh âm sắc

Mạch điều chỉnh âm sắc là mạch làm lợi thanh thiết trầm hoặc ngược lại. Điều này thực chất là làm rõ mạch tín hiệu xuống mát ở một dải tần số nào đó, người ta có thể thực hiện ý đồ bằng cách dùng các mạch RC mắc ở đầu vào, đầu ra hoặc ở mạch hồi tiếp của tầng khuếch đại.

Dưới đây ở hình 7.18 ta đưa ra bốn kiểu mạch điều chỉnh âm sắc đơn giản.

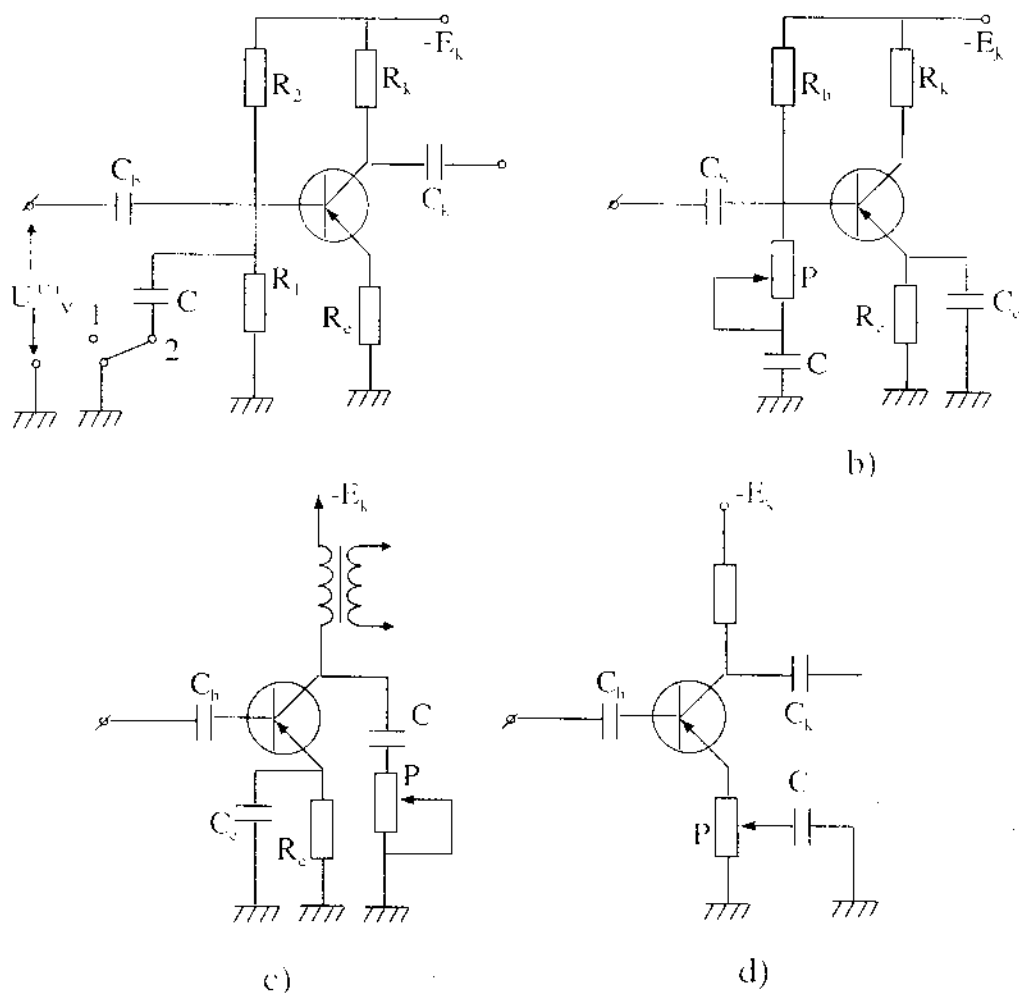
Trong mạch ở hình 7.18a tụ C có giá trị khoảng $(0,05 : 0,2)\mu\text{F}$ nên có dung kháng càng nhỏ với âm tần cao. Khi khoá K ở vị trí "2" thì âm tần cao bị rẽ mạch ra mát tiếng trầm nổi lên; khi vị trí "1" âm tần cao không ra mát, tiếng thanh nổi lên lấn áp trầm. Trong mạch ở hình 7.18b khi con trượt có vị trí trên thì âm tần cao bị rẽ mạch ra mát nhiều, tiếng trầm nổi lên. Khi con chạy càng xuống thấp thì trở kháng của RC đối với âm tần cao càng lớn dần nên âm tần cao càng ít rẽ mạch ra đất, tiếng thanh càng nổi lên. Đối với âm tần thấp, trở kháng của mạch lớn nên không bị rẽ mạch ra mát, vì vậy mạch này bị trầm, điều chỉnh tiếng thanh. Đối với mạch ở hình 7.18c cũng là mạch lợi trầm, điều chỉnh tiếng thanh trong mạch ở hình 7.18d, mạch điều chỉnh âm sắc dùng hồi tiếp âm dòng điện. Tụ C khử hồi tiếp âm đối với tần số cao. Song không khử được hồi tiếp âm đối với âm tần thấp.

Do đó âm tần thấp luôn có hồi tiếp âm qua toàn bộ P, còn âm tần cao có hồi tiếp âm điều chỉnh qua con chạy. Khi con chạy càng đi lên trên thì hồi tiếp càng ít do đó tiếng thanh bị giảm ít. Ngược lại, khi con chạy càng xuống dưới thì tiếng thanh càng giảm nhiều, tiếng trầm nổi lên. Như vậy người ta gọi mạch này là mạch lợi thanh và điều chỉnh tiếng thanh.

Hình 7.19 trình bày một máy điều chỉnh âm sắc (hỗn hợp) thường dùng trong máy tăng âm hoặc sau tầng khuếch đại âm tần đầu tiên trong máy thu thanh.

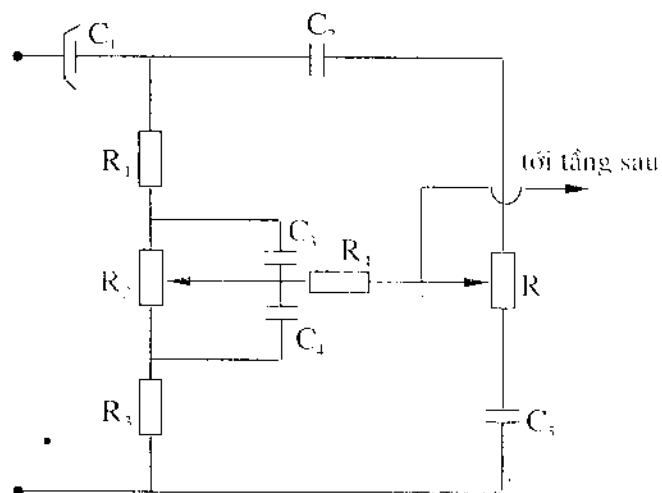
Chiết áp R_2 điều chỉnh đối với âm tần (tiếng trầm). Khi con chạy càng đi lên trên thì âm tần thấp càng bị tổn hao ít trên R_2 , do đó âm trầm càng nhiều đưa tới tầng sau và ngược lại.

Chiết áp R_3 dùng để điều chỉnh tiếng thanh. Khi con chạy lên trên thì âm tần cao rẽ mạch ra mát ít do đó tiếng thanh nhiều. Ngược lại khi càng xuống dưới thì tiếng thanh càng bé.



3. Mạch sửa đáp tuyến tần số

Khi tín hiệu âm tần truyền qua tụ điện và biến áp, do trở kháng của chúng phụ thuộc vào tần số, do đó gây ra hiện tượng tín hiệu không được khuếch đại đồng đều trong suốt dải tần số mà ở một tần số nào đó đặc tuyến truyền đạt bị vồng lên hoặc vồng xuống. Hiện tượng đó gọi là méo tần số. Vì vậy cần thiết phải san phẳng lại. Các mạch điện làm chức năng đó gọi là mạch sửa đáp tuyến tần số.



Hình 7.19

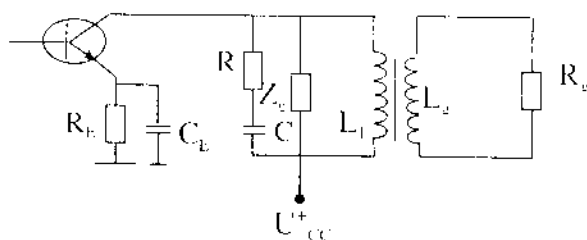
Mạch sửa thông dụng nhất là gồm hai phần tử R và C mắc nối tiếp với nhau và đấu song song với cuộn sơ cấp biến áp đảo pha và biến áp ra (Hình 7.20- đối với mạch âm tần). Đối với các mạch khuếch đại âm tần, tải gồm có gánh bên thứ cấp phản ánh sang bên sơ cấp và đấu song song với trở kháng cuộn sơ cấp L_1 , L_2 phản ánh bên thứ cấp về là $Z'_g = n^2 \cdot Z_g$ (với n là tỷ số vòng cuộn sơ cấp so với thứ cấp, Z_g là trở kháng gánh bên thứ cấp). Như vậy trở kháng bên sơ cấp là:

$$Z_{L1} \approx 2\pi f L_1 \text{ (điện trở thuần không đáng kể)}$$

Ở tần số cao Z_{L1} tăng lên, do đó $Z_{L1} // Z'_g$ cũng tăng lên, làm cho độ khuếch đại ở tần số này cũng lớn lên, gây méo tần cao, đặc tuyến bị vồng lên.

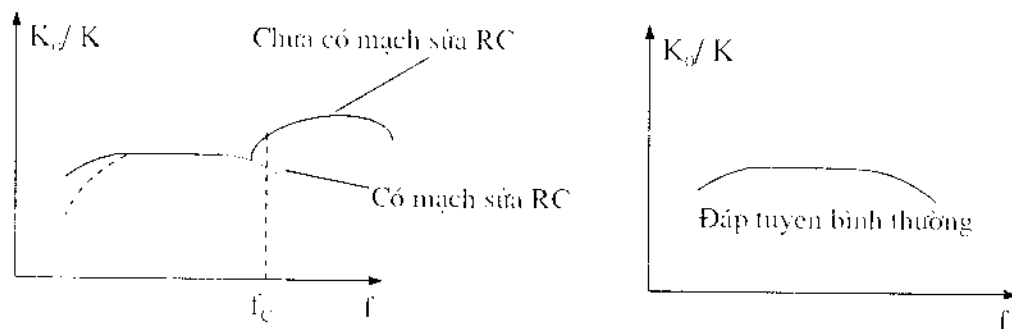
Để khắc phục chúng người ta đấu tụ song song với sơ cấp biến áp, trở kháng của tụ $Z_c = \frac{1}{2\pi f C}$. Như vậy ở tần số cao Z_c bị giảm xuống bù với sự tăng của trở kháng Z_{L1} . Do đó đặc tuyến được đồng đều hơn. Để hạn chế mức giảm trở kháng chung của tầng đối với âm tần cao do trở kháng của tụ giảm quá nhiều, người ta thường đấu thêm điện trở R nối tiếp với tụ C. Vì thế đáp tuyến tần số có dạng nét đứt.

Thường $C = (0,02 \div 0,1)\mu F$ và $R = (100 \div 500)\Omega$ đối với tầng khuếch đại



công suất.

Và $C = (0,02 \div 0,05)\mu F$ và $R = (1 \div 5)k\Omega$ đối với tầng đảo pha.



Hình 7.20 Mạch khuếch đại có tải là biến áp và đáp tuyến tần số

Chương 8: **KHUẾCH ĐẠI THUẬT TOÁN**

8.1 KHÁI NIỆM VÀ TÍNH CHẤT CỦA BỘ KĐ THUẬT TOÁN

Khuếch đại thuật toán là 1 bộ khuếch đại có lối vào vi sai, lối ra đơn, điện trở vào lớn, điện trở ra nhỏ, hệ số khuếch đại lớn.

Giữa bộ khuếch đại thuật toán và các bộ khuếch đại thông thường về cơ bản không có gì khác nhau. Cả hai loại đều được dùng để khuếch đại điện áp hay dòng điện. Trong khi tính chất của các bộ khuếch đại thông thường là phụ thuộc vào kết cấu bên trong của các mạch thì đối với khuếch đại thuật toán lại khác là tính chất của nó chỉ thay đổi và phụ thuộc vào các linh kiện bên ngoài.

Sơ đồ khối của bộ khuếch đại thuật toán.

N- cửa đảo

P- cửa thuận

I_N, I_P là dòng của cực đảo, thuận

U_{cc} điện áp nguồn cấp

U_d điện áp vào hiệu

I_m, U_m dòng ra, điện áp ra

K_o là hệ số khuếch đại

Theo tính chất của bộ khuếch đại ta có thể viết:

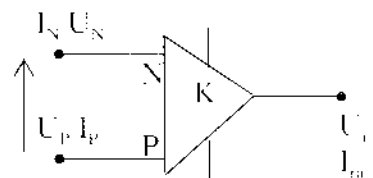
$$U_m = KU_d = K (U_d - U_N)$$

Nếu $U_N = 0 \Rightarrow U_m = KU_P \Rightarrow U_m$ và $U_{vào}$ đồng pha nhau

Nếu $U_P = 0 \Rightarrow U_m = -KU_N \Rightarrow U_m$ và $U_{vào}$ ngược pha nhau

(Căn cứ vào mối quan hệ về pha giữa điện áp ra và điện áp vào ở các cửa mà N được gọi là cửa vào đảo và P được gọi là cửa vào thuận).

Một bộ khuếch đại thuật toán lý tưởng nếu như nó có tính chất như sau:

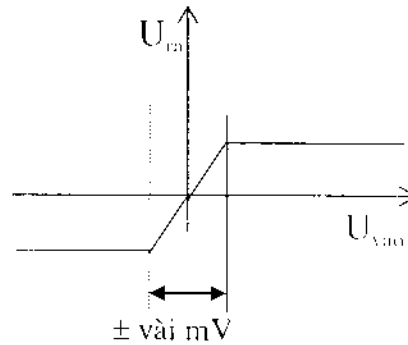


Hình 8.1 Sơ đồ khối của KĐTT

Tính chất 1: $Z_{ra} \rightarrow 0$

$$Z_{vào} \rightarrow \infty$$

$$K_0 \rightarrow \infty$$



Hình 8.2 Đặc tuyến truyền đạt của KĐTT lí tưởng

Tính chất 2: Có đặc tuyến truyền đạt ($U_{ra} = f(U_{vào})$) như hình vẽ trên

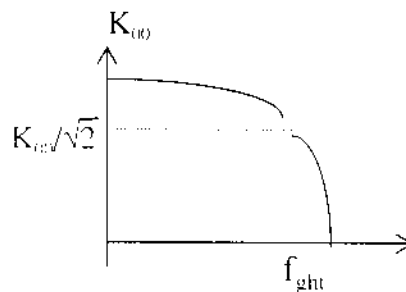
Đặc tuyến truyền đạt cho ta thấy chỉ cần đặt vào đầu vào 1 điện áp rất nhỏ cỡ $\pm$ vài mV thì bộ khuếch đại đã làm việc bão hoà $\rightarrow$ Hệ số khuếch đại của thuật toán rất lớn.

8.2 CÁC CHỈ TIÊU CƠ BẢN CỦA BỘ KĐ THUẬT TOÁN

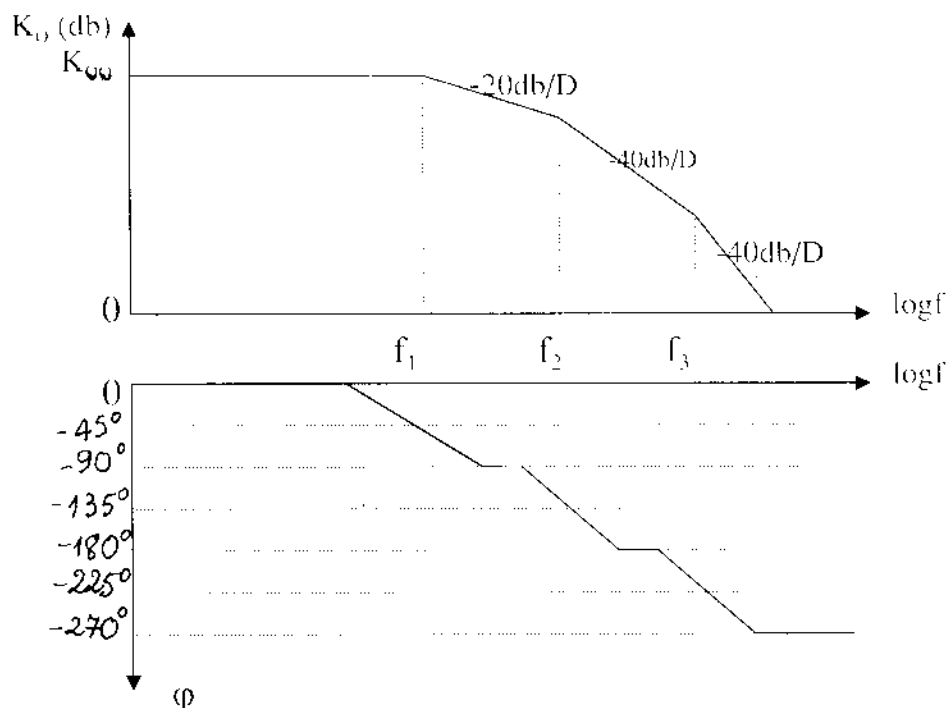
1. Hệ số khuếch đại:

$$K_0 = \frac{U_{ra}}{U_{vào}} = \frac{U_{ra}}{U_d} = \frac{U_{ra}}{U_p} / \text{ khi } U_N = 0$$

$$K_0 = \frac{U_{ra}}{U_{vào}} = \frac{U_{ra}}{U_d} = \frac{U_{ra}}{U_N} / \text{ khi } U_N = 0$$



Hình 8.3 Đáp tuyến biên độ- tần số của KĐTT



Hình 8. 4 Đặc tuyến biên độ tần số và pha của KĐTT

Hệ số khuếch đại K_0 có giá trị phụ thuộc vào miền tần số công tác, ở miền tần số thấp và trung bình $K_0 = K_x = (10^3 \div 10^5)$ lần; ở miền tần số cao K_x giảm xuống. Tại giá trị tần số f làm cho K_x giảm xuống căn hai ($\sqrt{2}$) lần so với giá trị hệ số khuếch đại K_{00} ban đầu gọi là tần số giới hạn trên. Khi tần số của bộ khuếch đại tăng lên thì ngoài việc hệ số khuếch đại suy giảm, pha của tín hiệu ra cũng lệch đi so với pha của tín hiệu vào. Hiện tượng này gọi là hiện tượng di pha (pha của tín hiệu ra bị lệch đi so với giá trị thực của nó).

2. Đặc tuyến biên độ tần số, pha

Các tầng khuếch đại trong bộ khuếch đại thường có tần số giới hạn khác nhau, vì vậy đặc tính tần số biên độ của cả bộ khuếch đại thuật toán sẽ bằng tích các đặc tính thành phần. Khi tần số làm việc thay đổi thì hệ số khuếch đại sẽ bị suy giảm ở miền tần cao kèm theo có hiện tượng di pha tại các điểm tần số $f_1, f_2, f_3, \dots$. Các điểm tần số này gọi là các điểm cực. Trong khoảng tần số từ $f_1 \rightarrow f_3$ góc di pha thay đổi từ $-45^\circ \rightarrow -225^\circ$

Hình vẽ 8.4 cho thấy khi $f > f_1$ thì hệ số khuếch đại giảm với độ dốc — 20dB/Decade, nếu tiếp tục giảm tần số, $f > f_2$ thì hệ số khuếch đại giảm với độ

đốc - 40dB/Decade, tiếp tục giảm tần số nữa thì hệ số khuếch đại giảm với độ dốc - 60dB/Decade.

Mặt khác khi tần số tăng thì góc đi pha φ giữa điện áp ra và điện áp vào giảm. Trong khoảng này sẽ tồn tại một điểm tần số tương ứng mà góc đi pha bằng -180° , khi đó mạch có thể rơi vào tình trạng dao động tự kích. Để khắc phục tình trạng trên, người ta sử dụng các mạch bù tần số.

3. Hệ số khuếch đại đồng pha

Nếu đặt vào cửa thuận và cửa đảo các điện áp bằng nhau thì $U_p = U_N \Rightarrow$

$U_d = 0 \Rightarrow U_{ra} = 0$. Trong thực tế U_{ra} có thể vẫn khác 0, điều đó chứng tỏ rằng trong bộ khuếch đại vẫn tồn tại 1 hệ số khuếch đại gọi là hệ số khuếch đại đồng pha (K_{dp}).

Hệ số khuếch đại đồng pha thường có giá trị nhỏ và điều chỉnh cho nó

$$K_{dp} = \frac{U_{ra dp}}{U_{vào dp}}$$

càng nhỏ càng tốt.

4. Hệ số nén đồng pha

Hệ số nén đồng pha được định nghĩa là tỉ số giữa hệ số khuếch đại vi sai và hệ số khuếch đại đồng pha

$$G = K_v / K_{dp} (10^3 \rightarrow 10^5)$$

Hệ số G càng lớn thì chất lượng bộ khuếch đại càng cao

5. Điện trở Vào Hiệu, Vào Đồng pha, Điện trở ra

$$R_d = \frac{\Delta U_p}{\Delta I_p} / (U_N = 0)$$

$$R_d = \frac{\Delta U_N}{\Delta I_N} / (U_p = 0)$$

$$R_{dp} = \frac{\Delta U_p}{\Delta I_p} = \frac{\Delta U_N}{\Delta I_N} / (U_N = U_p = U_{dp})$$

$$R_{ra} = \frac{\Delta U_{ra}}{\Delta I_{ra}}$$

Trong đó R_d là điện trở vào hiệu, R_{dp} là điện trở vào đồng pha, R_{Ra} là điện trở ra.

6. Dòng vào tĩnh, điện áp vào lệch không

Dòng điện vào tĩnh là trung bình của dòng vào cửa đảo và cửa thuận (ở chế độ không có tín hiệu)

$$I_i = \frac{I_p + I_N}{2}$$

Thông thường do trở kháng vào các cửa là khác nhau nên dòng điện tĩnh ở các cửa vào cũng không bằng nhau, độ lệch dòng giữa hai cửa gọi là dòng lệch không đầu vào $I_0 = I_p - I_N \approx 0,1 I_i$

Khi nhiệt độ thay đổi thì dòng lệch không cũng thay đổi theo, hiện tượng này gọi là trôi dòng lệch **không**.

Trong thực tế khi $U_N = U_p$ tức là $U_d = 0$ thì đáng lẽ U_{ra} phải bằng không, nhưng $U_{ra} \neq 0$, hiện tượng này gọi là hiện tượng lệch không đầu ra. Điện áp lệch không ở đầu ra có thể quy về đầu vào (một giá trị U_0).

U_0 - điện áp lệch không đầu vào là điện áp cần đặt vào đầu vào để điện áp đầu ra bằng 0 khi không có tín hiệu.

Điện áp lệch không phụ thuộc vào nhiệt độ, khi nhiệt độ thay đổi thì điện áp lệch không thay đổi, hiện tượng này gọi là **trôi** áp lệch không.

8.3 CÁC SỐ ĐO CƠ BẢN DÙNG KHUẾCH ĐẠI THUẬT TOÁN

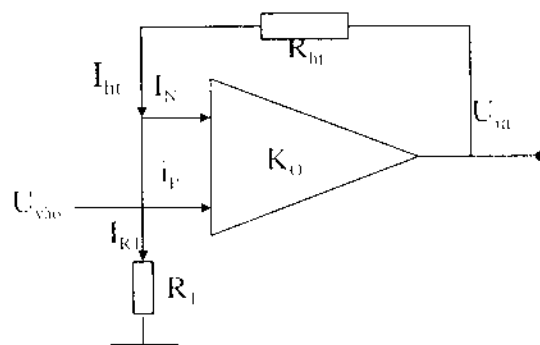
1. Mạch khuếch đại thuận

R_i , R_{ht} tạo thành mạch phân áp tín hiệu hồi tiếp (hồi tiếp âm-điện áp).

Tín hiệu đặt vào cửa thuận, tín hiệu hồi tiếp về cửa đảo.

Khuếch đại thuật toán có hệ số khuếch đại là K_o .

Giá thiết dòng điện có chiều như hình vẽ,



Hình 8. 5 Sơ đồ mạch KĐ thuận

Theo sơ đồ mạch điện ta có thể tính toán được một số thông số sau:

Trường hợp bộ khuếch đại thuật toán là lý tưởng ($K_0 \rightarrow \infty, Z_A \rightarrow \infty, Z_L > 0$)

$$\rightarrow U_p \approx U_N, i_p \approx i_N \approx 0.$$

Xét nút N theo Kiếckhốp 1 ta có:

$$i_{in} - i_{R1} - i_N = 0 \rightarrow i_{in} = i_{R1}$$

Thay các giá trị của dòng điện bằng các giá trị điện áp ta có phương trình sau

$$\begin{aligned} \frac{U_{ra} - U_N}{R_{in}} &= \frac{U_N - 0}{R_1} \rightarrow \frac{U_{ra}}{R_{in}} = \frac{U_N}{R_{in}} + \frac{U_N}{R_1} = U_N \left(\frac{1}{R_{in}} + \frac{1}{R_1} \right) \\ \frac{U_{ra}}{U_{in}} &= U_N \left(\frac{R_1 + R_{in}}{R_1 R_{in}} \right) \rightarrow U_{ra} = R_{in} U_N \left(\frac{R_1 + R_{in}}{R_1 R_{in}} \right) = U_p \frac{R_1 + R_{in}}{R_1} \\ U_{ra} &= U_{vout} \left(1 + \frac{R_{in}}{R_1} \right) \text{ (thay } U_p = U_{vout}) \\ U_{ra} &= \left(1 + \frac{R_{in}}{R_1} \right) U_{vout} \rightarrow K = 1 + \frac{R_{in}}{R_1} \quad (K \neq K_{in}) \quad (8.1) \end{aligned}$$

Trường hợp khuếch đại thuật toán không lý tưởng ($K_0 \neq \infty, Z_V \neq \infty, Z_{in} \neq 0$)

Trường hợp này người ta chứng minh được

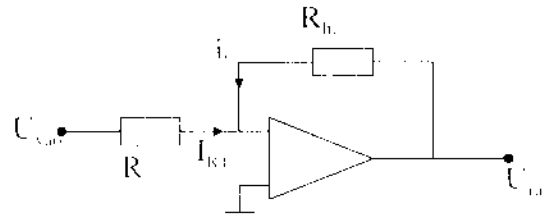
$$\frac{1}{K'} = \frac{1}{K} + \frac{1}{K_0} \quad (8.2)$$

Trong đó K_0 – Là hệ số khuếch đại của thuật toán K – Là hệ số khuếch đại của sơ đồ trong trường hợp coi khuếch đại thuật toán là lý tưởng, K' – Là hệ số khuếch đại của sơ đồ khi khuếch đại thuật toán không lý tưởng.

Nhận xét: Trong thực tế hệ số khuếch đại của các thuật toán thường rất lớn (≈ 10.000) $\rightarrow 1/K_0 \approx 0 \rightarrow K' \approx K \rightarrow$ áp dụng công thức (8.1) để tính hệ số khuếch đại. Theo (8.1) hệ số khuếch đại chỉ phụ thuộc các linh kiện bên ngoài mà không phụ thuộc vào các linh kiện bên trong $\rightarrow$ muốn điều chỉnh hệ số khuếch đại chỉ cần điều chỉnh các linh kiện bên ngoài thuật toán.

2. Mạch khuếch đại đảo

Trong đó R_1 điện trở dẫn tín hiệu vào. R_{hi} điện trở dẫn tín hiệu hồi tiếp. Tín hiệu vào cửa đảo.



Hình 8. 6 Sơ đồ mạch khuếch đại đảo

Giả sử dòng điện có chiều như hình vẽ.

Theo sơ đồ mạch điện ta có thể tính toán được một số thông số sau:

Trường hợp khuếch đại thuật toán là lí tưởng ($K_{oi} \rightarrow \infty$, $Z_N \rightarrow \infty$, $Z_{ni} = 0$) suy ra $i_p \approx i_N = 0$, $U_N \approx U_p = 0$, Xét nút N -Theo Kiếckhốp 1

$$\frac{U_N - U_N}{R_1} + \frac{U_{ra} - U_N}{R_{hi}} - i_N = 0$$

$$\frac{U_{ra} - U_N}{R_{hi}} = 0 \Rightarrow U_N = -\frac{R_{hi}}{R_1} U_{ra} \Rightarrow K = -\frac{R_{hi}}{R_1} \quad (8.3)$$

Trường hợp khuếch đại thuật toán không lí tưởng ($Z_{Nio} \neq \infty$, $Z_{ni} \neq 0$, $K \neq \infty$)

Trong trường hợp này người ta chứng minh được

$$\frac{1}{K} = -\frac{1}{K_{oi}} - \frac{1}{K_{oi}'} \quad (8.4)$$

Trong đó:

K_{oi} là hệ số khuếch đại của thuật toán

K_{oi}' là hệ số khuếch đại của sơ đồ khi coi khuếch đại thuật toán là lí tưởng

K' là hệ số khuếch đại của sơ đồ khi coi khuếch đại thuật toán không lí tưởng

Nhận xét: Trong thức tế áp dụng (8.3) để tính toán vì khuếch đại thuật toán có hệ số khuếch đại rất lớn. Theo biểu thức của U_N thì U_N ngược pha với U_{ra}

Ví dụ 1: $R_1 = 10k$, $R_{hi} = 100k$, $U_{vao} = 0,1V$ - sơ đồ như hình vẽ trên.

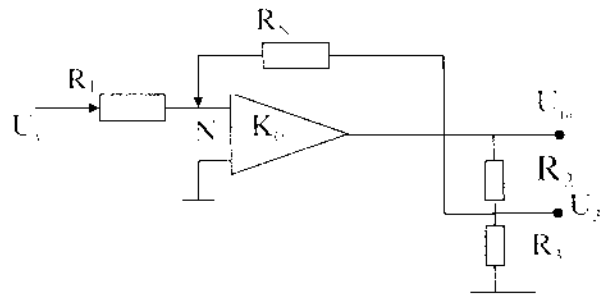
Ta có thể tính toán được một số kết quả sau

$$K = R_{in}/R_1 = 100/10 = 10 \text{ lần} \rightarrow U_1 = 10U_{cm} = -10 \cdot 0,1 = -1$$

Ví dụ 2: Cho sơ đồ như hình

vẽ:

Tìm mối quan hệ giữa điện áp ra và điện áp vào và hệ số khuếch đại của sơ đồ



Giải-cách 1: Theo sơ đồ ta có

$$\frac{U_2 - U_N}{R_2} + \frac{U_N - U_1}{R_1} = 0$$

$$U_N = U_P = 0 \rightarrow \frac{U_2}{R_2} + \frac{U_1}{R_1} = 0$$

$$\rightarrow U_2 = -\frac{R_2}{R_1} U_1$$

Mặt khác

$$R_2 = (R_2 + R_3) \rightarrow R_2 = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}$$

$$I_{R_2} = \frac{U_{cm}}{R_2 + (R_2 + R_3)} \cdot U_{cm} = \frac{U_{cm}}{R_2 + R_3} \cdot U_2$$

$$\rightarrow U_1 = U_{cm} = \left(\frac{U_{cm}}{R_2 + R_3} \right) R_2$$

$$\rightarrow \frac{R_2}{R_1} U_{cm} = U_{cm} \left(1 - \frac{R_2}{R_2 + R_3} \right)$$

$$\rightarrow U_{cm} = \frac{R_2}{R_1 \left(1 - \frac{R_2}{R_2 + R_3} \right)} U_{cm}$$

$$\rightarrow K = \frac{R_2}{R_1 \left(1 - \frac{R_2}{R_2 + R_3} \right)}$$

Giải - cách 2 (vẽ lại sơ đồ)

Xét tại nút N theo Kiếckhốp I (với giả sử KĐTT là lý tưởng) ta có phương trình sau:

$$\frac{U_N - U_{vào}}{R_1} + \frac{U_B - U_N}{R_2} = 0 \quad (1)$$

$$U_B = -\frac{R_2}{R_1} U_{vào}$$

Xét tại điểm B theo Kiếckhốp I ta có phương trình sau:

$$\frac{U_B - U_N}{R_2} - \frac{U_B}{R_3} + \frac{U_{ra} - U_B}{R_4} = 0 \quad (2)$$

Từ (1) → Thay vào (2)

$$\frac{1}{R_1} U_{vào} + \frac{R_2}{R_1 R_2} U_{vào} + \frac{U_{ra} + \frac{R_2}{R_1} U_{vào}}{R_4} = 0$$

$$\Rightarrow \frac{U_{ra}}{R_4} = -\frac{U_{vào}}{R_1} \left(1 + \frac{R_2}{R_1} + \frac{R_2}{R_3} \right)$$

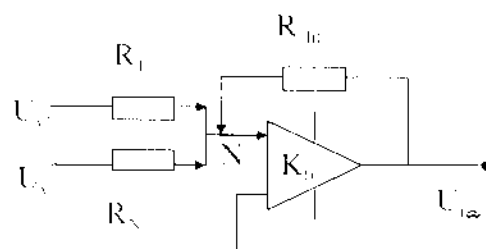
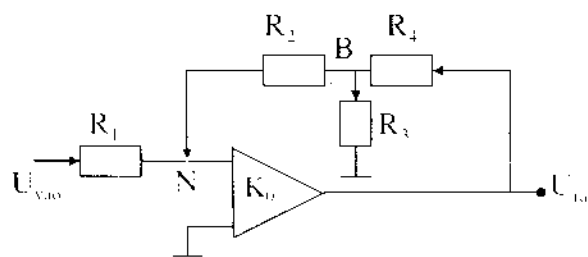
$$\frac{U_{ra}}{R_4} = -\frac{U_{vào}}{R_1} \left(1 + \frac{R_2}{R_1} + \frac{R_2}{R_3} \right) \Rightarrow \frac{U_{ra}}{R_4} = -\frac{U_{vào}}{R_1} \left(\frac{R_1 + R_2 + R_1 R_2}{R_1} \right)$$

$$\Rightarrow U_{ra} = -U_{vào} \left(\frac{R_1 + R_2 + R_1 R_2}{R_1 R_4} \right)$$

$$\Rightarrow K = -\left(\frac{R_1 + R_2 + R_1 R_2}{R_1 R_4} \right)$$

3. Mạch cộng đảo

R_1, R_N là các điện trở dẫn tín hiệu vào, $U_1, \dots, U_N$ là các điện áp vào (đặt vào cửa đảo), R_{h} là điện trở dẫn tín hiệu hồi tiếp.



Hình 8.7 Sơ đồ mạch cộng đảo

Theo sơ đồ ta có thể tính toán được một số kết quả sau:

Giả sử khuếch đại thuật toán là lý tưởng ($K_0 \rightarrow \infty$, $Z_N \rightarrow \infty$, $Z_T \rightarrow 0$) $\rightarrow U_p \approx U_N = 0$, dòng điện có chiều như hình vẽ, các điện trở dẫn tín hiệu ở đầu vào đều bằng nhau ($R_1 = \dots R_N$).

Xét tại nút N -Theo Kiếckhốp1 ta có phương trình sau:

$$\frac{U_1 - U_N}{R} + \dots + \frac{U_n - U_N}{R} + \frac{U_r - U_N}{R_{in}} = 0$$

$$U_N = 0 \rightarrow \left(\frac{U_1}{R} + \dots + \frac{U_n}{R} \right) + \frac{U_r}{R_{in}} = 0$$

$$\Leftrightarrow \frac{1}{R} \cdot (U_1 + \dots + U_n) = - \frac{U_r}{R_{in}} \rightarrow U_r = - \frac{R_{in}}{R} (U_1 + \dots + U_n)$$

$$\rightarrow U_r = - \frac{R_{in}}{R} \cdot \sum_{i=1}^n U_i \rightarrow K = \frac{R_{in}}{R}$$

Nhận xét: Điện áp ra bằng tổng các điện áp đầu vào và nhân với một hệ số. Điện áp ra ngược pha với điện áp vào. Có thể điều chỉnh hệ số khuếch đại của sơ đồ bằng cách điều chỉnh các linh kiện bên ngoài. Trong thực tế sơ đồ cơ bản trên được ứng dụng để xây dựng các sơ đồ khuếch đại âm tần nhiều đầu vào

Ví dụ: $n = 2$, $U_1 = 0,1V$, $U_2 = -0,2V$, $R = 10k$, $R_{in} = 100k$

suy ra $K = 100/10 = 10$ lần $U_{in} = -10 \cdot (-0,2 + 0,1) = 1V$

4. Mạch cộng thuận

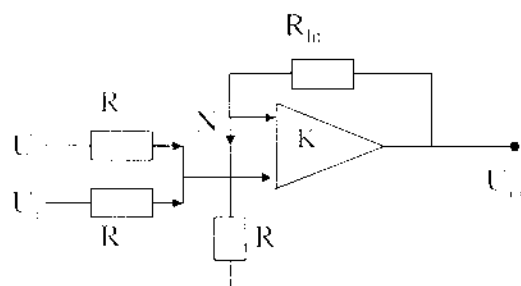
R là các điện trở dẫn tín hiệu vào,

R_{in} là điện trở dẫn tín hiệu hồi tiếp.

$U_1, \dots, U_n$ là các điện áp đặt vào sơ đồ.

Theo sơ đồ ta có thể tính toán được một số thông số sau:

Giả sử khuếch đại thuật toán là lý tưởng ($K_0 \rightarrow \infty$, $Z_N \rightarrow \infty$, $Z_T \rightarrow 0$) $\rightarrow U_p \approx$



Hình 8.8 Sơ đồ mạch cộng thuận

$U_N = 0$), dòng điện có chiều như hình vẽ.

Xét tại nút N - Theo Kiếckhốp 1 ta có phương trình sau:

$$\frac{U_r - U_N}{R_m} + \frac{U_N - U_1}{R_1} - i_N = 0 \quad (8.5)$$

Xét tại nút P theo Kiếckhốp 1 ta có

$$\frac{U_1 - U_P}{R} + \dots + \frac{U_n - U_P}{R} - i_P = 0 \quad (8.6)$$

$$(8.5) \rightarrow \frac{U_r}{R_m} = \frac{U_N}{R_m} + \frac{U_N}{R_1} \rightarrow U_N = \frac{U_r}{R_m} \frac{R_1 R_m}{R_1 + R_m}$$

$$U_N = \frac{R_1}{R_1 + R_m} U_{ra} \quad (8.7)$$

Thay (8.7) vào (8.6) ta có

$$\frac{U_1 - \frac{R_1}{R_1 + R_m} U_{ra}}{R} + \dots + \frac{U_n - \frac{R_1}{R_1 + R_m} U_{ra}}{R} = 0$$

$$\Leftrightarrow \frac{U_1}{R} + \dots + \frac{U_n}{R} = \left(\frac{R_1 U_{ra}}{R(R_1 + R_m)} + \dots + \frac{R_1 U_{ra}}{R(R_1 + R_m)} \right) = n \frac{R_1 U_{ra}}{R(R_1 + R_m)}$$

$$U_{ra} = (U_1 + \dots + U_n) \frac{R_1 + R_m}{nR_1} > K = \frac{R_1 + R_m}{nR_1}$$

Nhận xét: Điện áp ra bằng tổng điện áp vào nhân với 1 hệ số khuếch. Điện áp ra đồng pha với pha của tổng điện áp vào. Số loi vào tăng lên thì hệ số khuếch đại giảm đây chính là nhược điểm của sơ đồ.

Ví dụ 1:

$R=10k$, $R_{in}=100k$, $R_1=10k$, $n=2$, $U_1=0,1V$, $U_2=0,2V$; sơ đồ như mạch điện hình vẽ trên. Ta có thể tính toán một số kết quả sau: $K = 10+100/2$, $10 = 5,5$, $U_o = 5,5 (0,1 + 0,2) = 0,55V$.

Ví dụ 2: Cho sơ đồ mạch điện như hình vẽ sau.

Tính hệ số hồi tiếp và tìm quan hệ giữa điện áp ra và điện áp vào

Giải:

1. Tính K_{in}

Ở chế độ có nguồn tín hiệu U_1 và U_2 , có thể coi trở kháng của $U_{nguồn} = 0$
 $\rightarrow R_1 // R_2 = R_{in} = 5k\Omega$

$$\rightarrow U_{in} = 5i_{in} (k\Omega)$$

$$\rightarrow U_{ra} = i_{in} (R_{in} + R_{in}) = i_{in} (100+5)$$

$$\rightarrow U_{ra}/U_i = K_{in} = 5 i_{in}/105 i_{in} = 5/105 = 1/21.$$

2. $U_o = f(U_v)$

Ta có $U_o = -k (U_1 + U_2)$: $k \approx R_{in}/R_1//R_2 = 100/5 = 20$

$$\rightarrow U_o = -20 (U_1 + U_2)$$

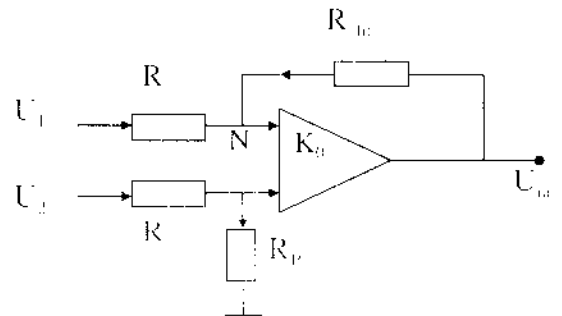
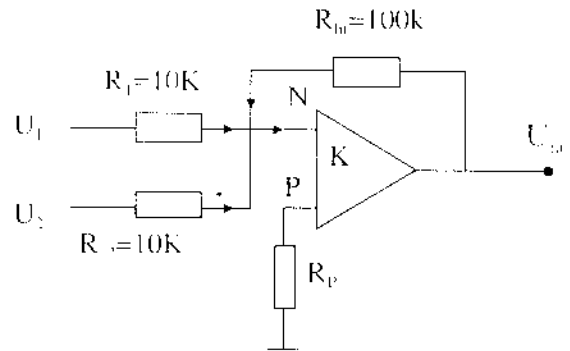
5. Sơ đồ mạch trừ

R là các điện trở dẫn tín hiệu vào, U_1, U_2 là các điện áp đặt vào cửa đảo và cửa thuận, R_p là điện trở phản áp tín hiệu vào cửa thuận. R_{in} là điện trở dẫn áp hồi tiếp.

Theo sơ đồ ta có thể tính toán được một số kết quả sau:

Giả sử khuếch đại thuật toán là lí

tưởng ($K_{in} \rightarrow \infty$, $Z_{in} \rightarrow \infty$, $Z_o \rightarrow 0$) $\rightarrow U_p \approx U_n \approx 0$, $i_p = i_n = 0$, dòng điện có chiều như hình vẽ.



Hình 8. 9 Sơ đồ mạch trừ

Xét tại nút N -Theo Kiếckhốp 1 ta có phương trình sau:

$$\frac{U_N - U_N}{R} + \frac{U_r - U_N}{R_{in}} - i_N = 0 \quad (8.8)$$

Xét tại nút P -Theo Kiếckhốp 1 ta có phương trình sau:

$$\frac{U_2 - U_P}{R} - \frac{U_P}{R_p} - i_P = 0 \quad (8.9)$$

$$(8.9) \rightarrow \frac{U_2}{R} = U_P \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R_p} \right) \rightarrow U_P = \frac{U_2 R_p}{R_p + R}$$

Thay vào (8.8)

$$\begin{aligned} \frac{U_N - \frac{U_2 R_p}{R_p + R}}{R} + \frac{U_r - \frac{U_2 R_p}{R_p + R}}{R_{in}} - 0 &= 0 \\ \Leftrightarrow \frac{U_N}{R} + \frac{U_r}{R_{in}} - \frac{U_2 R_p}{R(R_p + R)} - \frac{U_2 R_p}{R_{in}(R_p + R)} &= 0 \end{aligned}$$

$$\frac{U_r}{R_{in}} = \frac{U_2 R_p}{R + R_p} \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R_{in}} \right) - \frac{U_N}{R}$$

Giả sử $R_p = R_{in}$

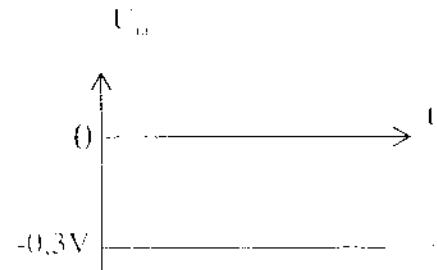
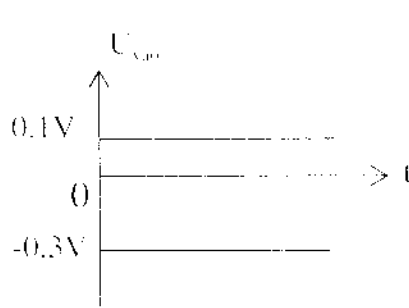
$$\Leftrightarrow \frac{U_r}{R_{in}} = U_2 \left(\frac{R + R_p}{R(R_p + R)} \right) - \frac{U_N}{R}$$

$$\Leftrightarrow U_N = \frac{R_{in}}{R} (U_r - U_2) = K (U_r - U_2) \rightarrow K = \frac{R_{in}}{R}$$

Ví dụ 1:

$R=10k$, $R_{in} = R_p = 100k$, $U_1 = 0,1v$, $U_2 = -0,2V$ ta có thể tính toán được một vài kết quả: $K = R_{in}/R = 100/10 = 10$ lần

$$U_1 = K (U_2 - U_1) = 10 (-0,2 - 0,1) = -3V$$



Ví dụ 2: Vẽ mạch điện dùng bộ khuếch đại thuật toán thực hiện phép tính sau $x = -a - 4b + c/2$. Trong đó: a, b, c là các tín hiệu vào, x là tín hiệu ra.

Giải:

Theo biểu thức của x $\Rightarrow$ tín hiệu vào là a, b, c $\Rightarrow$ có hai đầu vào đảo, một đầu vào thuận $\Rightarrow$ sơ đồ mạch điện nguyên lý có dạng (hình vẽ)

Giả thiết dòng điện như hình vẽ và khuếch đại thuật toán là lý tưởng ($K_o \rightarrow \infty$, $Z_i \rightarrow \infty$, $Z_o \rightarrow 0$) $\Rightarrow i_p = i_N = 0$, $U_p \approx U_N \neq 0$

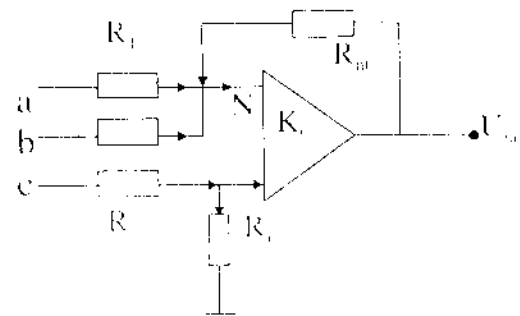
Ta có:

Xét tại cực vào đảo (coi tín hiệu vào cửa thuận = 0)

$$U_1^{(1)}(a) = -R_{in}/R_1 \cdot a$$

$$U_1^{(1)}(b) = -R_{in}/R_2 \cdot b \quad \text{Theo nguyên lý xếp chồng}$$

$$U_1^{(1)} = -R_{in}/R_1 \cdot a - R_{in}/R_2 \cdot b$$



Xét tại N theo Kiéckhốp 1 ta có phương trình sau

$$\frac{a - U_N}{R_1} + \frac{b - U_N}{R_2} - \frac{U_N - U}{R_3} = 0 \quad (1)$$

Xét tại P theo Kiéckhốp 1 ta có phương trình sau

$$\frac{c - U_N}{R_3} - \frac{U_N}{R_p} = 0 \quad (2)$$

$$\rightarrow \frac{c}{R_3} = U_N \left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_p} \right) = U_N \frac{R_3 + R_p}{R_3 R_p}$$

$$\rightarrow U_N = \frac{c R_p}{R_3 + R_p}$$

$$(2) \rightarrow \frac{c}{R_3} - \frac{U_N}{R_3} - \frac{U_N}{R_p} = 0$$

Thay giá trị U_N vào phương trình 1 ta có phương trình mới sau:

$$\begin{aligned} & \frac{a}{R_1} - \frac{c R_p}{R_1 (R_3 + R_p)} + \frac{b}{R_2} - \frac{c R_p}{R_2 (R_3 + R_p)} + \frac{U}{R_{ht}} - \frac{c R_p}{R_{ht} (R_3 + R_p)} = 0 \\ \rightarrow \frac{U}{R_{ht}} &= -\frac{a}{R_1} - \frac{b}{R_2} + \frac{c R_p}{R_3 + R_p} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_{ht}} \right) \\ \rightarrow U &= R_{ht} \left[\frac{c R_p}{R_3 + R_p} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_{ht}} \right) - \frac{a}{R_1} - \frac{b}{R_2} \right] \end{aligned}$$

So sánh biểu thức của U_{ta} với biểu thức của x

Ta có $U_1 = x \rightarrow$ so sánh hệ số tương ứng ta có

$$R_{ht} \cdot 1/R_1 = 1 \quad (3)$$

$$R_{ht} \cdot 1/R_2 = 4 \quad (4)$$

$$R_{ht} \cdot R_p / (R_3 + R_p) (1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_{ht}) = 1/2. \quad (5)$$

Từ (3) $\rightarrow R_1 = R_{ht}$ thay (4) $\rightarrow R_1 = 4R_2 = R_{ht}$ thay vào (5)

$$\begin{aligned} & -\frac{R_1 R_p}{R_3 + R_p} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_{ht}} \right) = -\frac{1}{2} \\ & \rightarrow \frac{6 R_p}{R_p + R_3} = \frac{1}{2} \rightarrow 12 R_p = R_3 + R_p \\ & \rightarrow R_3 = 11 R_p \end{aligned}$$

Vẽ lại sơ đồ theo R_1 và R_p

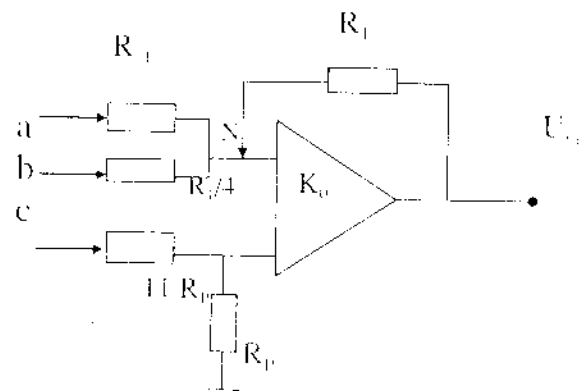
Chọn giá trị linh kiện $R_1 = 40k$.

$R_2 = 10k$, $R_{ht} = 40k$, $R_p = 8k$

$R_3 = 88k$ và làm phép thử lại

xét đầu vào a $\rightarrow x_a = -a$, xét đầu

vào b $\rightarrow x_b = -4b$, xét đầu vào c $\rightarrow x_c = c/2$



Áp dụng nguyên lý xếp chồng $x = x_a + x_b + x_c = -a - 4b + c/2$

Kết luận: Đúng

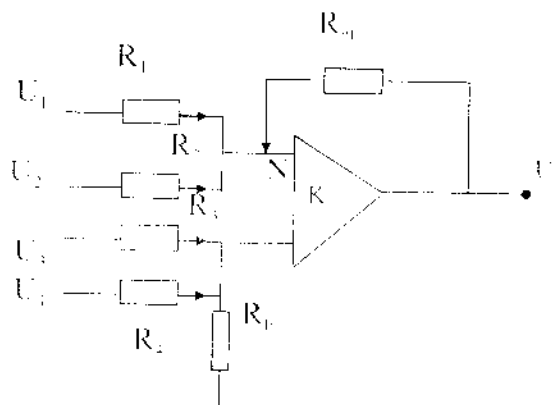
Ví dụ 3: Cho sơ đồ mạch điện như hình vẽ dưới:

$R_1 = 2k$, $R_2 = 6k$, $R_3 = 2k$, $R_4 = 4k$,
 $R_{in} = 12k$, $R_p = 4k$

Tìm mối quan hệ giữa các điện áp vào và điện áp ra, hệ số hồi tiếp.

Giải:

+ Tìm quan hệ giữa điện áp ra và điện áp vào.



Giả sử khuếch đại thuật toán là lí tưởng ($K \rightarrow \infty$, $Z_1 \rightarrow \infty$, $Z_2 \rightarrow \infty$) $\rightarrow$
 $i_p = i_N = 0$, $U_p \approx U_N \approx 0$, dòng điện có chiều như hình vẽ.

Xét tại nút N và nút P -Theo Kiếckhốp I viết phương trình và thay số ta được

$$\frac{U_p - U_N}{R_{eq}} + \frac{U_1 - U_N}{R_1} + \frac{U_2 - U_N}{R_2} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{U_3 - U_P}{R_3} + \frac{U_4 - U_P}{R_4} - \frac{U_P}{R_p} = 0 \quad (2)$$

$$(1) : \frac{U_p - U_N}{12} + \frac{U_1 - U_N}{2} + \frac{U_2 - U_N}{6} = 0$$

$$(2) : \frac{U_3 - U_N}{2} + \frac{U_4 - U_N}{4} - \frac{U_N}{4} = 0$$

$$(2) \rightarrow 2U_N = U_3 + \frac{U_4}{2} \rightarrow U_N = \frac{2U_3 + U_4}{4}$$

$$(1) \rightarrow \frac{U_p}{12} + \frac{U_1}{2} + \frac{U_2}{6} = \frac{9}{12} U_N = \frac{9}{12 \cdot 4} (2U_3 + U_4)$$

$$\rightarrow U_{eq} = 6U_1 + 2U_2 + \frac{9}{2}U_3 + \frac{9}{4}U_4$$

$$\rightarrow U_p = \frac{6 \cdot 3}{8} (2U_3 + U_4) = 6(U_3 + \frac{U_4}{3})$$

Tính hệ số hồi tiếp K_{eq}

$$K_{eq} = U_o/U_i$$

Theo sơ đồ khi mạch làm việc ở chế độ có tín hiệu thì coi như

$$U_{in} = U_{R1R2}, U_{in} = U_{R1R2} + U_{R3}$$

$$U_{in} = i_{in} \cdot R_{eq} = i_{in} \cdot 3/2$$

$$U_i = i_{in} (R_{eq} + R_{1,2}) = i_{in} \cdot 27/2$$

$$\rightarrow K_{ht} = U_{ht}/U_i = (i_{ht} \cdot 3/2) / (i_{ht} \cdot 27/2) = 1/9$$

6. Mạch trừ nhiều

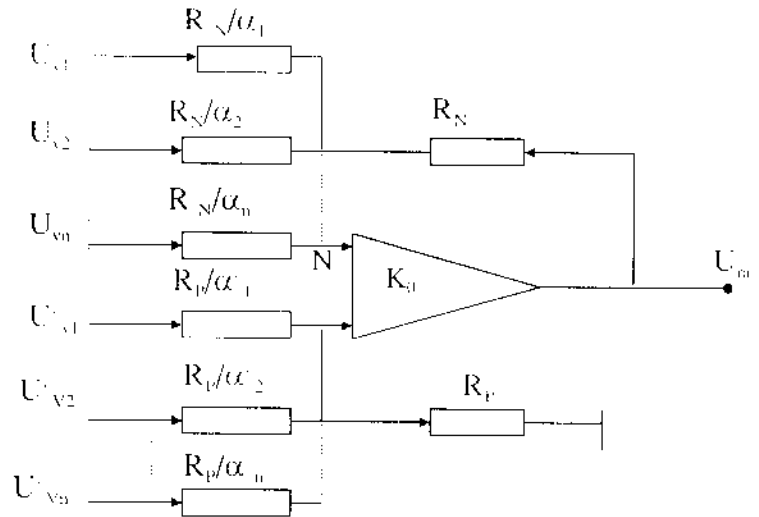
thành phần

Gọi α là hệ số giữa các điện trở, chỉ số m và n là số các lối vào ở hai cửa.

Giả thiết khuếch đại thuật toán là lí tưởng, dòng điện có chiều như hình vẽ.

Áp dụng định luật

Kiếchhốp để tính toán **Hình 8. 10** Sơ đồ mạch trừ nhiều thành phần biểu thức điện áp ra theo các điện áp vào. Tại nút N ta có phương trình sau:



$$\sum_{i=1}^m \frac{U_{vi} - U_N}{R_N / \alpha_i} + \frac{U_i - U_N}{R_N} = 0$$

$$\sum_{i=1}^m \alpha_i (U_{vi} - U_N) + U_i - U_N = 0$$

$$\sum_{i=1}^m \alpha_i U_{vi} - U_N \left[\sum_{i=1}^m \alpha_i + 1 \right] + U_i = 0 \quad (8.10)$$

Tương tự như vậy, tại nút P ta có phương trình

$$\sum_{i=1}^n \alpha'_i U'_{vi} - U_P \left[\sum_{i=1}^n \alpha'_i + 1 \right] = 0 \quad (8.11)$$

Cho $U_o = U_P$ và giả thiết

$$\sum_{i=1}^n \alpha_{i-1} = \sum_{i=1}^n \alpha_{-i}$$

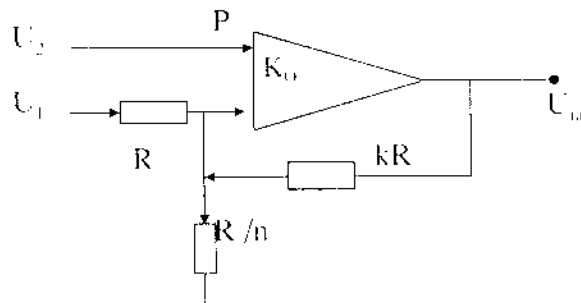
Ta có:

$$U_{i-1} = \sum_{j=1}^n \alpha_{-j} U_{-j} - \sum_{j=1}^m \alpha_j U_{+j} \quad (8.12)$$

Mạch này cho phép cộng hoặc trừ nhiều điện áp, tổng các hệ số α bằng tổng các hệ số α' . Trường hợp điều kiện đó không được thoả mãn thì điện áp ra được xác định theo biểu thức (8.13).

$$U_{-1} = \frac{\sum_{j=1}^n \alpha_{-j} U_{-j} + [1 + \sum_{j=1}^m \alpha_j U_{+j}]}{1 + \sum_{j=1}^m \alpha_j} = \sum_{j=1}^m \alpha_j U_{+j} \quad (8.13)$$

7. Mạch trừ với trở kháng cửa vào lớn



Hình 8. 11 a Sơ đồ mạch trừ với trở kháng vào lớn

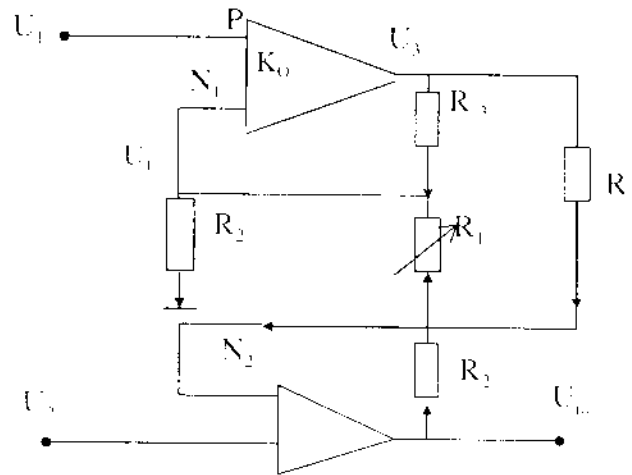
Sơ đồ hình 8.11a:

Giả thiết dòng điện như hình vẽ và khuếch đại thuật toán là lý tưởng

Xét tại nút N - áp dụng định luật Kieckhốp 1 ta có thể tính toán được biểu thức sau:

$$U_r = U_2 (1+k+kn) - kU_1$$

Theo biểu thức của điện áp ra ta thấy hệ số của U_2 luôn luôn lớn hơn hệ số của U_1 , do đó mạch không tạo được điện áp ra có dạng: $k(U_2 - U_1)$.



Hình 8.11b Sơ đồ mạch trừ với trở kháng vào lớn

Sơ đồ hình 8.11b:

Giả thiết dòng điện có chiều như hình vẽ và khuếch đại thuật toán là lí tưởng

Xét tại nút N_1 áp dụng định luật Kieckhốp 1 viết phương trình sau đó biến đổi ta có kết quả sau:

$$\frac{U_3 - U_1}{R_3} + \frac{U_2 - U_1}{R_1} + \frac{U_1}{R_2} = 0$$

$$\frac{U_3 - U_2}{R_3} + \frac{U_r - U_3}{R_2} + \frac{U_2 - U_2}{R_1} = 0$$

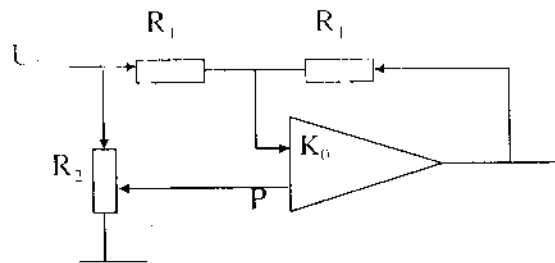
$$U_r = (1 + R_2 \frac{R_1 + 2R_3}{R_1 \cdot R_3})(U_2 - U_1)$$

Có thể thay đổi được hệ số khuếch đại khi thay đổi R_1 . Hệ số khuếch đại nhỏ nhất khi $R_1 = \infty$, lúc đó điện áp ra:

$$U_{\text{ra}} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)(U_{\text{v}} - U_{\text{p}})$$

Vì $R_2 \neq 0$ và $R_1 \neq \infty$, nên hệ số khuếch đại K luôn luôn lớn hơn 1.

8. Mạch tạo điện áp ra có cực tính thay đổi



Hình 8.12 Sơ đồ mạch tạo điện áp có cực tính thay

Giả thiết dòng điện có chiều như hình vẽ và khuếch đại thuật toán là lý tưởng

Theo sơ đồ ta có thể tính được:

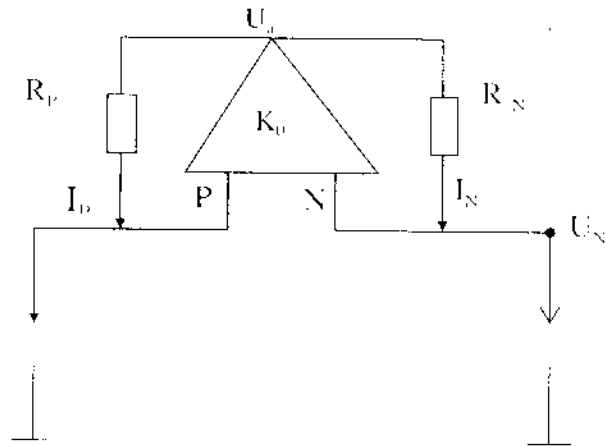
$$U_{\text{v}} = \frac{U_{\text{r}} - U_{\text{p}}}{2}$$

$$U_{\text{p}} = qU_{\text{r}}$$

Cho $U_{\text{N}} = U_{\text{p}}$, suy ra $U_{\text{r}} = (1-2q) U_{\text{v}}$. Khi thay đổi tiếp điểm trên chiết áp R_2 , ta có hệ số của U_{r} lúc dương lúc âm. Khi $q = 1/2$ thì $U_{\text{r}} = 0$.

9. Mạch biến đổi trở kháng

a) *Mạch biến đổi trở kháng âm (NIC)*



Hình 8.13 Mạch biến đổi trở kháng âm (NIC)

Giả thiết khuếch đại thuật là lý tưởng và dòng điện có chiều như hình vẽ

Xét tại nút N, nút P viết phương trình theo Kieckhốp 1 và biến đổi ta có:

$$-I_N + \frac{U_p - U_N}{R_N} = 0$$

$$I_P + \frac{U_p - U_P}{R_P} = 0$$

$$U_N = U_P \rightarrow I_N = -\frac{R_P}{R_N} \cdot I_P$$

Mạch vừa có hồi tiếp dương vừa có hồi tiếp âm, do đó cần phải xét tính ổn định của nó. Giả thiết R_1 là điện trở trong của nguồn U_p và R_2 là điện trở trong của nguồn U_N , ta có điện áp hồi tiếp dương và điện áp hồi tiếp âm là:

$$U_{hồi (+)} = U_p \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_P}$$

$$U_{hồi (-)} = U_N \cdot \frac{R_2}{R_2 + R_N}$$

Để mạch làm việc ổn định, phải bảo điều kiện $U_{ht(+)} < U_{ht(-)}$, từ điều kiện biến đổi và chia hai vế cho R_1 ta có kết quả sau:

$$U_a \frac{R_1}{R_1 + R_p} < U_a \frac{R_2}{R_2 + R_N}$$

$$\frac{R_1}{R_2} < \frac{R_p}{R_N} = \alpha$$

Theo biểu thức của I_N của α và cho $U_N = U_p$ ta có

$$I_p = - \frac{I_N}{\alpha} = - \frac{U_p}{\alpha R_2}$$

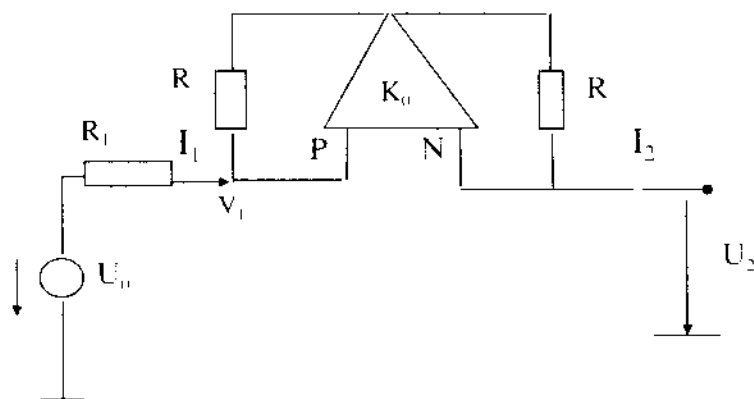
Từ biểu thức của I_p lấy U_p chia cho I_p ta có biểu thức của điện trở

$$R_{am} = \frac{U_p}{I_p} = -\alpha R_2$$

Nhận xét: Theo biểu thức của I_p nếu U_p dương thì i_p âm có nghĩa là tồn tại một dòng điện âm đi vào cửa P trong khi điện áp đặt vào cửa P dương, I_p và U_p luôn ngược hướng với nhau nên điện trở ở cửa P so với đất có giá trị âm.

Mạch tạo điện trở âm có thể ứng dụng làm các mạch điện tạo dao động, tạo mạch nguồn áp có điện trở ra âm.

Nguồn áp có điện trở ra âm:



Hình 8.14 Mạch tạo nguồn áp có điện trở ra âm

Đặt vào đầu vào một nguồn điện áp U_0 , Các điện trở R gây hồi tiếp, Điện trở R_1 coi như điện trở trong của nguồn vào

Theo sơ đồ ta có

$$U_2 = V_1 = U_0 + I_1 R_1$$

Theo tính chất của mạch trở kháng âm dòng điện i_1 và dòng i_2 luôn ngược chiều nhau do đó có thể viết lại U_2 theo i_2

$$U_2 = U_0 + i_2 R_1$$

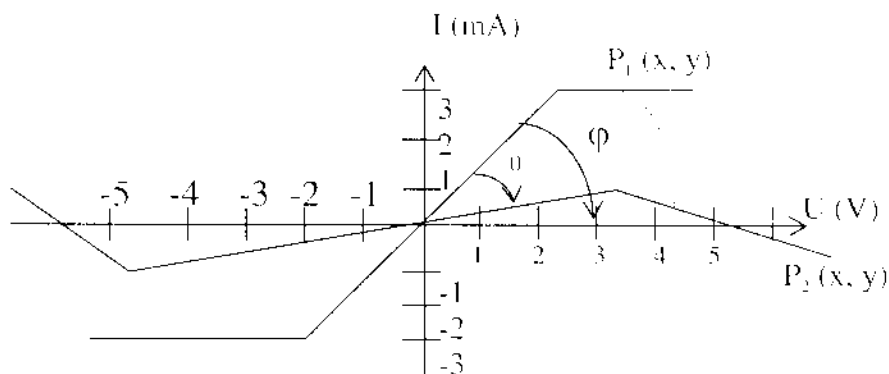
Vậy điện trở ra của nguồn U_2 là

$$R_{ra} = -dU_2 / dI_2 = -R_1$$

Trong thực tế mạch tạo điện trở âm được dùng để tạo nguồn có điện trở ra âm có tác dụng bù lại điện trở của một đường dây truyền dẫn, khi đó trên lối ra của đường dây có một điện áp ra U nào đó và điện trở ra bằng không

b) Rotato

Trong một số trường hợp, cần phải quay một đường đặc tính hoặc một họ đường đặc tính xung quanh một hệ trục tọa độ. Khi đường đặc tính quay theo



Hình 8.15 Quay đường đặc tính trong hệ tọa độ, R_M (k Ω)

chiều kim đồng hồ, ta qui ước góc quay $\theta > 0$ (hình vẽ).

Đường cong (1) biến thành đường cong (2) khi quay một góc $\theta \approx 40^\circ$. θ phụ thuộc vào hệ số tỉ lệ trên hai trục. Ví dụ: $x = aU$, $y = bI$. a và b có thứ nguyên lần lượt là cm/V và cm/A. Tỷ số b/a có thứ nguyên của một điện trở, vì thế ta gọi hệ số tỷ lệ đó là R_M . Khi quay đường cong (1) thì một điểm bất kỳ P_1 với các tọa độ (x_1, y_1) biến thành điểm P_2 với các tọa độ (x_2, y_2) . Quan hệ giữa các tọa độ cũ và tọa độ mới được xác định bởi hệ phương trình sau:

$$x_2 = R \cos(\varphi - \theta) = R (\cos\varphi \cos\theta + \sin\varphi \sin\theta) = x_1 \cos\theta + y_1 \sin\theta$$

$$y_2 = R \sin(\varphi - \theta) = R (\sin\varphi \cos\theta - \cos\varphi \sin\theta) = y_1 \cos\theta - x_1 \sin\theta$$

(Chú thích: R là khoảng cách từ tâm hệ tọa độ tới điểm khảo sát).

Thay hệ số tỷ lệ của các trục vào, ta có:

$$x_2 = aU_2 = aU_1 \cos\theta + bI_1 \sin\theta$$

$$y_2 = bI_2 = -aU_1 \sin\theta + bI_1 \cos\theta$$

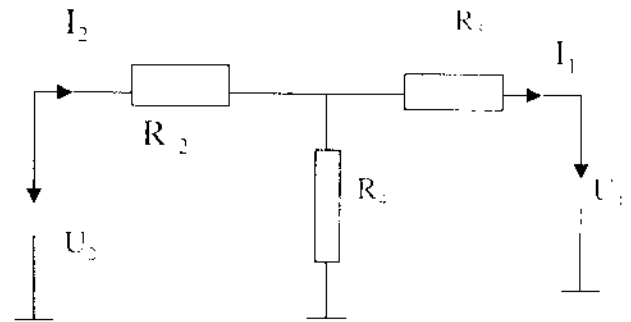
Chia hai phương trình cho a hoặc b , sẽ nhận được:

$$I_2 = -\frac{U_1}{R_M} \sin\theta + I_1 \cos\theta$$

$$U_2 = U_1 \cos\theta + I_1 R_M \sin\theta$$

Khi đường đặc tính quay, các đại lượng cường độ dòng điện và điện áp tương ứng bị quay pha. thực tế để quay pha các đại lượng trên cần phải có mạch điện

Một mạch điện thực hiện quá trình quay đường đặc tính như miêu tả trên đây phải thoả mãn các biểu thức U_2 và I_2 . Mạch điện dưới là một ví dụ về thực hiện phép quay trên. Theo nguyên lý xếp chồng ta có:



$$U_2 = AU_1 + BI_1$$

$$I_2 = CU_1 + DI_1$$

Giả thiết các điều kiện đầu sau đó so sánh với hệ Phương trình trên để tính Các hệ số A, B, C

- Khi $I_1 = 0$, thì

$$U_1 = \frac{R_4}{R_3 + R_4} U_2, \quad \rightarrow A = 1 + \frac{R_3}{R_4}$$

$$I_2 = \frac{U_1}{R_4} \quad \rightarrow C = \frac{1}{R_4}$$

- Khi $U_1 = 0$, Theo sơ đồ mạch điện ta có

$$I_1 = \frac{(\frac{R_3}{R_3 + R_4} // \frac{R_4}{R_3 + R_4}) U_2}{[\frac{R_3}{R_3 + R_4} + (\frac{R_3}{R_3 + R_4} // \frac{R_4}{R_3 + R_4})] R_3}$$

$$I_2 = I_1 + \frac{I_1 R_3}{R_4}$$

$$\rightarrow B = \frac{R_3^2}{R_4} + 2R_3 \quad \rightarrow D = 1 + \frac{R_3}{R_4}$$

Hệ phương trình truyền đạt (viết cho U_2 và I_2) được viết lại là (thay các hệ số)

$$I_2 = \frac{1}{R_4} U_1 + \left(1 + \frac{R_3}{R_4}\right) I_1$$

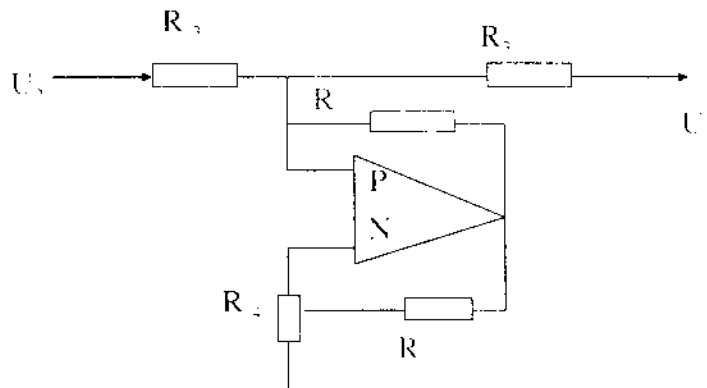
$$U_2 = \left(1 + \frac{R_3}{R_4}\right) U_1 + \left(\frac{R_3^2}{R_4} + 2R_3\right) I_1$$

So sánh hệ số của các biểu thức tường minh của U_2 và I_2 với biểu thức của nó chứa các hàm số lượng giác ta được

$$\begin{aligned} \cos \theta &= 1 + \frac{R_3}{R_4} \\ \frac{\sin \theta}{R_M} &= \frac{1}{R_4} R_M \\ \sin \theta &= \frac{R_3^2}{R_4} + 2R_3 \end{aligned} \quad \begin{aligned} \Rightarrow R_4 &= \frac{R_M}{\sin \theta} \\ \Rightarrow R_3 &= R_M \frac{1 - \cos \theta}{\sin \theta} = R_M \operatorname{tg} \frac{\theta}{2} \end{aligned}$$

Kiểm tra lại, ta thấy kết quả đó phù hợp.

Như vậy nếu cho trước R_M (b/a) và θ , có thể xây dựng được mạch điện



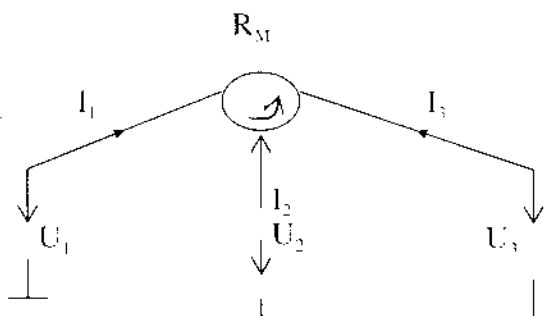
Hình 8.16 Sơ đồ ratato với góc quay $0 < \theta < 180^\circ$

hình trên mà trong đó nó có thể thực hiện quay pha một góc θ vì R_M luôn luôn dương. Ta thấy rằng, khi góc quay nằm trong khoảng $0 < \theta < 180^\circ$ thì R_4 âm, còn nếu góc quay lớn hơn thì cả R_3 cũng âm. Để tạo điện trở âm dùng NIC. Đặc biệt thay R_1 bằng NIC rất thuận lợi, R_4 có một đầu đấu đất. Hình dưới biểu diễn

rotato với góc quay $0 < \theta < 180^0$. Do tính đối xứng của mạch điện, nên ta có thể đổi chỗ đầu ra với đầu vào mà tính chất của mạch không thay đổi.

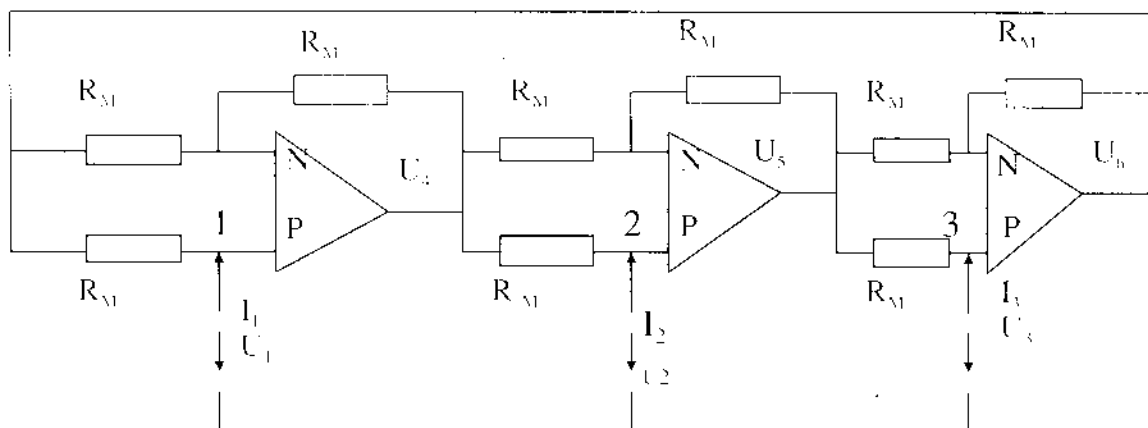
c) Xiecculato

Xiecculato là một mạch điện có ít nhất ba cửa. Sơ đồ qui ước của Xiecculato được biểu diễn trên hình vẽ



Hình 8.17 Sơ đồ qui ước của Xiecculato

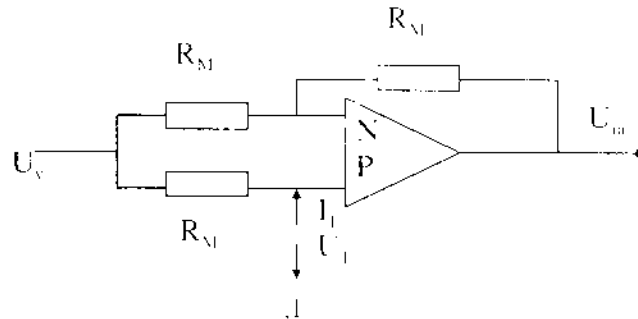
Sơ đồ có đặc điểm là tín hiệu đặt trên một cửa được chuyển tiếp theo chiều mũi tên, tín hiệu không thay đổi khi truyền qua cửa **hở mạch**, tín hiệu bị đổi dấu khi truyền qua cửa **ngắn mạch**, nếu dẫu một điện trở $R = R_M$ giữa một cửa nào đó với đất thì có điện áp tín hiệu hạ trên điện trở đó và tín hiệu không được truyền tiếp sang cửa tiếp theo. Mạch điện có những tính chất như vậy được biểu diễn trên hình vẽ ở dưới đây.



Hình 8.18 Một kiểu mạch xiecculato

Phân tích mạch điện:

Mạch gồm có ba khâu giống nhau. Để phân tích, tách ra một khâu như trên hình vẽ.



Một khâu mạch của xiecculato.

Nguyên lí làm việc:

- Hở mạch đầu 1 thì $I_1 = 0$, do đó $U_v = U_p = U_n$, điện áp vào bằng không, không có dòng qua nhánh hồi tiếp, nên $U_r = U_v$.
- Nếu ngắn mạch điểm 1 thì $U_1 = 0$, mạch điện trở thành mạch khuếch đại đảo với hệ số khuếch đại $K = 1$, tức $U_r = -U_v$.
- Mắc vào điểm 1 một điện trở R_N thì mạch điện trở thành một mạch hiệu với điện áp vào bằng nhau và bằng U_v nên $U_m = 0$.

Cho $U_v = 0$ và đặt vào điểm 1 một điện áp vào U_1 thì mạch điện trở thành một mạch khuếch đại thuận với hệ số khuếch đại $K = 2$, do đó $U_1 = 2U_1$.

Từ phân tích một khâu trong ba khâu, ta suy ra nguyên lí làm việc của mạch gồm ba khâu. Giả sử điện áp U_1 vào điểm 1, ở điểm 2 đầu một điện trở $R = R_N$ với đất và hở mạch điểm 3. Do cách phân tích một khâu mạch trên, ta nhận thấy $U_3 = 0$. Bộ khuếch đại thứ ba có hệ số khuếch đại $K'_3 = 1$, nên điện áp trên đầu ra của nó $U_6 = 0$. Mạch khuếch đại đầu vào có hệ số khuếch đại $K'_1 = 2$, do đó điện áp ra trên nó $U_1 = 2U_1$. Ở điểm 2 (điểm đầu R_N) có hạ áp $U_2 = U_1/2 = U_1$. Các trường hợp đặc biệt khác cũng có thể giải thích tương tự.

Nếu các cửa 1, 2, 3 không ở một trong trạng thái vừa nêu thì cần phải tìm các phương trình truyền đạt để mô tả các tính chất của xiecculato.

Viết phương trình dòng điện nút tại các cửa P và N (theo Kiếckhốp).

$$\begin{aligned} \frac{U_{-1} - U_{-2}}{R_{-1}} + I_1 &= 0 & \frac{U_{-1} - U_{-2}}{R_{-1}} + \frac{U_{-2} - U_{-3}}{R_{-2}} &= 0 \\ \frac{U_{-2} - U_{-3}}{R_{-2}} + I_2 &= 0 & \frac{U_{-2} - U_{-3}}{R_{-2}} + \frac{U_{-3} - U_{-4}}{R_{-3}} &= 0 \\ \frac{U_{-3} - U_{-4}}{R_{-3}} + I_3 &= 0 & \frac{U_{-3} - U_{-4}}{R_{-3}} + \frac{U_{-4} - U_{-5}}{R_{-4}} &= 0 \end{aligned}$$

U_4, U_5, U_6 ra khỏi hệ phương trình trên đây, ta nhận được hệ phương trình truyền đạt của Xiecculato.

$$\begin{aligned} I_1 &= \frac{1}{R_{-1}} (U_{-1} - U_{-2}) \quad I_2 = \frac{1}{R_{-2}} (U_{-2} - U_{-3}) \\ I_3 &= \frac{1}{R_{-3}} (U_{-3} - U_{-4}) \end{aligned}$$

Lập tổng của ba phương trình trên ta được phương trình mới $I_1 + I_2 + I_3 = 0$.

Mạch xiecculato được ứng dụng trong kỹ thuật truyền dẫn làm cho khe ghép nối tín hiệu đa kênh, tạo điện cảm không có đầu đầu dài.

10. Mạch tích phân

a) Mạch tích phân đảo

Xét tại nút N - theo Kiếckhốp 1 ta có phương trình



Theo biểu thức trên điện áp ra là tích phân điện vào. Trong thực tế thường chọn hằng số thời gian $t = RC = 1s$. Trong đó biểu thức $U_1(t=0)$ là điều kiện đầu.

Hình 8. 19 Sơ đồ mạch tích phân đảo

$$\begin{aligned}
 i_i + i_c &= 0 \Rightarrow \frac{U_i}{R} + C \frac{du_c}{dt} = 0 \\
 \Rightarrow U_c &= -\frac{1}{RC} \int U_i(t) dt = -\frac{1}{RC} \int U_i(t) dt + U_c(t=0)
 \end{aligned}$$

Nếu $U_i(t)$ là điện áp xoay chiều hình sin thì

$$U_c = -\frac{1}{RC} \int U_i \sin \omega t dt = \frac{U_i}{\omega RC} \cos \omega t$$

Theo biểu thức của điện áp ra, ta thấy biên độ điện áp ra tỷ lệ nghịch với tần số và đặc tuyến biên độ — tần số của mạch tích phân.

$$\frac{U_c}{U_i} = f(\omega)$$

Hàm số $f(\omega)$ có tốc độ là -6dB/Octave

Đó là dấu hiệu đặc trưng cho mạch tích phân. Từ đặc điểm đó, có thể định nghĩa: Một mạch được gọi là mạch tích phân trong một phạm vi tần số nào đó, nếu trong phạm vi tần số đó đặc tính tần số của nó giảm với tốc độ dốc 6 dB/Octave.

Cần chú ý rằng, trong bộ khuếch đại thuật toán thực thì dòng tĩnh I_i và điện áp lệch không có thể gây ra sai số đáng kể trong mạch tích phân.

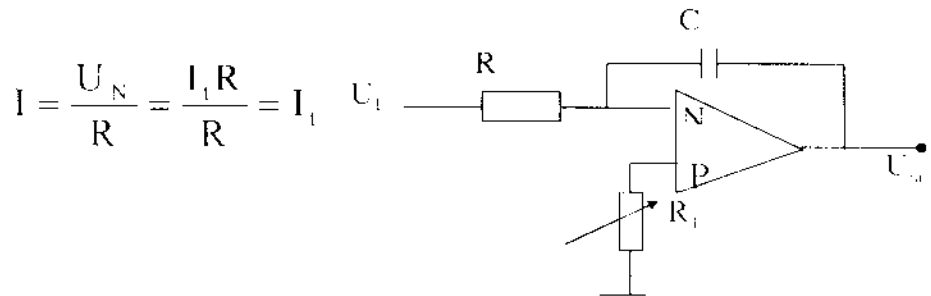
Ví dụ: Giả thiết cho $U_i = 0$, dòng qua tụ điện sẽ là:

$$\frac{U_{ra}}{R} = I_i \rightarrow \frac{dU_{ra}}{dt} = \frac{1}{C} (I_i + I_c)$$

Vậy nếu dòng sai số qua C là $1\mu A$ và $C = 1\mu F$ thì $dU_i/dt = 1V/s$ (thay số vào biểu thức của dU_{ra}/dt). Để giảm ảnh hưởng này có thể tăng C, nhưng

không thể lớn tùy ý được, vì thế cần phải giảm ảnh hưởng của dòng tĩnh bằng sơ đồ sau.

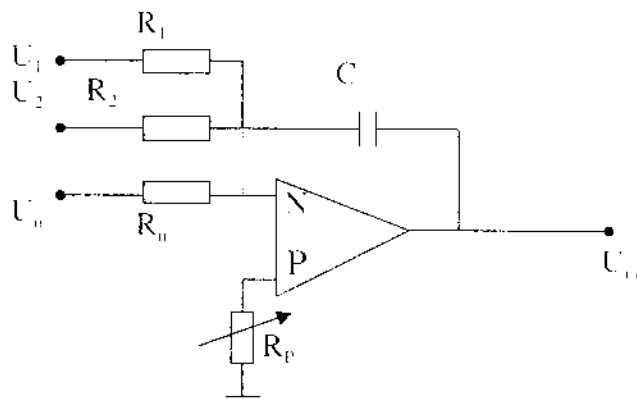
Trong sơ đồ nếu chọn $R_1=R$, $U_1 = 0$ thì dòng qua điện trở R :



Và dòng sai số qua C bị triệt tiêu. Nhờ thay đổi R_1 có thể bù được phần nào dòng lệch không.

b) Mạch tích phân tổng và hiệu:

Mạch tích phân tổng:



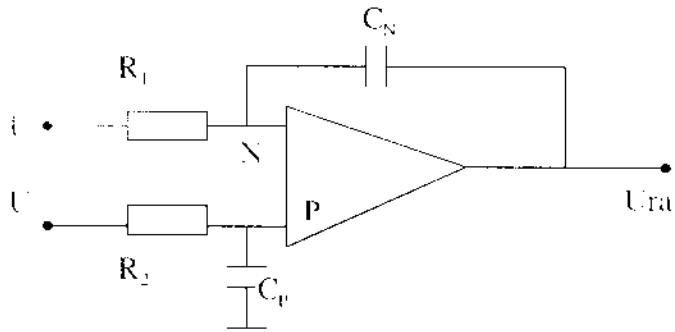
Hình 8.20 Sơ đồ mạch tích phân tổng đảo

Xét tại nút N –Viết phương trình theo Kiếckhốp I và biến đổi ta có:

$$U_r = - \frac{1}{C} \int \left(\frac{U_1}{R_1} + \frac{U_2}{R_2} + \dots + \frac{U_n}{R_n} \right) dt$$

(Chú thích: Trong sơ đồ trên điện trở R_p đóng vai trò điện trở bù).

Mạch tích phân hiệu:



Hình 8.21 Sơ đồ mạch tích phân hiệu

- Xét tại nút N - Theo Kiếckhốp 1 ta có phương trình sau:

$$\frac{U_1 - U_N}{R_1} + C_N \frac{d(U_N - U_{ra})}{dt} = 0$$

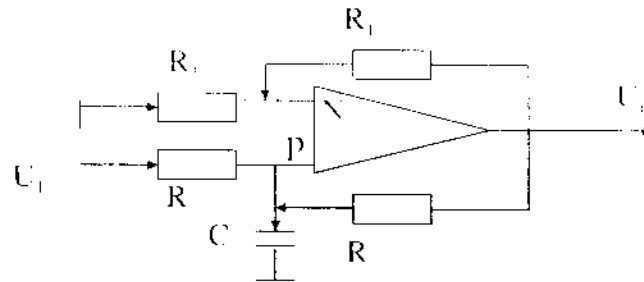
- Xét tại nút P - Theo Kiếckhốp 1 ta có phương trình sau

$$\frac{U_2 - U_P}{R_2} - C_P \frac{dU_P}{dt} = 0$$

Biến đổi và cho $U_N = U_P$, $R_1 C_N = R_2 C_P = RC$ ta rút ra được:

$$U_{ra} = -\frac{1}{RC} \int (U_2 - U_1) dt$$

c) *Mạch tích phân thuận*



Hình 8.22 Sơ đồ mạch tích phân thuận

- Xét tại nút P – Theo Kiếckhốp 1 ta có phương trình sau:

$$\frac{U_i - U_P}{R} + \frac{U_N - U_P}{R} - C \frac{dU}{dt} = 0$$

Theo sơ đồ $U_N = 1/2 \cdot U_i$ và $U_P = U_N$, thay vào phương trình trên ta có

$$U_o = -\frac{2}{RC} \int U_i dt$$

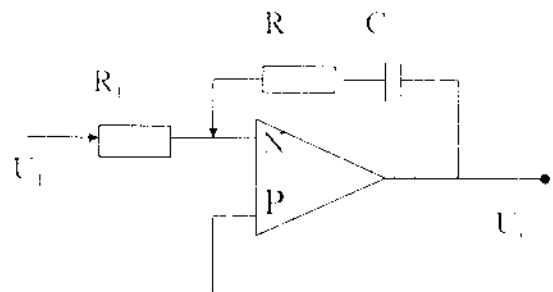
11. Mạch *PI* (Proportional - Integrated) - mạch tích phân tỷ lệ

Mạch PI là mạch có biểu thức điện áp ra dạng

$$u_o = Au_i B \int u_i dt$$

Theo sơ đồ dòng vào $i_i = u_i/R$ tạo nên điện áp trên R_N và trên C là:

$$\frac{R_N}{R_i} U_i = \frac{1}{R_i C} \int u_i dt$$



Hình 8.23 Sơ đồ mạch tích phân tỷ lệ

Vì $u_N = 0$ nên

$$-u_r = \frac{R_N}{R_1} u_1 + \frac{1}{R_1 C} \int u_1 dt = 0$$

Ví dụ: Xét trường hợp khi $U_1(t) = U_1 \cos \omega t$; thay vào biểu thức của điện áp ra ta có

$$-U_r = \frac{R_N}{R_1} U_1 \cos \omega t + \frac{U_1}{\omega R_1 C} \sin \omega t$$

Do đó:

$$\omega_u = \frac{1}{R_N C} \rightarrow K = \frac{U_r}{U_1} = \frac{1}{R_1} \sqrt{R_N^2 + \frac{1}{\omega^2 C^2}} = \frac{1}{R_1} \sqrt{\frac{\omega^2 R_N^2 C^2 + 1}{\omega^2 C}}$$

Khi $\omega \ll \omega_0$ thì

$$\rightarrow K = \frac{1}{R_1} \cdot \frac{1}{\omega C}$$

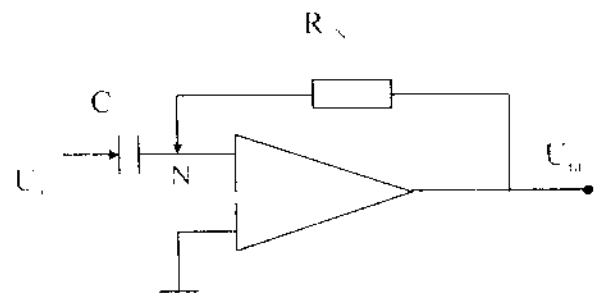
Đặc tuyến biên độ - tần số của mạch có độ dốc -6 dB/ Octave, do đó khu vực này ($\omega \ll \omega_0$) gọi là khu vực I, sơ đồ làm việc như một mạch tích phân và với $\omega \gg \omega_0$ thì $|K| \approx R_N / R_1$.

12. Mạch vi phân

Áp dụng định luật Kiếckhốp I tại nút N ta viết được phương trình sau:

$$U_R = -R_N C_1 (dU_1/dt)$$

Giả thiết $u_1(t) = U_1 \sin \omega t$, ta có $u_r(t) = -R_N C_1 \omega U_1 \cos \omega t = -U_r \cos \omega t$



Hình 8.24. Sơ đồ mạch vi phân

Do đó hệ số khuếch đại của mạch:

$$K = \frac{U_c}{U_i} = \omega R_N C_i$$

Ta thấy K tăng theo tần số và đồ thị Bode có độ dốc 6dB/Octave. Vậy có thể định nghĩa mạch vi phân là mạch có đặc tuyến tần số tăng với tốc độ 6dB/Octave.

Nhận xét: Vì hệ số khuếch đại của mạch tỷ lệ với tần số nên tạp âm tần số cao ở đầu ra mạch này rất lớn, có thể lấn át tín hiệu.

Trở kháng vào của mạch $Z_N = 1/j\omega C_i$ giảm khi tần số tăng, do đó khi nguồn tín hiệu có trở kháng trong lớn, thì chỉ một phần tín hiệu được vi phân, còn phần còn lại được khuếch đại. Mặt khác, ở tần số cao hệ số hồi tiếp của mạch giảm.

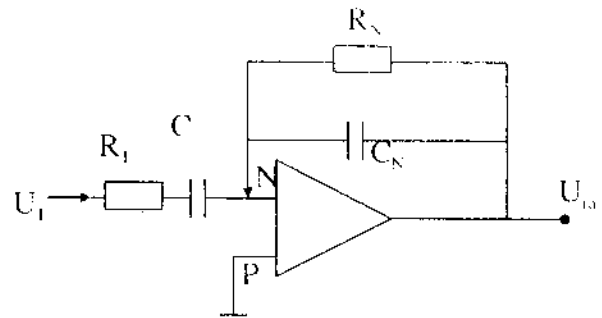
Mạch kém ổn định, vì bản thân mạch hồi tiếp đã gây ra một góc đi pha: 90° . Để bù tần số đảm bảo ổn định phải tính toán sao cho lượng dự trữ về pha $\varphi_K = 90^\circ$.

Do các nhược điểm đó, nên trong thực tế thường dùng mạch vi phân có dạng như hình vẽ dưới đây

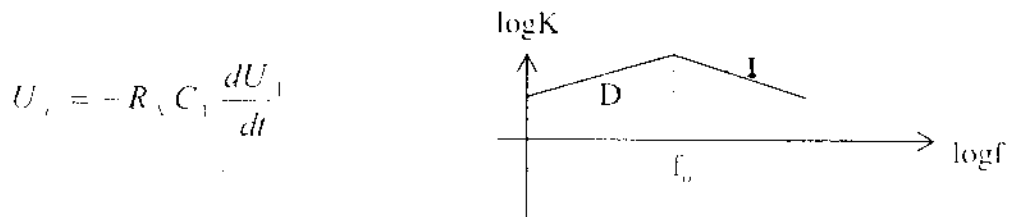
Để giảm tạp âm tần số cao, mắc thêm R_i nối tiếp với C_i . Vì vậy mạch chỉ có tác dụng vi phân khi $\omega \ll \omega_0$

Khi $\omega \ll \omega_0 = 1/R_i C_i$ ở tần số đó, có thể coi C_N là mạch hở. Tự điện C_N tiếp tục hạn chế tạp âm ra, vì ở tần số cao trở kháng của nó rất nhỏ, nên có thể coi đầu ra ghép hồi tiếp âm hoàn toàn với đầu vào.

Nếu chọn C_N sao cho $R_i C_i = R_N C_N$ thì khi $\omega > \omega_0$, hệ số khuếch đại giảm theo tần số. Do đó đồ thị Bode có dạng hình dưới



Hình 8.25 Mạch vi phân thực tế



Hình 8.26 Đặc tuyến biên độ tần số của mạch vi phân

Mạch vi phân gồm hai thành phần: Phần D ($\omega < \omega_0$) là phần vi phân và phần I ($\omega > \omega_0$) là phần tích phân. Điện áp ra khi $\omega < \omega_0$ được biểu diễn bởi biểu thức dưới.

8.4 CÁC MẠCH BÙ CHO SƠ ĐỒ DÙNG BỘ KĐ THUẬT TOÁN

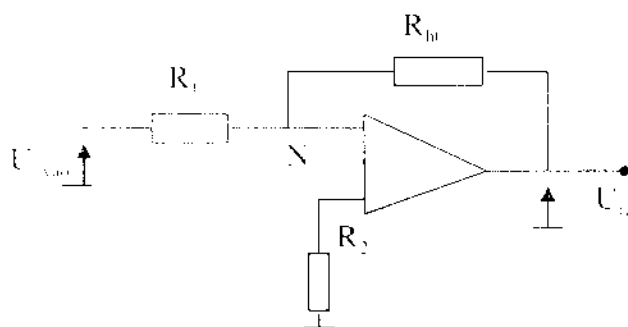
1. Các mạch bù lệch không cho sơ đồ dùng khuếch đại thuật toán

Khi sử dụng bộ khuếch đại thuật toán để khuếch đại tín hiệu một chiều có trị số nhỏ thì sai số chủ yếu do dòng điện tĩnh, điện áp lệch không, trôi gây ra. Các thông số tĩnh I_P , I_N ở đầu vào bộ khuếch đại thực chất là dòng bazơ của các tranzitop ở tầng vào bộ khuếch đại. Các dòng I_P , I_N thường gây ra các sụt áp trên cửa vào... Do trở kháng ở cửa vào P, N là khác nhau $\Rightarrow$ các dòng I_P và I_N gây nên những sụt áp cũng khác nhau và do đó tồn tại hiệu điện thế giữa hai cửa (điện áp lệch không). Để điện áp lệch không nhỏ, khi lắp ráp các sơ đồ khuếch đại dùng thuật toán người ta thường dùng các mạch bù lệch không

Phương pháp 1 không nối cửa thuận trực tiếp xuống đất.

R_1 được chọn:

$$R_1 = \frac{R_i R_{ht}}{R_i + R_{ht}}$$



Hình 8.27 Mạch bù lệch không đơn giản

Lúc đó dòng điện tĩnh gây ra trên hai đầu vào (N, P) 2 điện áp:

$$U_P = I_P R_2 = I_P (R_1 // R_{ht})$$

$$U_N = I_N (R_1 // R_{ht})$$

$$\text{Nếu } I_P \approx I_N \Rightarrow U_P \approx U_N \Rightarrow U_{cm} = U_{dl}$$

Nếu $I_P \neq I_N$, $I_0 = I_P - I_N \neq 0$ và giữa 2 cửa tồn tại một điện áp lệch không $U_0 = U_P - U_N$ và nó là tín hiệu đặt vào bộ khuếch đại.

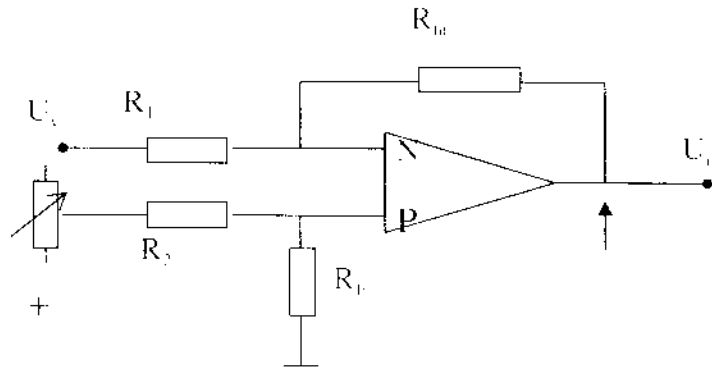
Ta tính được (tính đối với sơ đồ khuếch đại thuận)

$$U_{ra} = \left(1 + \frac{R_{ht}}{R_2}\right) U_{vao}$$

Phương pháp 2:- Dùng nguồn bù

Để triệt U_0 (giảm sai số) trong thực tế người ta có thể dùng mạch bù lệch không, theo nguyên tắc mắc một trong hai đầu vào của bộ khuếch đại với một nguồn điện áp biến đổi để có được một điện áp đặt trên cửa này một trị số đáp ứng điện áp lệch không nhưng ngược dấu, theo sơ đồ,

Nếu khử được ảnh hưởng của dòng tĩnh và điện áp lệch không, thì nguyên nhân gây sai số còn lại là hiện tượng trôi do nhiệt độ.



Hình 8.28 Mạch bù lệch không dùng nguồn bù

2. Các mạch bù tần số cho sơ đồ dùng khuếch đại thuật toán

Trong mục đã đề cập tới các chỉ tiêu của một bộ khuếch đại thuật toán. Ta thấy hệ số khuếch đại của bộ khuếch đại giảm là do các điện dung ký sinh trong tranzistor cũng như các điện dung mắc vào mạch đã tạo nên các mất lọc thông thấp (loại bỏ tần số cao). Khi f tăng thì K_0 giảm và xuất hiện sự sai pha giữa điện áp ra so với điện áp vào.

Khi $K_v = K_0$, $K_m = 1$ và $\varphi = 180^\circ$ thì mạch khuếch đại sẽ sinh dao động tự phát (mất ổn định). Để khôi phục sự mất ổn định người ta phải lắp những mạch bù tần số.

Về nguyên tắc bù tần số hay còn gọi là bù pha làm thay đổi đặc tính tần số của hệ số khuếch đại vòng sao cho $|K_0 K_m| < 1$ trước khi $\varphi = -180^\circ$.

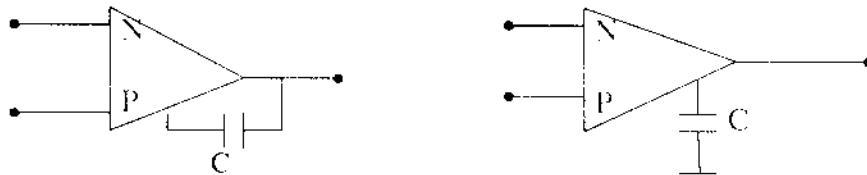
Để thực hiện điều đó có thể thay đổi K_0 gọi là bù trong, hay thay đổi K_m gọi là bù hỗn hợp.

Thực tế thường hay bù trong vì sự thay đổi của K_0 ít ảnh hưởng tới hệ số khuếch đại K của toàn mạch có hồi tiếp.

Các biện pháp bù, nhằm giảm độ dốc của đặc tính biên độ - tần số xung quanh tần số cắt f_c (tần số làm cho $K_v = 0$) nghĩa là làm giảm góc φ tại $(K_0 K_{int}) = 1$.

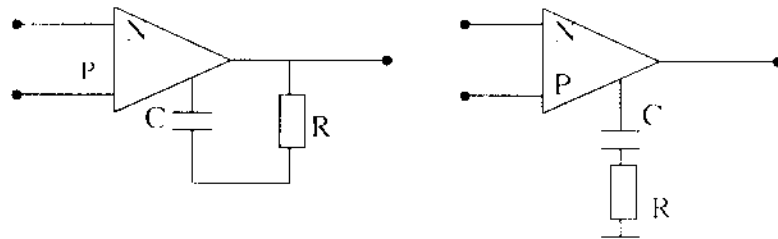
Các loại mạch bù thường dùng trong thực tế

- Bù một điểm cực một lần, một khâu bù:

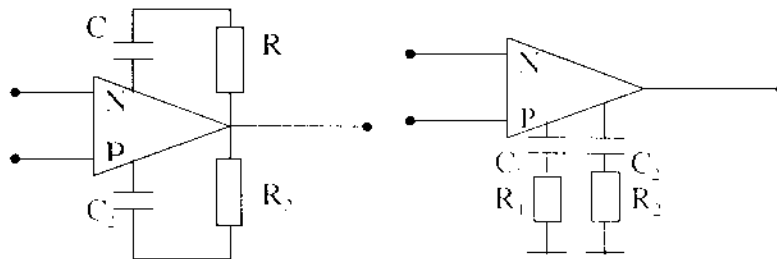


Với sơ đồ này đặc tuyến tần số của hệ số khuếch đại $K \Rightarrow 0$ dB ở tần số $f\alpha_1$

- Bù cực không – một khâu bù:



- Bù cực không - hai khâu bù



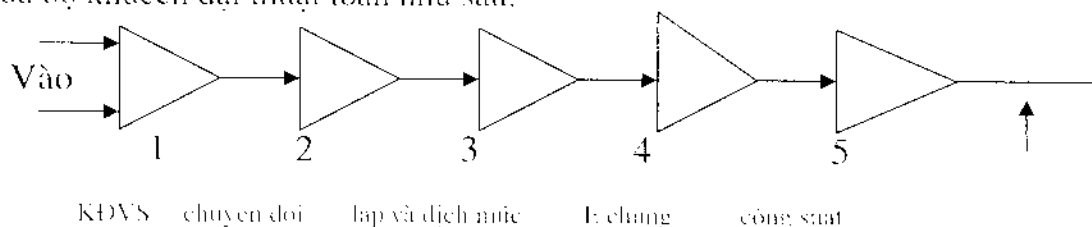
Hình 8.29 Một số mạch bù tần số

8.5 MỘT SỐ CẤU TRÚC BÊN TRONG CỦA KỸ THUẬT TOÁN

Trong phần đầu của chương trình này đã khảo sát một số tính chất, chỉ tiêu quan trọng của bộ khuếch đại thuật toán. Để hiểu rõ hơn về bộ khuếch đại thuật toán phần tiếp theo đây sẽ nghiên cứu một số cấu trúc bên trong của bộ khuếch đại thuật toán.

Cấu trúc bên trong của bộ khuếch đại thuật toán là rất khác nhau và tùy thuộc vào mục đích ứng dụng của chúng. Dù cấu trúc như thế nào chúng cũng phải thỏa mãn những yêu cầu cơ bản. Hệ số khuếch đại lớn, trở kháng ra nhỏ, trở kháng vào lớn (trở kháng ra nhỏ là rất quan trọng), đầu vào đối xứng, điện áp ra ở chế độ tĩnh bằng không.

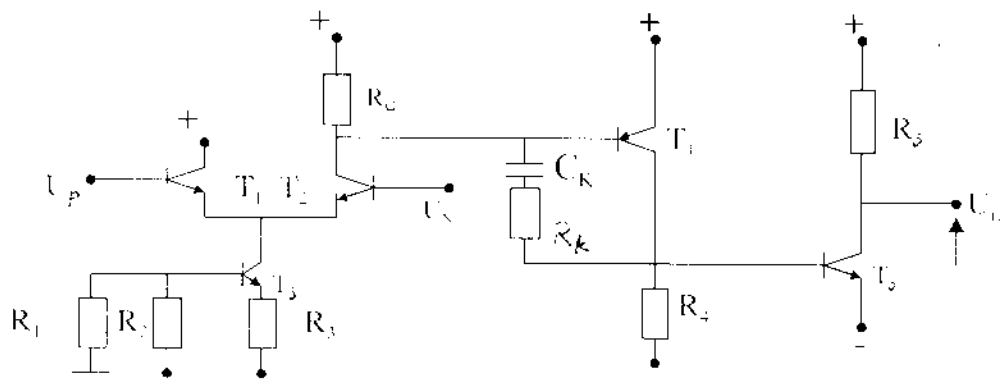
Căn cứ vào những yêu cầu đó, người ta đưa ra sơ đồ cấu trúc tổng quát của bộ khuếch đại thuật toán như sau:



Tầng đầu (1) là tầng khuếch đại vi sai để có $R_{\text{vào}}$ lớn, đồng tĩnh, độ lệch không nhỏ và có thể mắc trên mạch bù trôi ngoài.

Tầng hai (2) là tầng chuyển đổi, từ lõi ra vi sai thành lõi ra đơn có hệ số khuếch đại lớn.

Tầng 3 và tầng 4 là tầng khuếch đại trung gian có nhiệm vụ khuếch đại, dịch mức điện thế một chiều. Tầng 5 là tầng khuếch đại dòng.



Hình 8.30 Bộ khuếch đại thuật toán có hai tầng khuếch đại điện áp

1. Bộ khuếch đại thuật toán có hai tầng khuếch đại điện áp

Tầng đầu (hình 8.30) là tầng khuếch đại vi sai gồm hai đèn T_1 & T_2 được ổn định dòng nhờ T_3 . Sơ đồ có hai lối vào (một lối vào đảo, một lối vào thuận), một Lối ra đơn.

Tầng 2 là tầng khuếch đại mắc Ec, ở tầng này phải chọn R_4 sao cho điện áp ra tĩnh ≈ 0 . Điện áp U_{BE} của đèn T_5 được xác định bởi R_4 nên phải chọn R_4 sao cho $U_{BE}(T_5) \approx 0,6V$. (để đèn làm việc ở chế độ khuếch đại).

Tầng 3 gồm T_5 là tầng Ec dùng để khuếch đại điện áp, C_k, R_k là mạch lọc (khâu bù tần số).

Sơ đồ trên có nhược điểm là:

Do hạ áp trên $R_c = U_{BE}(T_4) \approx 0,6V$ là bé $\Rightarrow$ hệ số khuếch đại của T_2 bị hạn chế. Tầng đầu có hệ số khuếch đại nhỏ $\Rightarrow$ trôi do nó sinh ra là bé và ít ảnh hưởng đến trôi toàn mạch. Trôi toàn mạch chủ yếu là do T_4 gây ra.

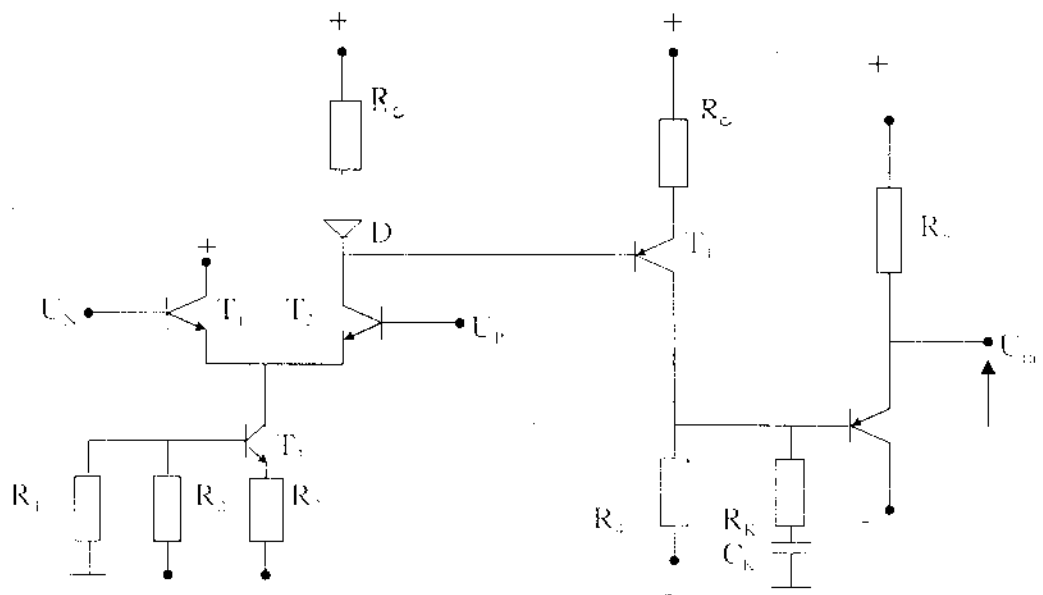
2. Bộ khuếch đại thuật toán có mạch điện dùng dòng đối xứng

Bộ khuếch đại thuật toán có 2 lối vào một lối vào đảo, một lối vào thuận, một lối ra.

Tầng đầu là tầng khuếch đại vi sai với 2 đèn T_1 & T_2 được nối bằng bộ ổn dòng T_3 .

Tầng 2 là tầng dịch mức điện áp (đèn T_4).

Tầng 3 là tầng lập Emítơ (T_5) có tại R_k, C_k và R_k là mạch lọc tần số



Hình 8. 31 Bộ khuếch đại có gương dòng điện

(khẩu bù tần số).

Sơ đồ trên về cơ bản giống sơ đồ cấu trúc bộ khuếch đại thuật toán có hai tầng khuếch đại điện áp chỉ khác ở chỗ để giảm trôi cho T_4 gây ra, người ta mắc thêm một mạch để bù trôi. Trên sơ đồ D làm nhiệm vụ đó. R_c được chọn giống nhau ở 2 đèn T_2 và T_4 vì vậy dòng qua T_2 và T_4 (trên R_2) là giống nhau (vì vậy mạch này còn gọi là mạch gương dòng điện). Khi 2 dòng I_c giống nhau thì $U_{BE} T_4 \cong U_{BE} T_2$ nên $U_{BE} T_4$ thay đổi, có nghĩa là $U_{BE} T_4$ thay đổi không đáng kể.

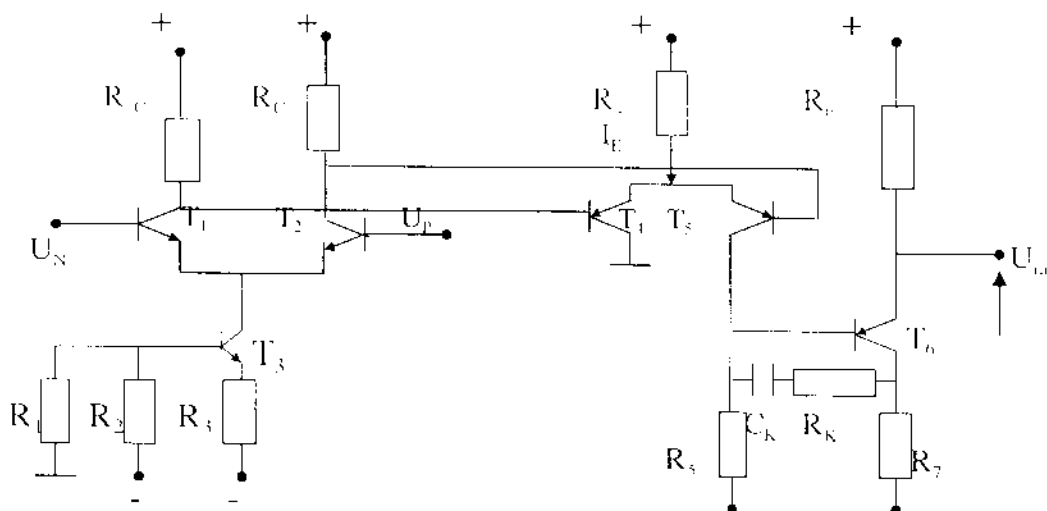
Cũng vì T_4 được bù trôi nên điện áp dịch mức đạt được khá chính xác.

3. Bộ khuếch đại thuật toán dùng khuếch đại vi sai bù

Bộ khuếch đại thuật toán có một lối vào thuận và một lối vào đảo

Tầng đầu là khuếch đại vi sai với 2 đèn T_1 & T_2 thuận. Mạch khuếch đại vi sai được nuôi bằng nguồn dòng T_3 .

Tầng thứ hai cũng là tầng khuếch đại vi sai (đèn T_4 & T_5) có lối vào vi sai và lối ra đơn. Tầng này không có nguồn dòng vì tầng đầu có nguồn dòng và hiện tượng trôi đã giảm nhiều.



Hình 8.32 Bộ khuếch đại thuật toán dùng khuếch đại vi sai bù

Tầng thứ ba là tầng ra (đền T6) - Tầng khuếch đại dòng điện, ngoài ra còn có các tụ C_k , R_k tạo thành mạng bù tần số.

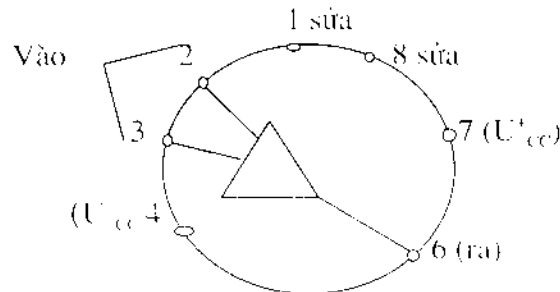
Sơ đồ trên có ưu điểm so với 2 sơ đồ trước là: T4 được thay đổi bởi T_4 & T_5 nên có thể tăng áp, hạ áp trên R_c để có hệ số khuếch đại lớn ở tầng đầu do đó hệ số khuếch đại toàn mạch được tăng lên. R_1 và R_5 được xác định

$$R_1 = \frac{U_{cc} - U_{115}}{I_E} \quad R_5 = \frac{U_{cc} - 0,6V}{\left(\frac{1}{2} I_{115}\right)}$$

8.6 KHUẾCH ĐẠI THUẬT TOÁN $\mu A 709$

$\mu A 709$ là một bộ khuếch đại thuật toán (hay IC $\mu A 709$) dùng khuếch đại các tín hiệu âm tần, đây là bộ khuếch đại đơn giản và đã ứng dụng trong thực tế dùng trong các mạch khuếch đại âm tần.

1. Sơ đồ chân

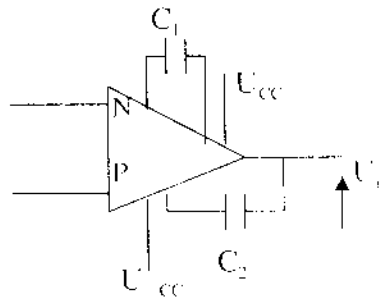


2. Các thông số của $\mu A 709$

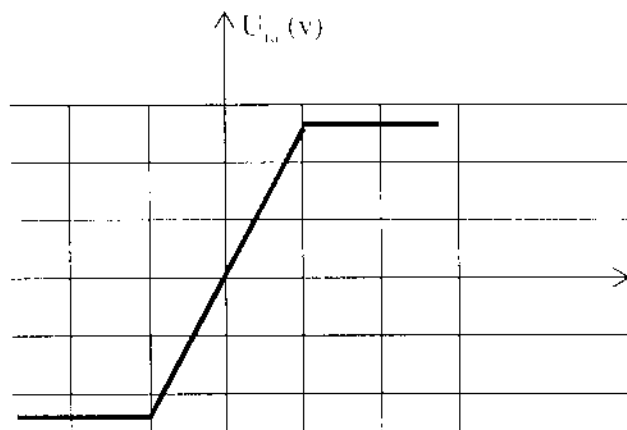
- Hệ số khuếch đại (K_{10})	45.000
- Tần số giới hạn	1MHz
- Điện áp đồng pha lỗi vào cho phép	$\pm 10V$
- Tốc độ phản ứng khi kích mạch	0,3 V/ μs
- Điện trở vi phân lỗi vào	400 k Ω

- Điện áp vi sai cho phép lỗi vào	$\pm 5 \text{ V}$
- Điện áp lỗi vào bù lệch không	1 mV
- Dòng lỗi vào bù lệch không	$0,2 \mu\text{A}$
- Biên độ điện áp ra	$\pm 13 \text{ V}$
- Điện trở ra	150Ω
- Giá trị danh định điện áp nguồn	$\pm 15 \text{ V}$
- Dòng tiêu thụ khi U_{cc} cực đại	$2,5 \text{ mA}$
- Công suất tiêu thụ	80 mW
- Tỷ số nén tín hiệu đồng pha (G)	90,

3. Sơ đồ cơ bản

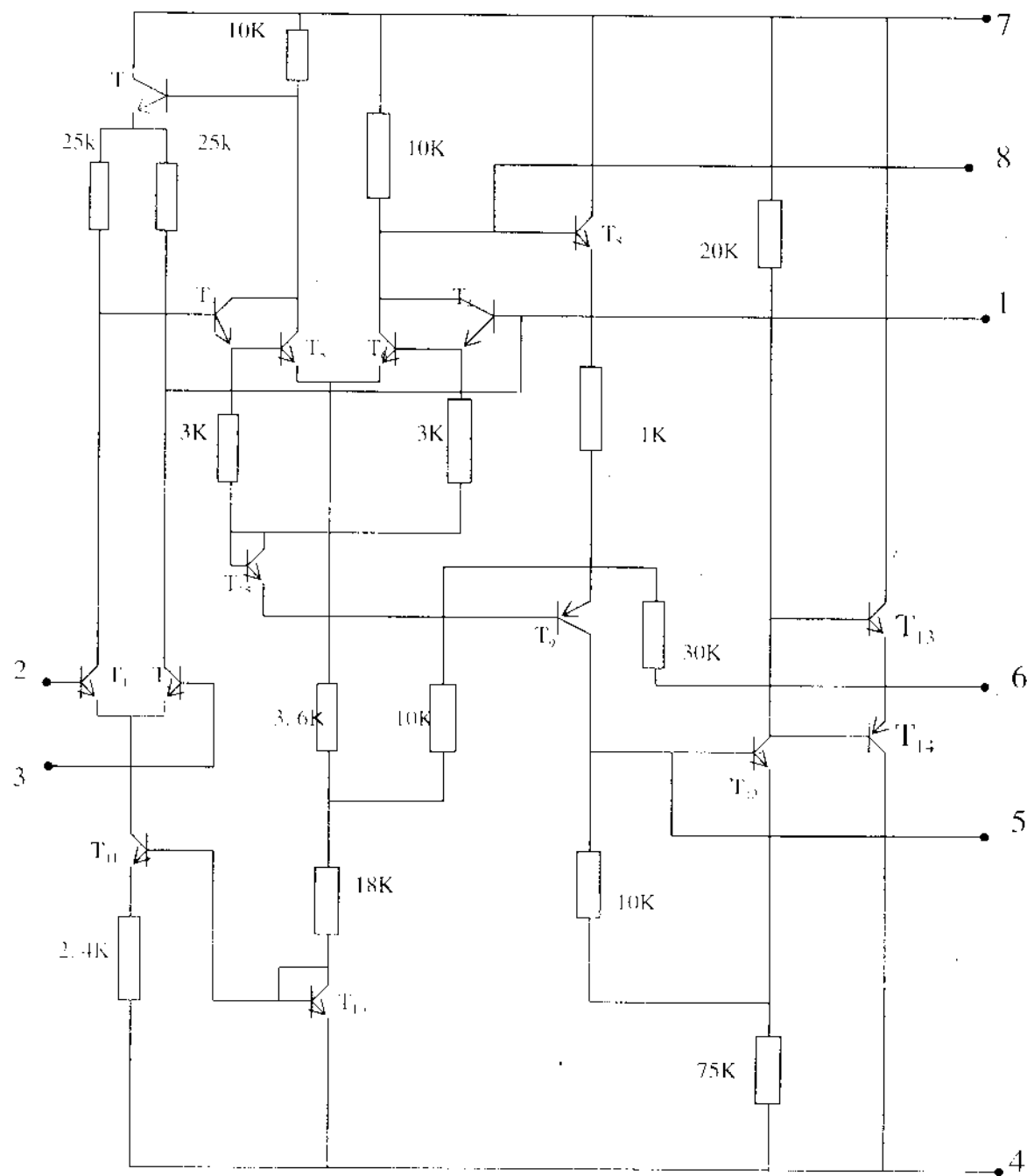


4. Đặc tính truyền đạt



5. Sơ đồ cấu trúc bên trong (hình 8.33)

Tầng vào là tầng khuếch đại vi sai gồm (T_1, T_2) với nguồn ổn dòng T_{11} và T_{10} .



Hình 8.33 Sơ đồ cấu trúc của bộ khuếch đại thuật toán $\mu A709$

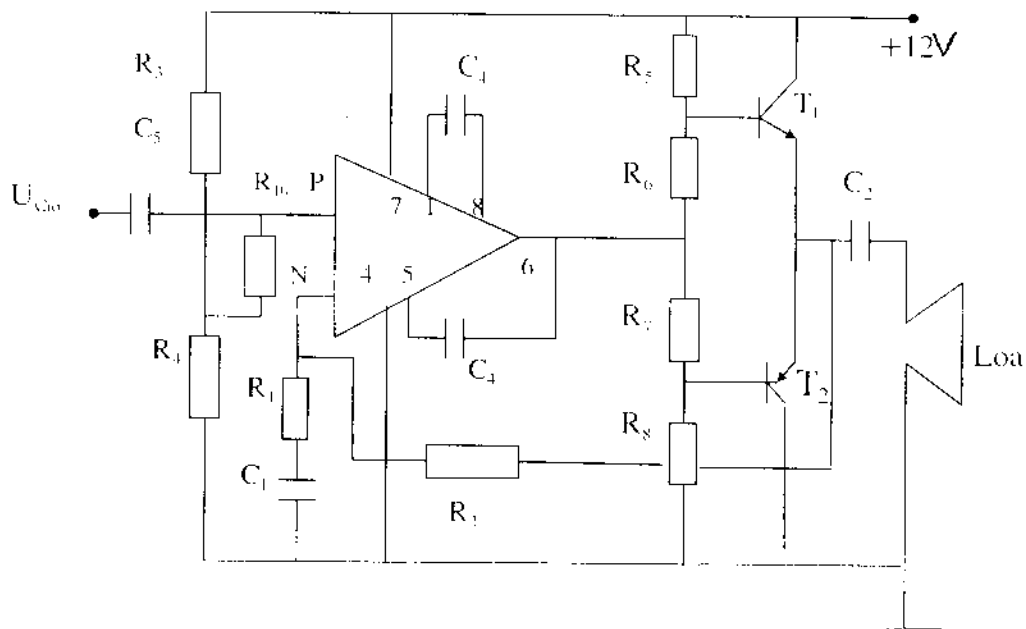
Dòng ổn trong sơ đồ này cỡ $40\text{ }\mu\text{A}$. Do đó trở kháng vào I_c lớn, trở kháng ra nhỏ và giảm được dòng lỉnh vào $\Rightarrow$ trôi nhỏ.

Tầng thứ hai là tầng khuếch đại vi sai mắc kiểu Dalington (T_3, T_4, T_5, T_6), có hệ số khuếch đại lớn. T_7 làm mạch chuyển từ lối ra vi sai thành lối ra đơn lấy trên Colector đèn T_2 . T_8 làm tầng khuếch đại trung gian mắc nối tiếp với T_9 bằng điện trở $1k$ làm thành tầng dịch mức điện áp một chiều. Tầng này sẽ tạo áp 1 chiều cho T_{12} . T_{12} là tầng đệm cho tầng cuối, mắc kiểu EC có hệ số khuếch đại cỡ 400 lần

T_{13}, T_{14} tạo thành tầng ra làm việc ở chế độ B.

Trong sơ đồ trên còn có T_{15} mắc theo kiểu Diôt để bù nhiệt cho T_5, T_6 điện trở $30k, 10K$, tạo thành mạch phản hồi âm từ tầng ra tới tầng vào.

Trong sơ đồ còn có các điểm nối ra 1, 8 hay 5, 6 để lắp mạch bù tần số.



Hình 8.34 Sơ đồ nguyên lý mạch KĐ âm tần dùng $\mu\text{A} 709$

6. Một số ứng dụng của khuếch đại thuật toán

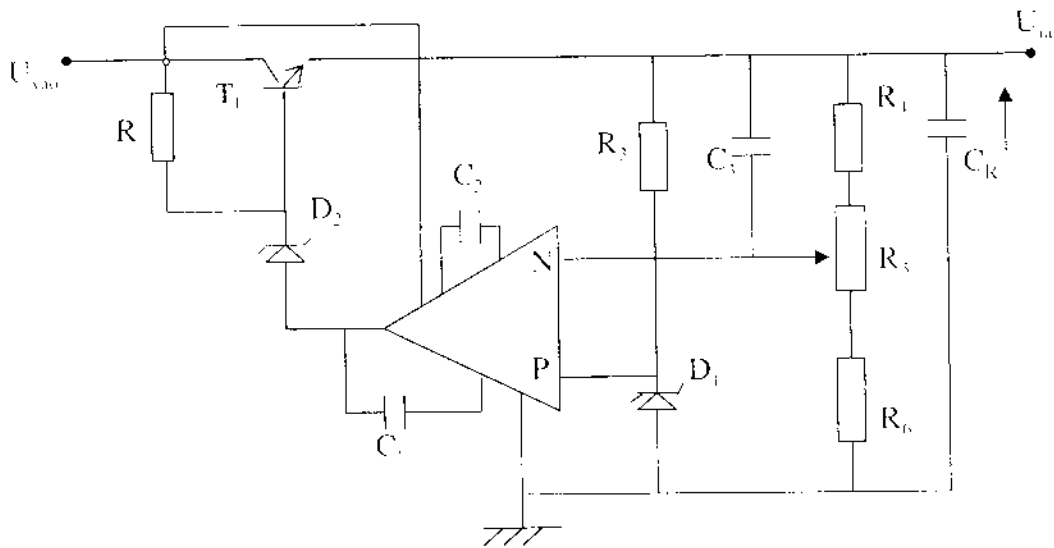
a) Sơ đồ nguyên lý mạch khuếch đại âm tần dùng $\mu\text{A} 709$

Trong sơ đồ trên chọn $R_5 = R_7$, $R_6 = R_8$; $R_6 = R_8$ còn R_{10} phải chọn có giá trị lớn cỡ 100K trở lên.

$\mu A 709$ được dùng như một bộ tiền khuếch đại, có 2 cửa vào và một cửa ra (vào chân 2 & 3, ra chân 6). Tụ C_5 dẫn tín hiệu vào, điện trở R_3 , R_4 nhằm tạo ra điện áp tĩnh bằng $U_{CC}/2$ và bằng điện áp vào tĩnh ở cửa đảo $\Rightarrow$ điện áp lệch không giảm. R_5 , R_6 , R_7 , R_8 là các điện trở định thiên cho 2 đèn công suất. Điện trở R_2 cùng với R_1 , C_1 tạo thành mạch phản hồi âm từ đầu ra tới đầu vào bộ khuếch đại, có tác dụng điều chỉnh hệ số khuếch đại toàn mạch và ổn định mạch.

Hệ số khuếch đại toàn mạch: $K \cong R_2 / R_1$.

b) Sơ đồ nguyên lý mạch ổn áp nguồn dùng $\mu A 709$



Hình 8.35 Sơ đồ nguyên lý mạch ổn áp nguồn dùng $\mu A 709$

Trong sơ đồ này bộ khuếch đại thuật toán $\mu A 709$ được dùng như một phần tử khuếch đại làm thay đổi độ dẫn điện của T_1 . Điện trở toàn phần của T_1 bị thay đổi dưới tác dụng của điện áp đặt vào bazơ của nó, nhờ vậy mà lối ra của nó tự động điều chỉnh để có một giá trị điện áp không đổi.

Một phần điện áp lấy ra trên tải được so sánh với điện áp mẫu trên D_2 . Hiệu $(U_N - U_0)$, được đưa vào khuếch đại thuật toán do đó điện áp lỗi ra sẽ tỷ lệ với điện áp này. Sự thay đổi ở lỗi ra của bộ khuếch đại thuật toán được đưa tới Baza T_1 qua D_1 , kết quả làm cho điện áp U_B của T_1 thay đổi và điện áp ra cũng thay đổi (tức U_{Ra}) theo qui luật bù lại sự thay đổi ban đầu và làm cho U_{ra} luôn ổn định.

(Khi $U_{Ra} \uparrow \rightarrow U_N \uparrow \rightarrow U_{ra}^{KDTT} \downarrow \rightarrow U_B \downarrow (T_1) \rightarrow$ đèn làm việc yếu đi $\rightarrow R$ của đèn tăng lên và tụt áp $U_{ctc} \uparrow$ làm cho áp trên tải hạ xuống bằng mức áp ban đầu. Khi $U_{Ra} \downarrow$ thì quá trình ngược lại.)

Chương 9: **CÁC MẠCH TẠO DAO ĐỘNG**

9.1 CÁC VẤN ĐỀ CHUNG VỀ TẠO DAO ĐỘNG

Mạch dao động có thể tạo ra các tín hiệu dao động có dạng khác nhau như dao động hình sin (dao động điều hoà) , tín hiệu dao động xung chữ nhật, tín hiệu dao động xung tam giác, tín hiệu dao động xung răng cưa hoặc tạo xung riêng biệt. Trong chương này chỉ xét các mạch tạo dao động điều hoà: các mạch tạo dao động xung được xét đến trong giáo trình " kỹ thuật xung ". Các mạch tạo dao động điều hoà thường được dùng trong hệ thống thông tin, trong các máy đo, máy kiểm tra, trong các thiết bị y tế, v. v...

Các mạch tạo dao động điều hoà có thể làm việc trong dải tần từ vài Hz cho đến vài nghìn MHz. Để tạo dao động có thể dùng có thể dùng các phần tử tích cực như đèn điện tử, tranzistor lưỡng cực, Fet, khuếch đại thuật toán hoặc các phần tử đặc biệt như diot tunel, diot Gun.

Các đèn điện tử được dùng khi yêu cầu công suất ra lớn. Mạch tạo dao động dùng đèn điện tử có thể làm việc từ phạm vi tần số thấp sang phạm vi tần số cao.

Ở tần số thấp và trung bình thường dùng mạch khuếch đại thuật toán để tạo dao động, còn ở tần số cao thì dùng tranzistor lưỡng cực hoặc Fet, trong phạm vi tần số MHz hoặc cao hơn thì dùng tranzistor, Fet hoặc các loại diot đã nêu ở trên.

Cần lưu ý rằng, khi dùng mạch khuếch đại thuật toán để tạo dao động thì không cần dùng các mạch bù tần số, vì mạch bù tần số là ảnh hưởng tới giải tần công tác của bộ tạo dao động.

Các tham số cơ bản của mạch tạo dao động gồm tần số ra, biên độ điện áp ra, độ ổn định tần số (nằm trong khoảng 10^{-2} đến 10^{-6}) , công suất ra và hiệu suất. Tùy thuộc vào mục đích sử dụng, khi thiết kế có thể đặc biệt quan tâm đến

một vài tham số nào đó hoặc hạ thấp yêu cầu đối với tham số khác, nghĩa là tùy thuộc vào yêu cầu sử dụng mà cân nhắc và sắp định các tham số một cách hợp lí.

Có thể tạo dao động điều hòa theo hai cách cơ bản sau đây:

- Tạo dao động bằng hồi tiếp dương ;
- Tạo dao động bằng cách tổng hợp mạch.

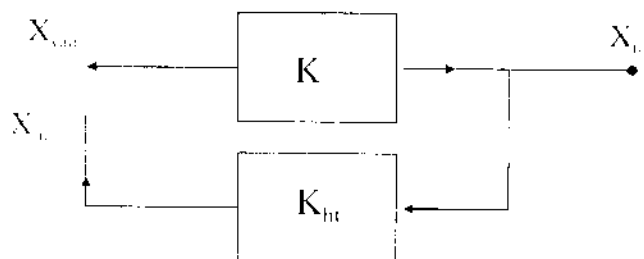
Trong phạm vi giáo trình này ta chỉ nghiên cứu các mạch tạo dao động theo nguyên tắc hồi tiếp dương.

9.2 ĐIỀU KIỆN DAO ĐỘNG VÀ ĐẶC ĐIỂM CỦA MẠCH TẠO DAO ĐỘNG

Để xét nguyên lí làm việc của mạch tạo dao động, dùng mô hình vẽ dưới, trong đó bao gồm 1 khối khuếch đại có hệ số khuếch đại $K = k \cdot e^{j\omega k}$ và 1 khối hồi tiếp có hệ số truyền đạt $K_{ht} = k_{ht} e^{-j\omega t}$.

Để tạo được tín hiệu dao động thì tín hiệu hồi tiếp phải thay thế được tín hiệu vào (bằng tín hiệu vào) , điều đó có nghĩa là, nếu đặt vào đầu vào tín hiệu X_v thì $X'_v = X_v$ vì $X'_v = KK_{ht}X_v$, vậy suy ra $KK_{ht} = 1$

Vậy tín hiệu vào của mạch khuếch đại X_v và tín hiệu ra của mạch hồi tiếp X'_{ht} bằng nhau (cả về biên độ và pha) vậy có thể nối đầu ra của mạch hồi tiếp với đầu vào mạch khuếch đại khi đó ta có sơ đồ khối của mạch tạo dao động làm việc theo nguyên tắc hồi tiếp, $KK_{ht}=1$



Vì K và K_{ht} đều là những số phức, nên biểu thức tích KK_{ht} có thể viết lại như sau

$$KK_{ht} = kk_{ht} e^{j(\omega k - \omega t)} = 1$$

Trong đó:

k - Modyn hệ số khuếch đại ;

k_{ht} - Modyn hệ số hồi tiếp ;

φ_k - Góc di pha của bộ khuếch đại;

φ_{ht} - Góc di pha của mạch hồi tiếp.

Có thể tích biểu thức trên thành hai biểu thức; một biểu thức viết theo modyn và một biểu viết theo pha

$$kk_{ht}= 1 \quad (9.1)$$

$$\varphi = \varphi_k + \varphi_{ht} = 2\pi n \text{ với } n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \quad (9.2)$$

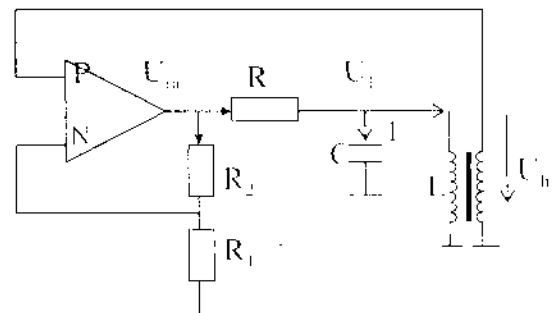
φ - Tổng dịch pha của bộ khuếch đại và của mạch hồi tiếp, biểu thị sự dịch pha giữa tín hiệu ra mạch hồi tiếp X_r và tín hiệu vào ban đầu X_v .

Quan hệ (9.1) được gọi là điều kiện cân bằng biên độ. Nó cho thấy:mạch chỉ có thể dao động khi hệ số khuếch đại của bộ khuếch đại có thể bù được tổn hao do mạch hồi tiếp gây ra. Còn điều kiện cân bằng pha (9.2) cho thấy dao động chỉ có thể phát sinh khi tín hiệu hồi tiếp về đầu vào đồng pha với tín hiệu vào.

Ví dụ minh họa:

Bộ khuếch đại dùng khuếch đại thuật toán mắc theo sơ đồ vào thuận và có hệ số khuếch đại:

$$K = 1 + \frac{R}{R_1} \quad (1)$$



Hình 9.1 Mạch dao động dùng khuếch đại thuật toán

Vì trở kháng ra của bộ khuếch đại nhỏ, nên trong mạch ra mắc thêm điện trở R để giảm ảnh hưởng của trở kháng ra đến trở kháng của khung cộng hưởng LC.

Điện áp hồi tiếp đưa về bộ khuếch đại được tính:

$$U_{hi} = \frac{M}{L} U_i = K_{hi} U_i \quad (2)$$

M - Hệ số hổ cảm của các cuộn dây;

L - Điện cảm của khung dao động.

Điện áp ra bộ khuếch đại:

$$U_r = K U_{hi} \quad (3)$$

Theo Kiếckhốp 1 ta có thể viết phương trình tại nút 1 như sau:

$$\frac{u_r - u_i}{R} + C \frac{du_i}{dt} + \frac{1}{L} \int u_i dt = 0 \quad (4)$$

Thay (1) (2) (3) vào (4) và biến đổi, ta được

$$\frac{d^2 u_r}{dt^2} + \frac{1 - K_{hi} K}{RC} \frac{du_r}{dt} + \frac{1}{LC} u_r = 0 \quad (5)$$

Để đơn giản, đặt

$$\alpha = \frac{1 - K K_{hi}}{2 RC}$$

$$\omega_0^2 = \frac{1}{LC}$$

Do đó (5) được viết lại như sau:

$$\frac{d^2 u_r}{dt^2} + 2\alpha \frac{du_r}{dt} + \omega_0^2 u_r = 0$$

Nghiệm của phương trình vi phân (5) là

$$u_r = u_{r0} e^{-\alpha t} \cos \sqrt{\omega_0^2 - \alpha^2} t$$

Xét các trường hợp cụ thể:

- 1) $\alpha > 0$, nghĩa là $K/K_{li} < 1$, biên độ điện áp suy ra giảm dần theo hàm số mũ. Dao động tắt dần.
- 2) $\alpha = 0$, nghĩa là $K/K_{li} = 1$, điện áp ra là điện áp hình sin có tần số $\omega_0 = 1/\sqrt{LC}$ và biên độ không đổi
- 3) $\alpha < 0$, nghĩa là $K/K_{li} > 1$, biên độ điện áp ra tăng theo hàm số mũ.

Từ các trường hợp trên đây, có thể rút ra kết luận: để có dao động thì khi mới đóng mạch KK_{li} phải lớn hơn 1 làm cho biên độ dao động tăng dần cho đến khi bộ khuếch đại chuyển sang làm việc ở trạng thái bão hoà, hệ số khuếch đại giảm dần sao cho $KK_{li} = 1$. Lúc này có dao động ra, nhưng không phải hình sin. Để dao động điều hoà hình sin cần phải điều chỉnh hệ số khuếch đại sao cho $KK_{li} = 1$ và xác lập tại đó trước khi bộ khuếch đại chuyển sang làm việc ở trạng thái bão hoà.

Từ sự phân tích trên, ta rút ra các đặc điểm cơ bản sau đây của một mạch tạo dao động:

- Mạch tạo dao động cũng là một mạch khuếch đại, nhưng là mạch khuếch đại tự điều khiển bằng hồi tiếp dương từ đầu ra về đầu vào. Năng lượng tự dao động lấy từ nguồn cung cấp một chiều.
- Muốn có dao động, mạch phải có kết cấu thoả mãn điều kiện cân bằng biên độ và cân bằng pha.
- Mạch phải chứa ít nhất một phần tử tích cực làm nhiệm vụ biến đổi năng lượng một chiều thành xoay chiều.

- Mạch phải chứa một phần tử phi tuyến hay khâu điều chỉnh để đảm bảo cho biên độ dao động không đổi ở trạng thái xác lập ($KK_{hi} = 1$).

9.3 PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN MẠCH TẠO DAO ĐỘNG

Có nhiều phương pháp để tính toán mạch tạo dao động. Trong khuôn khổ này ta chỉ xét phương pháp thông dụng nhất, đó là tính toán mạch tạo dao động theo phương pháp bộ khuếch đại có hồi tiếp. Nội dung của phương pháp này xuất phát từ điều kiện cân bằng pha, điều kiện cân bằng về biên độ. Khi tính toán phải căn cứ vào mạch điện cụ thể để xác định hệ số khuếch đại K và hệ số hồi tiếp K_{hi} sau đó cho tích đó bằng 1, từ đó suy ra các thông số cần thiết của mạch.

9.4 GIỚI THIỆU MỘT SỐ MẠCH DAO ĐỘNG

1. Mạch tạo dao động ghép

biến áp

Mạch tạo dao động ghép biến áp được biểu diễn trên hình vẽ. Mạch được định thiên theo kiểu phân áp, mắc kiểu bazo chung, có tải là khung cộng hưởng, tần số dao động của mạch $f_{dao} \approx 1/2\pi \sqrt{LC}$

Giả sử điện áp tín hiệu đặt vào bazo tại một thời điểm nào đó là U_B , điện áp trên colecto U_C được xác định

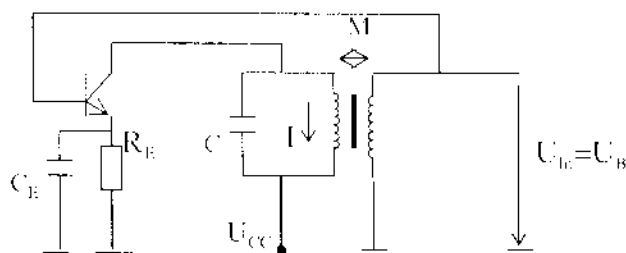
$$U_C = -SZ_C U_B$$

Điện áp này tạo nên trong cuộn cảm colecto dòng điện I_L :

$$I_L = \frac{U_C}{j\omega L} = - \frac{SZ_C U_B}{j\omega L}$$

Dòng I_L cảm ứng sang cuộn thứ cấp điện áp hồi tiếp:

$$\begin{aligned} U_{hi} = U_{th} &\approx I_L j\omega M \\ &\approx - \frac{j\omega M}{j\omega L} SZ_C U_B = - \frac{M}{L} SZ_C U_B \end{aligned}$$



Hình 9. 2 Sơ đồ mạch tạo dao động
mắc theo kiểu ghép biến áp

Trong đó, M là hệ số hồi cảm, S là độ hồi dẫn của đèn, Z_C là trở kháng ra

Theo điều kiện pha, điện áp hồi tiếp U_{hi} phải đồng pha với điện áp đầu vào U_B . Trong phương trình mô tả quan hệ U_{hi} và U_B ta thấy, Z_C , L đều dương, vậy M phải âm để U_{hi} và U_B đồng pha.

Vậy, điều kiện cân bằng pha được thoả mãn khi $M < 0$.

Để có hồi cảm âm phải quấn cuộn sơ cấp và thứ cấp của biến áp hồi tiếp ngược chiều nhau.

Mặt khác ta có

$K \approx -S Z_C$ Trong đó,

$$\frac{1}{Z_{in}} = \frac{1}{R_{id}} + \frac{n^2}{h_{11e}} + \frac{1}{Z_C}$$

$$S = \frac{h_{21e}}{h_{11e}}$$

$$K_{hi} = -\frac{U_{B_{hi}}}{U_C} = -\frac{M}{L} = -n$$

(Trong đó n là hệ số phản ánh và bằng $U_{B_{hi}}/U_{CE}$ - chính là hệ số hồi tiếp, các hệ số h là các hệ số trong phương trình mạng bốn cực của mạch điện).

Theo điều kiện biên độ ta có

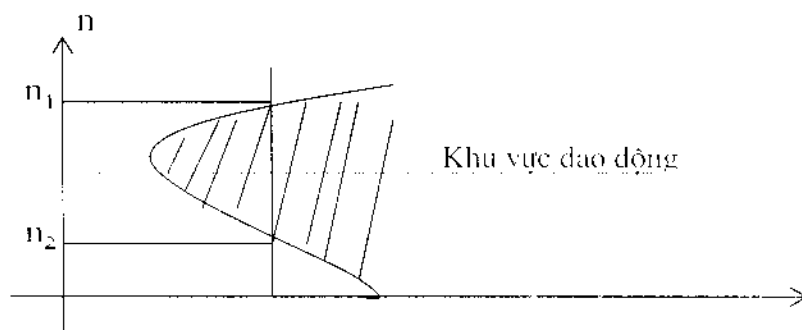
$KK_{hi} \geq 1$, thay giá trị của K và K_{hi} ta nhận được:

$$n^2 - nh_{21e} + \frac{h_{21e}}{Z} < 0$$

Trong đó, $Z = R_{id} // Z_C$. Cho vế trái của của bất phương trình trên bằng không và giải ra, ta có:

$$n_{1,2} = \frac{h_{21e}}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{h_{21e}}{2}\right)^2 - \frac{h_{11e}}{Z}}$$

Có thể biểu diễn hệ số hồi tiếp n theo một tải chuẩn như sau.



Hình 9.3 Đồ thị biểu diễn hệ số hồi tiếp theo tải chuẩn

Chú thích: Nguyên lý hoạt động của mạch có thể phân tích dựa vào sự đột biến của dòng điện tại thời điểm đầu và quá trình đóng mở của đèn.

Mạch điện được ứng dụng làm các mạch tạo dao động trong các bộ nguồn dài rộng công suất vừa và nhỏ

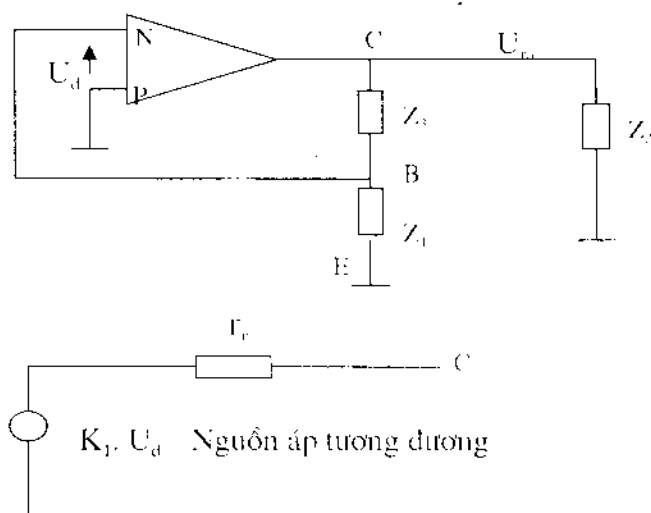
2. Các mạch tạo dao động loại ba điểm

a) Nguyên tắc thiết lập mạch ba điểm

Các mạch tạo dao động LC nói chung đều có thể đưa về một kết cấu chung theo hình dưới. Sơ đồ mạch điện có thể chuyển thành sơ đồ tương (hình vẽ dưới), trong đó U_d là điện áp vào, K_1 là hệ số khuếch đại thuật toán, r_r là điện trở ra của bộ khuếch đại.

Theo sơ đồ ta tính được hệ số hồi tiếp (K_{ht}) và hệ số khuếch đại (K) khi có tải

$$K_{ht} = \frac{Z_3}{Z_1 + Z_3} \quad K = \frac{U_r}{U_d} = K_1 \frac{Z_1}{r_r + Z_1}$$



Hình 9.4 Sơ đồ nguyên lý mạch tạo dao động ba điểm

Chú thích: K_1 là hệ số khuếch đại của thuật toán, r_1 là điện trở ra của thuật toán, K là hệ số khuếch đại của sơ đồ khi có tải (Z_1).

Với $Z_1 = Z_2 // (Z_1 + Z_3)$ lập tích KK_{in} và biến đổi sơ bộ, ta có:

$$KK_{in} = -K_1 \frac{Z_2 Z_3}{r_1 (Z_1 + Z_2 + Z_3) + Z_3 (Z_1 + Z_3)} \quad (9.3)$$

Giả thiết các trở kháng Z_1, Z_2, Z_3 thuần kháng:

$Z_1 = X_1; Z_2 = X_2; Z_3 = X_3$ thay vào biểu thức 9.3 (KK_{in}) ta có

$$KK_{in} = -K_1 \frac{X_1 X_2}{r_1 (X_1 + X_2 + X_3) + X_2 (X_1 + X_3)} \quad (9.4)$$

Theo sơ đồ mạch điện nguyên lí ta có tải của mạch là khung dao động gồm các phần tử X_1, X_2 và X_3 .

Thông thường tần số dao động gần bằng tần số cộng hưởng riêng của khung, nên tại tần số dao động

$$X_1 + X_2 + X_3 = 0 \quad (9.5)$$

(khi khung cộng hưởng L, C rơi vào trạng thái cộng hưởng thì tổng trở của nó bằng không)

Do đó suy ra

$$KK_{in} = -K_1 \frac{X_1}{X_1 + X_3} \quad (9.6)$$

Từ 9.5 suy ra

$$X_1 + X_3 = -X_2 \quad (9.7)$$

Do đó 9.4 viết lại là

$$KK_{in} = K_1 \frac{X_1}{X_2} \quad (9.8)$$

Theo điều kiện cân bằng pha, để có hồi tiếp dương, tổng di pha do mạch khuếch đại và mạch hồi tiếp gây nên phải bằng không tức là $KK_{in} > 0$, do đó từ

(9.8) suy ra $X_1 X_2 > 0$ và X_3 trái dấu với X_1 và X_2 . Từ đó suy ra hai loại mạch ba điểm:

1. Mạch ba điểm điện cảm:

$$X_1, X_2 > 0 \text{ và } X_3 < 0$$

2. Mạch ba điểm điện dung ;

$$X_1, X_2 < 0 \text{ và } X_3 > 0$$

b) Mạch ba điểm điện cảm (mạch Hartley)

Mạch dao động dùng một đèn bán dẫn mắc theo sơ đồ E chung, định thiên theo kiểu phân áp, có tải xoay chiều là mạch cộng hưởng LC (tải một chiều là điện trở R_C).

Theo sơ đồ mạch điện ta có

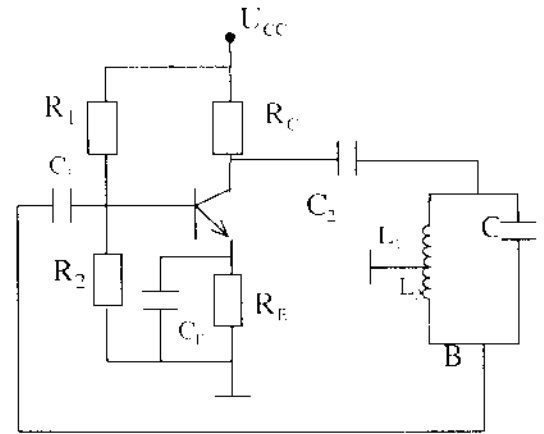
$$X_1 = X_{BE} = \omega L_2 > 0;$$

$$X_2 = X_{CE} = \omega L_1 > 0$$

$$X_3 = X_{CB} = -1/\omega C < 0.$$

Tức là đã thỏa mãn điều kiện về pha.

Theo sơ đồ mạch điện ta có thể tính toán được một số kết quả sau



Hình 9. 5 Sơ đồ mạch tạo dao động mắc theo kiểu ba điểm điện cảm

$$K_m = - \frac{U_B}{U_C} = - \frac{L_2}{L_1} = - n$$

$$K \approx - SZ_C = - \frac{h_{21e}}{h_{11e}} [p^2 R_{id} // \frac{h_{11e}}{n^2}]$$

Trong đó p là hệ số ghép giữa tranzistor và mạch điện

$$p = \frac{U_{CE}}{U_{id}} = \frac{L_1}{L_1 + L_2}$$

Từ ba biểu thức trên (K, K_{ht}, P) ta lập tích $KK_{ht} \leq 1$ và suy ra

$$(1+n)^2 h_{11e} + n^2 R_{td} - n R_{td} h_{21e} \leq 0$$

Từ phương trình trên có thể tính được một số thông số của mạch điện khi mạch dao động.

Tần số dao động của mạch được xác định theo biểu thức sau

$$f_{td} = f_{ch} = \frac{1}{2\pi \sqrt{(L_1 + L_2)C}}$$

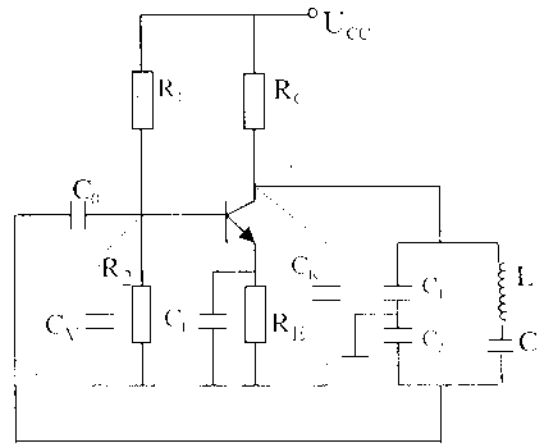
Chú thích: Việc phân tích Nguyên lý hoạt động của mạch có thể dựa trên quá trình quá độ của dòng điện và sự phóng nạp của các tụ trong khung cộng hưởng.

Mạch được ứng dụng làm các mạch tạo dao động cao tần dùng trong các thiết bị thu thanh, thu hình.

c. Mạch dao động ba điểm điện dung (Mạch clapp)

Mạch dao động dùng một đèn bán dẫn mắc EC, định thiên kiểu phân áp, có tải xoay chiều là khung cộng hưởng LC (tải một chiều là điện trở R_C). (Giá trị L, C được chọn sao cho nhánh L, C có trở kháng tương đương với một cuộn cảm và khi đó ta có mạch dao động ba điểm điện dung tức là $X_L > X_C$ tại tần số cộng hưởng của mạch — tần số dao động).

Hệ số ghép giữa tranzistor và khung cộng hưởng được xác định như sau:



Hình 9.6 Sơ đồ mạch dao động ba điểm điện dung mắc kiểu clapp

$$p = \frac{U_{CE}}{U_{td}} = \frac{C_{td}}{C_1} \left(\frac{1}{C_{td}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C} \right)$$

Thường chọn $C \ll C_1, C_2$, do đó $C \approx C_{id}$. Ta có hệ số ghép được viết đơn giản như sau

$$p \approx \frac{C}{C_1} \ll 1$$

Nghĩa là khung cộng hưởng ghép rất lỏng với phần tử tích cực nhằm giảm ảnh hưởng của các điện dung phân bố của phần tử tích cực (điện dung ra, điện dung vào) đến tần số dao động của mạch.

Tần số dao động của mạch:

$$f_{dd} = f_{ch} = \frac{1}{\sqrt{LC_{id}}} \approx \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

Vậy C_1, C_2 là các điện dung song song với điện dung ra và điện dung vào của tranzistor, hầu như không tham gia quyết định tần số dao động của mạch. Vì vậy sơ đồ **clapp** cho phép tạo dao động có tần số ổn định hơn các loại sơ đồ dao động khác.

Theo điều kiện cân bằng pha và cân bằng biên độ của mạch ta suy ra biểu thức sau

$$n^2 R_{id} - nh_{21e} R_{id} + h_{11e} \left(\frac{C_1}{C} \right) \leq 0$$

Từ đó tính được:

$$n_{1,2} = \frac{h_{21e}}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{h_{21e}}{2} \right)^2 - \frac{h_{11e}}{R_{id}} \left(\frac{C_1}{C} \right)^2}$$

n là hệ số hồi tiếp cần thiết để mạch có dao động xác lập khi $KK_{li} = 1$.

Chú thích: Việc phân tích nguyên lý hoạt động của mạch có thể dựa vào tính chất quá độ của dòng điện trong mạch điện và sự phóng nạp của tụ điện trong khung cộng hưởng.

Mạch dao động ba điểm điện dung được ứng dụng trong thực tế làm các mạch tạo dao động cao tần dùng trong các thiết bị vô tuyến điện.

3. Các mạch tạo dao động dùng thạch anh

a) Tính chất và mạch tương đương của thạch anh

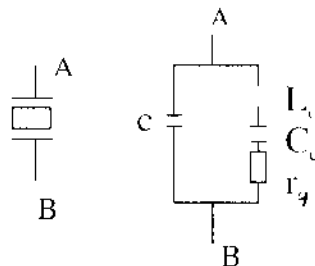
Các mạch tạo dao động dùng LC có nhược điểm độ ổn định chưa cao. Trong thực tế tạo ra các tín hiệu dao động có tần số và biên độ ổn định, người ta dùng thạch anh, vì thạch anh có những đặc tính vật lý đáng quý như độ bền cơ học cao, ít chịu ảnh hưởng của nhiệt độ; độ ẩm và tác dụng hoá học.

Thạch anh có tính chất áp điện, nghĩa dưới tác dụng của điện trường thì sinh ra dao động cơ học và ngược lại khi có dao động cơ học thì sinh ra điện tích, do đó có thể dùng thạch anh như một khung cộng hưởng. Tính chất dao động của thạch anh được biểu diễn bởi sơ đồ tương đương (hình vẽ) trong đó L_q , C_q và r_q phụ thuộc vào kích thước khối thạch anh và cách cắt khối thạch anh. Thạch anh có kích thước càng nhỏ thì L_q , C_q , r_q càng nhỏ, nghĩa là tần số cộng hưởng riêng của nó càng cao. L_q , C_q , r_q có tính ổn định cao. C_p là điện dung giá đỡ, tính ổn định của C_p kém hơn.

Ví dụ: Với mạch thạch anh 1MHz thì $L_q = 1,5\text{mH}$; $C_q = 0,016\text{pF}$; $r_q = 60\Omega$ và $C_p = 1\text{pF} \dots 5\text{pF}$.

Thường r_q rất nhỏ, nên khi tính toán người ta bỏ qua. Với giả thiết $r_q \approx 0$, thì trở kháng tương đương của thạch anh được xác định theo biểu thức sau

$$Z_q = X_q = \frac{(j\omega L_q + \frac{1}{j\omega C_q}) \cdot \frac{1}{j\omega C_p}}{\frac{1}{j\omega C_q} + j\omega L_q + \frac{1}{j\omega C_p}} = j \frac{\omega^2 L_q C_q - 1}{\omega (C_p + C_q - \omega^2 L_q C_q C_p)} \quad (9.9)$$



Từ (9.10) suy ra thạch anh có hai tần số cộng hưởng, một tần số cộng hưởng song song và một tần số cộng hưởng nối tiếp. Ta xét khi mạch cộng hưởng (tương ứng với trường hợp trở kháng tiến tới không và trở kháng tiến tới vô cùng) Gọi f_q là tần số cộng hưởng nối tiếp, f_p là tần số cộng hưởng song song:

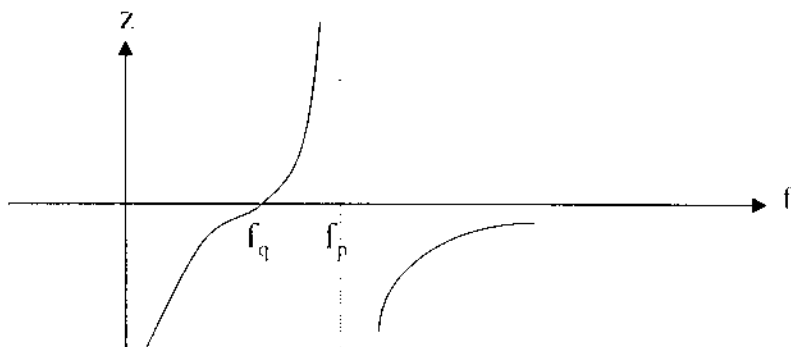
$$f_q = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_q C_q}} \quad (9.10)$$

$$f_p = \frac{1}{2\pi\sqrt{\frac{C_p + C_q}{L_q C_q C_p}}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_q C_{td}}} = f_q \sqrt{1 + \frac{C_q}{C_p}} \quad (9.11)$$

Trong đó

$$C_{td} = \frac{C_q C_p}{C_q + C_p} \quad (9.12)$$

C_p càng lớn so với C_q thì f_q càng gần với f_p . Từ biểu thức (9.9) ta vẽ được đặc tính điện kháng của thạch anh theo tần số như sau



Hình 9.7

Trong thực tế các thạch anh được chế tạo với tần số cơ từ 1 kHz đến 100MHz hay cao hơn còn các thạch anh có tần số thấp hơn ít được chế tạo vì kích thước lớn.

Các tính chất về điện của thạch anh có thể tóm tắt như sau:

- Phẩm chất cao: $Q \approx 10^4 \dots 10^5$;
- Tỷ số L_q/C_q rất lớn, do đó trở kháng tương đương của thạch anh $R_{td} = L_q/C_q r_q$ rất lớn

- $C_q \ll C_p$;

+Tính tiêu chuẩn của thạch anh rất cao, với khung dao động thạch anh có thể đạt được độ ổn định tần số:

$$\frac{\Delta f}{f_0} \approx 10^{-6} \dots 10^{-10}$$

Để thay đổi tần số cộng hưởng của thạch anh trong một phạm vi hẹp, người ta mắc nối tiếp với thạch anh một tụ biến đổi C_s (như hình vẽ). Lúc này trở kháng tương đương của mạch.

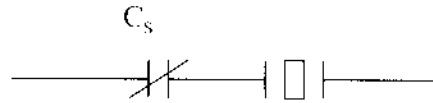
$$Z'_q = \frac{1}{j\omega C_s} \frac{C_p + C_q + C_s - \omega^2 L_q C_q (C_p + C_s)}{C_q + C_p - \omega^2 L_q C_q C_p} \quad (9.13)$$

Từ biểu thức (9.13) suy ra tần số cộng hưởng nối tiếp mới của mạch là:

$$f'_q = f_q \sqrt{1 + \frac{C_q}{C_p + C_s}} \quad (9.14)$$

Từ (9.14) ta có thể xác định được lượng thay đổi tần số trong một đơn vị tần số nhờ mắc thêm C_s vào thạch anh:

$$\frac{\Delta f}{f_q} = \frac{f'_q - f_q}{f_q} = \sqrt{1 + \frac{C_q}{C_p + C_s}} - 1 \quad (9.15)$$



Mắc khác tụ C_p kém ổn định, để khắc phục hạn chế này người ta thường mắc thêm tụ C_0 song song với C_p , khi đó trở kháng của thạch anh mới sẽ là:

$$f_p = f_q \sqrt{1 + \frac{C_{q_0}}{C_s + C_p}}$$

Khi $C_0 \gg C_q$ thì $f_p = f_q$.

Do mắc thêm C_0 nên tần số cộng hưởng song song f_p giảm xuống gần bằng tần số cộng hưởng nối tiếp f_q và f_p hầu như không phụ thuộc vào C_p và C_0 . Tuy nhiên, vì vậy mà phẩm chất của mạch bị giảm (C tương đương tăng lên)

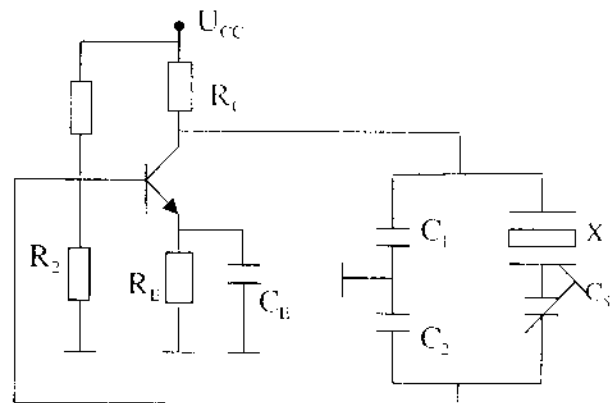
$$Q = \frac{1}{r} \sqrt{\frac{L}{C}}$$

b) Một số mạch điện dao động dùng thạch anh

- *Mạch dao động dùng thạch anh với tần số cộng hưởng song song*

Sơ đồ dùng một đèn bán dẫn mắc theo sơ đồ EC, định thiên ở chế A, có tải là khung cộng hưởng với sự tham gia của thạch anh.

Nhánh có thạch anh mắc nối tiếp với tụ C_s phải tương đương với một điện cảm, nghĩa là tần số dao động của mạch phải thỏa mãn điều kiện $f_q < f_{dl} < f_p$ (có nghĩa là nhánh có thạch anh vẫn tồn tại trở kháng tương đương với L) và phải chọn C_s sao cho $1/\omega_{dl}$, $C_s < \omega_{dl} L_{dl}$ (trong đó, L_{dl} là điện



Hình 9.8 Sơ đồ mạch dao động dùng thạch anh với tần số cộng hưởng song song

cảm tương đương của thạch anh).

Ngoài ra, giống như mạch Clapp, trị số của C còn được chọn ($C_s \ll C_1, C_2$) để giảm ảnh hưởng của điện dung ra và điện dung vào đến tần số dao động của mạch.

Tần số dao động của mạch có thể xác định gần đúng như sau: $f_{dd} \approx f_p$.

Chú thích: Nguyên lý hoạt động của mạch có thể được phân tích dựa vào sự đột biến của dòng điện trong mạch và sự phóng nạp của tụ điện trong khung cộng hưởng

Mạch được ứng dụng làm các mạch tạo dao động tần số cao và ổn định, dùng trong các máy đo, các thiết bị vô tuyến điện.

- *Mạch dao động dùng thạch anh với tần số cộng hưởng nối tiếp*

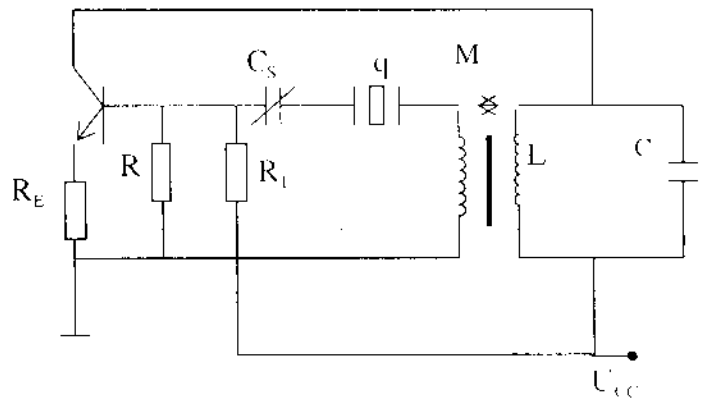
Trong sơ đồ hình 9.9 thạch anh được mắc trong mạch hồi tiếp và đóng vai trò như một phần tử ghép có tính chọn lọc đối với tần số.

Khi tần số dao động $f_{dd} \approx f_q$ thì trở kháng thạch anh $Z_q \approx 0$ do đó hạ áp trên thạch anh nhỏ làm cho điện áp hồi tiếp về bazo tăng và mạch có dao động với tần số dao động $f_{dd} = f_q$.

Mạch dùng một đèn bán dẫn mắc theo sơ đồ EC, định thiên kiểu phân áp, có tải là khung cộng hưởng.

Khi tần số dao động (tần số cộng hưởng của khung) bằng tần số cộng hưởng của thạch anh thì trở kháng của thạch anh tiến tới không (tương đương mạch cộng hưởng nối tiếp) và do đó, mức hồi tiếp đủ lớn làm duy trì dao động.

Mạch được ứng dụng làm các mạch tạo dao động cao tần hay các mạch chọn lọc tần số, dùng trong các thiết bị vô tuyến.



Hình 9.9 Sơ đồ mạch tạo dao động dùng thạch anh với tần số cộng hưởng nối tiếp

4. Mạch tạo dao động RC

1. Các bộ tạo dao động RC thường được dùng ở phạm vi tần số thấp thay cho bộ tạo dao động LC, vì kích thước của bộ tạo dao động LC ở tần số thấp quá lớn (do kích thước của cuộn cảm L).

2. Trong mạch điện bộ tạo dao động RC không có cuộn cảm, do đó có thể chế tạo nó thuận tiện dưới dạng vi mạch.

3. Với cùng một điện dung biến đổi, có thể điều chỉnh được tần số dao động của bộ tạo dao động RC trong phạm vi rộng hơn so với bộ tạo dao động LC. Vì trong bộ tạo dao động RC, tần số dao động tỷ lệ với $1/C$; còn trong bộ tạo dao động LC tần số dao động tỷ lệ với $1/\sqrt{C}$.

4. Khâu hồi tiếp của các bộ tạo dao động RC chỉ bao gồm các phần tử RC, nghĩa là nó không có tính cộng hưởng tại tần số cơ bản như trong các bộ tạo dao động LC, vì vậy để giảm méo, yêu cầu bộ khuếch đại làm việc ở chế độ A.

5. Vì khâu hồi tiếp (gồm các phần tử RC) phụ thuộc tần số, nên mạch sẽ tạo được dao động tại tần số mà điều kiện pha được thoả mãn.

Chương 10: ĐIỀU CHẾ

10.1 ĐỊNH NGHĨA

Điều chế là quá trình ghi tín tức vào dao động cao tần nhờ biến đổi một số thông số nào đó (ví dụ: biên độ, tần số, góc pha, độ rộng xung...) của dao động cao tần theo tín tức. Thông qua quá trình điều chế, tín tức ở miền tần số thấp được chuyển sang miền tần số cao để truyền đi xa.

Tín tức được gọi là tín hiệu điều chế, dao động cao tần được gọi là tải tin, còn dao động cao tần mang tín tức được gọi là dao động cao tần đã điều chế.

Đối với tải tin là dao động điều hoà, người ta phân biệt hai loại điều chế: Điều chế biên độ và điều chế góc, trong đó điều chế góc bao gồm điều tần và điều pha.

10.2 ĐIỀU BIÊN

1. Phổ của tín hiệu điều biên

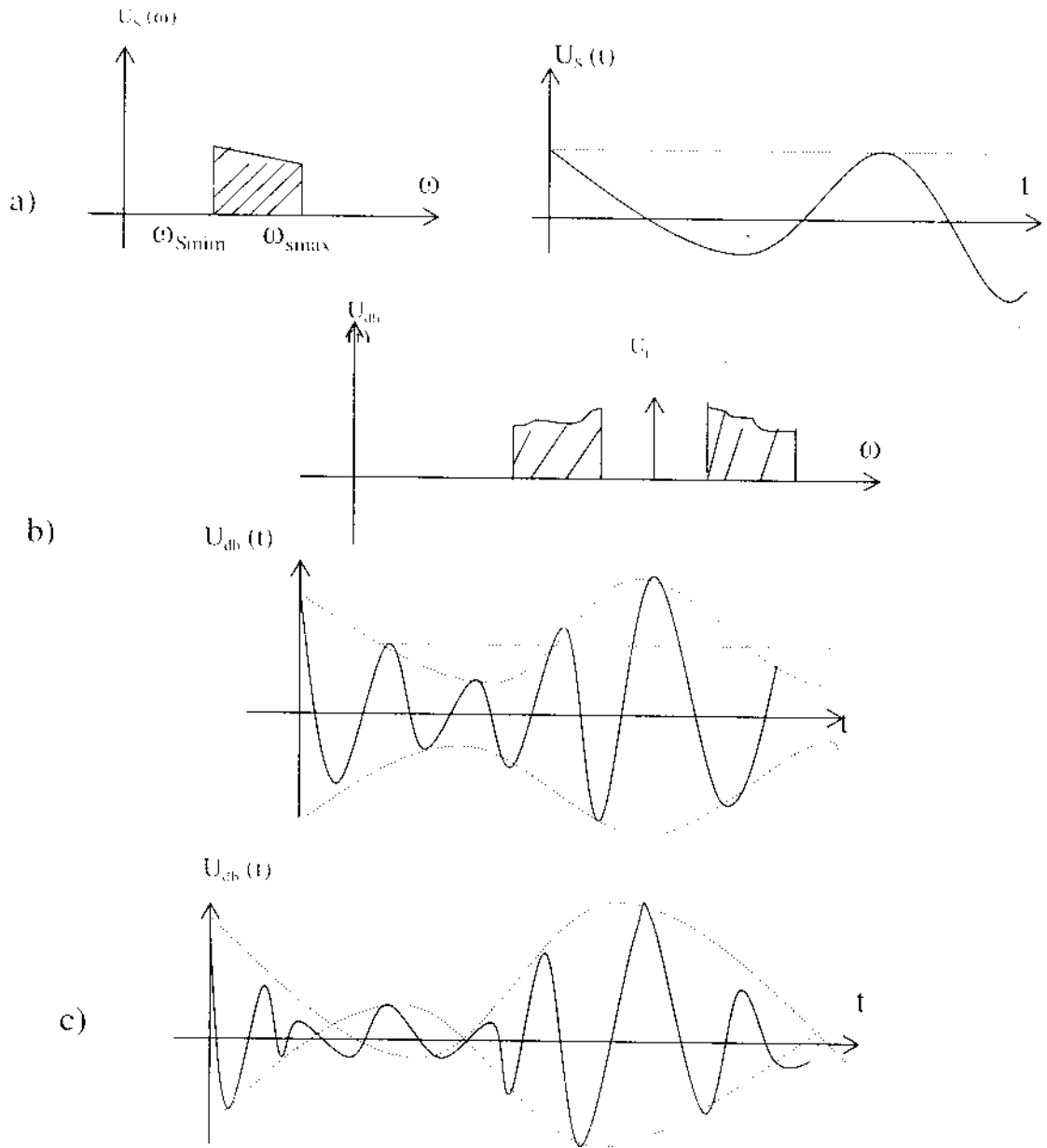
Điều biên là quá trình làm cho biên độ tải tin biến đổi theo tín tức.

Giả thiết tín tức $U_s(t)$ và tải tin $U_t(t)$ đều là dao động điều hoà và tần số tín tức biến thiên từ $\omega_{\min} \div \omega_{\max}$, ta có: $U_s(t) = U_s \cos \omega_s t$, $U_t(t) = U_t \cos \omega_t t$ và $\omega_t \gg \omega_s$. Khi đó, tín hiệu điều biên (được viết dưới dạng tổng quát)

$$U_{db}(t) = (U_t + U_s \cos \omega_s t) \cos \omega_t t = U_t (1 + m \cos \omega_s t) \cos \omega_t t \quad (10.1)$$

Trong đó, $m = U_s / U_t$ là hệ số điều chế.

Hệ số điều chế m phải thoả mãn điều kiện: $m \leq 1$. Khi $m > 1$ thì mạch đó có hiện tượng quá điều chế và tín hiệu bị méo trầm trọng.



Hình 10.1 Tín hiệu điều biên:

a) Đồ thị thời gian và phổ tín tức; b) đồ thị thời gian và phổ tín hiệu điều biên khi $m < 1$; c) đồ thị thời gian của tín hiệu điều biên khi $m > 1$.

Áp dụng biến đổi đối lượng giác với biểu thức (1) ta sẽ nhận được:

$$U_{db}(t) = U_{db} \cos \omega_t t + m/2 \cdot U_i \cos (\omega_t + \omega_s) t + m/2 \cdot U_i \cos (\omega_t - \omega_s) t \quad (10.2)$$

Theo biểu thức trên thì: Ngoài thành phần tải tin, tín hiệu điều biên còn có hai biên tần- biên trên có tần số từ $(\omega_l + \omega_{Smin})$ đến $(\omega_l + \omega_{Smax})$ và biên dưới có tần số từ $(\omega_l - \omega_{Smax})$ đến $(\omega_l - \omega_{Smin})$.

2. Các chỉ tiêu cơ bản của dao động đã điều biên

a) Hệ số méo phi tuyến

$$k = \frac{\sqrt{I^2_{(\omega_l \pm 2\omega_s)} + I^2_{(\omega_l \pm 3\omega_s)} + \dots}}{I_{(\omega_l \pm \omega_s)}}$$

Trong đó,

$$I^2_{(\omega_l \pm n\omega_s)}$$

Là biên độ các thành phần dòng điện ứng với hai bậc cao của tín hiệu điều chế; (với $n > 2$)

$$I_{(\omega_l \pm \omega_s)}$$

Là biên độ các thành phần biên tần cơ bản

b) Hệ số méo tần số

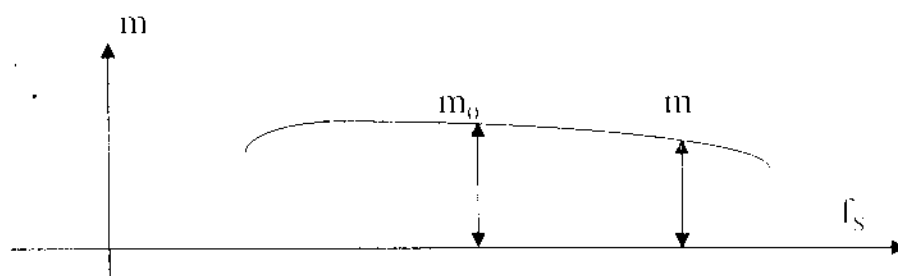
Hệ số méo tần số được xác định theo biểu thức:

$$M = m_0 / m \quad \text{hoặc} \quad M \text{ (db)} = 20 \log M$$

Trong đó,

m_0 - Hệ số điều chế lớn nhất

m - Hệ số điều chế tại tần số đang xét.



Đặc tuyến biên độ - tần số

Méo tần số xuất hiện chủ yếu trong các tầng khuếch đại âm tần, nhưng cũng có thể xuất hiện trong các tầng điều chế và sau điều chế, khi mạch lọc đầu ra của các tầng này không đảm bảo dải thông cho phổ của tín hiệu đã điều biên ($2f_{\text{smax}}$).

3. Một số mạch điều biên cụ thể

Các mạch điều biên được xây dựng dựa vào hai nguyên tắc sau đây:

- Dùng phần tử phi tuyến để cộng tải tín và tín hiệu điều chế trên đặc tuyến của phần tử phi tuyến đó.
- Dùng phần tử tuyến tính có tham số điều chế được: Nhân tải tín và tín hiệu điều chế nhờ phần tử tuyến tính.

a) Mạch điều biên dùng một điốt

Trường hợp 1: $\theta = 180^\circ$ (góc cắt) -
chế độ A

Mạch làm việc ở chế độ A ($\theta = 180^\circ$) $U_i(t)$
khi mạch thỏa mãn điều kiện

$$|U_i| + |U_s| < |E_0|$$

Đòng điện và điện áp qua điốt có thể
được phân tích theo chuỗi Taylor như sau

$$I_D = a_1 u_D + a_2 u_D^2 + a_3 u_D^3 + \dots \quad (10.3)$$

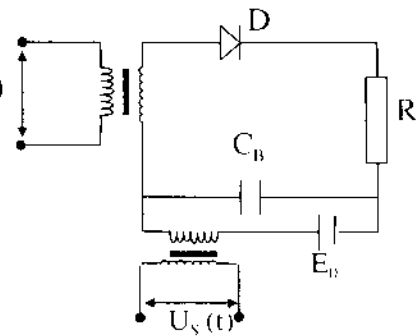
Với:

$$u_D(t) = E_0 + U_i \cos \omega_i t + U_s \cos \omega_s t \quad (10.4)$$

Thay u_D vào biểu thức i_D , ta nhận được:

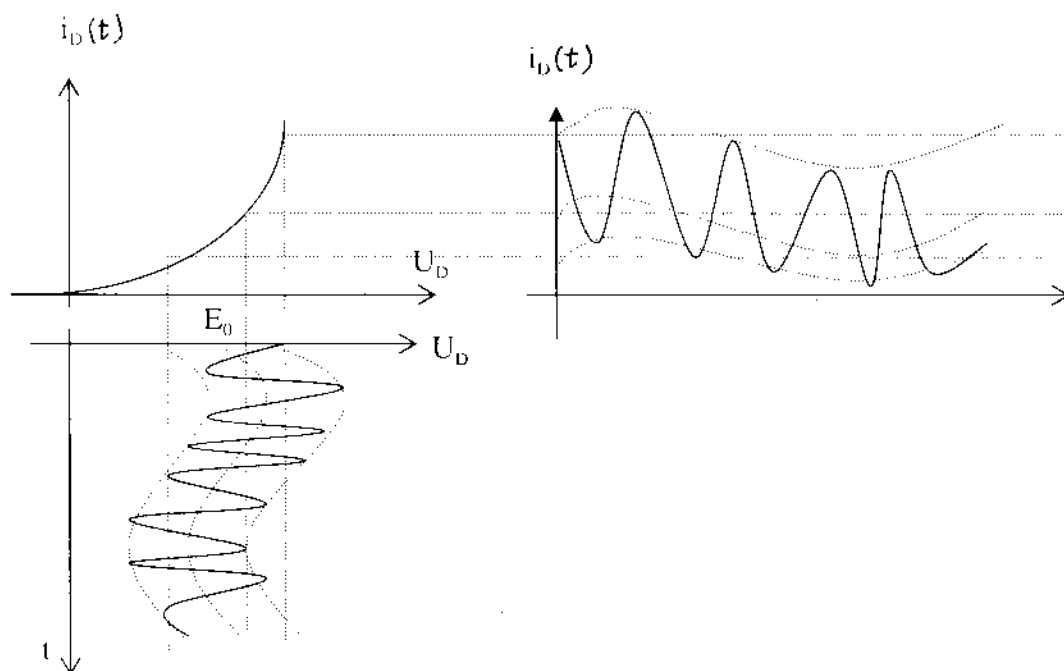
$$i_D = a_1 (E_0 + U_i \cos \omega_i t + U_s \cos \omega_s t) + a_2 (E_0 + U_i \cos \omega_i t + U_s \cos \omega_s t)^2 + a_3 (E_0 + U_i \cos \omega_i t + U_s \cos \omega_s t)^3 + \dots \quad (10.5)$$

Khai triển biểu thức dòng i_D và bỏ qua các số hạng bậc cao $n \geq 4$ sẽ có kết quả mà phổ của nó được biểu diễn hình vẽ dưới (ta biểu diễn dưới dạng phổ).

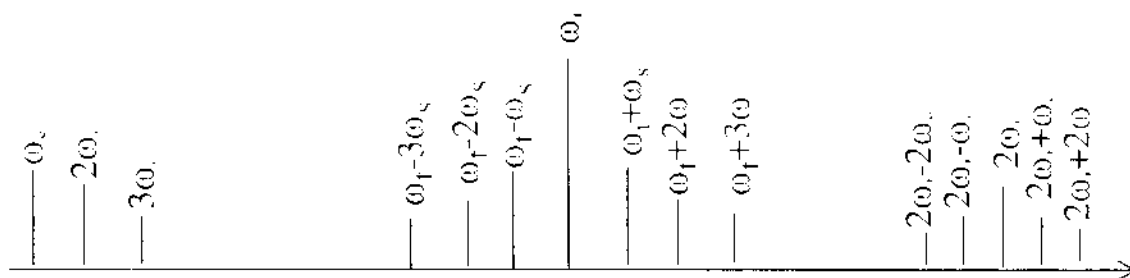


Theo đồ thị biểu diễn Phổ tín hiệu ra ta thấy: Trong trường hợp này phổ gồm thành phần phổ mong muốn ($\omega_i \pm \omega_s$) và các thành phần phụ không mong muốn. Các thành phần phụ bằng không khi: $a_3 = a_4 = a_5 = \dots a_{n+1} = 0$ ($n = 1, 2, 3, \dots$).

Nghĩa là nếu đường đặc tính của phần tử phi tuyến là một đường cong bậc hai thì tín hiệu đã điều biên không có méo phi tuyến. Phần tử phi tuyến có đặc tính gần với dạng lý tưởng (bậc hai) là Fet.



Hình 10.2 Đặc tuyến của diốt, đồ thị tín hiệu vào và tín hiệu ra



Hình 10.3 Phổ của tín hiệu điều biên

Theo biểu thức (10.6)

$$i_D = Su_D = S(E_0 + U_s \cos \omega_s t + U_r \cos \omega_r t) \quad (10.8)$$

Khi $\omega_r t = \theta$ thì $i_D = 0$ (góc pha của tín hiệu bằng góc cắt) do đó có thể viết lại (10.8) như sau

$$0 = S(E_0 + U_s \cos \omega_s t + U_r \cos \theta) \quad (10.9)$$

Lấy (10.8) trừ đi (10.9), ta có:

$$i_D = SU_r (\cos \omega_r t - \cos \theta) \quad (10.10)$$

Biểu thức (10.10) cho thấy sự phụ thuộc của i_D vào chế độ công tác (góc cắt θ). Thay (10.10) vào các biểu thức của $I_0, I_1, \dots, I_n$. Ta được

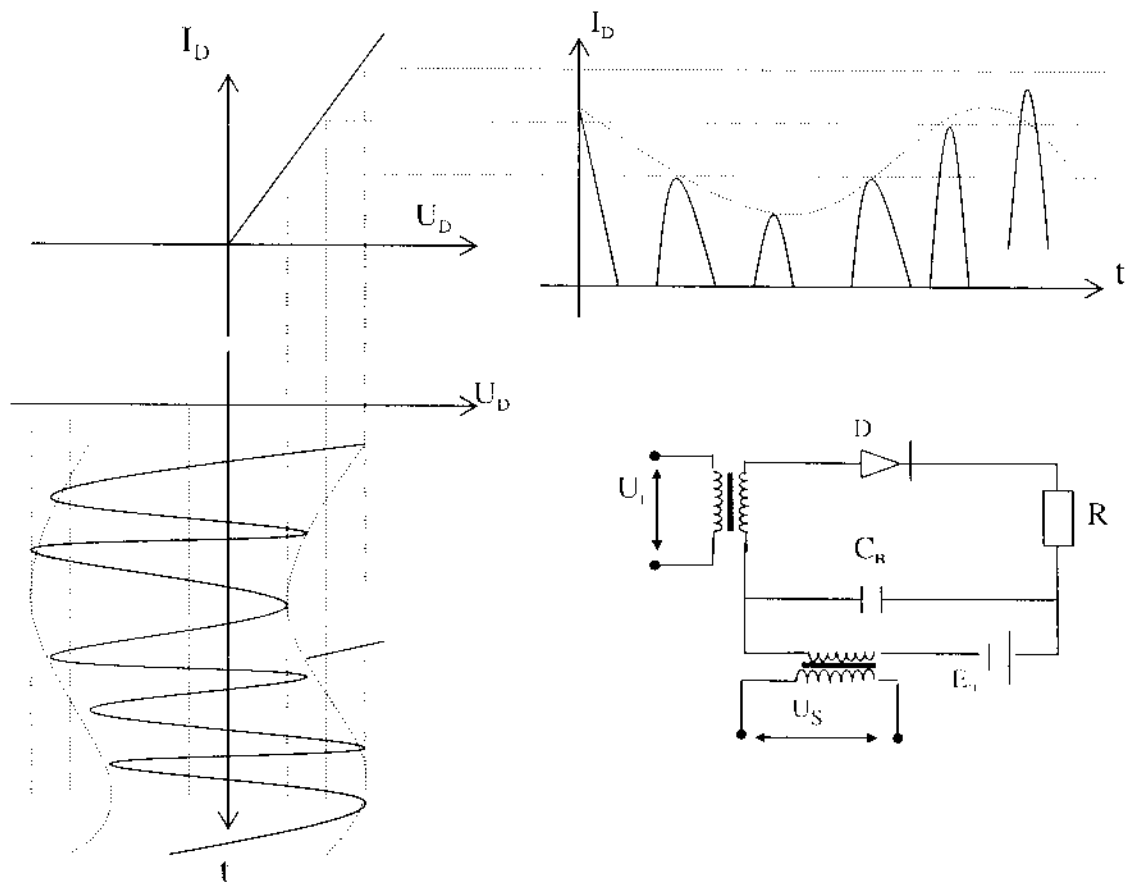
$$\begin{aligned} I_1 &= \frac{1}{\pi} \int_0^\pi S u_r (\cos \omega_r t - \cos \theta) \cos \omega_r t d\omega_r t \\ &= \frac{SU_r}{\pi} \left(\theta - \frac{1}{2} \sin 2\theta \right) \end{aligned}$$

Trong đó trị tức thời của thành phần cơ bản:

$$i_1 = \frac{SU_r}{\pi} \left(\theta - \frac{1}{2} \sin 2\theta \right) \cos \omega_r t$$

Ở đây θ xác định được từ biểu thức sau:

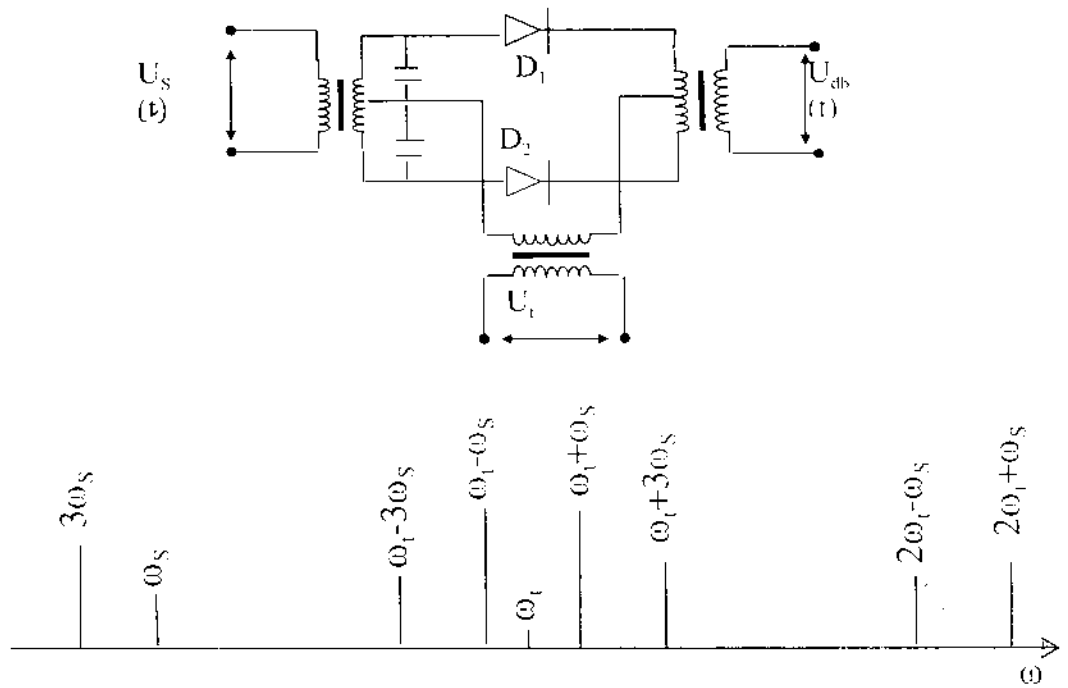
$$\cos \theta = - \frac{E_0 + U_s \cos \omega_s t}{U_r}$$



Hình 10.4 Đặc tuyến của diốt, đồ thị thời gian của tín hiệu vào, ra và sơ đồ mạch điện

Mạch điều biên dùng một diốt có ưu điểm đơn giản dễ thực hiện nhưng có nhược điểm trong thành phần ra của tín hiệu còn tồn tại nhiều thành phần tín hiệu. Trong thực tế người ta chỉ truyền đi một trong hai thành phần biên ($\omega_i + \omega_s$) hay ($\omega_i - \omega_s$), còn các thành phần khác sẽ được lọc

b) Mạch điều biên cân bằng dùng hai diốt



Hình 10.5 Sơ đồ mạch điều chế cân bằng dùng hai diốt và phổ tín hiệu điều chế

Theo hình vẽ ta có điện áp đặt lên các diốt là

$$\left. \begin{aligned} u_1 &= U_s \cos \omega_s t + U_t \cos \omega_t t \quad (10.11 a) \\ u_2 &= -U_s \cos \omega_s t + U_t \cos \omega_t t \quad (10.11 b) \end{aligned} \right\}$$

Dòng điện qua diốt được biểu diễn theo chuỗi Taylor:

$$\left. \begin{aligned} i_1 &= a_0 + a_1 u_1 + a_2 u_1^2 + a_3 u_1^3 + \dots \\ i_2 &= a_0 + a_1 u_2 + a_2 u_2^2 + a_3 u_2^3 + \dots \end{aligned} \right\} \quad (10.12)$$

Dòng điện ra:

$i = i_1 - i_2$ (10.13) Thay 10.11 và 10.12 vào 10.13 và chỉ lấy 4 số hạng đầu ta được kết quả sau:

$i = A \cos \omega_s t + B \cos 3\omega_s t + C[\cos (\omega_1 + \omega_s) t + (\omega_s - \omega_s) t] + D[\cos (2\omega_1 + \omega_s) + \cos (2\omega_1 + \omega_s) t]$, trong đó,

$$A = U_s (2a_1 + 3a_3 U_s^2 + \frac{1}{2} a_5 U_s^2)$$

$$B = \frac{1}{2} a_3 U_s^2$$

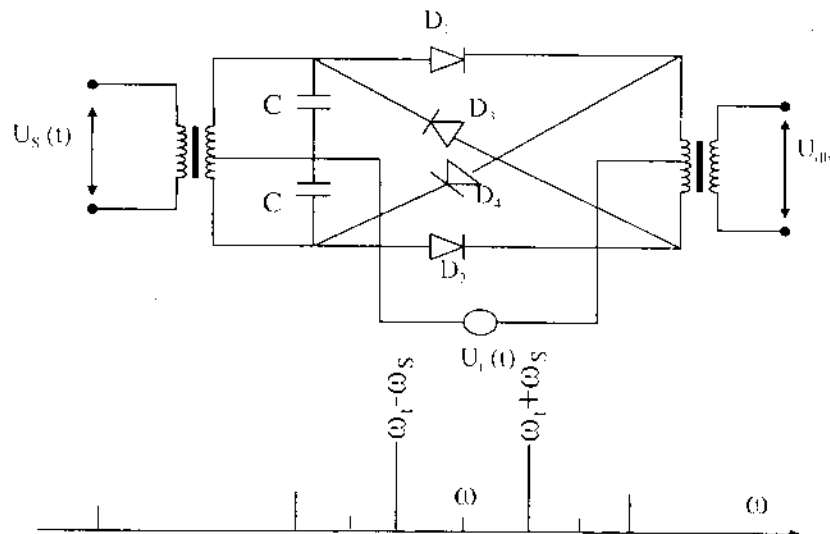
$$C = 2a_2 U_s U_1$$

$$D = \frac{3}{2} a_2 U_s U_1$$

Mạch điều biên cân bằng dùng hai điốt có ưu điểm so với mạch điều biên dùng một điốt ở chỗ tín hiệu điều chế không chứa thành phần tải, điều này dẫn tới tiết kiệm được công suất điều chế và mạch lọc đầu ra.

Trong thực tế người ta chỉ truyền đi một trong các thành phần biên tần thứ nhất còn các thành phần khác sẽ được lọc nhờ các mạch lọc.

c) Mạch điều biên dùng bốn điốt (điều biên vòng)



Hình 10.6 Sơ đồ mạch điều chế vòng và phổ của tín hiệu sau điều chế.

Gọi dòng điện ra của mạch điều chế cân bằng gồm D_1, D_2 là i_1 và dòng điện ra của mạch điều chế cân bằng gồm D_3, D_4 là i_{II} . Theo hình vẽ ta có

$$i_1 = A \cos \omega_s t + B \cos 3\omega_s t + C[\cos(\omega_1 + \omega_s)t + \cos(\omega_s - \omega_s)t] + D[\cos(2\omega_1 + \omega_s)t + \cos(2\omega_1 - \omega_s)t], \quad (\text{đã phân tích ở mạch trước})$$

$$i_{II} = i_{D3} - i_{D4} \quad (10.14)$$

Trong đó,

$$i_{D3} = a_0 + a_1 U_3 + a_2 U_3^2 + a_3 U_3^3 + \dots \quad (10.15)$$

$$i_{D4} = a_0 + a_1 U_4 + a_2 U_4^2 + a_3 U_4^3 + \dots$$

Với U_3 và U_4 là hai điện áp đặt lên D_3 và D_4 , được xác định như sau:

$$U_3 = -\cos \omega_1 t - U_s \cos \omega_s t \quad (10.16a)$$

$$U_4 = -U_1 \cos \omega_1 t + U_s t \quad (10.16b)$$

Thay 10.15 và 10.16 vào 10.14 và biến đổi ta được kết quả sau

$$i_{II} = -A \cos \omega_s t - B \cos 3\omega_s t + C[\cos(\omega_1 + \omega_s)t + \cos(\omega_s - \omega_s)t] - D \cos(2\omega_1 + \omega_s)t + \cos(2\omega_1 - \omega_s)t \quad (\text{lấy 4 số hạng đầu})$$

Suy ra dòng điều chế ở đầu ra là:

$$I_{ab} = i_1 + i_{II} = 2C[\cos(\omega_1 + \omega_s)t + \cos(\omega_1 - \omega_s)t]$$

Theo biểu thức của dòng điều chế ta thấy tín hiệu sau mạch điều chế chỉ còn lại các thành phần biên tần thứ nhất còn tất cả các thành phần khác tự khử, đây chính là ưu điểm của mạch điều chế vòng. Mạch điều chế vòng tiết kiệm được công suất điều chế và các bộ lọc.

Mạch điều chế vòng được ứng dụng làm các mạch điều chế trong các bộ điều chế của máy phát hình và máy phát thanh.

10.3 ĐIỀU TẦN VÀ ĐIỀU PHA

1. Quan hệ giữa điều tần và điều pha

Tần số và góc pha của một dao động có quan hệ thông qua biểu thức sau:

$$\omega = \frac{d\psi}{dt} \quad (10.17)$$

(Trong đó ω là tần số góc còn ψ là góc pha)

Điều tần và điều pha là quá trình ghi tín tức vào tải tín, làm cho tần số hoặc pha tức thời của tải tín biến thiên theo dạng tín hiệu điều chế. Với tải tín là dao động điều hoà thì ta có thể viết biểu thức của của tín hiệu sau điều chế (theo định nghĩa). Từ (10.17) rút ra:

$$u(t) = U_c \cos(\omega_c t + \varphi_0) = U_c \cos \psi(t) \quad (10.18)$$

$$\psi(t) = \int_0^t \omega(t) dt + \varphi(t) \quad (10.19)$$

Thay vào (10.19) vào (10.18) ta nhận được biểu thức:

$$U_c(t) = U_c \cos \left[\int_0^t \omega(t) dt + \varphi(t) \right] \quad (10.20)$$

Giả thiết tín hiệu điều chế là tín hiệu đơn âm:

$$U_s(t) = U_s \cos \omega_s t \quad (10.21)$$

Khi điều chế tần số hoặc điều chế pha thì tần số hoặc góc pha của dao động biến thiên tỷ lệ với tín hiệu điều chế và chúng được xác định lần lượt theo biểu thức

$$\omega(t) = \omega_c + k_{dt} U_s \cos \omega_s t \quad (10.22)$$

$$\varphi(t) = \varphi_0 + k_{df} U_s \cos \omega_s t \quad (10.23)$$

Trong trường hợp này gọi ω_c là tần số trung tâm của tín hiệu điều tần.

Đặt:

$$k_{dt} U_s = \Delta \omega_m \quad (10.24)$$

Và gọi là lượng di tần cực đại;

$$k_{df} U_s = \Delta \varphi_m \quad (10.25)$$

Và gọi là lượng di pha cực đại.

Các biểu thức (10.22) và (10.23) viết lại như sau:

$$\omega(t) = \omega_1 + \Delta \omega_m \cos \omega_s t$$

$$\varphi(t) = \varphi_0 + \Delta \varphi_m \cos \omega_s t$$

Khi điều chế tần số thì góc pha đầu không đổi, do đó $\varphi(t) = \varphi_0$. Thay giá trị của $\varphi(t)$, $\omega(t)$ vào biểu thức 4 và tích phân lên, ta nhận được biểu thức dao động đã điều tần:

$$U_{df}(t) = U_t \cos(\omega_t t + \frac{\Delta \omega_m}{\omega_s} \sin \omega_s t + \varphi_0) \quad (10.26)$$

Tương tự như vậy, biểu thức của dao động đã điều pha tìm được

$$U_{df}(t) = U_t \cos(\omega_t t + \Delta \varphi_m \cos \omega_s t + \varphi_0) \quad (10.27)$$

Theo biểu thức 11 lượng di pha đạt được khi điều chế pha:

$$\Delta \varphi = \Delta \varphi_m \cos \omega_s t$$

Tương ứng với lượng di pha này sẽ có một lượng di tần

$$\Delta \omega = \frac{d(\Delta \varphi)}{dt} = \Delta \varphi_m \omega_s \sin \omega_s t$$

Và lượng di tần cực đại được khi điều pha:

$$\Delta \omega_m = \omega_s \Delta \varphi_m = \omega_s k_{df} U_s \quad (10.28)$$

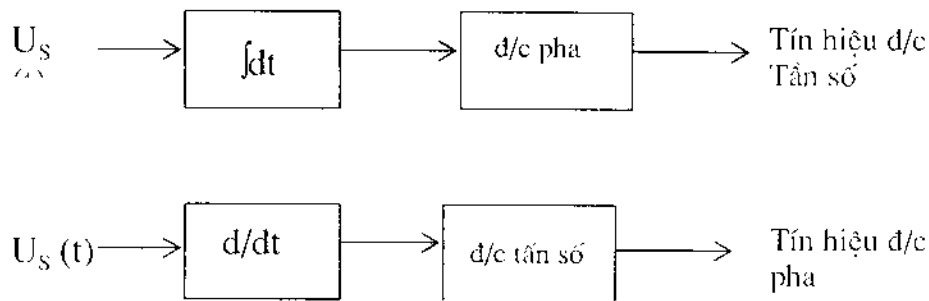
Mặt khác ta có lượng di tần cực đại khi điều chế tần số là

$$\Delta \omega_m = k_{dt} U_s (10.29)$$

So sánh (10.28) với (10.29) ta thấy rằng: điểm khác nhau cơ bản giữa điều tần và điều pha là lượng di tần khi điều pha tỉ lệ với biên độ điện áp điều chế và tần số điều chế còn lượng di tần khi điều tần chỉ tỉ lệ với biên độ áp điều chế mà thôi.

Vậy từ một mạch điều chế pha có thể lấy ra tín hiệu điều chế tần số, nếu trước khi đưa vào điều chế, tín hiệu điều chế được đưa qua mạch tích phân (hình vẽ). Ngược lại, có thể lấy tín hiệu điều chế pha từ một mạch điều chế tần số, nếu tín hiệu điều chế được đưa qua một mạch vi phân trước khi đưa vào bộ điều chế (hình vẽ).

Chú thích: Khi cho tín hiệu điều chế vào mạch tích phân thì đầu ra sẽ bị chia cho ω_s vì vậy kết quả tín hiệu lấy ra sau mạch điều pha sẽ mất đi hệ số ω_s và đó chính là tín hiệu lấy ra sau mạch điều chế tần số.



2. Phổ của dao động đã điều tần và điều pha

Trong biểu thức của dao động đã điều tần (10.26) cho góc pha đầu $\varphi_0 = 0$ và đặt $\Delta\omega_m/\omega_s = M_f$ (gọi M_f là hệ số điều tần) biểu thức (10.26) được viết lại:

$$U_{dt} = U_s \cos(\omega_s t + M_f \sin \omega_s t) (10.30)$$

$$M_f = \frac{\Delta \omega_m}{\omega_{s \max}}$$

Trường hợp tín hiệu điều chế là tín hiệu phức tạp, có tần số từ ω_{Smin} đến ω_{Smax} , Hệ số điều tần M_f không những chỉ phụ thuộc vào độ điện áp điều chế mà còn phụ thuộc vào tần số điều chế. Tương tự như vậy, ta có biểu thức của dao động điều pha:

$$U_{df} = U_f \cos(\omega_f t + M_\phi \sin \omega_s t) \quad (10.31)$$

Trong đó $M_\phi = \Delta\phi_m$.

Biểu thức (10.30) và (10.31) có biểu diễn dưới dạng chuỗi mà hệ số của nó là các hàm số Bessel loại một bậc n , từ kết quả cuối cùng đi đến một số nhận xét như sau (không viết ở đây)

- Độ rộng của dải tần tín hiệu điều tần không phụ thuộc vào tần số điều chế
- Độ rộng của dải tần tín hiệu điều chế pha phụ thuộc vào tần số điều chế
- Tín hiệu điều tần có tất cả các thành phần tần số tổ hợp

3. Mạch điều tần và điều pha

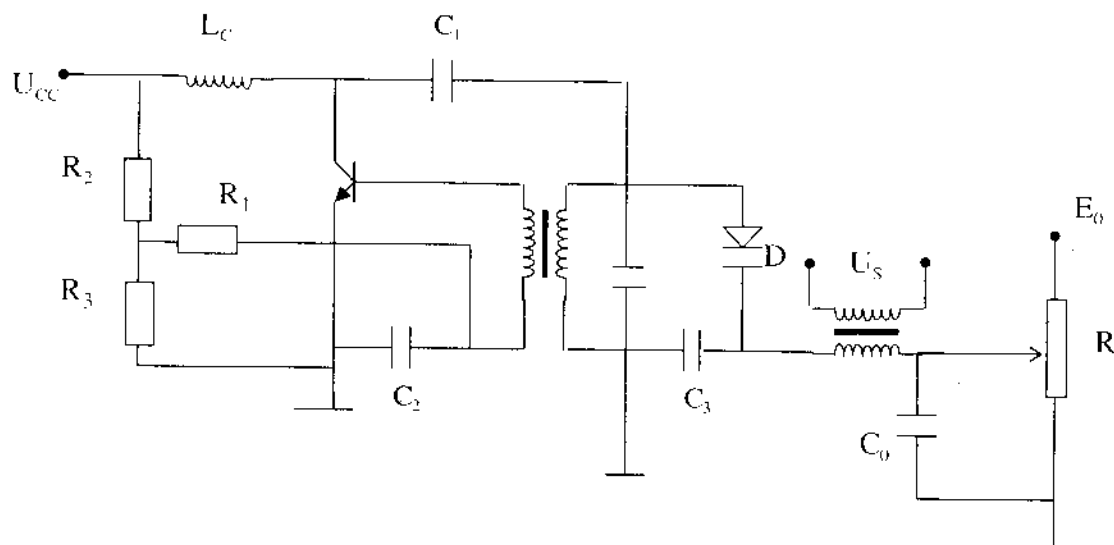
Theo lý luận trên từ điều chế tần số có thể suy ra tín hiệu điều chế pha và ngược lại chỉ cần xét mạch điều chế tần số là suy ra điều chế pha.

a) Điều tần trực tiếp dùng điốt biến dung

Sơ đồ dùng một đèn bán dẫn ba cực được định thiên theo kiểu phân áp mắc kiểu EC, mạch vừa tạo dao động cao tần vừa thực hiện điều chế, có tải là khung cộng hưởng L , C , C_3 và C_D .

Điốt biến dung có điện dung mặt ghép biến đổi theo điện áp đặt vào. Nó có trị số của R_D và C_D (điện trở trong và điện dung của điốt) phụ thuộc vào điện áp đặt lên Điốt. Trường hợp Điốt được phân cực ngược, $R_D = \infty$, còn C_D được xác định theo biểu thức sau:

$$C_D = \frac{k}{(u_D + \phi_k)^2}$$



Hình 10.7 Sơ đồ mạch điều chế tần số dùng điốt biến dung

Trong đó: k - là hệ số tỷ lệ

ϕ_K - Hiệu điện thế tiếp xúc của mặt ghép, với điốt silic $\phi_K = 0,7V$

γ - Hệ số phụ thuộc vật liệu

Mắc điốt song song với khung dao động của bộ tạo dao động, đồng thời đặt điện áp điều chế lên điốt thì C_D thay đổi theo điện áp điều chế, do đó tần số cộng hưởng riêng của bộ tạo dao động cũng biến đổi theo. Trong sơ đồ trên điốt được phân cực ban đầu nhờ nguồn E_0 .

Tần số dao động của mạch gần bằng tần số cộng hưởng riêng của bộ dao động và được xác định như sau:

$$f_{dl} = \frac{1}{2\pi \sqrt{L(C + C_D)}}$$

Để cho diôt luôn luôn được phân cực ngược, phải đảm bảo điều kiện:

$$u_D = u_{D\max} = U_r + U_s - E_0 \leq 0$$

Nhưng điện áp đặt lên diôt cũng không vượt quá giá trị cho phép, nó phải đồng thời thoả mãn biểu thức sau:

$$u_D = u_{D\min} = \left| -U_r - U_s - E_0 \right| \leq U_{ngel}$$

Khi thoả mãn các điều kiện đối và mạch điện ở trạng thái làm việc thì, dưới tác dụng của điện áp (tín hiệu) điều chế U_s , điện dung của diôt thay đổi dẫn đến tần số của khung cộng hưởng (có tính đến diôt) sẽ thay đổi. Tần số của khung cộng hưởng thay đổi theo qui luật của tín hiệu điều chế.

Kết quả ta lấy được tín hiệu đã điều chế là tín hiệu đã điều tần.

Sơ đồ mạch điều tần trên được ứng dụng làm điều chế tần số trong máy phát thanh FM và một số thiết bị vô tuyến điện khác.

Chú thích: Đối với diôt biến dung

- Chỉ phân cực ngược cho diôt để tránh ảnh hưởng của R_D đến phẩm chất của hệ dao động nghĩa là đến độ ổn định tần số của mạch.
- Phải hạn chế khu vực làm việc trong đoạn tuyến tính của đặc tuyến $C_D(u_D)$ của diôt biến dung để giảm méo phi tuyến. Lượng di tần tương đối khi điều tần dùng diôt biến dung đạt được khoảng 1%.
- Vì dùng diôt để điều tần, nên thiết bị điều tần có kích thước nhỏ. Có thể dùng diôt bán dẫn để điều tần ở tần số siêu cao, khoảng vài trăm MHz. Tuy nhiên độ tạp tần của tham số bán dẫn lớn, nên kém ổn định.

4. Biện pháp nâng cao tín hiệu điều tần

Tín hiệu điều tần có hệ số điều chế $M_f = \Delta \omega_m / \omega_s$. Khi tần số điều chế tăng thì M_f giảm (giả thiết $U_s = \text{const}$) làm cho tỷ số tín hiệu trên tạp âm (S/N) giảm. Vì vậy trước khi điều chế, tín hiệu điều chế U_s được đưa qua một bộ lọc thông

cao. Các thành phần tần số cao của U_s khi qua mạch đó được ưu tiên về mặt biên độ. Ở đầu ra, sau khi tách sóng lại phải dùng một mạch lọc thông thấp có hằng số thời gian bằng hằng số thời gian của mạch lọc thông cao để nhận lại sự phân bố biên độ theo tần số đúng như tín hiệu thực ban đầu.

Chương 11: **TÁCH SÓNG**

11.1 KHÁI NIỆM VỀ TÁCH SÓNG

Tách sóng là quá trình tìm lại tín hiệu điều chế. Tín hiệu sau khi tách sóng phải giống dạng tín hiệu điều chế ban đầu. Thực tế tín hiệu điều chế U_s sau khi điều chế và qua kênh truyền đưa đến bộ tách sóng đã bị méo dạng thành U_s' . Do méo phi tuyến trong bộ tách sóng, nên sau khi tách sóng ta lại nhận được U_s'' khác dạng với U_s' . Như vậy tín hiệu thu được sau tách sóng thường khác với dạng tín hiệu nguyên thủy. Vì vậy một trong những yêu cầu cơ bản đối với quá trình tách sóng là yêu cầu về méo phi tuyến.

Tương ứng với các loại điều chế, người ta cũng phân biệt các loại tách sóng sau đây: tách sóng biên độ và tách sóng tần số.

11.2 TÁCH SÓNG BIÊN ĐỘ

1. Một số tham số cơ bản

- Hệ số tách sóng.

$$K_{TS} = \frac{U_{RTS}}{U_{VTS}}$$

Trong đó U_{VTS} , là biên độ tín hiệu vào mạch tách sóng có qui luật biến đổi giống tín hiệu điều chế

U_{RTS} là biên độ tín hiệu ra sau mạch tách sóng, có qui luật biến đổi giống tín hiệu điều chế. $U_{RTS}(t)$ và $U_{VTS}(t)$ đều gồm các thành phần một chiều và thành phần biến thiên chậm theo thời gian:

Thực tế, đối với quá trình tách sóng chỉ cần quan tâm đến thành phần biến thiên chậm (mang tin tức) mà thôi, do đó thường xác định hệ số tách sóng như sau:

$$\begin{aligned} U_{VTS}(t) &= U_0' + u_s' \\ U_{RTS}(t) &= U_0'' + u_s'' \end{aligned} \quad K_{TS} = \frac{u_s'}{u_s''}$$

Trong đó, u''_s đặc trưng cho sự biến đổi chậm của điện áp vào theo thời gian, còn u'_s đặc trưng cho sự biến đổi của biên độ điện áp vào trên bộ tách sóng.

Hệ số tách sóng càng lớn thì hệ quả tách sóng càng lớn. Nếu trong quá trình tách sóng $K_{TS} = \text{const}$, nghĩa là K_{TS} chỉ phụ thuộc vào mạch tách sóng mà không phụ thuộc vào biên độ điện áp vào thì u''_s tỷ lệ với u'_s , do đó điện áp ra bộ tách sóng biến thiên cùng qui luật với biên độ điện áp vào. Lúc đó bộ tách sóng không gây méo phi tuyến và được gọi là bộ tách sóng tuyến tính.

- Trở kháng vào của bộ tách sóng.

Trở kháng vào bộ tách sóng là tỷ số giữa biên độ điện áp cao tần và biên độ dòng điện cao tần đặt vào bộ tách sóng.

$$Z_{VTS} = \frac{U_{VTS}}{I_{VTS}} = \frac{U_{oi}}{I_{oi}}$$

Trị số của Z_{VTS} cho biết mức độ ảnh hưởng của bộ tách sóng đến nguồn tín hiệu vào. Thông thường, dòng điện vào i_{oi} có dịch pha, do đó Z_{VTS} là một số phức, ta có

$$Z_{VTS} = \frac{1}{Y_{VTS}} = \frac{1}{g_{VTS} + jb_{VTS}}$$

g_{VTS} làm giảm hệ số phẩm chất của mạch ra nguồn tín hiệu, còn b_{VTS} làm thay đổi tần số cộng hưởng riêng của nó.

- Méo phi tuyến (k).

$$k = \frac{\sqrt{I_{2os}^2 + I_{3os}^2 + \dots}}{I_{os}} 100\%$$

Ở đây không cần quan tâm đến dòng điện cao tần (tải tần và hài bậc cao của nó), vì trong mạch điện bộ tách sóng có thể dễ dàng lọc bỏ các thành phần này.

2. Mạch tách sóng biên độ

Tách sóng biên độ có thể thực hiện bằng các mạch chỉnh lưu (dùng phần tử phi tuyến) hoặc các mạch dùng phần tử tuyến tính tham số.

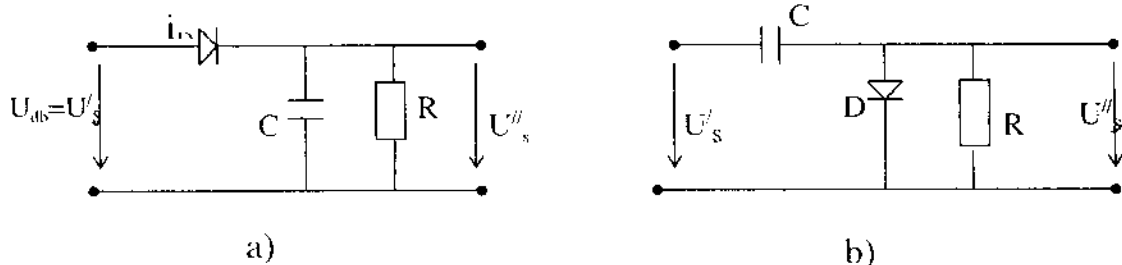
Tách sóng biên độ bằng mạch chỉnh lưu (hình 11.1)

Có hai sơ đồ tách sóng dùng mạch chỉnh lưu: sơ đồ tách sóng nối tiếp và sơ đồ tách sóng song song. Trong sơ đồ tách sóng nối tiếp, điốt tách sóng được mắc nối tiếp với tải, còn trong sơ đồ tách sóng song song điốt tách sóng được mắc song song với tải.-

Nếu tín hiệu vào đủ lớn sao cho điốt làm việc trong đoạn tương đối thẳng của đặc tuyến và đặc tuyến của điốt có thể coi là một đường gấp khúc thì ta có quá trình tách sóng tín hiệu lớn. Lúc đó quan hệ volt-ampe của điốt được biểu diễn bởi phương trình

$$I_D = \begin{cases} S u_D & \text{khi } u_D \geq 0 \\ 0 & \text{khi } u_D < 0 \end{cases}$$

Trong các sơ đồ trên (hình vẽ) , điốt chỉ thông đối với nửa chu kỳ của dao động cao tần ở đầu vào. Hình bao của dao động cao tần được tách ra nhờ sự phóng nạp của tụ C.



Hình 11. 1 Sơ đồ tách sóng biên độ bằng mạch chỉnh lưu:

a) tách sóng nối tiếp b) tách sóng song song

Dựa vào sơ đồ mạch tách sóng nối tiếp ta có thể tính toán được một số kết quả sau

$$i_D = S(u_{db} - u_c) \rightarrow i_D = S(U_{db} \cos \omega_t t - u_c)$$

$$\cos \theta = \frac{u_c}{U_{db}} \rightarrow i_D = S U_{db} (\cos \omega_t t - \cos \theta)$$

(Cho $i_D = 0$ và thay $\omega t = \theta$ ta có kết quả của $\cos \theta$)

Mặt khác, vì dòng qua diode là một dãy xung hình sin, nên có thể khai triển i_D theo chuỗi Fourier và kết quả cuối cùng ta có

$$i_D = S U_{db} (1 + m \cos \omega_s t) \left[\frac{1}{\pi} + \frac{1}{2} \cos \omega_t t - \frac{2}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n}{4n^2 - 1} \cos 2n \omega_t t \right] \quad (11.1)$$

Theo biểu thức trên (11.1) ta có nhận xét sau:

Phổ của dòng điện i_D gồm có các thành phần: một chiều; ω_t ; ω_s ; $\omega_t \pm \omega_s$; $n\omega_t \pm \omega_s$. Thông thường $\omega_t \gg \omega_s$ nên thành phần ω_t ; $\omega_t \pm \omega_s$ và $n\omega_t \pm \omega_s$ được loại bỏ dễ dàng nhờ một mạch lọc thông thấp, chỉ còn lại thành phần hữu ích

$$i_s = \frac{m S U_t}{\pi} \cos \omega_s t \quad (11.2)$$

Theo biểu thức (11.2), ta thấy tách sóng tín hiệu lớn không gây méo. Vì vậy trước khi tách sóng cần phải khuếch đại sao cho tín hiệu đủ lớn để đảm bảo chế độ tách sóng tuyến tính. Muốn vậy phải chọn hằng số thời gian $\tau = RC$ đủ lớn sao cho dạng điện áp ra tải gần với dạng điện áp hình bao của điện áp cao tần đầu vào.

Khi có tín hiệu điều chế AM đưa vào mạch tách sóng thì nhờ có quá trình phóng nạp của tụ điện C và điện trở R mà các thành phần tần cao được chuyển thành mức điện áp trung bình (được lọc) còn các thành phần tần thấp (tín hiệu) sẽ được tách ra trên tải.

Mạch tách sóng biên độ được ứng dụng làm các mạch tách sóng dùng trong máy thu thanh băng tần AM và mạch tách sóng hình trong máy thu hình.

Hiện tượng phách và hiện tượng chèn ép trong bộ tách sóng biên độ

Trường hợp trên đầu vào bộ tách sóng biên độ có hai dao động cao tần (tín hiệu và nhiễu) thì hiện tượng tách sóng xảy ra hiện tượng phách và hiện tượng chèn ép.

- *Hiện tượng phách*

Giả thiết các điện áp đặt vào bộ tách sóng biên độ. Vì hai tín hiệu có biên độ và tần số không cố định nên biên độ của véc tơ tổng cộng không cố định, do đó điện áp ra sẽ biến đổi theo hiệu tần số của hai tín hiệu vào. hiện tượng này gọi là hiện tượng phách.

- *Hiện tượng chèn ép*

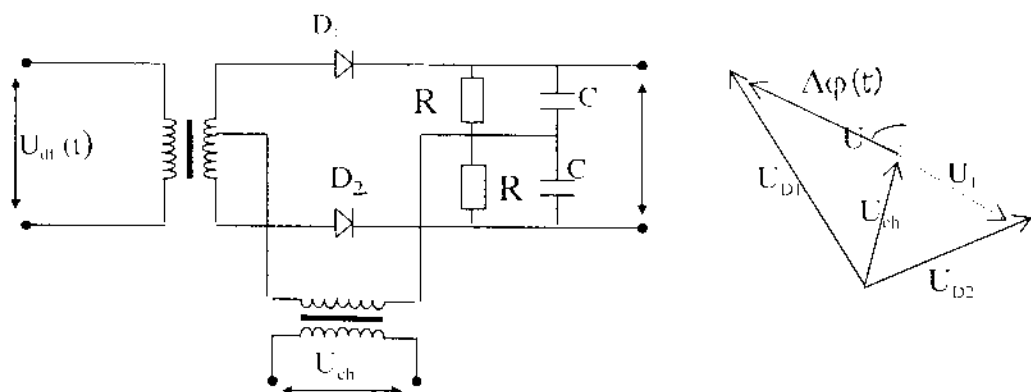
Khi hai tín hiệu vào bộ tách sóng có biên độ chênh lệch nhiều thì kết quả tín hiệu ở đầu ra của bộ tách sóng sẽ có hiện tượng tín hiệu lớn chèn ép tín hiệu bé, hiện tượng này gọi là hiện tượng chèn ép.

11.3 TÁCH SÓNG TÍN HIỆU ĐIỀU TẦN

1. Khái niệm

Tách sóng tín hiệu điều tần là quá trình biến đổi độ lệch tần số tức thời của tín hiệu đã điều tần so với tần số trung bình thành biến thiên điện áp ở đầu ra.

Để hạn chế méo phi tuyến, phải chọn điểm làm việc trong phạm vi tương đối thẳng của đặc tuyến truyền đạt. Hệ số tuyến đạt của bộ tách sóng là độ dốc lớn nhất (trong khu vực làm việc) của đặc tuyến truyền đạt.



Hình 11.2 Sơ đồ mạch tách sóng cân bằng dùng diốt

Tách sóng tần số và tách sóng pha thường được thực hiện theo một trong những nguyên tắc sau đây:

- Biến tín hiệu điều tần hoặc điều pha thành tín hiệu điều biên rồi thực hiện tách sóng biên độ.
- Biến tín hiệu điều tần thành tín hiệu điều chế độ xung rồi thực hiện tách sóng tín hiệu điều chế độ xung nhờ một mạch tích phân.
- Làm cho tần số của tín hiệu cần tách sóng bám theo tần số của một bộ tạo dao động nhờ hệ thống vòng giữ pha PLL (Phase locked loop), điện áp sai số chính là điện áp cần tách sóng.

2. Mạch điện tách sóng tần số

a) Mạch tách sóng pha cân bằng dùng diốt (discriminator)

Mạch tách sóng pha cân bằng là hai mạch tách sóng biên độ dùng diốt ghép với nhau (hình 11.2). Tín hiệu cần tách sóng chính là tín hiệu đã điều pha, U_{df} được so sánh về pha với một dao động chuẩn U_{ch} . Biểu thức của U_{df} và U_{ch} như sau:

$$U_{df}(t) = U_1 \cos[\omega_{01}t + \varphi_{01} + \varphi(t)] = U_1 \cos \varphi_1(t)$$

$$U_{ch}(t) = U_2 \cos[\omega_{02}t + \varphi_{02}] = U_2 \cos \varphi_2(t)$$

Điện áp đặt lên hai bộ tách sóng biên độ (điốt D1, D2) là:

$$U_{D1}(t) = U_1 \cos[\omega_{01}t + \varphi(t) + \varphi_{01}] + U_2 \cos(\omega_{02}t + \varphi_{02})$$

$$U_{D2}(t) = -U_1 \cos[\omega_{01}t + \varphi(t) + \varphi_{01}] + U_2 \cos(\omega_{02}t + \varphi_{02})$$

Điện áp ra tương ứng trên hai bộ tách sóng biên độ có thể xác định theo đồ thị véc tơ,

$$U_1(t) = u_{s1} = K_{TS} U_{D1} = K_{TS} \sqrt{U_1^2 + U_2^2 + 2U_1 U_2 \cos \Delta\varphi(t)}$$

$$U_2(t) = u_{s2} = K_{TS} U_{D2} = K_{TS} \sqrt{U_1^2 + U_2^2 - 2U_1 U_2 \cos \Delta\varphi(t)}$$

Trong đó u_{s1} , u_{s2} là điện áp đặt trên tụ C, K_{TS} là hệ số truyền đặt của bộ tách sóng biên độ, xác định theo biểu thức,

$$K_{TS} = \frac{u_s}{mU_{\text{đ}}}$$

$\Delta\varphi(t)$ là hiệu pha của hai điện áp vào:

$$\Delta\varphi(t) = (\omega_{01} - \omega_{02})t + \varphi(t) + \varphi_{01} - \varphi_{02}$$

Điện áp ra trên bộ tách sóng $u_s = u_{s1} - u_{s2}$

$$= K_{TS} \left[\sqrt{U_1^2 + U_2^2 + 2U_1U_2 \cos \Delta\varphi(t)} - \sqrt{U_1^2 + U_2^2 - 2U_1U_2 \cos \Delta\varphi(t)} \right]$$

Theo biểu thức trên ta thấy giá trị tức thời của điện áp ra trên bộ tách sóng phụ thuộc vào hiệu pha của tín hiệu điều pha và tín hiệu chuẩn. Trường hợp $\omega_{01} = \omega_{02}$ và $\varphi_{01} = \varphi_{02}$ thì điện áp ra chỉ còn phụ thuộc vào pha của tín hiệu vào $\varphi(t)$.

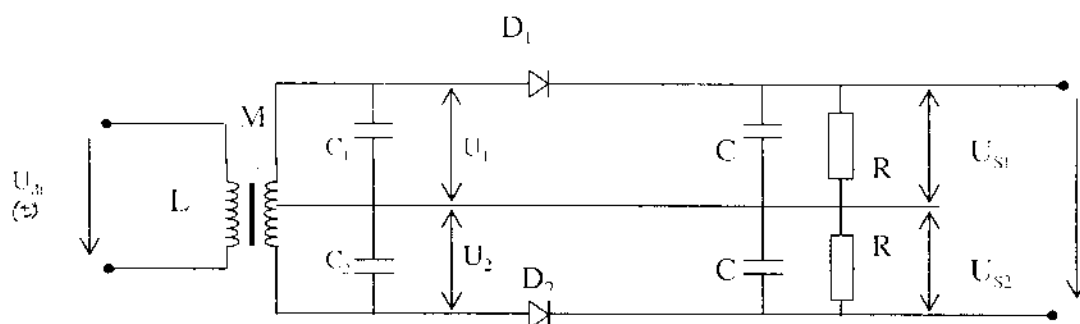
Nếu $\omega_{01} = \omega_{02}$ và tín hiệu vào không phải là tín hiệu điều chế pha, nghĩa là $\varphi(t) = 0$ thì điện áp ra có biểu thức sau đây:

$$u_s = K_{TS} \left[\sqrt{U_1^2 + U_2^2 + 2U_1U_2 \cos \Delta\varphi_0} - \sqrt{U_1^2 + U_2^2 - 2U_1U_2 \cos \Delta\varphi_0} \right]$$

Khi hai tín hiệu điều pha và tín hiệu chuẩn cùng tác động vào mạch tách sóng thì, vì pha của hai tín hiệu lệch nhau, dẫn tới tín hiệu tổng hợp có biên độ thay đổi theo độ lệch pha, tức là hình dạng và tần số thay đổi theo. Tín hiệu được tiếp tục phóng nạp trên tụ điện và điện trở, toàn bộ thành phần tần cao sẽ được lọc và chỉ còn thành phần tần thấp đó chính là tín hiệu.

Vì có hai diốt nên mạch sẽ làm việc khép kín trong cả chu kỳ.

b). Mạch tách sóng tần số dùng mạch lệch cộng hưởng



Hình 11. 3 Sơ đồ mạch tách sóng tần số dùng mạch lệch cộng hưởng

Mạch tách sóng dùng hai diốt và các mạch phóng nạp RC, hình thành hai mạch cộng hưởng lệch. Đầu vào hai mạch tách sóng biên độ (D_1, D_2) là hai mạch

cộng hưởng tại các tần số ω_1 và ω_2 . Nếu gọi tần số trung tâm của tín hiệu điều tần đầu vào là ω_0 thì

$$\omega_1 = \omega_0 + \Delta\omega_0 ; \quad \omega_2 = \omega_0 - \Delta\omega_0$$

Khi tín hiệu điều tần có tần số bị lệch khỏi tần số trung bình của tín hiệu vào thì điện áp trên hai mạch cộng hưởng đầu vào bộ tách sóng cũng thay đổi theo suy ra điện áp đặt lên hai mạch tách sóng biên độ cũng thay đổi theo. Theo sơ đồ mạch điện ta có

$$U_1 = mU_{dt} Z_1$$

$$U_2 = mU_{dt} Z_2$$

Trong đó, m là hệ số ghép của biến áp vào; $m = M/L$, Z_1 và Z_2 là trở kháng của hai mạch cộng hưởng 1 và 2 ($L_1 C_1$ và L_2, C_2).

Với Z_1, Z_2 có thể tính được như sau:

$$Z_1 = \frac{R_{td1}}{\sqrt{1 + [2Q_1 \frac{(\omega - \omega_1)}{\omega_1}]^2}} = \frac{R_{td1}}{\sqrt{1 + (\xi - \xi_0)^2}}$$

$$Z_2 = \frac{R_{td2}}{\sqrt{1 + [2Q_2 \frac{(\omega - \omega_2)}{\omega_2}]^2}} = \frac{R_{td2}}{\sqrt{1 + (\xi_0 + \xi)^2}}$$

$R_{td1}; R_{td2}$ lần lượt là trở kháng của hai mạch cộng hưởng tại tần số cộng hưởng ω_1, ω_2 ;

$Q_1; Q_2$ là phẩm chất của các mạch cộng hưởng tương ứng.

(Nếu chọn hai mạch cộng hưởng như nhau, ta có $R_{td1} = R_{td2} = R_{td}$, $Q_1 = Q_2 = Q$)

$$\xi_0 = \frac{2Q|\omega_0 - \omega_{1,2}|}{\omega_0}$$

ξ_0 Là độ lệch tần số tương đối giữa tần số cộng hưởng riêng của mạch dao động (tần số dao động dùng để làm sóng mang trong điều chế tần số) so với tần số cộng hưởng của các mạch cộng hưởng đầu vào mạch tách sóng

$$\xi = 2Q \frac{|\omega - \omega_0|}{\omega_0}$$

ξ Là độ lệch tần số tương đối giữa tần số tín hiệu vào và tần số trung bình.

Theo các biểu thức của trở kháng Z , khi tần số tín hiệu vào ω thay đổi thì Z_1 và Z_2 thay đổi, kéo theo sự thay đổi của biên độ điện áp vào U_1 và U_2 , nghĩa là quá trình biến đổi tín hiệu điều tần thành tín hiệu điều biên đã được thực hiện. Theo đặc điểm và tính chất của bộ tách sóng biên độ ta có:

$$u_{s1} = K_{TS} U_1 = K_{TS} m U_{dt} \frac{R_{td1}}{\sqrt{1 + (\xi - \xi_0)^2}}$$

$$u_{s2} = K_{TS} U_2 = K_{TS} m U_{dt} \frac{R_{td2}}{\sqrt{1 + (\xi_0 + \xi)^2}}$$

Điện áp ra tổng cộng là:

$$u_s = u_{s1} - u_{s2} = K_{TS} m R_{td} U_{dt} \psi(\xi, \xi_0)$$

Trong đó

$$\psi(\xi, \xi_0) = \frac{1}{\sqrt{1 + (\xi_0 - \xi)^2}} - \frac{1}{\sqrt{1 + (\xi_0 + \xi)^2}}$$

$$\psi = \psi_{\max} \text{ khi } \xi = \pm \xi_0$$

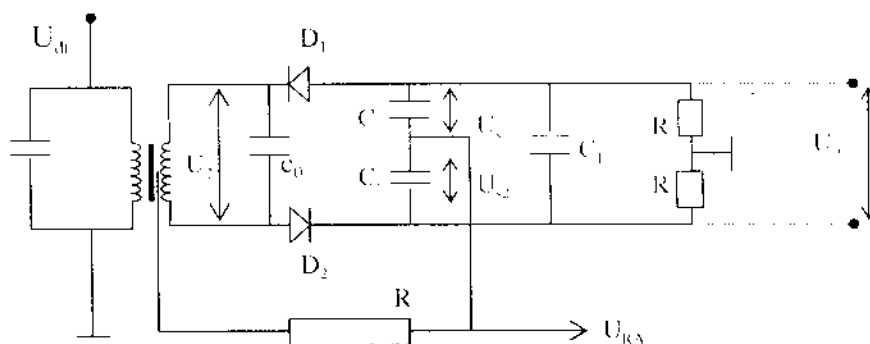
Theo biểu thức của điện áp ra U_s ta thấy điện áp ra sau mạch tách sóng tỉ lệ với độ lệch tần số tương đối giữa tần số tín hiệu vào mạch và tần số trung tâm (trung bình). Chính vì vậy hình dạng và biên độ của tín hiệu ra thay đổi theo qui luật của tín hiệu điều chế.

Tách sóng dùng mạch lệch cộng hưởng có nhược điểm là khó điều chỉnh cho hai mạch cộng hưởng hoàn toàn đối xứng nên ít được dùng.

c) Mạch tách sóng tỷ số (hình vẽ)

Mạch tách sóng tỷ số dùng hai diốt mắc nối tiếp tụ điện C_0 và các cuộn dây. Đầu vào tạo thành các mạch cộng hưởng LC với tần số trung tâm của tín hiệu đã điều chế. Các tụ điện C và điện trở R tạo thành các mạch phóng nạp.

Khi có tín hiệu điều chế tần số tác động vào mạch thì các diốt thông và



Hình 11.4 Sơ đồ mạch tách sóng tỷ số.

tụ điện C_1 được nạp điện (có chiều thuận). Hằng số phóng nạp của mạch là RC_1 . Chọn giá trị tụ điện và điện trở sao cho hằng số phóng nạp lớn, khi đó điện áp trên tụ sẽ biến thiên rất chậm suy ra nhiều giảm nhỏ.

Theo sơ đồ hình vẽ ta có: $U_s = U_{s1} - U_{s2}$. Trong đó

$$U_{s1} = \frac{U_{s1} + U_{s2}}{2} = \frac{U_{s1} + U_{s2}}{2} \rightarrow u_s = \frac{u_{s1} - u_{s2}}{2} = \frac{U_0}{2} \cdot \frac{u_{s1} - u_{s2}}{u_{s1} + u_{s2}}$$

$$\rightarrow u_s = \frac{U_0}{2} \cdot \frac{u_{s1}/u_{s2} - 1}{u_{s1}/u_{s2} + 1}$$

Theo biểu thức của điện áp ra ta thấy: Khi điện áp U_0 có giá trị ổn định (không thay đổi) thì điện áp ra chỉ phụ thuộc vào tỉ số giữa hai điện áp đặt trên tụ C. Trong khi đó tần số tín hiệu vào mạch luôn thay đổi suy ra biên độ điện áp cảm ứng lên các cuộn dây thay đổi theo dẫn đến các điện áp u_{x1} và u_{x2} thay đổi theo. Kết quả điện áp ra U_s thay đổi theo độ lệch tần số tức là thay đổi theo qui luật tín hiệu điều chế.

Trong thực tế mạch tách sóng tỉ số được dùng làm mạch tách sóng tín hiệu điều tần dùng trong máy thu thanh băng FM và máy thu vệ tinh tương tự.

Chương 12: **TRỘN TẦN**

12.1 LÝ THUYẾT CHUNG VỀ TRỘN TẦN

1. Định nghĩa

Trộn tần là quá trình tác động lên hai tín hiệu sao cho trên đầu ra bộ trộn tần nhận được các thành phần tần số tổng và hiệu của hai tín hiệu đó.

Thông thường một trong hai tín hiệu vào là tín hiệu đơn âm (có một vạch phổ) còn gọi là tín hiệu hữu ích có tần số f_{th} cố định hoặc biến thiên trong một phạm vi nào đó. Tín hiệu có tần số mong muốn được tách ra nhờ một bộ lọc, tần số của nó thường được gọi là tần số trung gian f_{lg} .

Cũng như trong điều biến, để trộn tần có thể dùng các phần tử phi tuyến hoặc các phần tử tuyến tính tham số.

2. Nguyên lý trộn tần

Giả thuyết dòng điện qua phần tử phi tuyến được biểu diễn theo chuỗi Taylor sau đây:

$$i = a_0 + a_1 u + a_2 u^2 + \dots + a_n u^n + \dots$$

Trong đó, U là điện áp đặt lên phần tử phi tuyến được dùng để trộn tần. Với $U(t) = U_{ns}(t) + U_{th}(t)$

Giả sử:

$$u_{ns}(t) = U_{ns} \cos \omega_{ns} t$$

$$u_{th}(t) = U_{th} \cos \omega_{th} t$$

Ta có

$$\begin{aligned} i(t) = & a_0 + a_1(U_{ns} \cos \omega_{ns} t + U_{th} \cos \omega_{th} t) + \frac{a_2}{2}(U_{ns}^2 + U_{th}^2) + \frac{a_2}{2}(U_{ns}^2 \cos 2\omega_{ns} t + U_{th}^2 \cos 2\omega_{th} t) + \\ & + a_2 U_{ns} U_{th} [\cos(\omega_{ns} + \omega_{th})t + \cos(\omega_{ns} - \omega_{th})t] + \dots \end{aligned}$$

Theo biểu thức của dòng điện ta thấy: Tín hiệu gồm có thành phần một chiều, thành phần cơ bản: ω_{ns} , ω_{th} ; các thành phần tần số tổng và hiệu $\omega_{ns} \pm \omega_{th}$, thành phần $2\omega_{ns}$, $2\omega_{th}$. Tính các vế tiếp theo ta thấy trong dòng điện ra còn có các thành phần bậc cao:

$$\omega = |\pm n \omega_{ns} \pm m \omega_{th}|$$

Trong đó m, n là những số nguyên dương.

Nếu trên đầu ra bộ trộn tần, lấy tín hiệu có tần số $\omega = \omega_{ns} \pm \omega_{th}$, nghĩa là chọn m = n = 1 thì ta có trộn tần đơn giản. Trường hợp chọn m, n > 1 thì có trộn tần tổng hợp.

Thông thường người ta hay dùng trộn tần đơn giản. Trong đoạn sóng mét và decimét, để nâng cao độ ổn định tần số ngoại sai và giảm ảnh hưởng tương hỗ giữa hai mạch ngoại sai và mạch tín hiệu, người ta có thể dùng trộn tần tổ hợp với tần số tín hiệu ra: $\omega = n\omega_{ns} - \omega_{th}$.

3. Phân loại

Có thể phân loại mạch trộn tần theo nhiều cách.

Khi phân loại theo phân tử tích cực được dùng để trộn tần, người ta phân biệt trộn tần dùng phân tử tuyến tính tham số (mạch nhân) và trộn tần dùng phân tử phi tuyến (điốt, tranzistor lưỡng cực, FET,...) hoặc trộn tần trên các phân tử điện trở và trộn tần trên các phân tử điện kháng (điốt điện dung).

Sở dĩ có thể coi bộ trộn tần là hệ thống tuyến tính tham số là vì quá trình trộn tần thường được thực hiện với điều kiện $U_{th} \ll U_{ns}$. Lúc đó đối với tín hiệu hữu ích nhỏ, đặc tuyến volt - ampe của phân tử trộn tần có thể coi là thẳng; còn dưới tác dụng của điện áp ngoại sai lớn, điện dẫn của phân tử tuyến tính thay đổi. Như vậy đối với tín hiệu, phân tử trộn tần là một hệ thống tuyến tính.

- Cũng có thể phân loại theo sơ đồ trộn tần (trộn tần điốt, trộn tần tranzistor,...) hoặc theo cách chuyển phổ về tần số cao hoặc tần số thấp tùy thuộc vào vị trí tương đối giữa tần số tín hiệu f_{th} ở đầu vào, tần số trung gian f_{tg} ở đầu ra.

4. Ứng dụng

Trộn tần được dùng trong máy thu đổi tần, trong các bộ chuyển kênh cao tần của máy thu hình, trong các bộ dịch tần thấp của máy thu vệ tinh, trong các bộ điều chế của máy phát hình... Nhờ bộ trộn tần, mạch cộng hưởng của các tầng trung gian của máy thu (kể cả máy phát) đều được điều chỉnh cộng hưởng tại một tần số cố định (tần số trung gian f_{tg}). Tần số ngoại sai được đồng chuẩn với tín hiệu vào sao cho $f_{tg} = f_{ns} - f_{th} = \text{const.}$

Ngoài ra trộn tần còn được dùng trong các hệ thống thông tin định hướng, trong các bộ tổng hợp tần số...

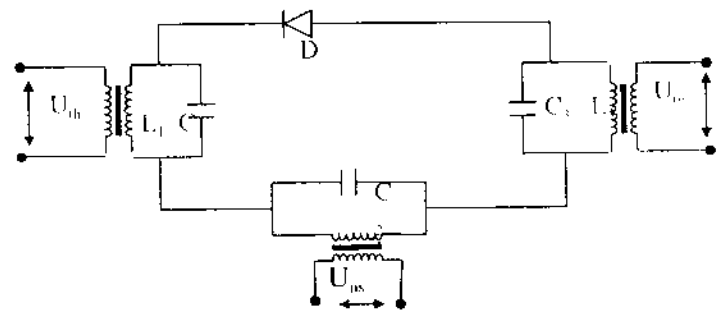
12.2 MẠCH TRỘN TẦN

1. Mạch trộn tần dùng điốt

Các mạch trộn tần dùng điốt được dùng rộng rãi ở mọi tần số, đặc biệt ở phạm vi tần số cao (trên 1GHz). Mạch trộn tần dùng điốt có nhược điểm là suy giảm tín hiệu.

a) Mạch trộn tần dùng một điốt (trộn tần đơn)

Sơ đồ dùng một điốt và các mạch cộng hưởng. Trong sơ đồ này thường chọn điểm công tác tĩnh ở đoạn đầu (gần gốc tọa độ) của đặc tuyến volt - ampe của điốt để có được hồ dẫn trộn tần lớn. Lúc đó phương trình gần đúng biểu diễn qua hệ volt - ampe của điốt là



Hình 12.1 Mạch trộn tần dùng một điốt

$$i = 0,25 (e^{au} - 1)$$

Trong đó, a là hằng số, được xác định bằng thực nghiệm. Đối với nhiều điốt $a = 5/V$, u là điện áp đặt lên điốt.

Do đó

$$S = di / du = 0,25 ae^{au}$$

Căn cứ vào đặc tuyến von- ampe của các loại diôt silic và gecmani thông dụng, người ta thấy rằng: với diôt silic phải chọn biên độ điện áp ngoại sai $U_{ns} < 1V$ và với diôt gecmani $U_{ns} < (2÷3) V$ để đảm bảo điều kiện về dòng ngược cho phép của các loại diôt đó.

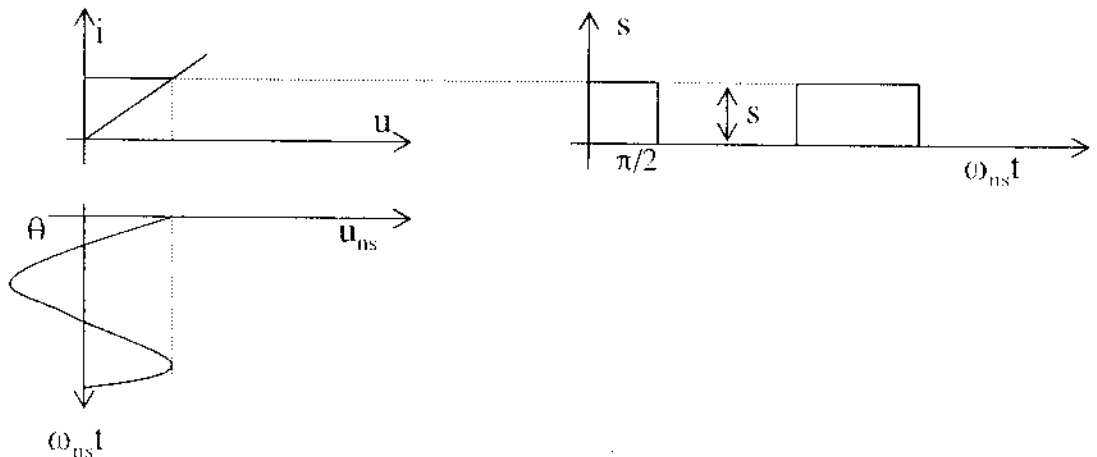
Có thể tính S_{10} , G_{10} cho sơ đồ dựa vào đặc tuyến lý tương hoá của diôt biểu diễn trên hình vẽ dưới.

Theo đặc tuyến đó, ta viết được biểu thức dòng điện qua diôt:

$$i = \begin{cases} Su & khi \quad u \geq 0 \\ 0 & khi \quad u < 0 \end{cases}$$

Với:

$$S = \frac{di}{du} = \frac{1}{R_i} = G_i$$



Hình 12.2 Đặc tuyến volt - ampe của diôt và quan hệ $S = f(\omega_{ns}t)$.

Vì điện áp ngoại sai là hàm tuần hoàn theo thời gian, nên hồ dẫn S là một dãy xung vuông với độ rộng xung phụ thuộc vào góc cắt θ . Với điểm tính chọn tại gốc tọa độ, $\theta = \pi/2$. Theo chuỗi Fourier ta tính được biên độ hài bậc n của S :

$$S_n = \frac{2}{\pi} \int_0^{\theta} S \cos(n \omega_{ns} t) d(\omega_{ns} t) = \frac{2 \sin n \theta}{n \pi} S$$

Theo biểu thức tổng quát của độ hồ dẫn trộn tần $S_{it} = I_{ig}/U_{th}$ và bằng $1/2 S_n$ khi $U_{ig}=0$). Thay $\theta = \pi/2$, giả thiết $n = 1$ ta tính được

$$S_{it} = \frac{1}{2} S_n = \frac{S}{\pi}$$

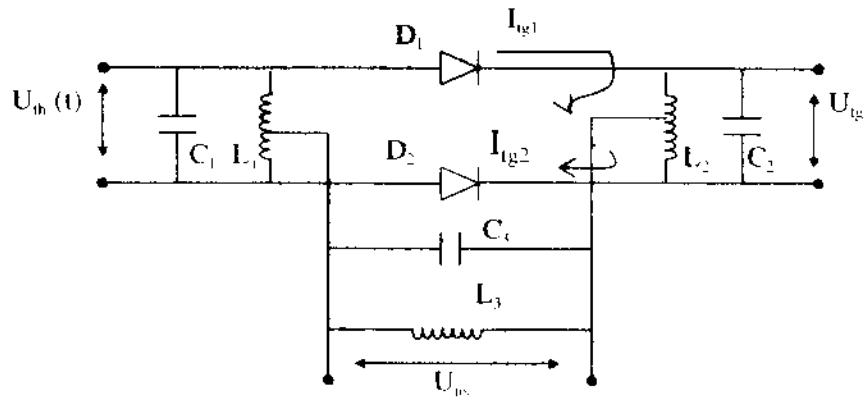
Tương tự như vậy, điện dẫn trộn tần được xác định như sau ($G_{it} = I_{it} / U_{ig}$ và bằng G_{i0} khi $U_{th}=0V$)

$$G_{it} = G_{i0} = \frac{1}{\pi} \int_0^{\theta} G_i d(\omega_{ns} t) = \frac{S \theta}{\pi}$$

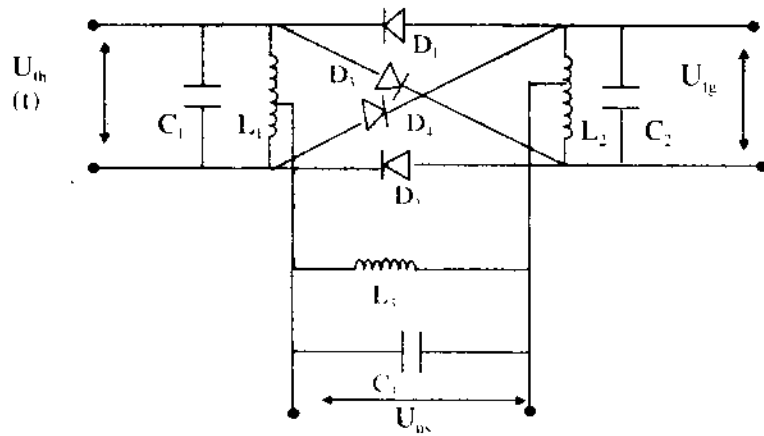
Với $\theta = \pi/2$ thì $G_{it} = S/2$.

Sơ đồ mạch trộn tần dùng một điốt có ưu điểm đơn giản dễ thực hiện, song có nhược điểm có hiện tượng trộn tần ngược (hai bộ cộng hưởng L_2C_2 và L_3C_3 có thể đổi chỗ cho nhau và tồn tại nhiều thành phần tín hiệu ra).

Để khắc phục những nhược điểm trên trong thực tế người ta thường dùng sơ đồ mạch trộn tần dùng hai điốt và sơ đồ mạch trộn tần dùng bốn điốt như sau:



Hình 12.3 Sơ đồ mạch trộn tần dùng hai điốt



Hình 12.4 Sơ đồ mạch trộn tần dùng bốn điốt (mạch trộn tần vòng)

b) Mạch trộn tần dùng hai điốt

Trong bộ trộn tần cân bằng điện áp tín hiệu đặt lên hai điốt ngược pha, còn điện áp ngoại sai đặt lên hai điốt đồng pha; nghĩa là

$$u_{th\ D1} = U_{th} \cos \omega_{th} t$$

$$u_{th\ D2} = U_{th} \cos(\omega_{th} t + \pi)$$

$$u_{ns\ D1} = u_{ns\ D2} = u_{ns}$$

Do đó dòng điện tần số trung gian qua các điôt (bỏ qua các thành phần hài bậc chẵn của ω_s) :

$$\begin{aligned}i_{tg1}(t) &= I_{tg1} \cos(\omega_{ns} - \omega_{th})t \\i_{tg2}(t) &= -I_{tg2} \cos[(\omega_{ns} - \omega_{th})t + \pi] = I_{tg2} \cos(\omega_{ns} - \omega_{th})t\end{aligned}$$

Trên mạch cộng hưởng ra, ta nhận được

$$i_{tg}(t) = i_{tg1}(t) + i_{tg2}(t) = 2 I_{tg} \cos \omega_{tg} t$$

Trong khi đó, dòng tap âm từ nguồn ngoại sai có tần số trung gian mang đến đặt lên hai điôt đồng pha và ngược pha trên mạch cộng hưởng ra, do đó ta có biểu thức như sau:

$$\begin{aligned}i_{ta1}(t) &= I_{ta1} \cos \omega_{tg} t \\i_{ta2}(t) &= -I_{ta2} \cos \omega_{tg} t\end{aligned}$$

$$\text{Do đó } i_{ta} = i_{ta1} + i_{ta2} = 0.$$

Vậy mạch trộn tần cân bằng làm tăng dòng điện trung gian ở đầu ra và có khả năng khử tap âm tần số trung gian do nguồn ngoại sai mang đến. Cũng giống như trong mạch điều chế cân bằng trên, đầu ra bộ trộn tần cân bằng không có các thành phần tổ hợp ứng với hài bậc chẵn của tín hiệu ($\omega_{ns} \pm 2\omega_{th}$; $\omega_{ns} \pm 4\omega_{th}$...).

c) Mạch trộn tần vòng gồm hai mạch trộn tần cân bằng mắc nối tiếp

Trên đầu ra sơ đồ này chỉ có các thành phần tần số $\omega_{ns} \pm \omega_{th}$, các thành phần khác bị khử (xem mạch điều chế vòng), do đó có thể tách được thành phần tần số trung gian mong muốn mà tránh được nhiễu từ các nguồn tín hiệu ra dạng hài bậc cao.

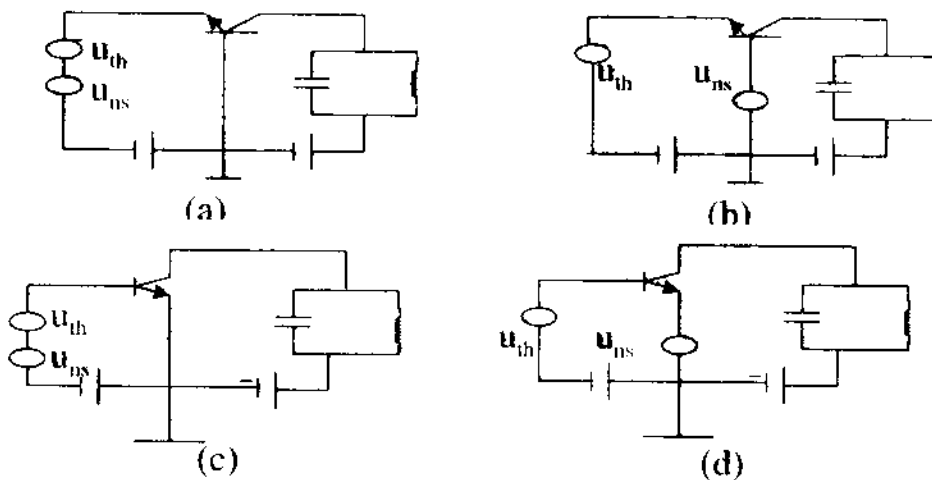
2. Mạch trộn tần dùng tranzitor (phần tử khuếch đại)

Mạch trộn tần dùng tranzistor có thể mắc theo sơ đồ bazơ chung hoặc emítơ chung. Sơ đồ bazơ chung thường được dùng trong phạm vi tần số cao hoặc

siêu cao, vì tần số giới hạn của nó cao. Tuy nhiên, sơ đồ bazo chung cho hệ số truyền đạt của bộ trộn tần thấp hơn sơ đồ của emito chung. Các tham số của sơ đồ trộn tần phụ thuộc vào điểm làm việc, vào độ lớn của điện áp ngoại sai và vào tham số của tranzistor. Về nguyên tắc, có thể phân biệt sơ đồ trộn tần dùng tranzistor đơn, đẩy kéo hoặc đẩy kéo kép.

Các sơ đồ trộn tần có thể khác nhau bởi cách đặt điện áp ngoại sai vào tranzitor, Trên cơ sở các sơ đồ nguyên lý chung, người ta đã thiết kế nhiều loại sơ đồ thực tế khác nhau (hình 12.5).

Hình 12.6 là một mạch trộn tần đơn giản dùng một Tranzitor. Sơ đồ dùng một đèn bán dẫn vừa trộn tần vừa tự tạo dao động. Đèn được định thiên theo kiểu phân áp, làm việc ở chế độ A, đó là khung cộng hưởng LC dùng cho mạch dao động và dùng cho việc tách tín hiệu đã trộn, mạch vào là một khung cộng hưởng có đáp tuyến rộng.

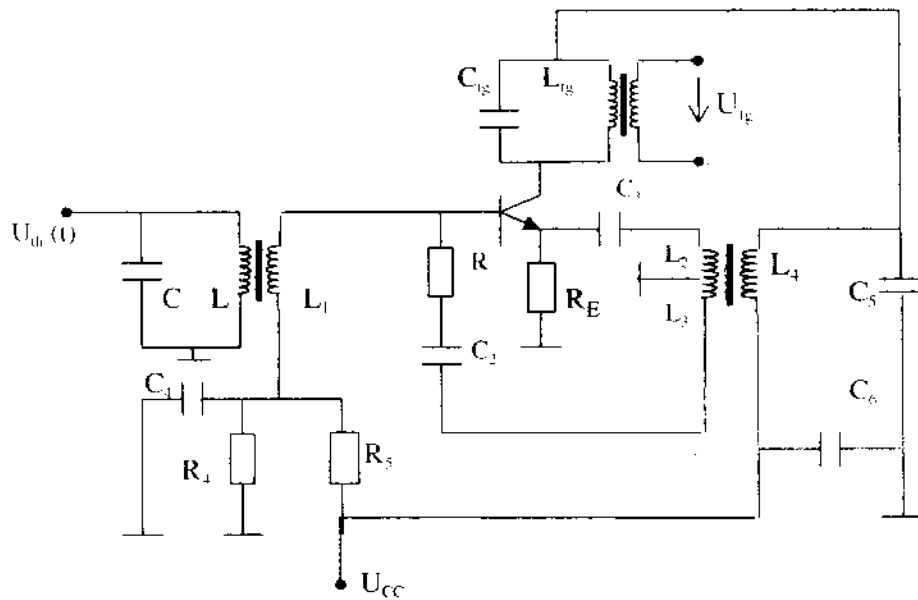


Hình 12.5. Sơ đồ nguyên lý mạch trộn tần dùng tranzistor đơn:

a) sơ đồ bazo chung với điện áp ngoại sai đặt vào emito; b) sơ đồ bazo chung với điện áp ngoại sai đặt vào bazo; c) sơ đồ emito chung với điện áp ngoại sai đặt vào bazo; d) sơ đồ emito chung với điện áp ngoại sai đặt vào emito.

Mạch dao động ở tần số $f = 1 / 2\pi\sqrt{LC_{td}}$. Tín hiệu và dao động ngoại sai được trộn với nhau và tạo thành các thành phần tín hiệu có tần số hiệu cơ bản và

hài bậc cao, trong đó tín hiệu - hiệu được tách ra nhờ mạch cộng hưởng (C_{tg} và L_{tg}).



Hình 12.6 Mạch trộn tần tự dao động.

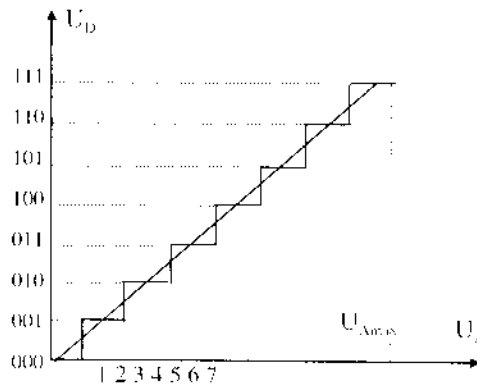
Mạch trộn tần tự dao động có ưu điểm đơn giản, tiết kiệm được linh kiện. Trong thực tế sơ đồ kiểu trên thường được dùng làm các mạch trộn (mạch đổi tần) trong máy thu thanh đổi tần và trong một số thiết bị thu vô tuyến khác.

Chương 13: **CHUYỂN ĐỔI TƯƠNG TỰ - SỐ VÀ CHUYỂN ĐỔI SỐ - TƯƠNG TỰ**

13.1 KHÁI NIỆM CHUNG

Ngày nay việc gia công, truyền đạt tín hiệu cũng như các quá trình điều khiển và chỉ thị phần lớn được thực hiện theo phương pháp số. Trong khi đó tín hiệu tự nhiên lại biến đổi liên tục theo thời gian nghĩa là tín hiệu tự nhiên có dạng tương tự. Để phối ghép giữa nguồn tín hiệu tương tự với các hệ thống xử lý số, người ta dùng các mạch chuyển đổi tương tự - số (ADC - Analog Digital Converter) nhằm biến đổi tín hiệu tương tự sang dạng số hoặc dùng các mạch chuyển đổi số - tương tự (DAC - Digital Analog Converter).

Quá trình biến đổi một tín hiệu tương tự sang dạng số được minh họa bởi đặc tính truyền đạt sau:



Hình 13.1 Đặc tuyến truyền đạt của mạch biến đổi tương tự - số
 U_A là điện áp vào tương tự U_D là điện áp ra số

Tín hiệu tương tự U_A được chuyển thành một tín hiệu dạng bậc thang đều. Với đặc tuyến truyền đạt như vậy mỗi giá trị của U_A được biểu diễn bởi một giá trị số thích hợp tương ứng. Các giá trị tương ứng số là các giá trị rời rạc.

Có nhiều cách biểu diễn các giá trị rời rạc đó. Cách biểu diễn theo hệ thập phân thường dùng để chỉ thị số đo. Trường hợp mạch biến đổi AD là các thiết bị số thì thường dùng hệ cơ số 2 (mã nhị phân) để biểu diễn tín hiệu.

Một cách tổng quát, gọi tín hiệu tương tự là $S_A (U_A)$, tín hiệu số là $S_D (U_D)$. S_D được biểu diễn dưới dạng mã nhị phân như sau;

$$S_D = b_{n-1} \cdot 2^{n-1} + b_{n-2} \cdot 2^{n-2} + \dots + b_0 \cdot 2^0$$

Trong đó các hệ số $b_k = 0$ hoặc 1 (với $k = 0$ đến $k = n - 1$) và được gọi là bit;

+ b_n được gọi là bit có nghĩa lớn nhất (MSB-most significant bits)

+ b_0 gọi là bit có tín hiệu nhỏ nhất (LSB - least significant bit)

Với một mạch biến đổi có N bit tức N số hạng trong dãy mã nhị phân thì mỗi nấc trên hình bậc thang chiếm một giá trị:

$$Q = U_{LSB} = U_{Am} / (2^N - 1) \quad (13.1)$$

Trong đó, U_{Am} là giá trị cực đại cho phép của điện áp tương tự ở đầu vào ADC;

Giá trị của U_{LSB} hoặc Q gọi là mức lượng tử.

Do tín hiệu số là tín hiệu rời rạc, nên trong quá trình chuyển đổi AD xuất hiện một sai số gọi là sai số lượng tử hoá, được xác định như sau:

$$\Delta U_Q = \frac{1}{2} Q \quad (13.2)$$

Khi chuyển đổi AD phải lấy mẫu tín hiệu tương tự. Để đảm bảo khôi phục lại một cách trung thực, tần số lấy mẫu f_M phải thoả mãn điều kiện sau:

$$f_M > 2f_{\max} \approx 2B \quad (13.3)$$

Trong đó, $f_{\max}$ là tần số cực đại của tín hiệu; B là dải tần số của tín hiệu.

Theo định lý lấy mẫu, nếu điều kiện (13.3) thoả mãn thì không có sự lồng pho. Theo thuyết lượng tử hoá, trong quá trình lượng tử hoá sinh ra tạp âm, tạp âm này thể hiện khi thực hiện phép biến đổi ngược DA. Do đó có thể coi quá

trình lượng tử hoá như quá trình cộng tín hiệu X_A với một tạp âm X_{in} nào đó (hình vẽ). Người ta đã chứng minh được: trong phạm vi $-\frac{U}{2} \leq X_A \leq \frac{U}{2}$ tạp âm lượng tử hoá được coi là tạp âm trắng.

13. 2 CÁC THAM SỐ CƠ BẢN

1. Dải biến đổi của điện áp tín hiệu tương tự ở đầu vào

Là khoảng điện áp mà bộ chuyển đổi AD có thể thực hiện chuyển đổi được. Khoảng điện áp đó có thể lấy trị số từ 0 đến một trị số dương hoặc âm nào đó hoặc cũng có thể là điện áp hai cực tính từ $-U_{Am}$ đến $+U_{Am}$.

2. Độ chính xác của bộ chuyển đổi AD

Tham số đặc trưng cho độ chính xác của một ADC là độ phân biệt. Ta biết rằng trên đầu ra của một ADC là các giá trị số được sắp xếp theo quy luật của một mã số nào đó. Số các số hạng của mã số ở đầu ra (số bit trong mã nhị phân) tương ứng với dải biến đổi của điện áp vào cho biết mức xác định của phép chuyển đổi.

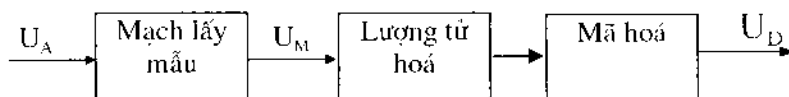
Ví dụ: Một ADC có số bit ở đầu ra $N = 12$ (12 số hạng) có thể phân biệt được $2^{12} = 4096$ mức trong dải biến đổi điện áp vào của nó. Độ phân biệt của ADC được ký hiệu là Q và được xác định theo biểu thức (13.1). Q chính là giá trị của một mức lượng tử hoá hoặc gọi là 1 LSB. Từ hai tham số đó và áp dụng biểu thức (13.1) có thể suy ra độ phân biệt Q .

3. Tốc độ chuyển đổi

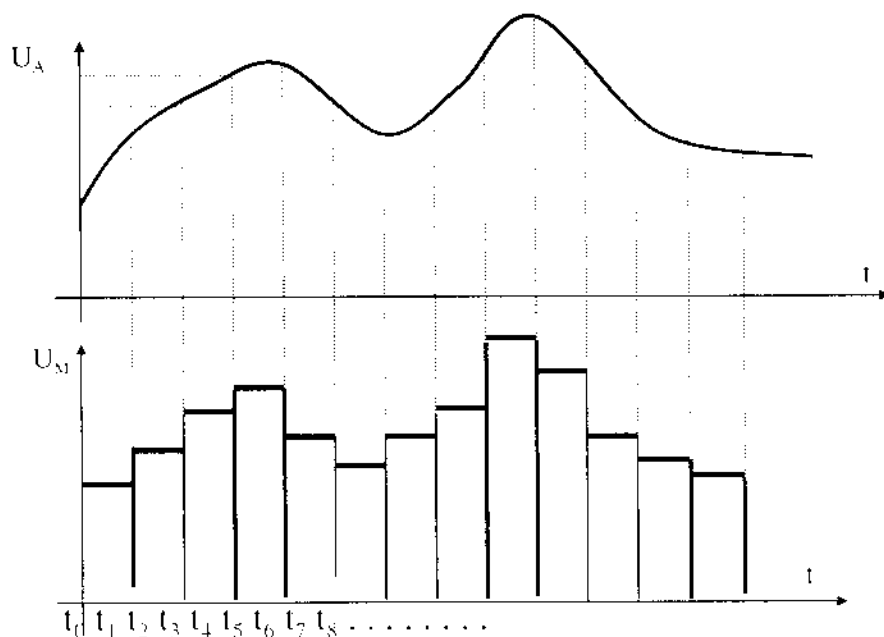
Tốc độ chuyển đổi cho biết số kết quả chuyển đổi trong một giây được gọi là tần số chuyển đổi f_c . Cũng có thể dùng tham số thời gian chuyển đổi T_c để đặc trưng cho tốc độ chuyển đổi. T_c là thời gian cần thiết cho một kết quả chuyển đổi. Chú ý rằng $f_c \neq 1/T_c$. Thường $f_c < 1/T_c$ vì giữa các lần chuyển đổi còn có một khoảng thời gian cần thiết để cho ADC hồi phục lại trạng thái ban đầu. Cần lưu ý rằng, một số chuyển đổi cao, tất nhiên phải trả giá bằng độ chính xác giảm hoặc ngược lại, nghĩa là yêu cầu độ chính xác và tốc độ chuyển đổi mâu thuẫn với nhau. Tùy yêu cầu sử dụng mà phải dung hoà các yêu cầu đó một cách hợp lý nhất.

13.3 NGUYÊN TẮC LÀM VIỆC CỦA ADC

Trước hết tín hiệu tương tự được đưa đến một mạch lấy mẫu, mạch này có hai nhiệm vụ (xem đồ thị thời gian hình 13.5).



Hình 13.2 Sơ đồ khối tổng quát mạch ADC



Hình 13.3 Đồ thị điện áp vào và điện áp đã lấy mẫu

- Lấy mẫu tín hiệu tương tự tại những thời điểm khác nhau và cách đều nhau (rời rạc hoá tín hiệu về mặt thời gian).
- Giữ cho biên độ điện áp tại thời điểm lấy mẫu không đổi trong quá trình chuyển đổi tiếp theo (nghĩa là trong quá trình lượng tử hoá và mã hoá).

Tín hiệu ra mạch lấy mẫu được đưa đến mạch lượng tử hoá để thực hiện làm tròn với độ chính xác: $\pm Q/2$. Mạch lượng tử hoá làm nhiệm vụ rời rạc hoá tín hiệu tương tự về mặt biên độ. Như vậy nhờ quá trình lượng tử hoá một tín hiệu tương tự bất kỳ được biểu diễn bởi một số nguyên lần mức lượng tử và tiếp theo là

đưa đến mạch mã hoá. Trong quá trình ADC hai quá trình mã hoá và lượng tử hoá xảy ra đồng thời.

13.4 PHƯƠNG PHÁP CHUYỂN ĐỔI TƯƠNG TỰ - SỐ

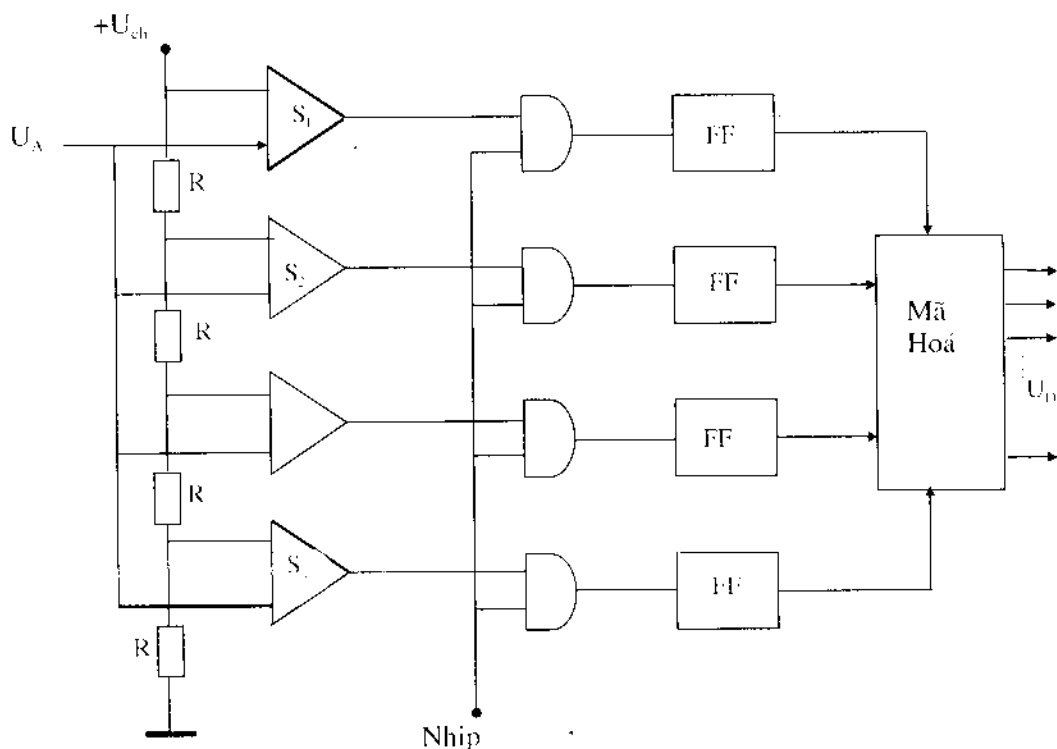
1. Phân loại

Có nhiều cách phân loại ADC. Cách phân loại hay dùng hơn cả là phân loại theo quá trình chuyển đổi về mặt thời gian. Nó cho phép phán đoán một cách tổng quát tốc độ chuyển đổi. Theo cách phân loại này, người ta phân biệt 4 phương pháp biến đổi AD sau đây:

- Biến đổi song song. Trong phương pháp biến đổi song song, tín hiệu được so sánh cùng một lúc với nhiều giá trị chuẩn. Do đó tất cả các bit được xác định đồng thời và đưa đến đầu ra.
- Biến đổi nối tiếp theo mã đếm, ở đây quá trình so sánh được thực hiện lần lượt theo quy luật của mã đếm. Kết quả chuyển đổi được xác định bằng cách đếm số lượng giá trị chuẩn có thể chứa được trong giá trị tín hiệu tương tự cần chuyển đổi.
- Biến đổi nối tiếp theo mã nhị phân. Quá trình so sánh được thực hiện lần lượt từng bước theo quy luật mã nhị phân. Các đơn vị chuẩn dùng để so sánh theo quy luật giảm dần theo quy luật mã nhị phân, do đó các bit được xác định lần lượt từ bit có nghĩa lớn nhất (MSB) đến bit có nghĩa nhỏ nhất (LSB).
- Biến đổi song song - nối tiếp kết hợp. Trong phương pháp này, qua mỗi bước so sánh có thể xác định được tối thiểu là 2 bit đồng thời.

Các mạch thực tế làm việc theo nhiều phương pháp khác nhau, nhưng đều có thể xếp vào một trong 4 loại trên.

2. Chuyển đổi AD theo phương pháp song song

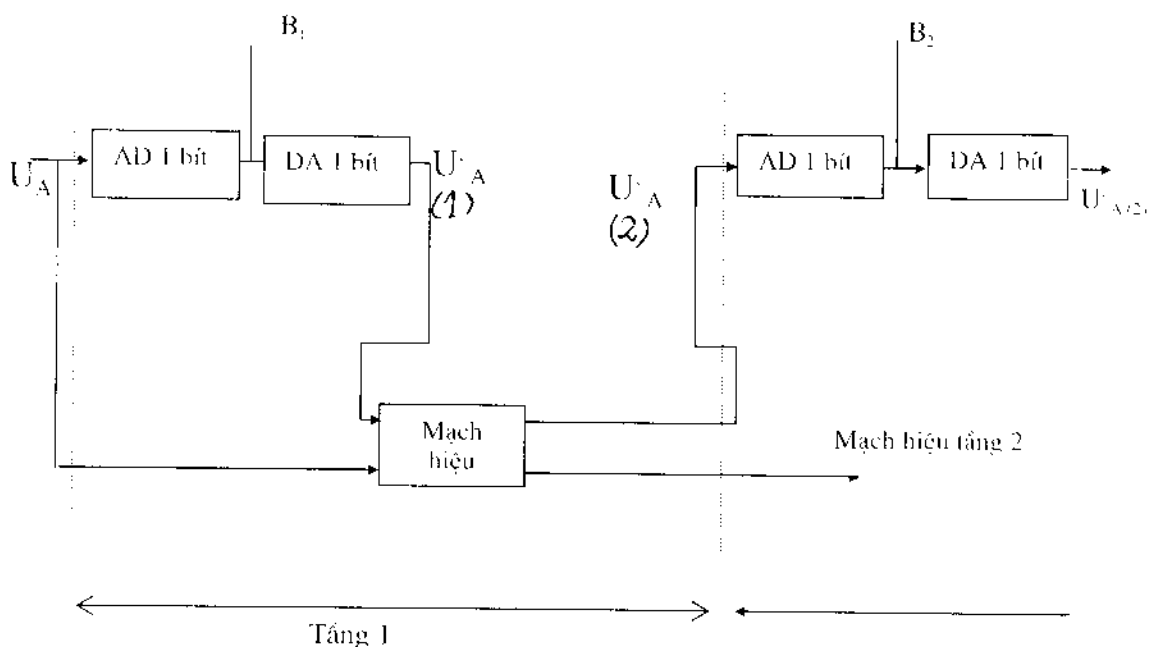


Hình 13.4 Sơ đồ nguyên lý bộ chuyển đổi AD theo phương pháp song song

Trong phương pháp chuyển đổi song song, tín hiệu tương tự U_A được đồng thời đưa đến các bộ so sánh $S_1 \div S_m$. Điện áp chuẩn U_{ch} được đưa đến đầu vào thứ 2 của các bộ so sánh qua thang điện trở R . Do đó các điện áp chuẩn đặt vào bộ so sánh lần lượt khác nhau một lượng không đổi và giảm dần từ S_1 đến S_m . Đầu ra của các bộ so sánh có điện áp vào lớn hơn điện áp chuẩn lấy trên thang điện trở sẽ có mức logic "1", các đầu ra còn lại có mức logic "0". Tất cả các đầu ra được nối với mạch "Và", một đầu mạch "Và" nối với các xung nhịp (có tần số bằng tần số lấy mẫu) chỉ khi có các xung nhịp vào thì các xung trên đầu ra bộ so sánh mới đưa vào mạch nhớ FF (Flíp Flop). Như vậy cứ sau một khoảng thời gian bằng một chu kỳ xung nhịp lại có một chu kỳ tín hiệu được biến đổi và đưa đến đầu ra. Xung nhịp đảm bảo cho quá trình so sánh kết thúc mới đưa tín hiệu vào bộ nhớ, tiếp theo tín hiệu dạng mã đếm được chuyển đổi thành mã dạng nhị phân nhờ bộ mã hoá.

3. Chuyển đổi AD theo phương pháp phân đoạn từng bit (chuyển đổi nối tiếp theo mã nhị phân)

Phương pháp phân đoạn được tiến hành như sau: Giả sử tín hiệu vào biến thiên trong phạm vi $0 \div U_{Amax}$ chia dải làm việc thành hai phần bằng nhau,



Hình 13.5 Sơ đồ khối bộ chuyển đổi AD theo phương pháp phân đoạn từng bit

lúc đó ranh giới giữa hai phần là $(U_{Amax})/2$.

Tín hiệu cần biến đổi U_A được so sánh với mức $(U_{Amax})/2$. Khi $U_{A(1)} < (U_{Amax})/2$ thì $B_1 = 0$, ngược lại nếu $U_{A(1)} \geq (U_{Amax})/2$ thì $B_1 = 1$. Vậy $(U_{Amax})/2$ chính là điện áp chuẩn của bộ biến đổi AD 1 bit (nó là một bộ so sánh). Tín hiệu ứng với bit thứ nhất B_1 một mặt đưa ra mạch hiệu, một mặt được đưa đến bộ chuyển đổi ngược DA. Trên đầu ra của mạch chuyển đổi DA một bit là tín hiệu tương tự ứng với bit có nghĩa lớn nhất. Khi $B_1 = 0$ thì tín hiệu tương tự ứng với nó $U'_{A(1)} = 0$, còn khi $B_1 = 1$ thì $U'_{A(1)} = (U_{Amax})/2$. Mạch trừ cho ra giá trị hiệu giữa tín hiệu vào $U_{A(1)}$ và tín hiệu tương tự ứng với bit thứ nhất. Đây chính là số dư tín hiệu tương tự sau khi đã xác định bit thứ nhất. Số dư này được đưa đến tầng thứ hai để tiếp tục xác định bit tiếp theo bằng cách so sánh nó với một tín hiệu chuẩn

có giá trị $(U_{Amax})/4$. Tương tự như vậy, để xác định bit thứ ba phải có tín hiệu chuẩn giá trị $(U_{Amax})/8$ và bit thứ N có $U_{chN} = (U_{Amax})/2^N$.

Tuy nhiên thay cho việc giảm dần trị số của các điện áp chuẩn theo bội số của 2, người ta nhân đôi các điện áp dư sau mỗi tầng. Lúc đó có thể giữ nguyên điện áp chuẩn cho tất cả các tầng: $(U_{Amax})/2$. Bằng cách này có thể tiết kiệm được số vòng tín hiệu chuẩn và môđyn hoá các tầng. Do đó yêu cầu các tầng làm việc phải chính xác, nhất là các tầng đầu. So với phương pháp song song, trong phương pháp này để xác định N bit phải thực hiện N bước so sánh. Nhưng mạch đơn giản hơn, vì chỉ cần dùng N bộ so sánh. Chuyển đổi AD theo phương pháp phân đoạn từng bit ít được dùng trong thực tế, và là cơ sở để phân tích và xây dựng các phương pháp khác.

4. Chuyển đổi AD nối tiếp dùng vòng hồi tiếp

Điện áp tương tự U_A được so sánh với một giá trị ước lượng cho trước U_M .

Khi $U_A > U_M$ thì

$U_h > 0$,

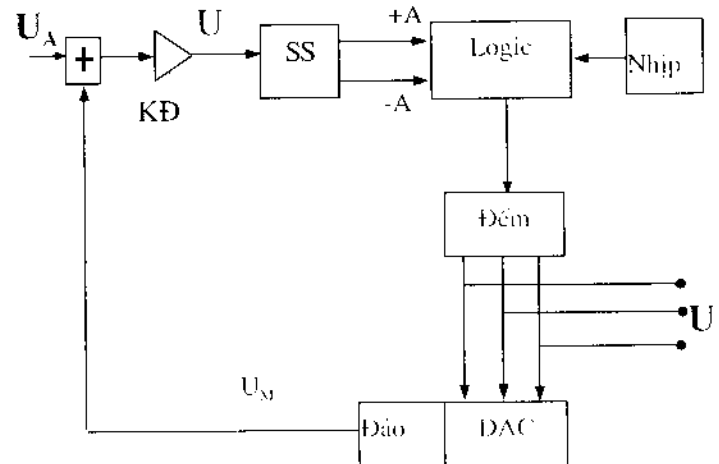
$U_A < U_M$ thì $U_h < 0$.

U_h : điện áp sai số giữa U_A và U_M .

Điện áp hiệu dụng U_h được khuếch đại rồi đưa đến mạch so sánh số SS. Nếu $U_h > 0$ thì đầu ra SS có $+A = 1$. $U_h < 0$ thì đầu ra SS có $-A = 1$.

Kết quả so sánh được đưa vào mạch logic

đồng thời với tín hiệu nhịp. Tùy thuộc vào tín hiệu SS, tại những thời điểm có xung nhịp, mạch logic sẽ điều khiển bộ đếm sao cho ứng với $+A$ thì bộ đếm thuận và $-A$ thì bộ đếm ngược. Nếu bộ đếm được kết cấu theo quy luật của mã nhị phân thì trên đầu ra ADC có tín hiệu số dưới dạng mã đó. Tín hiệu đi được một vòng ứng với một chu kỳ của xung nhịp.



Hình 13.6 Sơ đồ khối bộ ADC nối tiếp dùng vòng hồi tiếp

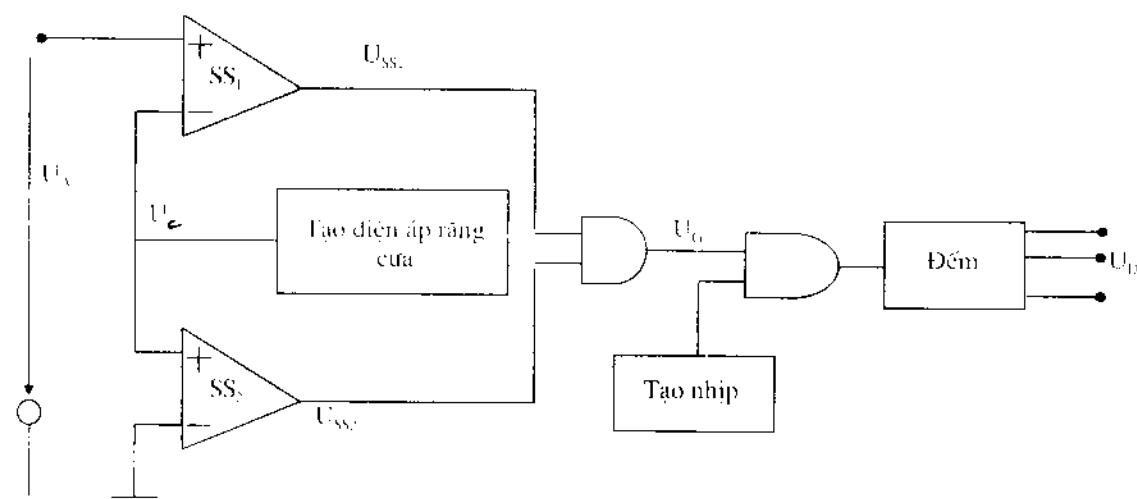
Tín hiệu số được xác định trong bước so sánh thứ nhất qua DAC sẽ dẫn ra một giá trị ước lượng mới để so sánh với U_A trong bước tiếp theo. Quá trình này được lặp đi lặp lại cho đến khi $|U_h| < Q/2$. Lúc đó $+A = -A = 0$, do đó mạch đếm giữ nguyên trạng thái và ta nhận được kết quả chuyển đổi chính xác của U_A ứng với N bit yêu cầu.

Trong phương pháp này giá trị ước lượng U_M tiệm cận dần đến U_A nên nó còn được là phương pháp xấp xỉ.

Mạch có kết cấu đơn giản, các linh kiện được sử dụng lặp lại nhiều lần. Mạch làm việc với tốc độ không cao lắm, nhưng chính xác tới 90%.

5. Chuyển đổi AD theo phương pháp đếm đơn giản

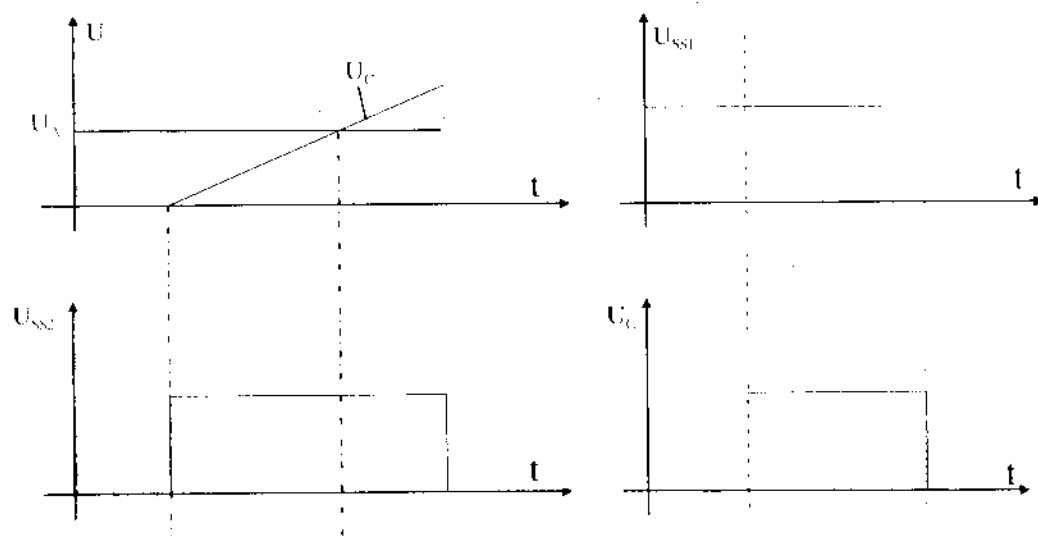
Điện áp vào U_A được so sánh với điện áp chuẩn dạng răng cưa U_c nhờ bộ



Hình 13.7 Sơ đồ khối bộ ADC làm việc theo phương pháp đếm đơn giản

so sánh SS_1 . Khi $U_A > U_c$ thì $U_{SS1} = 1$, khi $U_A < U_c$ thì $U_{SS1} = 0$.

Bộ so sánh SS_2 so sánh điện áp răng cưa với mức 0V (dất). U_{SS1} và U_{SS2} được đưa đến một mạch "AND". Xung ra U_G có độ rộng tỉ lệ với độ lớn của điện áp vào U_A với



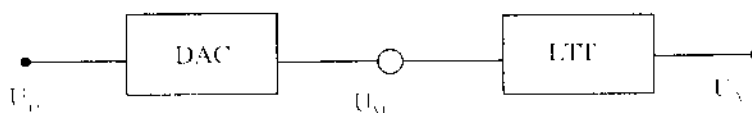
Hình 13.8 Đồ thị thời gian điện áp ra sau các khối ở sơ đồ khối

giả thiết xung chuẩn dạng răng cưa có độ dốc không đổi. Khi độ rộng của xung U_G thay đổi thì xung đếm ở đầu ra U_D cũng thay đổi theo. Mạch (AND) thứ hai chỉ cho ra các xung nhịp khi tồn tại xung quanh U_G nghĩa là trong khoảng thời gian mà $0 < U_G < U_A$. Mạch đếm đầu ra sẽ đếm số xung nhịp đó, đương nhiên số xung này tỷ lệ lớn với độ lớn của U_A . Trong thực tế bộ tạo xung răng cưa thực chất là một bộ tích phân.

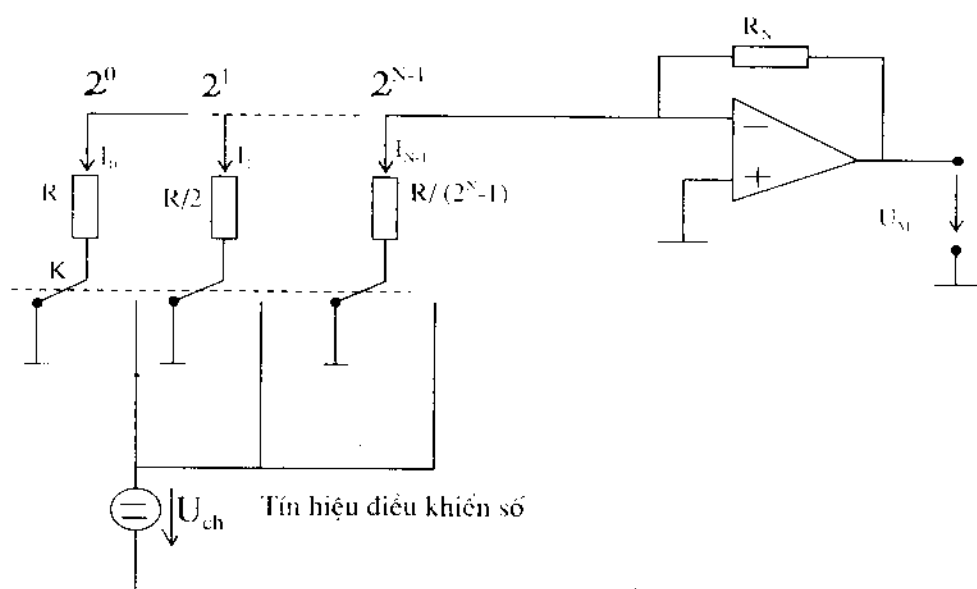
Ngoài các phương pháp chuyển đổi AD trên còn có các phương pháp khác như chuyển đổi theo phương pháp phân tích hai sườn dốc, chuyển đổi AD theo phương pháp song- song nối tiếp kết hợp, chuyển đổi AD phi tuyến.

13.5 CÁC PHƯƠNG PHÁP CHUYỂN ĐỔI SỐ - TƯƠNG TỰ

Chuyển đổi số - tương tự (DAC) là quá trình tìm lại tín hiệu tương tự từ N số hạng (N) bit đã biết của tín hiệu số với độ chính xác là một mức lượng tử tức 1 LSB.



Hình 13.9 Sơ đồ khối biểu diễn quá trình tìm lại tín hiệu tương tự từ số



Hình 13.10 Sơ đồ nguyên lý bộ chuyển đổi DA theo phương pháp thang điện trở

Chuyển đổi số - tương tự không phải là phép nghịch đảo của tương tự - số; vì không thể thực hiện được phép nghịch đảo của quá trình lượng tử hoá.

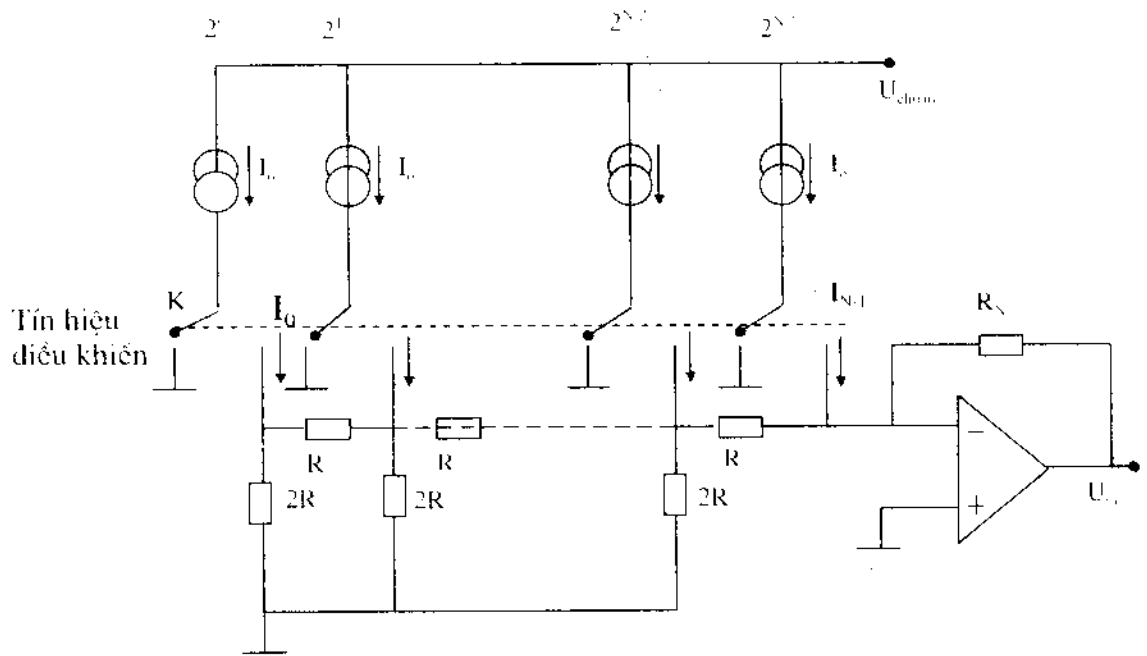
Quá trình chuyển đổi số - tương tự đơn giản hơn quá trình chuyển đổi tương tự - số rất nhiều. Vì vậy chuyển đổi số sang tương tự được ứng dụng nhiều trong các mạch chuyển đổi tương tự - số.

Theo sơ đồ này thì quá trình chuyển đổi số - tương tự là quá trình tìm lại tín hiệu tương tự đã lấy mẫu được. Tín hiệu đầu ra là tín hiệu rời rạc theo thời gian. Tín hiệu này được đưa qua một bộ lọc thông thấp lý tưởng: trên đầu ra bộ lọc có tín hiệu U_A biến thiên liên tục theo thời gian là tín hiệu nội suy của U_M . Ở đây bộ lọc thông thấp đóng vai trò như một bộ nội suy. Sau đây ta sẽ xét một số phương pháp chuyển đổi DA cơ bản.

1. Chuyển đổi số - tương tự bằng phương pháp thang điện trở (hình 13.10)

Trên đầu vào bộ khuếch đại thuật toán là một thang điện trở mà trị số của nó phân bố theo mã nhị phân: các điện trở lân cận nhau có trị số hơn kém nhau 2 lần.

Tín hiệu điều khiển chính là tín hiệu số cần chuyển đổi. Bít có nghĩa nhỏ nhất (LSB) được đưa đến điều khiển khoá nối với điện trở lớn nhất, bít có nghĩa



Hình 13.11 Sơ đồ khối bộ chuyển đổi DAC theo phương pháp mạng điện trở

lớn hơn tiếp đó được đưa đến điều khiển khoá nối với điện trở nhỏ hơn ($R/2$)... Và MSB điều khiển khoá nối với điện trở nhỏ nhất ($R/(2^N - 1)$). Nếu một bit có giá trị "0" thì khoá tương ứng nối với đất và nếu một bit ta có giá trị "1" thì khoá tương ứng nối với nguồn điện áp chuẩn U_{ch} để tạo nên một dòng điện tỷ lệ nghịch với trị số của nhánh đó, nghĩa là I_0 có trị số nhỏ nhất và I_{N-1} có trị số lớn nhất. Dòng điện sinh ra trong các nhánh điện trở được đưa đến đầu vào bộ khuếch đại thuật toán có điện áp:

$$U_{in} = -R_f \sum_{i=0}^{N-1} I_i$$

Chuyển đổi DA theo phương pháp này yêu cầu trị số của các điện trở phải rất chính xác. Ví dụ điện trở nhỏ nhất $R/2^{N-1}$ phải chính xác tới mức sai số dòng điện qua nó không vượt quá 1 LSB. Với $N=10$ thì sai số này khoảng 0,5%.

2. Chuyển đổi số - tương tự bằng phương pháp mạng điện trở (hình 13.11)

Trong mạch này các nguồn dòng điện được tạo ra bởi nguồn điện áp chuẩn U_{ch} .

Dòng điện của chúng bằng nhau và bằng I_0 , tín hiệu cần chuyển đổi (tín hiệu điều khiển) được đưa đến chuyển mạch K. Khi một bit nào đó của tín hiệu điều khiển là “0” thì I_0 tương ứng với bit đó bị gắn mạch qua khoá xuống đất. Ngược lại, nếu tín hiệu điều khiển là “1” thì I_0 ứng với được dẫn đến bộ đầu vào bộ khuếch đại thuật toán qua mạng điện trở. Trong sơ đồ này mạng điện trở làm nhiệm vụ phân dòng. Vì điện trở nhánh ngang bằng một nửa điện trở nhánh dọc, nên dòng điện khi qua mỗi khâu điện trở thì giảm đi một nửa. Dòng điện ứng với LSB đi qua $(N - 1)$ khâu điện trở, dòng điện ứng với bit có nghĩa lớn hơn đi qua $(N - 2)$ khâu... và dòng điện ứng với MSB được đưa trực tiếp tới đầu vào bộ khuếch đại thuật toán (I_0). Kết quả là các dòng điện ở cửa vào bộ khuếch đại thuật toán có trị số tương ứng với bit mà nó đại diện. Chúng có trị số giảm dần từ MSB đến LSB theo mã nhị phân. Trong sơ đồ, điện trở ở nhánh ngang cuối cùng có trị số là $2R$ bằng điện trở nhánh dọc. Kết cấu này nhằm đảm bảo sự phân dòng cho $I_{N-2} = I_0/2$ ở khâu cuối cùng cũng giống các khâu trước. Trong sơ đồ này số điện trở phải dùng khá lớn. Nếu phải chuyển đổi N bit thì số điện trở phải dùng là $2(N-1)$, trong khi theo phương pháp thang điện trở chỉ phải dùng N điện trở mà thôi.

Chương 14: **MẠCH NGUỒN CUNG CẤP**

14.1 KHÁI NIỆM

Nguồn cung cấp điện là một bộ phận không thể thiếu được của bất kỳ một thiết bị điện tín nói chung nào, nó là phần tử của máy móc tạo ra năng lượng điện cũng như biến đổi dạng của điện thoả mãn sự hoạt động bình thường của các thiết bị điện tín...

Các loại nguồn điện cung cấp có thể chia ra làm hai nhóm: là nhóm thứ nhất và nhóm thứ hai.

– Nhóm nguồn điện thứ nhất: Gồm tất cả các thiết bị để biến đổi các hình thức năng lượng khác thành năng lượng điện như máy phát điện, pin, ắc qui, nguồn điện hoá học, nguồn nhiệt điện, nguồn điện tử ánh sáng, pin nguyên tử...

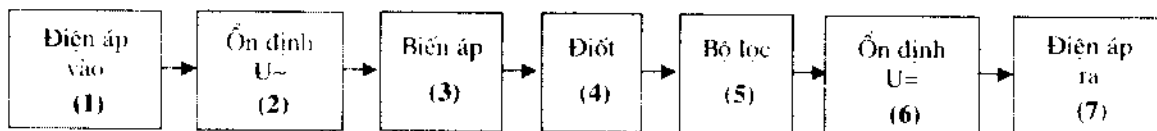
– Nhóm thứ hai: gồm tất cả các thiết bị biến đổi năng lượng điện từ dạng này thành dạng khác như: bộ chỉnh lưu, bộ cung cấp điện, máy biến áp, bộ nhân và phân tần số...

Trên thực tế những nội dung khác nhau của nguồn điện thứ nhất và thứ hai được sử dụng tương xứng với những hệ thống cung cấp điện khác nhau.

Hệ thống được sử dụng rộng rãi nhất của các thiết bị điện là hệ thống bao gồm nguồn điện áp xoay chiều và bộ chỉnh lưu để biến đổi điện xoay chiều thành điện một chiều với các giá trị khác nhau. Điện xoay chiều chủ yếu lấy từ mạng điện công nghiệp do nhà máy phát điện cung cấp, hoặc máy phát điện xoay chiều độc lập.

Ngoài máy biến áp, van chỉnh lưu, bộ lọc phẳng, bộ chỉnh lưu còn bao gồm các thiết bị phụ như thiết bị để làm ổn định điện áp chỉnh lưu tức là để giữ cho giá trị trong mức độ đã cho không đổi. Thiết bị để điều chỉnh điện áp chỉnh lưu tức là biến đổi điện áp trong phạm vi mà ta yêu cầu: thiết bị bảo vệ bộ chỉnh lưu không bị phá huỷ khi làm việc ở trạng thái có sự cố...

Sơ đồ khối của bộ nguồn chỉnh lưu



Sơ đồ khối tổng quát của bộ nguồn chỉnh lưu

Khối 1: Điện áp vào là nguồn xoay chiều một pha, ba pha...

Khối 2: Ổn định điện áp xoay chiều.

Khối 3: Biến áp nguồn có thể là tăng áp hoặc hạ áp tùy theo yêu cầu của tải tiêu thụ.

Khối 4: Điốt chỉnh lưu có nhiệm vụ biến đổi điện áp xoay chiều thành điện áp một chiều.

Khối 5: Bộ lọc có nhiệm vụ biến đổi biên độ rất lớn của các thành phần xoay chiều sau chỉnh lưu thành điện áp một chiều tương đối bằng phẳng hơn.

Khối 6: Ổn định điện áp một chiều tùy theo yêu cầu chất lượng của từng loại thiết bị mà ta có thêm bộ ổn định.

Khối 7: Điện áp ra để cung cấp cho tải tiêu thụ.

14.2 MÁY BIẾN ÁP VÀ CUỘN CẢM

1. Khái niệm chung

Máy biến áp là một thiết bị điện từ tĩnh dùng để biến đổi điện năng xoay chiều từ dạng thông số này sang dạng thông số khác.

Công dụng chính của máy biến áp là biến đổi điện áp xoay chiều từ trị số này sang trị số khác. Máy biến áp có thể dùng để biến đổi pha, biến đổi tần số, biến đổi dạng đường cong của điện áp và dùng trong một số mạch điện khác.

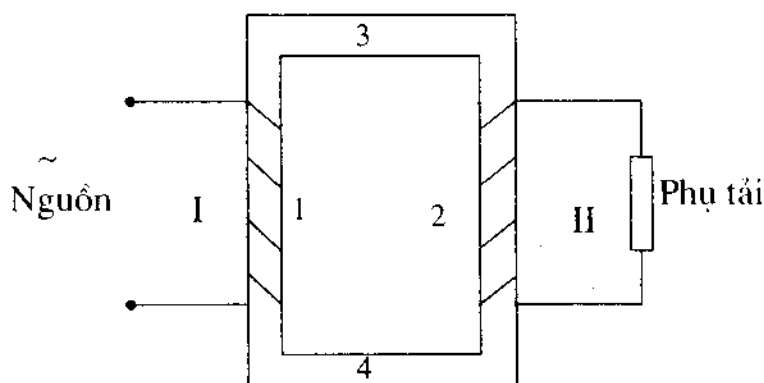
Trong các thiết bị nguồn điện, người ta dùng máy biến áp để thay đổi trị số điện áp của nguồn chính sao cho phù hợp với điện áp mà bộ chỉnh lưu yêu cầu và dùng để biến đổi số pha.

Cuộn cảm là một thiết bị điện từ tính dùng làm cảm kháng có thể điều chỉnh hoặc không điều chỉnh trong mạch điện xoay chiều. Ngoài ra cuộn cảm còn có thể ứng dụng trong bộ khuếch đại từ.

Cuộn cảm được ứng dụng nhiều nhất trong các thiết bị chỉnh lưu, dùng làm cảm kháng cố định trong mạch ổn áp xoay chiều, dùng làm một trong những phần tử của lọc phẳng. Cuộn cảm bão hoà được ứng dụng nhiều trong mạch ổn áp trong việc điều chỉnh điện áp xoay chiều và điện áp một chiều.

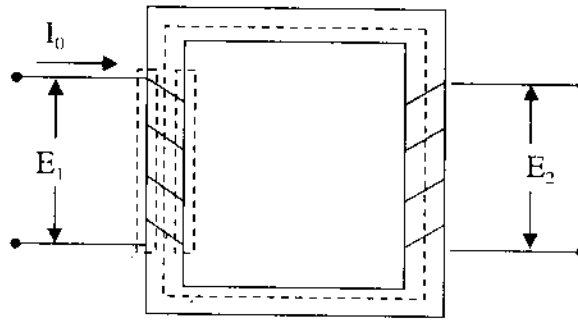
2. Nguyên lý làm việc của máy biến áp; quá trình vật lý khi không tải và khi có tải

Hình 14.1. Biểu thị mạch điện nguyên lý của máy biến áp.



Hình 14.1 Sơ đồ đơn giản của máy biến áp

Trong đó bao gồm: Lõi sắt làm bằng vật liệu sắt từ, hai cuộn dây quấn bằng dây cách điện (thường bằng dây émay) và thường có số vòng khác nhau. Cuộn nối vào nguồn điện gọi là cuộn sơ cấp.



Hình 14.2 Sơ đồ máy biến áp không tải

Phần mạch từ có đặt cuộn dây gọi là lõi thép (trong hình 14.1 biểu diễn bằng số 1 và 2), phần còn lại của mạch từ (trong hình 14.1) biểu thị bằng số 1 và số 3. Khi cuộn thứ cấp hở mạch thì chế độ làm việc của máy biến áp lúc này gọi là chế độ làm việc không tải (hình 14.2)

Sau đây ta nghiên cứu trạng thái làm việc không tải

Khi nối cuộn sơ cấp vào nguồn điện có điện áp U_1 thì trong cuộn sơ cấp có dòng điện I_0 , ta gọi là dòng điện không tải. Dòng điện này tạo ra từ thông biến đổi ϕ khép kín trong mạch từ và móc vòng với cuộn sơ cấp và cuộn thứ cấp. Do đó trong hai cuộn dây cảm ứng ra suất điện động có trị số hiệu dụng bằng:

$$E_1 = 4,4 \cdot f \cdot w_1 \cdot \phi_{\max} \quad (14.1)$$

$$E_2 = 4,4 \cdot f \cdot w_2 \cdot \phi_{\max} \quad (14.2)$$

Trong đó:

f : là tần số của nguồn điện xoay chiều

w_1, w_2 : là số vòng dây của cuộn sơ cấp và thứ cấp

$\phi_{\max}$: biên độ của từ thông

Từ công thức (14.1) và (14.2) ta thấy rằng suất điện động cảm ứng trong cuộn dây tỷ lệ thuận với tần số, số vòng dây và biên độ của từ thông móc vòng với những cuộn dây đó.

Vì f và $\phi_{\max}$ trong hai cuộn dây đều như nhau nên suất điện động cảm ứng tỷ lệ thuận trực tiếp với số vòng dây.

Thay đổi số vòng trong cuộn dây thứ cấp ta có thể thay đổi được trị số của suất điện động cảm ứng.

Chia công thức 14.1 cho 14.2 ta được:

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{w_1}{w_2} = k_T \quad (14.3)$$

Trong đó k_T là hệ số biến áp.

Trong máy biến áp thực tế, dòng điện không tải bao gồm hai thành phần: Thành phần tác dụng và thành phần phản tác dụng:

- Thành phần tác dụng của dòng điện không tải (I_{0a}) biểu thị năng lượng tiêu hao phướcô và tiêu hao từ trễ.

- Thành phần phản tác dụng của dòng điện không tải (I_{0p}) tạo nên từ thông ϕ_0 trong lõi thép.

Thực tế cuộn dây ít nhiều đều có điện trở, do vậy khi có dòng điện chạy qua sẽ gây nên một sụt áp. Vậy đối với cuộn dây sơ cấp sụt áp bằng:

$$I_0 r_1 = - E a_1 \quad (14.4)$$

Trong đó r_1 là điện trở của cuộn sơ cấp.

Dòng điện chạy qua cuộn dây sơ cấp (thành phần phản tác dụng) không những sinh ra từ thông chính ϕ_0 khép kín trong mạch từ mà còn sinh ra từ thông tản ϕ_{p1} phần lớn đi qua không khí (xem hình 14.2). Từ thông tản này cảm ứng ra suất điện động tản E_{p1} trong cuộn sơ cấp:

$$E_{p1} = - j \cdot I_0 \cdot x_1 = - j \cdot I_0 \cdot 2\pi f \cdot L_{p1} \quad (14.5)$$

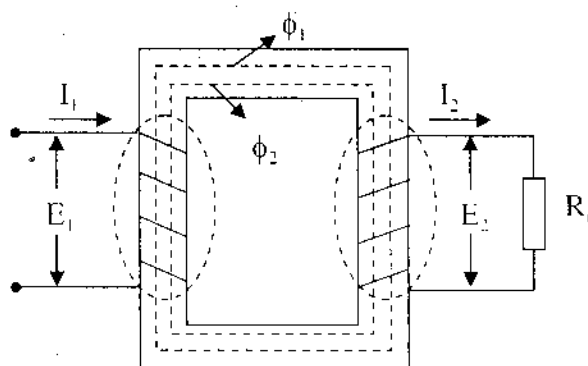
Trong đó x_1 , L_{p1} là cảm kháng tản và điện cảm tản của cuộn sơ cấp.

Vậy căn cứ vào định luật cân bằng suất điện động ta được hệ số biến áp theo công thức sau:

$$k_T = \frac{U_1}{U_2} \quad (14.6)$$

Chế độ làm việc có tải

Nếu cuộn thứ cấp của máy biến áp nối với phụ tải như hình 14.3 thì chế độ làm việc lúc này gọi là chế độ làm việc có tải. Khi đặt nguồn điện U_1 vào cuộn sơ cấp thì trong cuộn sơ cấp và cuộn thứ cấp có dòng điện I_1 và I_2 chạy qua như hình vẽ 14.3. Trong mạch từ xuất hiện từ thông ϕ_1, ϕ_2 . Từ thông ϕ_1 sinh ra từ thông ϕ_2 . Theo định luật Lenxơ khi dòng điện phụ tải I_2 tăng, từ thông ϕ_2 cũng tăng. Do đó từ thông tổng $\phi_1 - \phi_2$ giảm xuống. Vì vậy suất điện động cảm ứng E_1, E_2 do từ thông tổng sinh ra cũng giảm theo. E_1 giảm làm cho I_1, ϕ_1 và $\phi_1 - \phi_2$ giảm. E_2 giảm làm cho I_2 và ϕ_2 giảm. Do đó $\phi_1 - \phi_2$ tăng lên.



Hình 14.3 Sơ đồ máy biến áp có tải

Vì vậy sự biến đổi của từ thông tổng do tăng dòng điện I_2 được bổ sung điều hoà lẫn cho nhau. Kết quả là từ thông tổng vẫn không thay đổi khi phụ tải tăng.

Khi ta giảm dần dòng điện tải tới 0 thì từ thông tổng cũng vẫn không thay đổi.

Từ đó ta thấy rằng từ thông tổng bằng từ thông khi máy biến áp không tải.

$$\phi_1 - \phi_2 = \phi_0 \quad (14.7)$$

Dựa trên định luật bảo toàn năng lượng ta có thể xác định được trị số của dòng điện I_1 .

Nếu không tính đến tổn hao công suất trong cuộn dây và trong mạch từ thì công suất của cuộn sơ cấp bằng công suất của cuộn thứ cấp.

$$E_1 \cdot I_1 = E_2 \cdot I_2 \quad (14.8)$$

Đồng thời giải công thức (14.3) và công thức (14.8) ta được:

$$I_1 = \frac{1}{k_r} I_2 \quad (14.9)$$

Qua phân tích ở trên ta biết rằng khi phụ tải thay đổi từ thông trong lõi sắt không thay đổi. Vậy lực từ hoá gây nên từ thông đó không thay đổi.

Trên cơ sở đó ta có:

$$(AW)_0 = (AW)_{p1} \quad (14.10)$$

Trong đó:

$(AW)_0$ là số ampe vòng khi máy biến áp không tải.

$(AW)_{p1}$ là số ampe vòng khi máy biến áp có tải

Khi không tải lực từ hoá bằng:

$$(AW)_0 = I_0 w_1 \quad (14.11)$$

Khi máy biến áp có tải lực từ hoá tác dụng trên mạch từ bằng tổng véc tơ lực từ hoá của cuộn sơ cấp và cuộn thứ cấp:

$$(AW)_{p1} = I_1 w_1 + I_2 w_2 \quad (14.12)$$

Thay giá trị của $(AW)_0$ và $(AW)_{p1}$ vào công thức (14.10) ta được:

$$I_0 w_1 = I_1 w_1 + I_2 w_2 \quad (14.13)$$

Phương trình (14.13) gọi là phương trình cân bằng lực từ hóa.

Chia hai vế của công thức (14.13) cho w_1 và ứng dụng công thức (14.3) ta có:

$$I_0 = I_1 + \frac{w_2}{w_1} I_2 = I_1 + \frac{1}{k_r} I_2 \quad (14.14)$$

Qua công thức trên ta thấy khi dòng điện I_0 nhỏ thì I_1 và I_2 lệch nhau một pha gần bằng 130° .

Trong máy biến áp có tải ngoài từ thông chính móc vòng toàn bộ mạch từ còn có từ thông tản ϕ_{p1} và ϕ_{p2} chủ yếu đi qua không khí xem hình 14.3. Những từ thông tản này cảm ứng ra suất điện động tản trong cuộn sơ cấp và cuộn thứ cấp

$$\dot{E}_{p1} = -j \cdot I_1 \cdot x_1 = -j \cdot I_1 \cdot 2\pi f \cdot L_{p1} \quad (14.15)$$

$$E_{p2} = -j \cdot I_2 \cdot x_2 = -j \cdot I_2 \cdot 2\pi f \cdot L_{p2} \quad (14.16)$$

Công suất là thông số chính của máy biến áp. Trong đó có các loại công suất sau đây:

Công suất điện từ: là công suất truyền bằng điện từ từ cuộn sơ cấp sang cuộn thứ cấp:

$$P_{Em} = E_2 \cdot I_2 \quad (14.17)$$

Công suất ra của máy biến áp bằng tích số giữa điện áp và dòng điện hiệu dụng trong cuộn thứ cấp:

$$P_2 = U_2 \cdot I_2 \quad (14.18)$$

Công suất vào của máy biến áp bằng tích số giữa điện áp và dòng điện hiệu dụng của cuộn sơ cấp:

$$P_1 = U_1 \cdot I_1 \quad (14.19)$$

Công suất vào luôn luôn lớn hơn công suất ra vì nó có tổn hao năng lượng trong mạch từ và trong cuộn dây.

Tổn hao năng lượng trong máy biến áp có thể phân thành hai loại: Tổn hao tác dụng và tổn hao phản kháng:

- Tổn hao tác dụng bao gồm tổn hao phứcô và tổn hao từ trễ trong mạch từ và tổn hao tác dụng trong cuộn dây.

- Tổn hao phản kháng bao gồm tổn hao do việc tạo nên từ trường trong mạch từ và tổn hao phản kháng trong cuộn dây.

Khi máy biến áp làm việc với phụ tải điện trở (thường có trong các thiết bị chỉnh lưu) thì hiệu quả truyền năng lượng của máy biến áp được biểu thị bằng hiệu suất của nó. Hiệu suất của máy biến áp bằng tỷ số giữa công suất tác dụng cung cấp cho phụ tải với công suất tác dụng tổng do máy biến áp tiêu thụ của nguồn điện:

$$\eta = \frac{P_2}{P_2 + P_v + P_d} \quad (14.20)$$

Hệ số công suất được xác định bằng công thức sau:

$$\cos \phi_{\eta} = \frac{P_2 + P_s + P_d}{P_2} \quad (14.21)$$

Trong đó:

P_s : là công suất tổn hao sắt bao gồm tổn hao từ trễ và tổn hao phươô

P_d : là công suất tổn hao trên điện trở của cuộn dây — gọi là công suất tổn hao dòng.

3. Các loại biến áp đặc biệt

Trên đây đã trình bày tính chất chung của máy biến áp một pha dùng để biến đổi điện áp xoay chiều. Đó là những tính chất mà bất kỳ máy biến áp nào cũng phải có mặc dù công dụng có thể khác nhau.

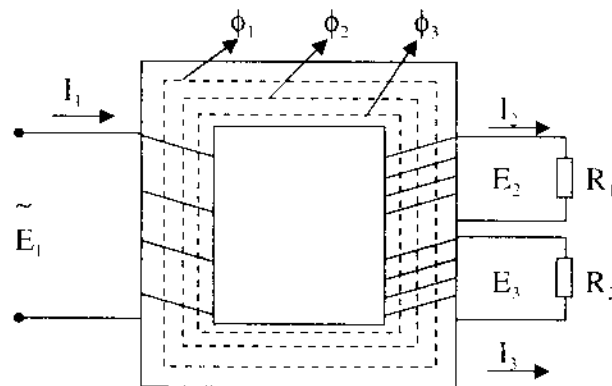
Tuy nhiên trong thực tế người ta dùng nhiều loại máy biến áp đặc biệt. Những máy biến áp này có những đặc tính riêng về quá trình vật lý cũng như về cấu tạo.

Sau đây chúng ta sẽ nghiên cứu một số loại máy biến áp đặc biệt như máy biến áp một pha có nhiều cuộn dây, máy biến áp ba pha, máy biến áp tự ngẫu dùng để biến đổi điện áp xoay chiều và máy biến áp dùng để biến đổi số pha.

a) Máy biến áp có nhiều cuộn dây

Là những máy biến áp có một cuộn dây sơ cấp và nhiều cuộn dây thứ cấp để có thể lấy ra được nhiều cấp điện áp.

Máy biến áp có hai cuộn thứ cấp như hình vẽ (14.4).



Hình 14.4 Sơ đồ máy biến áp có nhiều cuộn dây

Khi nối cuộn sơ cấp với nguồn điện xoay chiều, trong lõi thép có từ thông móc vòng với cả cuộn sơ và cuộn thứ cấp, do đó trong các cuộn dây sẽ cảm ứng ra suất điện động tỷ lệ thuận với số vòng của mỗi cuộn dây. Vì thế trong chế độ không tải máy biến áp nhiều cuộn dây đó không có gì khác với máy biến áp hai cuộn dây.

Nếu nối một trong hai cuộn dây đó (ví dụ cuộn hai) với phụ tải thì trong cuộn dây đó có dòng điện I_2 . Dòng I_2 tạo nên từ thông ϕ_2 trong lõi thép.

Dựa vào công thức (14.9) ta có thể tìm được dòng điện sơ cấp $(I_1)_2$

$$(I_1)_2 = \frac{1}{k_{12}} I_2 \quad (14.22)$$

Trong đó:

$(I_1)_2$: là dòng điện trong cuộn sơ cấp khi chỉ có một cuộn thứ cấp làm việc

k_{12} : là hệ số biến áp giữa cuộn sơ cấp và cuộn thứ cấp

Nếu nối cả cuộn ba với phụ tải, thì trong mạch từ có thêm từ thông ϕ_3 do đó dòng điện sơ cấp tăng thêm một lượng bằng:

$$(I_1)_3 = \frac{1}{k_{13}} I_3 \quad (14.23)$$

Vậy khi cả hai cuộn thứ cấp đều làm việc thì dòng điện trong cuộn sơ cấp bằng:

$$I_1 = (I_1)_2 + (I_1)_3 \quad (14.24)$$

Biểu thức trên giả thiết trong trường hợp phụ tải của cả hai cuộn dây đều là điện trở. Nếu phụ tải của hai cuộn dây không phải là điện trở và hệ số công suất của chúng khác nhau thì dòng điện I_1 sẽ bằng tổng vector của hai dòng $(I_1)_2$ và $(I_1)_3$.

Khi có dòng điện I_1 thì từ thông ϕ_1 sẽ tăng lên để bù với từ thông $\phi_2 + \phi_3$, do đó từ thông tổng trong lõi thép không thay đổi.

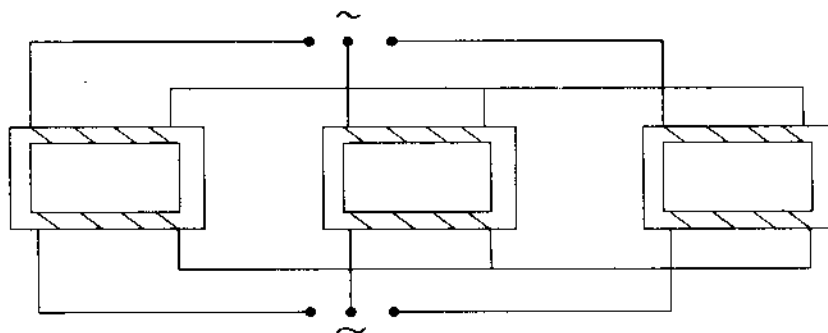
Nếu không tính công suất tổn hao trong mạch từ và trong cuộn dây thì công suất của cuộn sơ cấp bằng tổng số công suất của các cuộn thứ cấp.

Cần chú ý đối với máy biến áp nhiều cuộn dây có sự ảnh hưởng lẫn nhau giữa các cuộn dây thứ cấp. Khi dòng điện của một trong các cuộn dây thứ cấp biến đổi thì dòng điện và sụt áp trên cuộn dây sơ cấp cũng biến đổi theo, do đó điện áp ở hai đầu của các cuộn dây còn lại cũng thay đổi.

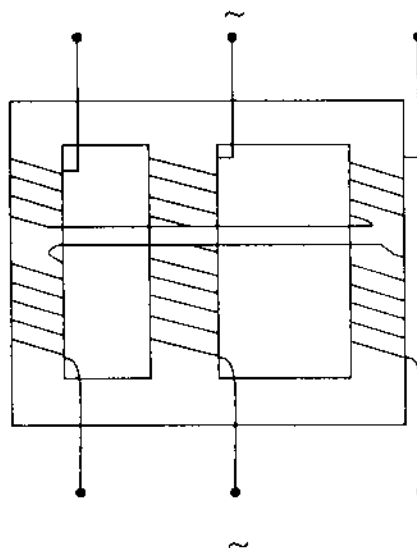
b) Máy biến áp ba pha

Có rất nhiều máy chỉnh lưu yêu cầu nguồn điện ba pha. Để cung cấp điện ba pha cho các thiết bị trên người ta dùng máy biến áp ba pha để biến đổi điện áp ba pha của nguồn điện thành điện áp ba pha cần thiết.

Để biến đổi điện áp ba pha người ta có thể dùng ba máy biến áp một pha như hình vẽ (14.5) hoặc biến áp ba pha như hình vẽ (14.6).



Hình 14.5 Hệ ba pha gồm ba máy biến áp một pha



Hình 14.6 Máy biến áp ba pha

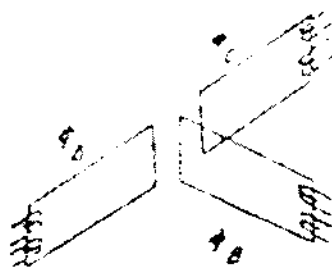
Trong hình vẽ (14.5), người ta mắc điện áp ba pha của mạng điện vào đầu cuộn sơ cấp của mỗi máy biến áp; trong mạng điện ba pha đối xứng thì điện áp pha chênh lệch nhau 120° . Nếu ba máy biến thế một pha hoàn toàn đối xứng thì điện áp trên cuộn dây thứ cấp cũng lệch nhau 120° , tạo nên hệ thống ba pha đối xứng.

Mỗi máy biến áp một pha (Hình 14.5) trong hệ thống ba pha làm việc giống như máy biến thế một pha thông thường. Do đó quá trình vật lý trong những máy biến áp đó cũng giống như đã trình bày ở trên.

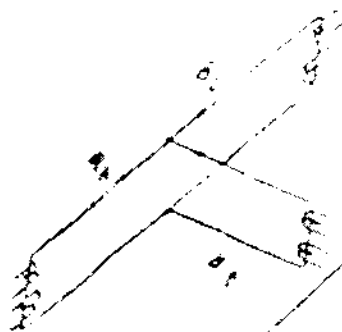
Các cuộn dây sơ cấp và thứ cấp của máy biến áp một pha có thể nối theo hình sao như hình vẽ (14.5) hoặc có thể nối theo hình tam giác, hoặc có thể nối theo các tổ hợp: sao - tam giác hoặc tam giác - sao.

Máy biến áp ba pha như hình vẽ (14.6): Để thấy rõ sự chuyển đổi từ hình vẽ (14.5) sang hình vẽ (14.6) ta có thể dùng hình vẽ (14.7). Trong đó hình vẽ (14.7a) biểu thị mạch từ của ba máy biến áp một pha, cuộn sơ và cuộn thứ của máy biến áp đặt cạnh nhau chỉ để tạo nên đường đi của từ thông của mỗi pha do đó có thể gộp lại thành một lõi thép chung. Trong hệ thống ba pha đối xứng, từ thông tổng $\phi_A + \phi_B + \phi_C$ bằng 0, như vậy không cần phải có lõi thép chung như hình vẽ (14.7b).

Nếu rút ngắn chiều dài của lõi sắt pha B ta có thể bố trí lõi sắt ba pha trên cùng một mặt phẳng như hình vẽ (14.7c).



Hình 14.7a



Hình 14.7b



Hình 14.7c

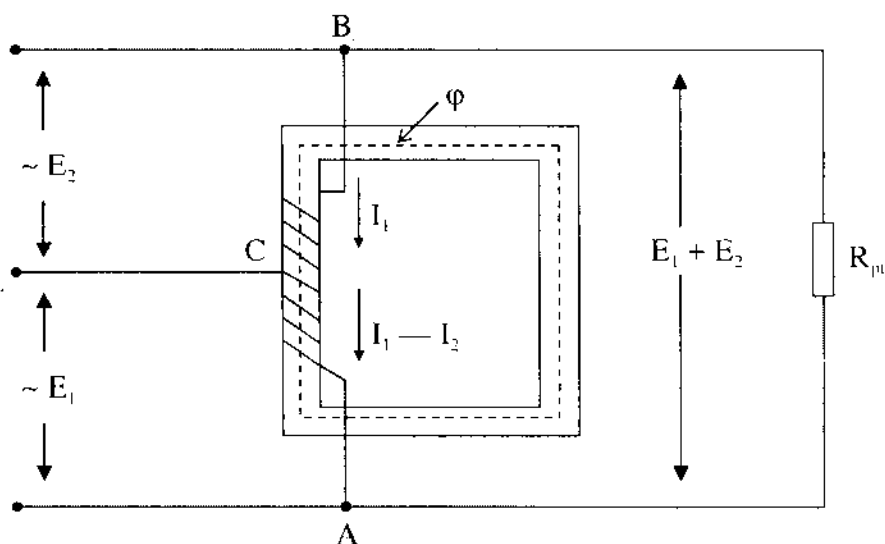
Máy biến áp ba pha có một lõi thép cấu tạo nhẹ nhàng hơn máy biến áp ba pha có ba lõi thép riêng biệt, nhưng cũng có nhược điểm là từ trở của lõi thép giữa và lõi thép hai bên không giống nhau. Từ trở khác nhau dẫn tới dòng từ hoá ở pha giữa và pha hai bên khác nhau. Các dòng điện từ hoá này có thể chênh lệch nhau từ 10% đến 15%. Người ta có thể giảm bớt sự chênh lệch này một vài % bằng cách tăng tiết diện và chiều cao của lõi từ. Làm như vậy để giảm bớt sự chênh lệch từ trở của các pha.

Phụ tải của máy biến áp ba pha dùng trong mạch chỉnh lưu thường bằng nhau. Do đó ta có thể tính riêng mỗi pha như cách tính máy biến áp một pha

c) Máy biến áp tự ngẫu

Trong các thiết bị điện người ta có dùng máy biến áp tự ngẫu như hình vẽ 14.8. Đặc điểm của máy biến áp tự ngẫu là giữa hai cuộn dây có sự liên hệ trực tiếp về điện.

- Hình 14.8a biểu thị mạch điện của máy tự ngẫu tăng áp.

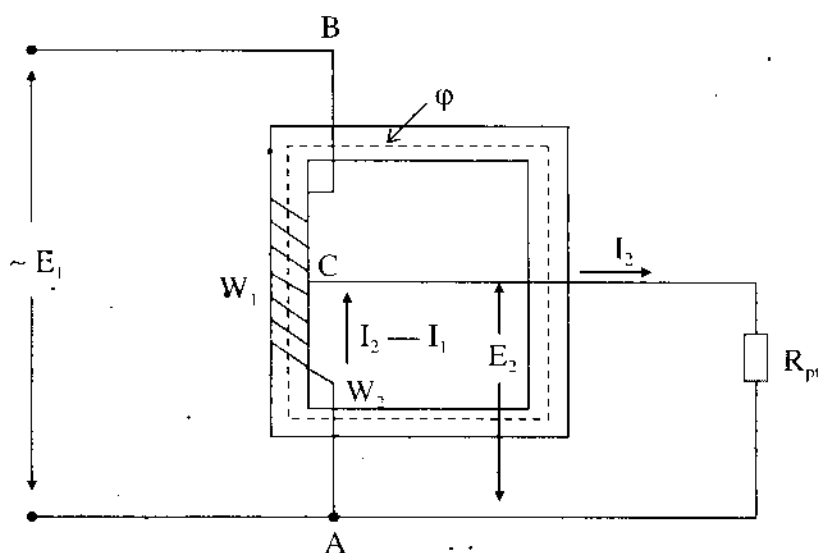


Hình 14.8a Sơ đồ máy biến áp tự ngẫu tăng áp

Khi mắc cuộn dây sơ cấp vào nguồn điện xoay chiều, trong lõi thép máy biến áp có từ thông Φ , từ thông Φ cảm ứng ra suất điện động E_1 và E_2 ở hai phần của cuộn dây. Vì cuộn AB và BC nối tiếp nhau nên suất điện động ở đầu ra của

máy biến áp bằng tổng số các suất điện động ở hai phần của cuộn dây (tức là $E_1 + E_2$).

Khi nối với phụ tải trong cuộn thứ cấp có dòng điện I_2 , cuộn sơ cấp có dòng điện I_1 . Như ta đã biết dòng điện I_1 và I_2 lệch pha nhau 180° do đó chúng có chiều trái ngược nhau. Dòng điện trong bộ phận chung của hai cuộn dây bằng $I_1 - I_2$. Dòng điện bên thứ cấp bằng I_2 .



Hình 14.8b Sơ đồ máy biến áp tự ngẫu giảm áp

- Hình vẽ 14.8b biểu thị sơ đồ của máy biến áp tự ngẫu giảm áp

Trong hình vẽ ta thấy cuộn dây thứ cấp AC là một phần của cuộn dây sơ cấp AB. Khi không tải trong cuộn dây AC có suất điện động cảm ứng E_2 , trong cuộn dây AB có suất điện động cảm ứng E_1 . Suất điện động cảm ứng có thể xác định theo công thức (14.3). Tương tự như trên ta biểu thị dòng điện do mạng điện cung cấp vào là I_1 và dòng điện tiêu thụ trong phụ tải là I_2 . Dòng điện chạy trên phần chung của hai cuộn dây là $I_2 - I_1$.

Máy biến áp tự ngẫu có ưu điểm là kích thước và trọng lượng nhỏ hơn máy biến áp thông thường khi có cùng công suất, nhưng có nhược điểm là không có sự cách ly giữa điện áp sơ cấp và điện áp thứ cấp, nếu có sự cố về điện sẽ dẫn đến

hiện tượng dẫn điện trực tiếp giữa điện áp sơ cấp và điện áp thứ cấp gây nguy hiểm.

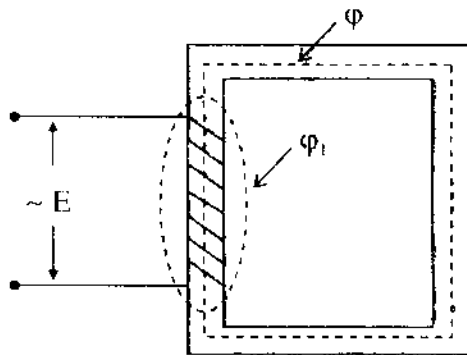
Vì vậy máy biến áp tự ngẫu chỉ ứng dụng trong trường hợp hệ số biến áp không lớn lắm ($k_T = 0,5 \div 2$).

d) Cuộn cảm xoay chiều

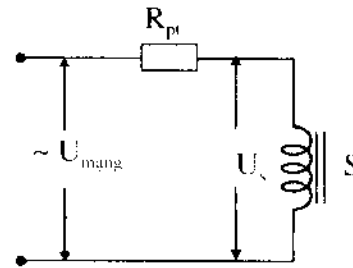
Để tạo nên cảm kháng trong điện xoay chiều người ta dùng cuộn dây có lõi sắt gọi là cuộn phản kháng hay cuộn cảm.

Cuộn cảm xoay chiều dùng trong các thiết bị chỉnh lưu thường mắc với các phần tử khác trong mạch như: điện trở, điện cảm, điện dung.

Cấu tạo của cuộn cảm xoay chiều gồm có lõi sắt và cuộn dây như hình vẽ 14.9a



Hình 14.9a Cuộn cảm xoay chiều



Hình 14.9b Sơ đồ cách mắc mạch

Nguyên lý làm việc của cuộn cảm xoay chiều mắc nối tiếp với điện trở như hình vẽ (14.9b).

Khi cho điện áp xoay chiều vào hai đầu mạch điện, trong mạch có dòng điện I chạy qua.

Dòng điện I có thể xác định từ công thức sau:

$$U_{mạng} = U_s + IR_{pt} \quad (14.25)$$

Dòng điện chạy qua cuộn cảm sinh ra từ thông ϕ trong mạch từ và cảm ứng ra suất điện động cảm ứng E trong cuộn dây. Vì bản thân cuộn dây có điện trở nên khi dòng điện chạy qua sẽ gây nên một sụt áp bằng Ir .

Dựa vào định luật cân bằng thế điện động, điện áp ở hai đầu cuộn cảm bằng tổng vector của E và Ir

$$U_s = - (E - Ir) \quad (14.26)$$

Qua đó ta thấy rằng quá trình vật lý trong cuộn cảm cũng tương tự như quá trình vật lý trong máy biến áp.

Tuy nhiên, cũng có sự khác nhau là từ thông trong lõi sắt của máy biến áp do dòng điện từ hoá sinh ra. Dòng điện này chỉ phụ thuộc vào điện áp của mạng điện, không phụ thuộc vào phụ tải; còn từ thông trong lõi sắt của cuộn cảm do dòng điện phụ tải sinh ra. Dòng điện này không những phụ thuộc vào điện áp của mạng điện mà còn phụ thuộc vào phụ tải.

Thông số chính của cuộn cảm xoay chiều là điện cảm.

e) Cuộn cảm lọc phẳng.

Cuộn cảm lọc phẳng có tác dụng làm giảm gợn sóng trong mạch chỉnh lưu điện áp. Cuộn cảm lọc phẳng gồm lõi sắt và cuộn dây. Cuộn dây mắc nối tiếp với tải và có dòng điện chỉnh lưu chạy qua.

Đối với bất kỳ mạch điện chỉnh lưu nào, dòng điện này cũng mang tính chất xung. Nó là tập hợp của thành phần một chiều và những thành phần xoay chiều hình sin có tần số khác nhau. Các thành phần xoay chiều này tần số càng cao thì biên độ càng nhỏ.

14.3 MẠCH CHỈNH LƯU

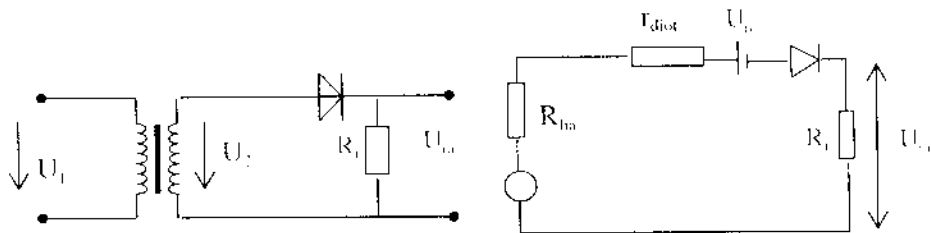
Các phần tử tích cực dùng để chỉnh lưu là các phần tử có đặc tuyến volt - ampe không đối xứng sao cho dòng điện qua nó chỉ đi theo một chiều. Người ta thường dùng chỉnh lưu Silic, để có công suất nhỏ hoặc trung bình cũng có thể dùng chỉnh lưu Selen. Để có công suất ra lớn ($> 100W$) và có thể điều chỉnh mức điện áp ra tùy ý, người ta dùng thyristor để chỉnh lưu.

Các sơ đồ chỉnh lưu là sơ đồ chỉnh lưu nửa sóng, sơ đồ chỉnh lưu toàn sóng, trong đó sơ đồ cầu là sơ đồ có ưu điểm hơn cả. Sơ đồ bội áp chỉ được dùng trong trường hợp đặc biệt, ví dụ dùng để tạo điện áp cao với dòng cung cấp bé (μA).

Mạch chỉnh lưu phải có hiệu suất (tỷ số công suất và công suất hữu ích ở đầu vào) cao, ít phụ thuộc vào tải và độ gợn sóng của điện áp ra nhỏ.

Chọn diot chỉnh lưu phải quan tâm đến các thông số sau đây: dòng trung bình, dòng cực đại, điện áp ngược và dòng điện môi trường. Nếu biên độ điện áp vào đủ lớn thì có thể coi đặc tuyến của diot là môi trường gấp khúc. Trong các mạch chỉnh lưu điều kiện này luôn luôn thoả mãn.

1 Mạch chỉnh lưu nửa sóng



Hình 14.10 Sơ đồ mạch điện nắn nửa sóng và sơ đồ tương đương

Giả thiết điện áp xoay chiều trên cuộn thứ cấp biến áp: $u_{21} = U_{21} \sin \omega t$. Ta có dòng điện chạy trong cuộn thứ cấp:

$$i_2 = \frac{U_{21} \sin \omega t - U_u}{R_l + R_t} \quad (14.27)$$

$$\text{Và } i_2 = 0 \text{ khi } u_{21} < U_u \quad (14.28)$$

Trong các biểu thức trên U_u là điện áp ngưỡng của diot; R là nội trở của mạch thứ cấp $R_l = R_{ba} + r_{diot}$

$$\text{Từ (14.27) suy ra biên độ dòng thứ cấp: } I_2 = \frac{U_{21} - U_u}{R_l + R_t} \quad (14.29)$$

$$\text{Trị TB của dòng chỉnh lưu khi } U_u = 0, i_2 = I_{20} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} i_2 d(\omega t) = I_2 / \pi \quad (14.30)$$

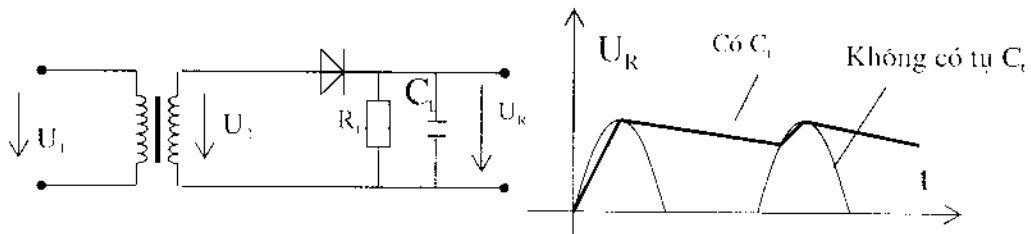
Do đó đồ thị thời gian điện áp ra trên tải $u_l = i_2 R_l$ có dạng giống đồ thị thời gian của i_2 . Trị trung bình đại số của nó $u_l = U_{l0} = i_2 \cdot R_l = (I_2 / \pi) R_l \approx U_2 / \pi$. (14.31).

Quan hệ này cho biết sự phụ thuộc của điện áp ra vào tải; khi dòng qua tải i_2 tăng thì sụt áp trên R_l tăng, do đó điện áp ra trên tải giảm.

2. ảnh hưởng của điện dung tải đến công suất của bộ chỉnh lưu

Trong mạch chỉnh lưu nửa sóng điện áp ra tải là một dãy xung hình sin. Để cung cấp cho các thiết bị điện tử, yêu cầu điện áp ra của bộ chỉnh lưu là điện áp một chiều tương đối bằng phẳng. Muốn vậy, phải mắc song song với tải tụ điện C_t (hình 14.11).

Khi diot thông thì C_t nạp và tích trữ năng lượng, khi diot ngắt thì C_t phóng điện qua R_t . Bằng cách đó có thể giảm độ gợn sóng của điện áp ra (hình 14.11).



Hình 14.11 Ảnh hưởng của điện dung tải đến công tác của bộ chỉnh lưu

Khi điện trở tải R_t lớn thì C_t có thể được nạp tới giá trị đỉnh của điện áp xoay chiều, điện áp ra trung bình tăng lên gấp hai lần, suy ra điện áp ngược đặt lên diot tăng lên hai lần. Vậy trong trường hợp mạch có thêm điện dung tải thì điện áp ngược đặt lên diot là lớn gấp đôi so với trường hợp không có C_t .

Nếu R_t không lớn quá, thì trong mỗi chu kỳ tụ C_t phóng điện tạo ra một lượng biến đổi điện áp trên tải: $\Delta U_R \approx \frac{\Delta Q}{C} \approx u_1 T / (R_t C_t)$

Công suất tổn hao trong diot:

$$P_{\text{thD}} = I_D \cdot U_D$$

Khi mới đóng mạch, tụ C_t chưa được nạp, nên dòng qua diot lớn nhất.

Để cho không vượt quá giá trị cực đại cho phép của dòng qua diot khi R_{ba} nhỏ, có thể mắc thêm một điện trở hạn dòng nối tiếp với diot.

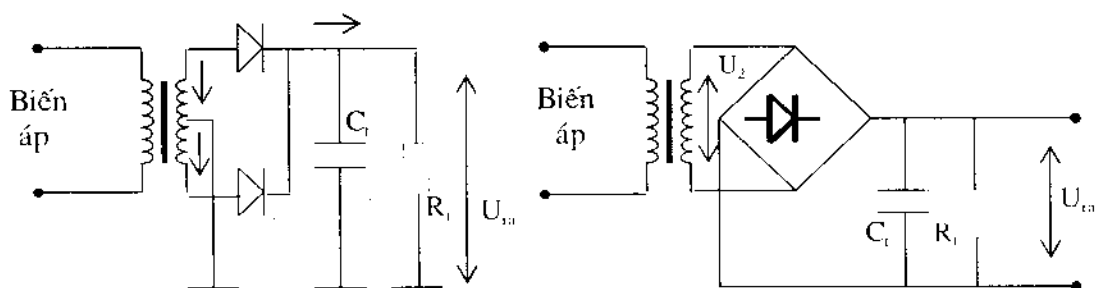
3. Mạch chỉnh lưu toàn sóng

Đặc điểm của mạch chỉnh lưu toàn sóng là trong cả hai nửa chu kỳ của điện áp xoay chiều đều có dòng điện chạy qua tải. Có hai loại sơ đồ chỉnh lưu toàn sóng sơ đồ cân bằng và sơ đồ cầu.

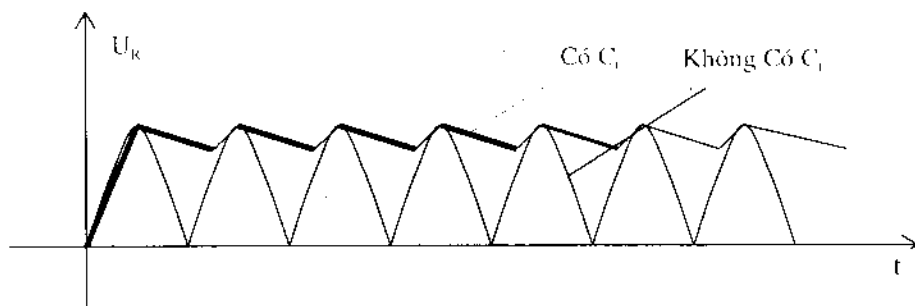
Sơ đồ chỉnh lưu cân bằng là hai sơ đồ chỉnh lưu nửa sóng mắc song song có tải chung. Tương tự như sơ đồ chỉnh lưu nửa sóng, khi $U_n = 0$ và $C_1 = 0$ ta suy ra:

$$I_2 = I_{20} = 2 I_2 / \pi \text{ và } U_{R0} = I_{20} R_1 = I_2 R_1 / 2.$$

Khi tính toán theo cần lưu ý là biên độ điện áp xoay chiều không tải. Trên một nửa cuộn thứ cấp và r_{diot} cũng như R_{ba} là điện trở trong của một diot và một nửa cuộn thứ cấp. Trị trung bình đại số của điện áp ra khi $C_1 = 0$ tăng gấp đôi so với sơ đồ chỉnh lưu nửa sóng. Điện áp ngược cực đại đặt lên diot bằng khoảng $2U_{21}$.



Hình 14.12 Mạch chỉnh lưu toàn sóng (sơ đồ cân bằng và sơ đồ cầu)



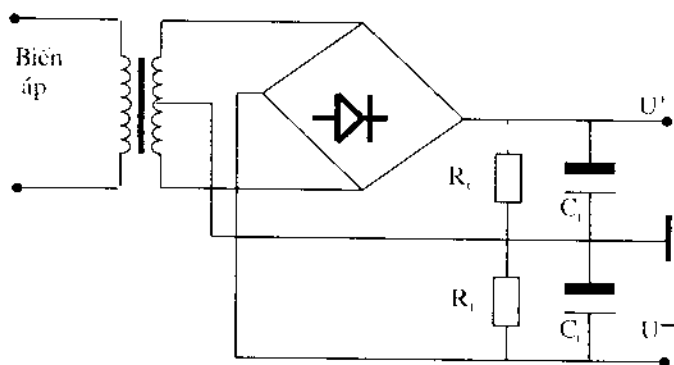
Hình 14.13 Đồ thị biểu diễn điện áp ra sau mạch tách sóng

Sơ đồ cầu dùng trong trường hợp điện áp xoay chiều tương đối lớn. Sơ đồ chỉnh lưu cầu ưu việt hơn sơ đồ cân bằng ở chỗ cuộn thứ cấp được sử dụng toàn bộ trong hai nửa chu kỳ điện áp vào và điện áp ngược đặt lên diot trong trường hợp này chỉ bằng một nửa điện áp ngược đặt lên trong sơ đồ cân bằng. Điện áp ra cực đại khi không tải: Nghĩa là nhỏ hơn chút ít so với điện áp trong sơ đồ cân bằng, vì ở đây có hai diot mắc nối tiếp.

Trong sơ đồ cầu, nếu nối đất điểm giữa biến áp và mắc thêm tải (hình 14.14) ta có mạch chỉnh lưu có điện áp ra hai cực tính.

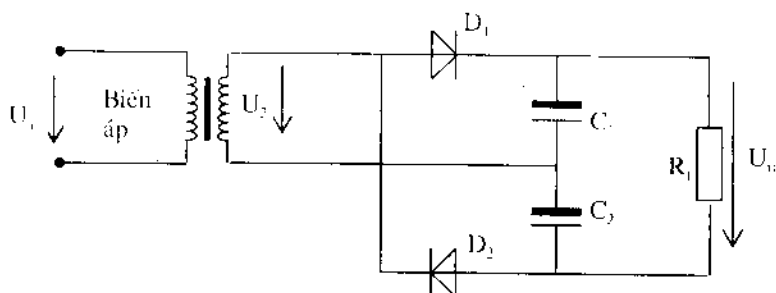
4. Mạch chỉnh lưu kiểu bội áp

Mạch bội áp được dùng trong các trường hợp đặc biệt, ví dụ khi yêu cầu điện áp ra cao mà dòng tiêu thụ lại nhỏ (cỡ μA). Nếu dùng một tầng (hình 14.15) thì điện áp một chiều ở đầu ra gấp đôi trị số



Hình 14.14 Sơ đồ mạch chỉnh lưu tạo điện áp hai cực tính

đỉnh của điện áp xoay chiều ở đầu vào, vì C_1 và C_2 được nạp tới giá trị đỉnh của đầu vào qua D_1 và D_2 trong hai nửa chu kỳ âm và dương. Trên hình 14.6 trong nửa chu kỳ dương của điện áp U_2 , C_1 được nạp đến trị số gần bằng giá trị đỉnh U_2



Hình 14.15 Sơ đồ mạch nhân bội áp (một tầng)

thông qua D_1 . Trong nửa chu kỳ tiếp theo C_2 được nạp thông qua D_2 theo chiều như trên hình vẽ sao cho sau vài chu kỳ của điện áp xoay chiều mỗi tụ điện được nạp tới trị số đỉnh u_2 . Nếu có n tầng như vậy thì điện áp ra tải $U_{10} \approx 2nU_2$, thường chọn $n \leq 10$.

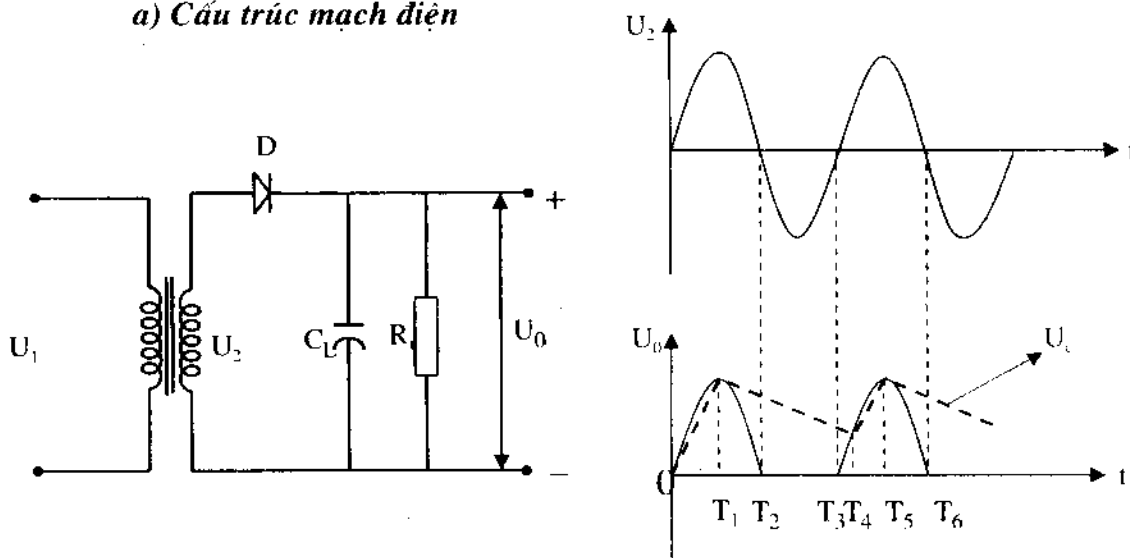
14.4 MẠCH LỌC

Mạch lọc dùng để lọc điện áp sau khi nhân, tạo ra điện áp bằng phẳng hơn. Mạch lọc có thể dùng mạch lọc điện dung, điện cảm hoặc hỗn hợp các linh kiện R , C hay các linh kiện L , C và mắc theo kiểu hình Π hay hình Γ . Các đại lượng đặc trưng cho mạch lọc là hệ số lọc G (tỉ số giữa độ gợn sóng ở đầu vào và độ

gợn sóng ở đầu ra). Hệ số lọc càng cao thì chất lượng mạch lọc càng cao và ngược lại

1. Mạch lọc điện dung

a) Cấu trúc mạch điện



Hình 14.16 Sơ đồ nguyên lý - dạng sóng vào và ra của mạch lọc điện dung

b) Nguyên lý làm việc

Nếu bỏ qua sự ảnh hưởng của van chỉnh lưu và điện trở tĩnh của cuộn thứ cấp biến áp nguồn thì ở nửa chu kỳ dương van D được phân cực thuận nên thông, tụ C_L sẽ được nạp điện đến giá trị $U_C \approx U_2$. Sang nửa chu kỳ âm van D phân cực ngược nên tắt, tụ C_L sẽ phóng điện qua R_L tạo thành mạch kín.

Sau đây ta xét cụ thể hơn qua mạch chỉnh lưu một pha nửa chu kỳ

Ở nửa chu kỳ dương (điện thế điểm A dương, B âm) van D phân cực thuận nên thông có dòng I_a qua van và lúc đó tụ C_L sẽ được nạp điện từ $0 \div T_1$, từ $T_1 \div T_2$ dòng I_a có xu thế giảm từ max $\div 0$, khi đó tụ C_L bắt đầu phóng điện.

Sang nửa chu kỳ âm, van D phân cực ngược nên tắt, từ $T_2 \div T_3$ tụ C_L tiếp tục phóng điện qua R_L để khép kín mạch.

Từ $T_3 \div T_4$ điện áp U_2 đổi chiều sang nửa chu kỳ dương tiếp theo, van D được phân cực thuận lại có dòng I_a qua van, nhưng dòng I_a này còn nhỏ hơn dòng điện phóng của tụ C_L vì vậy tụ C_L vẫn phóng điện qua tải R_L .

Từ thời điểm $T_4 \div T_5$ dòng I_a qua van lớn hơn dòng điện phóng của tụ nên tụ C_L lại được nạp điện và đạt đến giá trị $\max$ của dòng I_a .

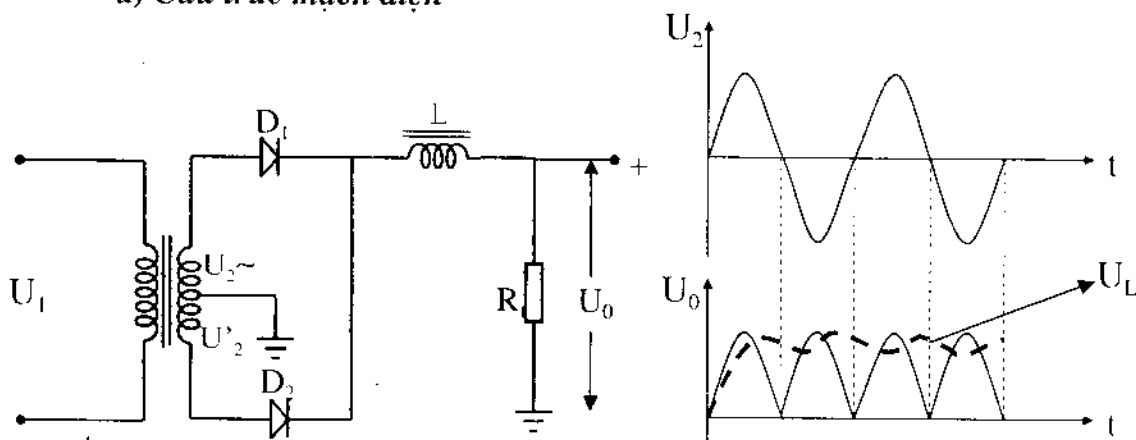
Quá trình cứ tiếp diễn như vậy ở các chu kỳ sau ta được dạng sóng điện áp ra là đường - - - trên đồ thị, Điện áp U_C chính là điện áp ra U_0 lấy trên tải R_L .

c) Đặc điểm

- Dòng nạp ban đầu rất lớn rút ngắn thời gian dòng điện qua van.
- Điện áp ngược lớn.
- Điện áp U_0 sau tụ lọc vẫn còn gợn sóng lớn.
- Khi tải tiêu thụ hở mạch (khi tắt máy), điện áp trên tụ tăng lên đến $U_C \approx U_{2\max}$ có khả năng đánh hỏng tụ và có thể gây nguy hiểm cho người. Để tránh nguy hiểm này người ta thường mắc song song với tụ C_L một điện trở phụ để làm đường thoát điện tích cho tụ khi tắt máy.

2. Mạch lọc điện cảm

a) Cấu trúc mạch điện



Hình 14.17 Sơ đồ nguyên lý - dạng sóng vào và ra của mạch lọc điện cảm

b) Nguyên lý làm việc

Theo định luật Lenxơ ta biết tính chất của điện cảm là dòng điện cảm ứng trong mạch kín bao giờ cũng có chiều sao cho từ thông do nó sinh ra luôn luôn phản đối lại sự biến thiên của từ thông ngoài sinh ra nó. Mạch này ứng dụng tính chất đó, mặt khác ta cũng biết trở kháng X_L của điện cảm tăng khi tần số qua điện cảm tăng vì

$$X_L = 2\pi fL \quad (f \nearrow \rightarrow X_L \nearrow)$$

Khi điện áp nấn ra là những xung dương liên tục, các xung điện này có giá trị tăng giảm tức thời khi các xung điện này qua điện cảm thì dưới tác dụng của dòng điện tự cảm, dòng điện qua cuộn cảm tăng lên thì cuộn cảm sinh ra một từ thông chống lại sự tăng làm cho dòng điện này tăng chậm lại. Ngược lại dòng điện qua cuộn cảm giảm thì cuộn cảm cũng sinh ra một từ thông chống lại sự giảm làm cho dòng điện này lại tăng lên. Điện cảm càng lớn thì tốc độ biến đổi của dòng điện qua nó càng chậm và như vậy điện áp ra càng bằng phẳng hơn.

Ta cũng có thể giải thích tác dụng của cuộn cảm như sau: cuộn cảm có trở kháng rất lớn đối với thành phần xoay chiều nên phần lớn thành phần xoay chiều sụt áp trên cuộn cảm chỉ còn phần nhỏ ra tải, còn đối với thành phần một chiều thì trở kháng lại nhỏ nên qua được và hạ trên R_t .

c) Đặc điểm

- Có sự trễ pha do tác dụng của cuộn cảm nên dòng điện qua van tăng giảm từ từ.

- Điện áp U_0 sau lọc vẫn còn gợn sóng lớn.

- Điện áp ngược nhỏ.

Nhận xét: Nếu dùng riêng bộ lọc thuần dung thì tụ điện phải có điện dung lớn, nếu lớn quá thì khi mới đóng điện vào mạch dòng điện sẽ quá lớn có thể làm hỏng van. Nếu dùng riêng bộ lọc điện cảm thì cuộn cảm phải lớn công kênh về khối lượng và trọng lượng vì thế người ta thường dùng hỗn hợp LC hoặc RC.

3. Mạch lọc RC

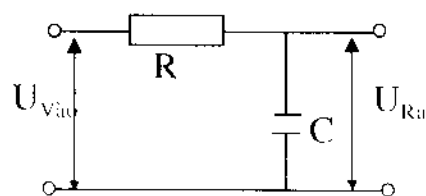
Mạch lọc RC là một mạch lọc thông thấp. Hệ số lọc G có thể được tính như sau:

$$\Delta u_R = \Delta u_V \cdot \frac{1}{R + \frac{1}{j\omega C}} \cdot \frac{1}{j\omega C}$$

$$\rightarrow G = \left| \frac{\Delta U_V}{\Delta U_R} \right| = \sqrt{\omega^2 C^2 R^2 + 1} \approx \omega C R$$

Trong đó C , R là giá trị linh kiện trong mạch lọc, ω là tần số điện áp đặt vào mạch lọc. Căn cứ vào biểu thức của hệ số lọc ta thấy hệ số lọc tỷ lệ thuận

với tần số công tác của mạch lọc suy ra đối với các thành phần hài của tín hiệu (có tần số cao) sẽ có hệ số lọc cao tức là bị nén lớn hơn so với thành phần cơ bản. Khi chọn R tăng lên thì hệ số lọc tăng lên tuy nhiên không được chọn R quá lớn vì khi đó nội trở trong của mạch chỉnh lưu tăng lên suy ra tổn hao trên mạch chỉnh lưu tăng lên.



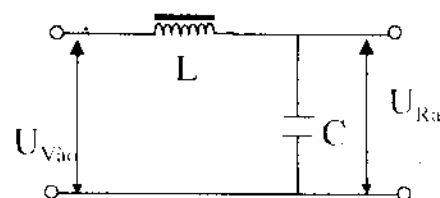
Hình 14.18 Mạch lọc RC trong bộ chỉnh lưu

4. Mạch lọc LC

Mạch lọc LC có cấu trúc tương tự như mạch lọc RC nhưng có hiệu suất cao hơn và điện áp ra ít phụ thuộc vào tải hơn (điện áp ra hầu như đặt ở trên tụ điện C tức là trên tải), vì điện trở của cuộn cảm rất nhỏ, tuy nhiên có nhược điểm là cuộn cảm thường có kích thước lớn do đó cồng kềnh vì vậy mạch lọc này ít được dùng trong các mạch lọc chỉnh lưu.

Hệ số lọc G được tính như sau:

$$\rightarrow \Delta G = \left| \frac{U_{vào}}{\Delta U_{Ra}} \right| = \omega^2 CL$$



Hình 14.19 Mạch lọc LC trong bộ chỉnh lưu

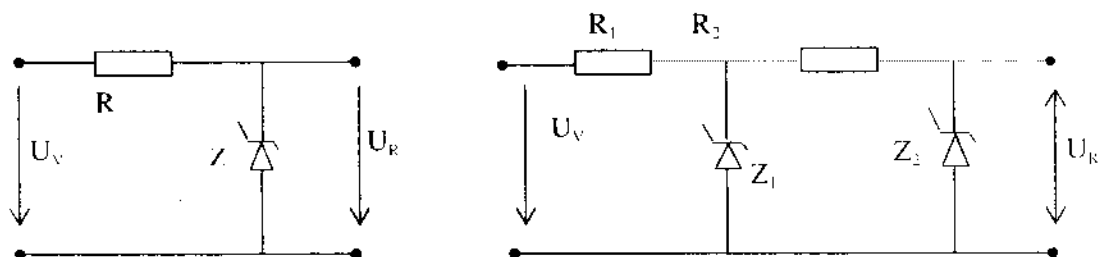
14.5 ỔN ÁP

Các mạch ổn định có nhiệm vụ giữ cho điện áp ra hoặc dòng điện ra của một thiết bị cung cấp không đổi khi điện áp vào thay đổi. Thông thường các mạch ổn định có tác dụng giảm ù và giảm tạp âm do đó dùng mạch ổn định có thể giảm nhỏ kích thước của thiết bị cung cấp nhờ tiết kiệm được các tụ điện và điện cảm lọc.

1. Mạch ổn áp dùng điốt Zener

Các mạch chỉnh lưu chỉ sử dụng tụ lọc C không có tính chất ổn áp một chiều, vì trở kháng đối với thành phần một chiều của tụ rất lớn.

Trong trường hợp này dùng diốt Zener có lợi hơn.

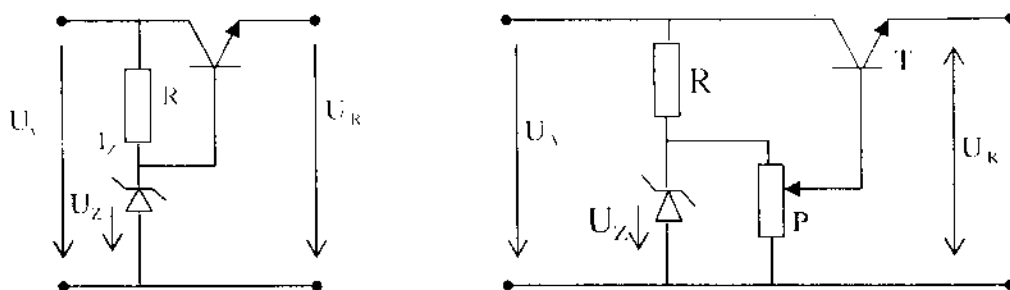


Hình 14.20 Mạch ổn áp dùng diốt Zener (một khâu và hai khâu)

Ngoài ra dùng diốt Zener có lợi hơn dùng các khâu lọc đã xét, vì điện trở trong của mạch nhỏ bằng điện trở động r_z của diốt Zener. Các diốt Zener có $U_Z \approx 8\text{ V}$ thường có điện trở động r_z nhỏ nhất nghĩa là chúng ổn áp tốt nhất. Các diốt có $U_Z < 8\text{ V}$ thì r_z rất lớn, hiệu quả ổn áp không cao. Vì thế khi cần ổn định điện áp lớn nên chọn nhiều diốt có $U_Z = 8\text{ V}$ mắc nối tiếp hơn là chọn một diốt với U_Z lớn. Sơ đồ nguyên lý của mạch ổn áp dùng diốt Zener được biểu diễn trên hình 14.20. Theo sơ đồ đó $U_r = U_Z$ với U_Z là điện áp Zener. Để ổn áp tốt hơn có thể dùng nhiều khâu. Mạch ổn áp loại này chỉ được dùng theo yêu cầu công suất ra nhỏ, vì hiệu suất của nó thấp ($\eta \approx 50\%$) và công suất tổn hao trên R và r_z lớn.

2. Mạch ổn áp dùng diốt Zener và tranzitor

Mạch ổn áp chỉ dùng diốt Zener đã xét trong mục trước thường có công



Hình 14.21 Sơ đồ ổn áp dùng diốt Zener và Tranzitor

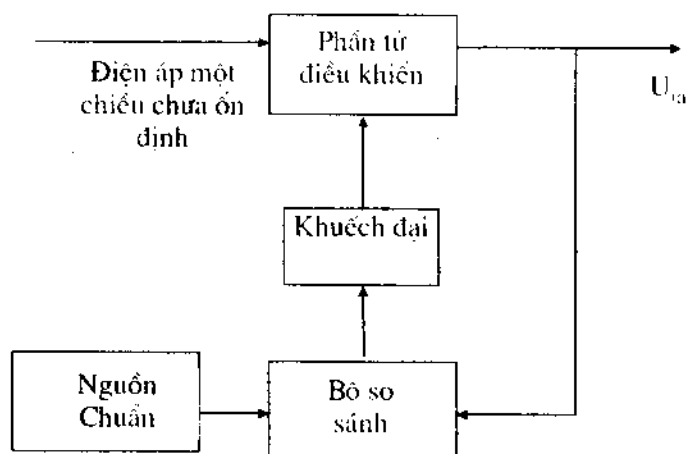
suất tổn hao khá lớn: $P_{th} = I_Z U_Z$. Khi yêu cầu dòng ra tải lớn, phải chọn diốt có dòng lớn. Dùng diốt Zener chỉ thích hợp với các bộ chỉnh lưu công suất nhỏ. Có

thể dùng các mạch ổn áp Zener có tăng ra là một mạch lặp emito để ổn áp cho các mạch chỉnh lưu công suất lớn (dùng diốt Zener và Tranzitor).

Trong sơ đồ 14.21 diốt Zener được nối với tải qua một mạch emiter. Do cách mắc này, nên dòng qua diốt Zener là $I_D \approx I_E/B_N$ nhỏ hơn dòng qua tải B_N lần (B_N là hệ số khuếch đại dòng điện một chiều tranzistor khi mắc emito chung). Nguyên lí hoạt động của mạch như sau: Khi có sự thay đổi điện áp đầu vào dẫn tới sự thay đổi điện áp đầu ra, sự thay đổi điện áp đầu ra dẫn tới U_{bc} của Tranzitor thay đổi, dẫn tới dòng qua đèn thay đổi suy ra tụt áp trên Tranzitor thay đổi theo bù lại sự thăng giáng điện áp đầu ra tức là làm cho điện áp đầu ra ổn định. Ví dụ điện áp ra tăng lên dẫn đến U_{bc} giảm, dẫn đến dòng I_C giảm suy ra tụt áp trên tranzitor tăng do đó điện áp ra giảm xuống (có xu hướng giảm về giá trị ban đầu).

3. Mạch ổn áp có hồi tiếp

Để thoả mãn các yêu cầu cao hơn về mặt ổn áp, ổn dòng cũng như công suất ra, người ta dùng các mạch ổn định có hồi tiếp. Nguyên tắc làm việc của các sơ đồ ổn định có hồi tiếp được biểu diễn trên hình 14.22. Trong mạch này, một phần điện áp (dòng điện) ra được đưa về so sánh với một giá trị chuẩn. Kết quả so sánh được khuếch đại lên và đưa đến phân tử điều khiển. Phân tử điều khiển thay đổi tham số làm cho điện áp (dòng điện) ra trên nó thay đổi theo xu hướng tiệm cận dẫn đến giá trị chuẩn.



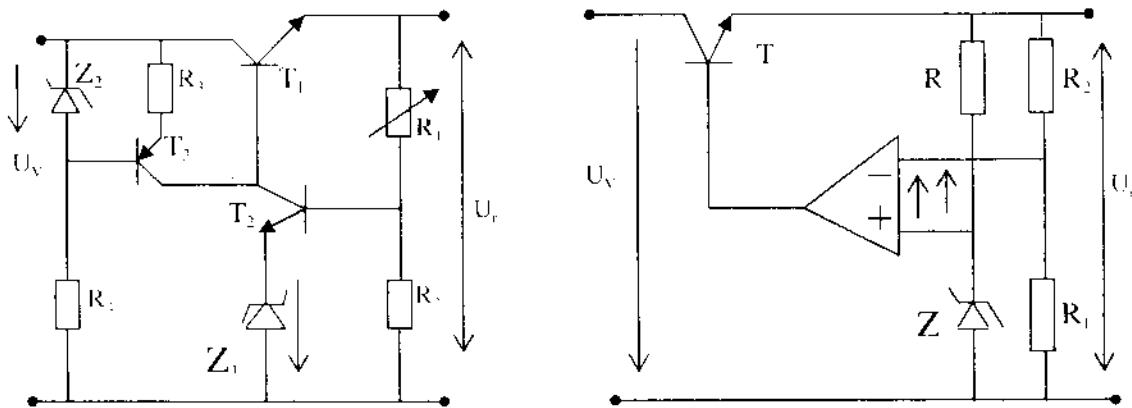
Hình 14.22 Sơ đồ khối mạch ổn áp có hồi tiếp

Các sơ đồ ổn định có hồi tiếp được chia thành hai loại cơ bản: ổn định song song và ổn định nối tiếp.

4. Các sơ đồ ổn áp có hồi tiếp dạng đơn giản

Trên hình 14.23 là hai sơ đồ có hồi tiếp dạng đơn giản. Trong sơ đồ T_1 là phân tử điều khiển đồng thời làm nhiệm vụ khuếch đại công suất. T_2 vừa là phân tử khuếch đại vừa mang tính chất phân tử so sánh, được mắc theo kiểu emiter

chung có hồi tiếp âm dòng điện nhờ r_e . Khi U_r giảm thì qua bộ phân áp R_1, R_2 điện áp bazo T_2 : $U_{b2} = U_r + U_{BE2}$ cũng giảm vì U_z không đổi, nên U_{BE2} giảm theo làm cho U_{CE2} tăng, do đó U_{B1} tăng và U_r tăng (có xu hướng tăng về giá trị ban đầu). Như vậy nhờ vòng hồi tiếp, điện áp ra U_r được ổn định, ở hình vẽ thứ hai sơ đồ mạch ổn áp dùng khuếch đại thuật toán. Nguyên lý hoạt động phân tích tương tự như sơ đồ thứ nhất. Các sơ đồ ổn áp kiểu dùng hồi tiếp thường dùng trong các máy thu thanh và thu hình đời cũ



Hình 14.23 Sơ đồ mạch ổn áp có hồi tiếp dùng tranzitor và thuật toán

5. Vi mạch ổn áp

Trong thực tế có thể thay thế toàn bộ mạch ổn áp hay thay thế một phần mạch ổn áp bằng một mạch tổ hợp tuyến tính gọi là vi mạch ổn áp (đọc tài liệu tham khảo), dùng vi mạch ổn áp có lợi là độ ổn định cao, tiết kiệm được diện tích mạch, lắp ráp đơn giản.

6. Ổn áp xung

Ổn áp xung thường dùng các phần tử khoá ví dụ trystor. Khi mở, phần tử khoá dẫn năng lượng từ nguồn vào đến một phần tử tích lũy năng lượng (thường là cuộn cảm và tụ điện). Trong thời gian phần tử khoá ngắt thì phần tử tích lũy cung cấp năng lượng cho mạch sao cho trên tải luôn luôn có điện áp ra.

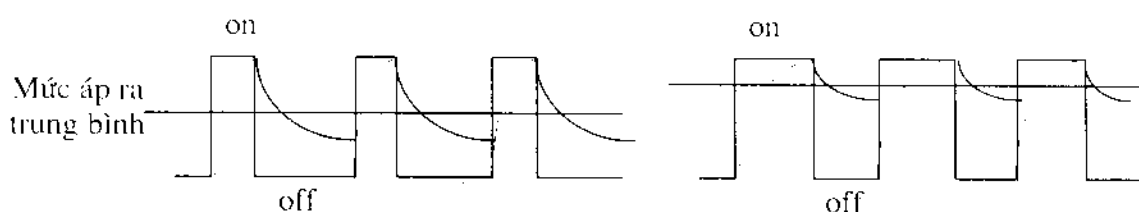
Tần số đóng mở của các phần tử khoá thường nằm trong phạm vi (16 - 50) kHz để tránh nhiễu âm thanh. Trong khu vực tần số này dùng cuộn cảm có lõi ferit là thích hợp. Tần số càng cao thì phần tử tích lũy năng lượng càng có kích thước nhỏ, nhưng hiệu suất giảm do tổn hao trong thời gian đóng mở tăng.

Ổn áp xung cho hiệu suất cao và có dải ổn định điện áp rộng, nhưng tốc độ điều khiển thấp, điện áp ra có độ gợn sóng lớn. Các sơ đồ ổn áp xung thường được dùng trong một số loại máy thu hình.

7. Ổn áp dải rộng

Các mạch ổn áp dải rộng là các mạch có thể ổn áp được điện áp ra rất tốt trong khi điện áp vào thay đổi trong một phạm vi rộng. Các mạch ổn áp dải rộng dùng các mạch tạo dao động theo kiểu đa hài hay ghép biến áp. Các mạch ổn áp dải rộng được ứng dụng làm các mạch ổn áp trong hầu hết các thiết bị điện tử chất lượng cao như máy thu hình, máy ghi hình, máy tính...

Nguyên tắc ổn định của loại mạch ổn áp này là trích một phần sự thay đổi

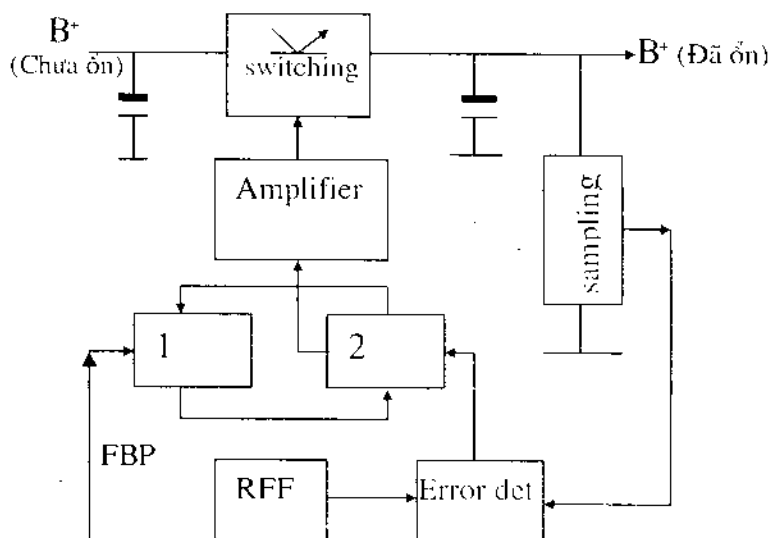


Hình 14.24 Điện áp ra thay đổi theo độ rộng xung ở đầu ra

điện áp ở đầu ra biến đổi thành mức áp một chiều biến đổi chậm để điều chỉnh lại độ rộng xung dao động suy ra điều chỉnh lại mức áp ra (hình 14.25)

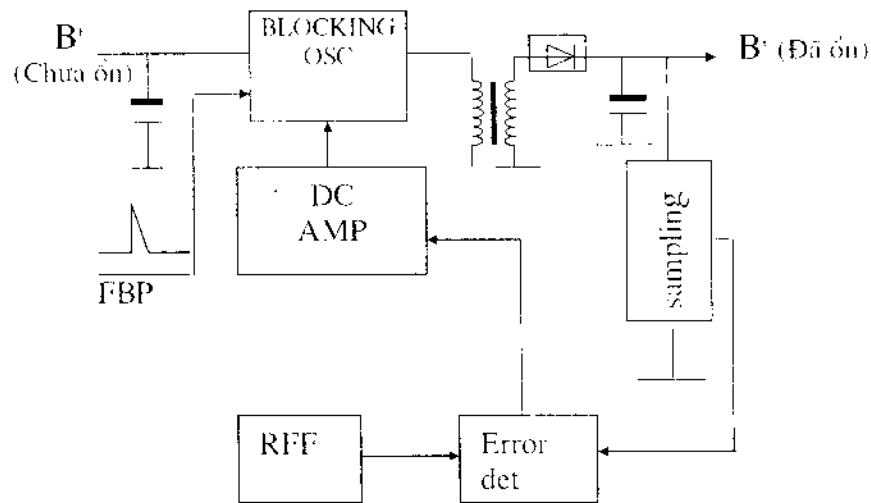
Sơ đồ 14.25 là sơ đồ khối của bộ ổn áp ngắt mở dùng dao động đa hài. Phân tử ngắt mở là sơ ngắt mở công suất lớn. Sự thay đổi điện áp ở đầu ra được trích một phần đem so sánh với điện áp chuẩn lấy từ mạch RFF để tạo thành sai số tại mạch Error.

Kết quả so sánh được khuếch đại và làm



Hình 14.25 Bộ ổn áp ngắt mở dùng dao động đa hài

tín hiệu điều khiển số công suất, từ đó điều khiển lại thời gian đóng mở của sò



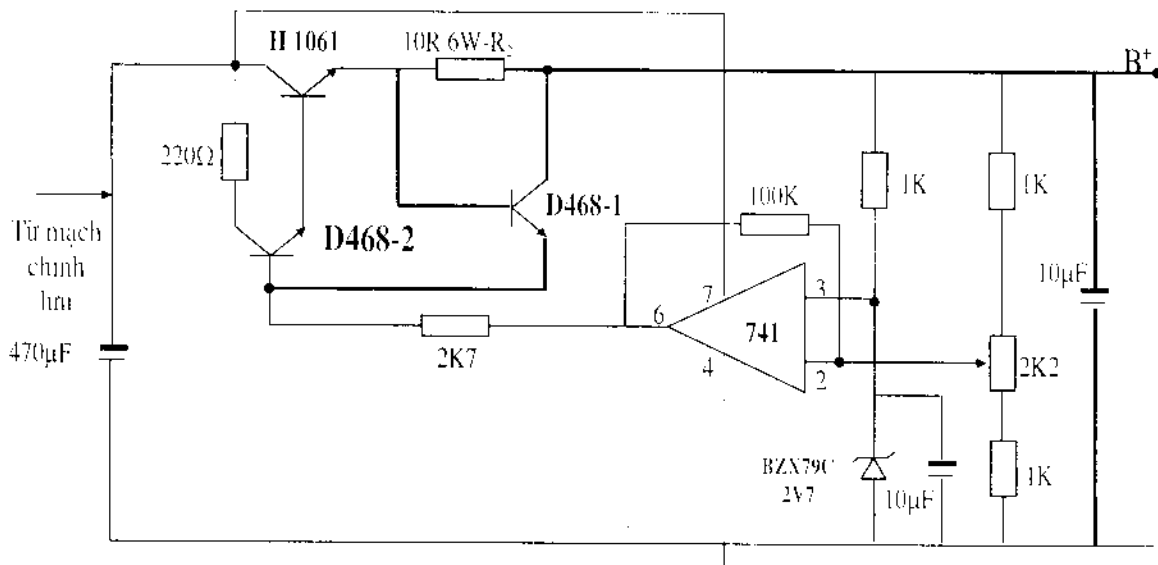
Hình 14.26 Bộ ổn áp ngắt mở dùng dao động nghẹt

công suất. Để mạch ổn áp làm việc ổn định người ta không chế tần số dao động bằng tần số xung dòng.

Sơ đồ 14.26 là sơ đồ khối mạch ổn áp nguồn dùng dao động nghẹt. Sơ đồ dùng phân tử ngắt mở là sò công suất lớn hay đặt chung trong IC dao động, sự thay đổi điện áp ở đầu ra cũng được trích một phần nhờ mạch lấy mẫu sau đó được so sánh với điện áp chuẩn (RFF) để tạo ra điện áp sai số nhờ mạch tạo lỗi Error. Kết quả so sánh được khuếch đại nhờ mạch khuếch đại một chiều DC. Tín hiệu lỗi sau khi được khuếch đại có tác dụng điều khiển thời gian ngắt mở của sò công suất, từ đó điều chỉnh lại độ rộng xung ra tức điều chỉnh lại điện áp ra sao cho ổn định. Để mạch làm việc ổn định người ta không chế tần số dao động bằng tần số xung dòng.

14.6 GIỚI THIỆU MỘT SỐ MẠCH ĐIỆN NGUỒN TRONG THỰC TẾ

1. Mạch ổn áp dùng trong máy tăng âm.



Hình 14.27 Mạch ổn áp dùng Transistor và op - Amp

Sơ đồ 14.27 là mạch ổn áp công suất lớn dùng tranzistor và khuếch đại thuật toán thường được sử dụng trong các bộ nguồn của máy tăng âm. Cấu trúc mạch bao gồm:

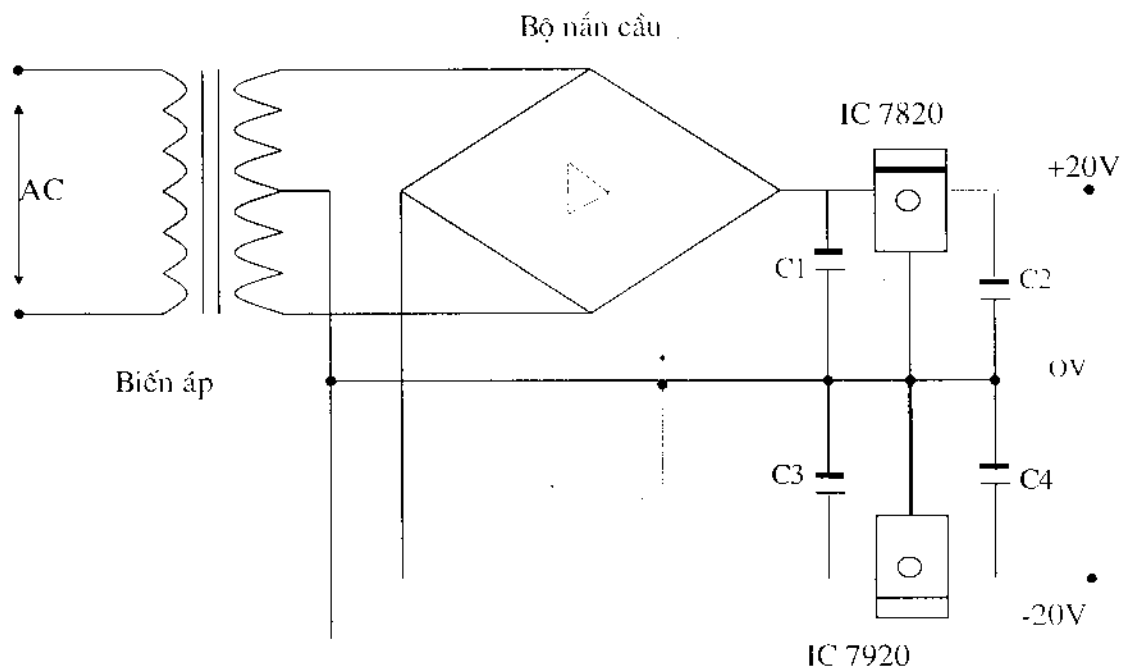
Phần tử khuếch đại công suất lớn H1061, phần tử lấy mẫu là các điện trở 1K và chiết áp điều chỉnh 2K, phần tử tạo điện áp chuẩn diốt Zene, phần tử khuếch đại sai lệch Transistor D468-2, phần tử so sánh IC Op — Amp loại HA 1741, phần tử bảo vệ D468-1 và điện trở công suất.

Nguyên lý hoạt động như sau: Giả sử khi điện áp vào thay đổi, trong khoảng thời gian ngắn điện áp ra thay đổi. Điện áp trên phần tử lấy mẫu thay đổi làm cho điện áp chân 2 của IC thay đổi (tăng lên hay giảm đi). Điện áp này so sánh với điện áp chuẩn ở chân 3 tạo ra một sai số. Sai số này được IC khuếch đại và đưa tới đầu ra. Điện áp ở đầu ra IC được đưa tới D468 - 2 làm cho chế độ tĩnh thay đổi dẫn tới điện áp lấy ra ở chân E và đưa vào H1061 thay đổi dẫn đến

dòng qua nó thay đổi suy ra điện áp hạ trên điện trở R_{CE} thay đổi bù lại sự thăng giáng điện áp ở đầu ra. Muốn điều chỉnh mức điện áp ra ta thay đổi chiết áp 2K.

Hình 14.28 là sơ đồ mạch nguồn tạo điện đối xứng dùng cho máy tăng âm công suất lớn. Mạch điện bao gồm:

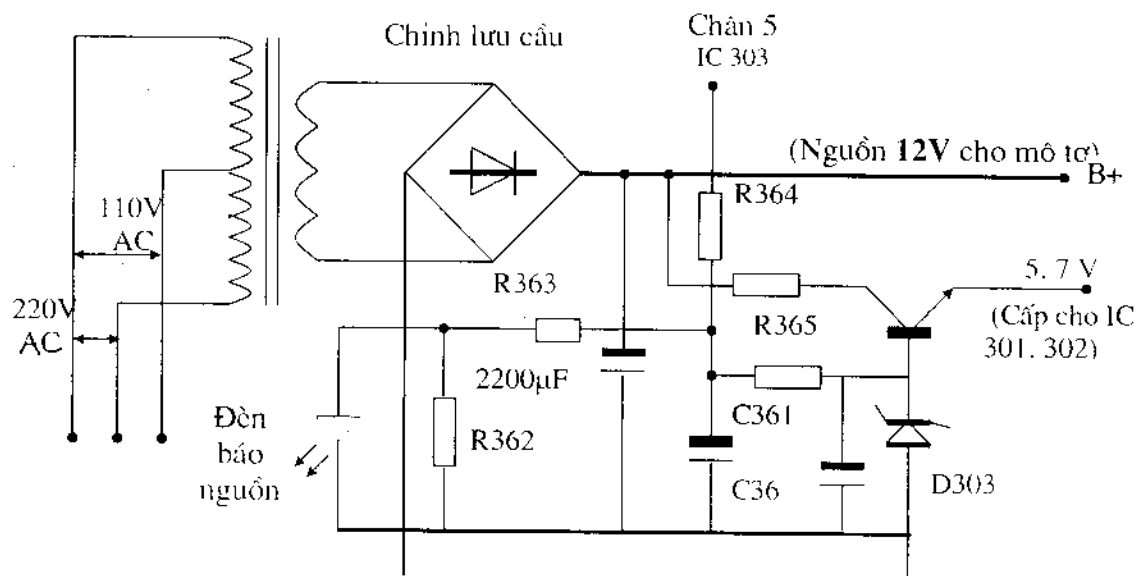
Mạch chỉnh lưu cầu dùng biến áp. Mạch lọc sau nắn C_1 , C_2 . IC ổn áp có



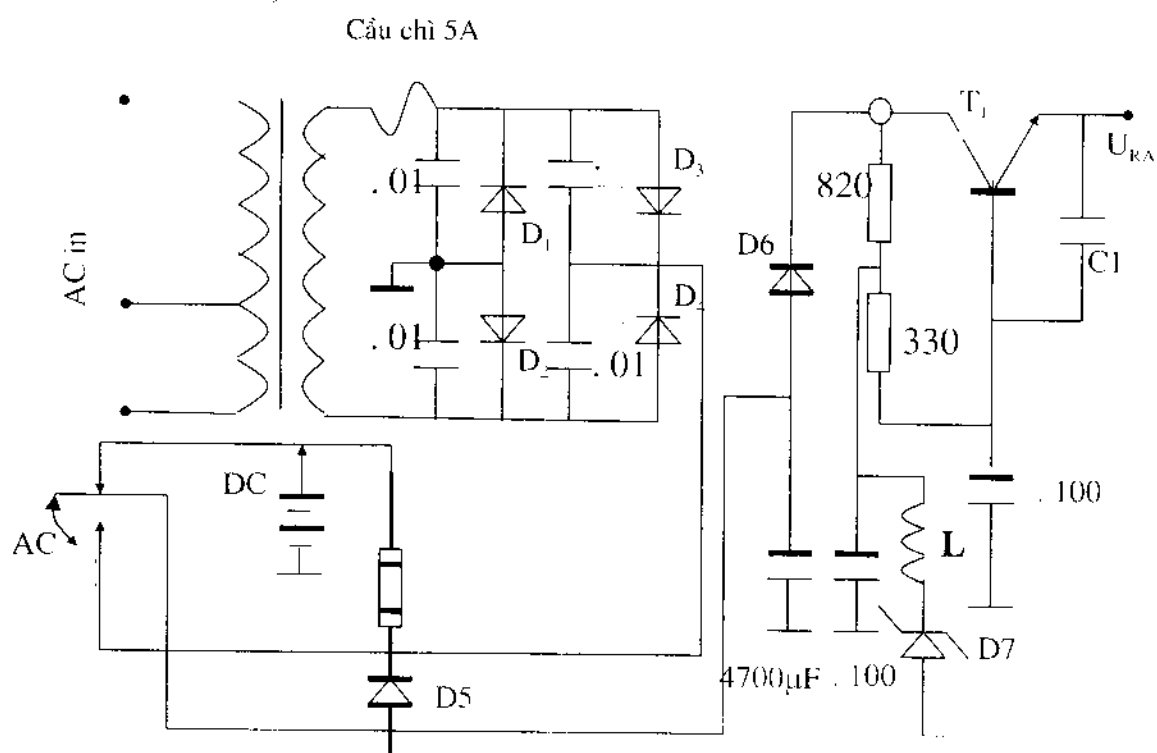
Hình 14.28 Bộ nguồn một chiều đối xứng dùng trong tăng âm công suất lớn

điện áp đầu ra là 20V và -20V, ổn áp thường dùng IC LM họ 78xx và 79xx. Mạch ổn áp dùng IC có dải biến thiên điện áp vào rộng, có độ ổn định điện áp ra tốt. Bộ nguồn có kết cấu đơn giản gọn nhẹ, dễ dàng lắp ráp và sử dụng.

2. Mạch nguồn dùng trong Radio Cassecster



Hình 14.29 Bộ nguồn Radio Cassecster Sony CFS 1065S



Hình 14.30 Bộ nguồn máy ghi âm National

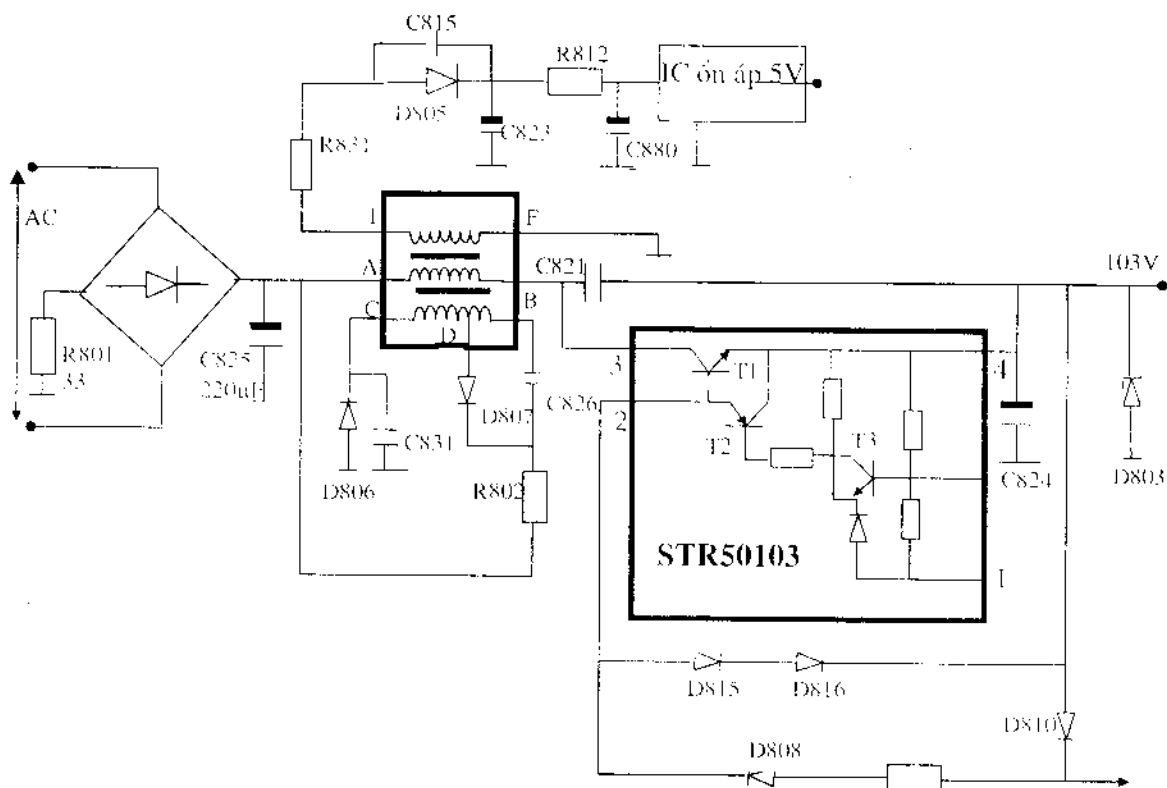
Sơ đồ 14.29 là mạch nguồn dùng cho radio cassette (trích sơ đồ mạch điện máy Radio cassette Sony CFS 1065S). Mạch điện bao gồm một biến áp nguồn có thể dùng với các nguồn điện 110V và 220V, mạch bảo sáng dùng diốt phát quang, mạch nắn cầu dùng 4 diốt, mạch lọc sau nắn dùng tụ $2200\mu\text{F}$, mạch ổn áp dùng Tranzitor. Nguyên lý hoạt động của mạch ổn áp là cố định điện áp chân B của đèn công suất ba cực nhờ nguồn chuẩn lấy từ chân 5 IC 303, khi có sự thay đổi điện áp đầu vào dẫn đến sự thay đổi điện áp đầu ra (điện áp 5,7V) thì sự thay đổi này được so sánh với điện áp mẫu trên diốt ổn áp từ đó tạo thành sự sai lệch và làm cho chế độ của đèn công suất thay đổi suy ra dòng qua đèn thay đổi suy ra điện áp tụ trên đèn thay đổi bù lại sự thăng giáng điện áp ở đầu ra.

Hình 14.30 là sơ đồ mạch nguồn máy ghi âm hiệu National. Mạch nguồn bao gồm: Biến áp nguồn có thể làm việc với điện áp xoay chiều 110V và 220V, bộ nắn điện kiểu cầu, mạch lọc sau nắn tụ $4700\mu\text{F}$ và mạch ổn áp dùng Tranzitor. Đặc biệt mạch nguồn có chuyển mạch dùng để chuyển từ chế độ dùng điện lưới sang chế độ dùng nguồn ắc qui. Các tụ, 01 có tác dụng bảo vệ các diốt, D_5 có tác dụng ngắt nguồn ắc qui khi mắc ngược cực, D_6 có tác dụng chống dòng ngược từ máy vào nguồn, tụ, 100 và điện cảm L tạo thành mạch lọc có tác dụng lọc nhiễu, tụ C_1 có tác dụng khử hiện tượng tự kích của đèn, D_7 có tác dụng ổn áp gián tiếp chân B, các điện trở 820 và 330 dùng để xác định chế độ một chiều.

Nguyên lý hoạt động của mạch ổn áp như sau: khi có sự thay đổi điện áp nguồn dẫn đến sự thay đổi điện áp ở đầu ra mạch ổn áp thì điện áp sai lệch được so sánh với điện áp của chân B của đèn tạo thành sai số điều khiển lại dòng qua đèn, dẫn đến điện áp tụ trên đèn thay đổi bù lại sự thăng giáng điện áp ở đầu ra của mạch ổn áp.

3. Mạch nguồn dùng trong máy thu hình

Sơ đồ hình 14.31 là mạch điện nguồn dùng trong máy thu hình màu DAWOO-1649.



Hình 14.31 Sơ đồ mạch điện nguồn máy thu hình màu DAWOO -1649

Mạch nguồn của máy thu hình màu DAWOO bao gồm các phần mạch:

- Mạch nắn dùng mạch nắn kiểu cầu có điện trở nhiệt bảo vệ R801
- Mạch lọc điện áp sau nắn là tụ hoá C805
- Mạch ổn áp dùng dao động nghệt. Mạch dao động nghệt và một số mạch điện phụ được đặt trong IC STR50103. IC50103 là IC vừa tạo dao động vừa khuếch đại công suất, lấy mẫu và so sánh.
 - Biến áp dao động gồm ba cuộn dây: cuộn IF là cuộn thứ cấp dùng để nắn lọc lấy điện áp nguồn ổn áp 5V, cuộn AB là cuộn sơ cấp (cuộn dao động) , cuộn CE là cuộn tạo hồi tiếp dương để duy trì dao động
 - D806, C831, D807, C826, C802 tạo thành mạch dao động nghệt
 - D 815, D816 bảo vệ điện áp U_{bc} của đèn công suất trong IC không vượt quá điện áp danh định

- D808, R804 dẫn xung dòng đưa về khống chế tần số dao động của mạch nguồn.

Nguyên lý hoạt động như sau: Khi có sự thay đổi điện áp ở đầu vào AC dẫn tới điện áp 103V bị thay đổi. Sự thay đổi điện áp ra được trích một phần đưa vào chân B đèn T3 so sánh với điện áp chuẩn do diốt ổn áp tạo ra, kết quả tạo thành một điện áp lỗi và điện áp lỗi này được khuếch đại và đưa tới đèn công suất T1 để điều chỉnh lại độ rộng của xung dao động, làm cho điện áp đầu ra ổn định (điện áp xung sau khi lọc nhờ tụ C824).

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Minh Đức — *Lí thuyết khuếch đại* - Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật
2. Phạm Minh Hà - *Kỹ thuật mạch điện tử tập 1, 2, 3* - Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật
3. Tống Văn On — *Vì mạch và mạch tạo sóng*
4. Nguyễn Khang Cường — *Vì mạch* - Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật
5. Nguyễn Thế Cường — *Tra cứu IC thông dụng* - Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật
6. Vũ Xuân Coóng & Phạm Viết Nhâm - *Kỹ thuật mạch điện tử* — Tài liệu lưu hành nội bộ (Trường Cao đẳng Truyền hình)
7. Operational amplifier trainer (OAT343).

MỤC LỤC

Lời nói đầu

Chương 1: Khái niệm về bộ khuếch đại	5
1.1 Khái niệm chung	5
1.2 Sơ đồ khối của bộ khuếch đại	7
Chương 2: Chỉ tiêu chất lượng và chế độ công tác	12
2.1 Hệ số khuếch đại	12
2.2 Công suất và hiệu suất	16
2.3 Tạp âm và nhiễu trong bộ khuếch đại	17
2.4 Méo phi tuyến	23
2.5 Méo tần số và đáp tuyến tần số	25
2.6 Độ nhảy của bộ khuếch đại	26
2.7 Chế độ công tác của tầng khuếch đại	26
Chương 3: Hồi tiếp	35
3.1 Một số định nghĩa cơ bản	35
3.2 Một số tính toán khi mạch điện có hồi tiếp	36
3.3 Ảnh hưởng của hồi tiếp âm đến các tính chất của bộ khuếch đại	38
Chương 4: Cung cấp và ổn định chế độ công tác cho các tầng dùng tranzistor	48
4.1 Mạch cung cấp và ổn định chế độ công tác của tầng dùng tranzistor lưỡng cực	48
1. Chế độ tĩnh	48
2. Mạch cung cấp	51
3. Hiện tượng trôi điểm làm việc	53
4. Các sơ đồ ổn định tuyến tính	57
5. Các sơ đồ ổn định phi tuyến	62
6. Ổn định điểm làm việc trong các mạch tổ hợp tương tự	63
4.2 Mạch cung cấp đối với tranzistor hiệu ứng trường	64

Chương 5: Các sơ đồ cơ bản của tầng khuếch đại dùng tranzitor và mạch ghép giữa các tầng	66
5.1 Sơ đồ EMITER chung	66
5.2 Sơ đồ lặp EMITER (CC)	72
5.3 Sơ đồ BAZƠ chung	76
5.4 Sơ đồ DARLINGTON	78
5.5 Sơ đồ KASKODE	79
5.6 Bộ khuếch đại vi sai	81
5.7 Mạch ghép giữa các tầng	86
Chương 6: Các sơ đồ khuếch đại chuyên dụng và tạp âm trong bộ KĐ	90
6.1 Bộ khuếch đại chọn lọc	90
6.2 Bộ khuếch đại dải rộng	93
6.3 Một số tính toán về tạp âm	96
Chương 7: Mạch khuếch đại công suất và một số mạch điện phụ	98
7.1 Mạch đảo pha	98
7.2 Tầng khuếch đại công suất	101
7.3 Tầng khuếch đại đẩy kéo	106
7.4 Giới thiệu một số mạch khuếch đại công suất	116
7.5 Một số mạch điện phụ	119
Chương 8: Khuếch đại thuật toán	124
8.1 Khái niệm và tính chất của bộ khuếch đại thuật toán	124
8.2 Các chỉ tiêu cơ bản của bộ khuếch đại thuật toán	125
8.3 Các sơ đồ cơ bản dùng khuếch đại thuật toán	128
8.4 Các mạch bù cho sơ đồ dùng khuếch đại thuật toán	160
8.5 Một số cấu trúc bên trong của bộ khuếch đại thuật toán	163
8.6 Khuếch đại thuật toán $\mu A709$	166
Chương 9: Các mạch tạo dao động	172
9.1 Các vấn đề chung về tạo dao động	172
9.2 Điều kiện dao động và đặc điểm của mạch tạo dao động	173
9.3 Phương pháp tính mạch tạo dao động	177
9.4 Giới thiệu một số mạch dao động	177

1. Mạch dao động ghép biến áp	177
2. Các mạch tạo dao động ba điểm điện cảm	179
3. Các mạch tạo dao động dùng thạch anh	184
Chương 10: Điều chế	190
10.1 Định nghĩa	190
10.2 Điều biên	190
10.3 Điều tần và điều pha	187
Chương 11: Tách sóng	208
11.1 Khái niệm về tách sóng	208
11.2 Tách sóng biên độ	208
11.3 Tách sóng tín hiệu điều tần	212
Chương 12: Trộn tần	220
12.1 Khái niệm về trộn tần	220
12.2 Mạch trộn tần	222
1. Mạch trộn tần dùng diốt	222
2. Mạch trộn tần dùng tranzistor (phần tử khuếch đại)	226
Chương 13: Chuyển đổi tương tự - số và chuyển đổi số - tương tự	229
13.1 Khái niệm chung	229
13.2 Các tham số cơ bản	231
13.3 Nguyên tắc làm việc của ADC	232
13.4 Các phương pháp chuyển đổi tương tự - số	233
13.5 Các phương pháp chuyển đổi số - tương tự	238
Chương 14: Mạch cung cấp nguồn	242
14.1 Khái niệm	242
14.2 Máy biến áp và cuộn cảm	243
14.3 Mạch chỉnh lưu	257
14.4 Mạch lọc	261
14.5 Ổn áp	265
14.6 Giới thiệu một số mạch nguồn trong thực tế	271
Tài liệu tham khảo	277

206208



Giá : 35000 đ